

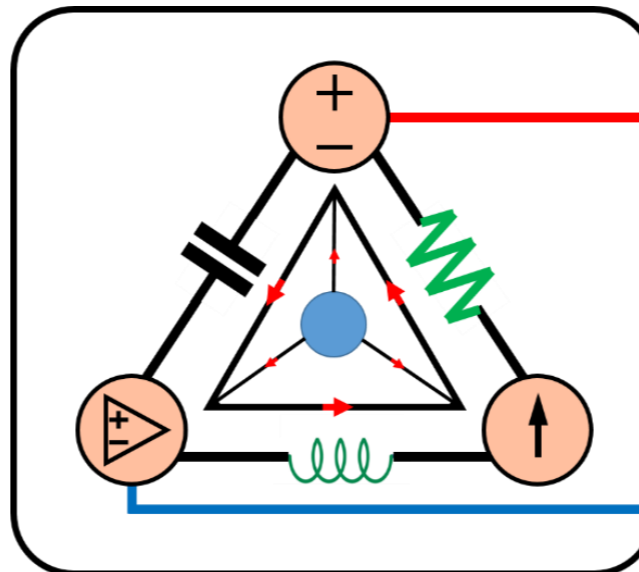
11-Mavzu: O'zgaruvchan tok zanjirlarida quvvat tahlili.

(11th Topic: AC Power Analysis.)

11-Mavzuning 2-qismi

(2nd part of the 11th Topic)

14-hafta uchun
For the 14th week



Lecturer: Ph.D., Yusupov Sarvarbek

Toshkent Kimyo Xalqaro Universiteti
“Mashinasozlik texnologiyasi” kafedrası
Toshkent shahri, Usmon Nosir, 156-uy.



11-Mavzu: O'zgaruvchan tok zanjirlarida quvvat tahlili.

(11th Topic: AC Power Analysis.)

O'quv rejasi:

11.1. Umumiy tushunchalar.

11.2. Oniy va o'rtacha quvvat.

11.3. Maksimal o'rtacha quvvatni uzatish.

11.4. Effektiv yoki o'rtacha kvadrat ildiz qiymati.

11.5. To'la quvvat va quvvat faktori.

11.6. Kompleks quvvat.

11.7. O'zgaruvchan tok quvvatini saqlanishi.

11.8. Quvvat faktorini tuzatish.

11.9. Qo'llanilishi.

11.5. To‘la quvvat va quvvat faktori.

Elektr zanjirining terminallaridagi kuchlanish va tok kuchini quyidagi vaqt sohasida

$$u(t) = U_m \cos(\omega t + \theta_u) \quad \text{va} \quad i(t) = I_m \cos(\omega t + \theta_i) \quad (11.33)$$

$$U = U_m \angle \theta_u \quad \text{va} \quad I = I_m \angle \theta_i$$

O‘rtacha quvvat,

$$P = \frac{1}{2} U_m I_m \cos(\theta_u - \theta_i) \quad (11.34)$$

$$P = U_{rms} I_{rms} \cos(\theta_u - \theta_i) = S \cos(\theta_u - \theta_i) \quad (11.35)$$

To‘la quvvat tok va kuchlanishlarning haqiqiy qiymatlari ko‘paytmasiga teng bo‘ladi:

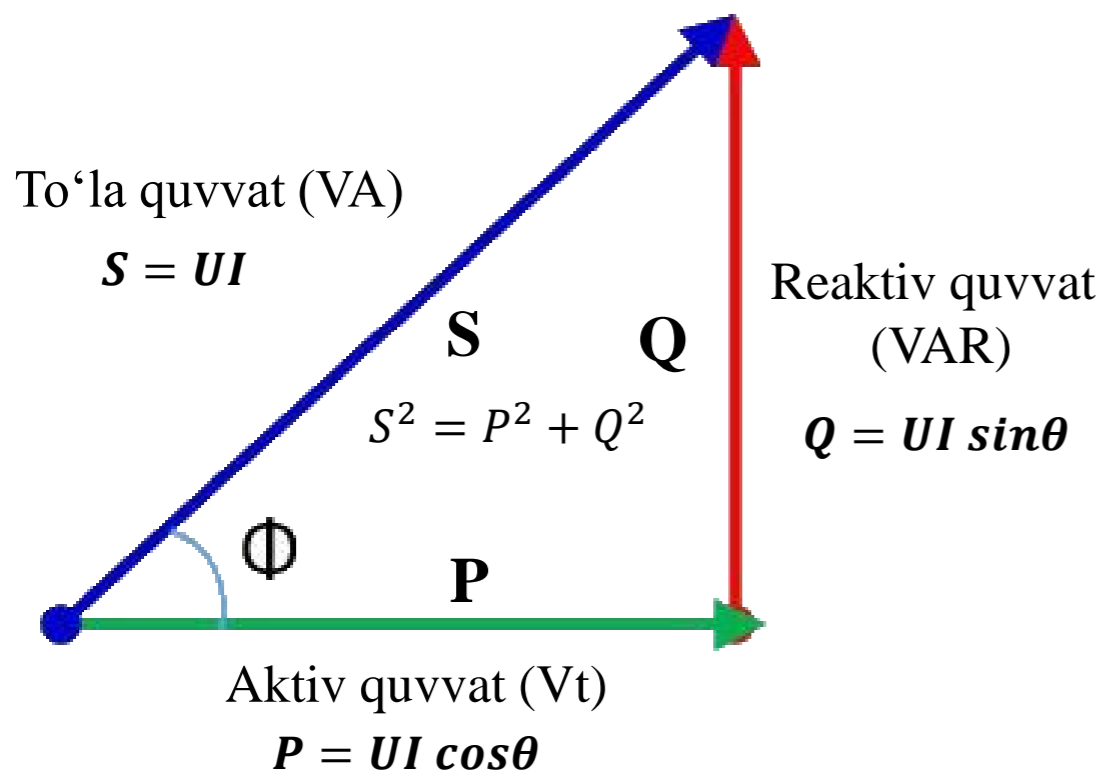
$$S = UI \quad \text{yoki,} \quad S = U_{rms} I_{rms} \quad (11.36)$$

O‘rtacha quvvat ikki atamaning mahsulidir. Mahsulot $U_{rms} I_{rms}$ to‘la quvvat S deb nomlanadi.

Faktor $\cos(\theta_u - \theta_i)$ quvvat faktori (*power factor* - *pf*) deb ataladi.

To'la quvvat kuchlanish va tok kuchining *rms* qiymatlarining mahsulidir.

Uni vatlarda o'lchanadigan o'rtacha yoki haqiqiy quvvatdan ajratish uchun volt-amper yoki VA bilan o'lchanadi.



11.8-rasm.

Aktiv, to'liq va reaktiv quvvat birliklari o'zaro quyidagi ifoda orqali baholanadi:

$$S^2 = P^2 + Q^2 \quad (11.37)$$

11.8-rasmda aktiv va reaktiv quvvatlar uchburchakning katetlari hisoblansa, to'la quvvat esa uchburchakning gipotenuzasiga to'g'ri keladi.

Aktiv quvvat deb bir davr T mobaynida oniy P quvvatning o'rtacha qiymatiga aytiladi va quyidagicha ifodalanadi:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = \frac{1}{T} \int_0^T ui dt \quad (11.38)$$

Agar zanjir qismidan quyidagi miqdorda tok va kuchlanish o'tsa,

$$i = I_m \sin \omega t; \quad u = U_m \sin(\omega t + \varphi) \quad (11.39)$$

U holda, aktiv quvvat:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T I_m U_m \sin \omega t \sin(\omega t + \varphi) dt = \frac{U_m I_m}{2} \cos \varphi \quad (11.40)$$

Aktiv quvvat deganda bir vaqt birligida qarshilik ulangan elektr zanjirida uzatiladigan issiqlik energiyasini ifodalaydi. Agar quyidagi ko'paytmani e'tiborga olsak:

$$U \cos \varphi = IR \quad (11.41) \quad \text{U holda,} \quad P = UI \cos \varphi = I^2 R \quad (11.42)$$

Aktiv quvvatning o'lchov birligi Vt hisoblanadi.

Reaktiv quvvat tok va kuchlanishlar hamda ular o'rtasidagi sinus burchagi ko'paytmasiga teng bo'ladi:

$$Q = UI \sin \varphi \quad (11.43)$$

Reaktiv quvvat o'lchov birligi (VAR) hisoblanadi va quyidagi shart bajariladi:

$$\sin \varphi > 0 \quad \text{unda} \quad Q > 0 \quad \text{agar} \quad \sin \varphi < 0 \quad \text{unda} \quad Q < 0.$$

Quvvat faktori o'lchovsizdir, chunki u o'rtacha quvvatning to'la quvvatga nisbati bilan aniqlanadi.

$$pf = \frac{P}{S} = \cos(\theta_u - \theta_i) \quad (11.44)$$

Quvvat faktori kuchlanish va tok kuchi o'rtasidagi fazalar farqining *cos* sidir. Shuningdek, u yuklama impedansining burchagi *cos* si hisoblanadi.

pf qiymati nol va 1 oralig'ida bo'ladi.

$$\theta_u - \theta_i = 0 \quad \text{va} \quad pf = 1. \quad \theta_u - \theta_i = \pm 90^\circ \quad \text{va} \quad pf = 0.$$

Quvvat faktori iste'molchilarning elektr ta'minoti korxonalariga to'laydigan elektr to'lovlariga ta'sir qiladi.



11.5.1-masala: Ketma-ket ulangan yuklama qo‘llaniladigan kuchlanish $u(t) = 120 \cos(100 \pi t - 20^\circ) V$ bo‘lsa, tok kuchini $i(t) = 4 \cos(100 \pi t + 10^\circ) A$ tortadi. Yuklamaning to‘la quvvatini va quvvat omilini toping. Ketma-ket ulangan yuklamani tashkil etuvchi element qiymatlarini aniqlang.

Yechish:

To‘la quvvatni hisoblaymiz.

Quvvat faktorini hisoblaymiz.

$$S = U_{rms} I_{rms} = \frac{120}{\sqrt{2}} \frac{4}{\sqrt{2}} = 240 VA$$

$$pf = \cos(\theta_u - \theta_i) = \cos(-20^\circ - 10^\circ) = 0,866 \quad (\text{oldinda})$$

pf ni yuklama impedansidan ham aniqlash mumkin.

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{120 \angle -20^\circ}{4 \angle 10^\circ} = 30 \angle -30^\circ = 25,98 - j15 \Omega$$

$$pf = \cos(-30^\circ) = 0,866 \quad (\text{oldinda})$$

Yuklama impedansi Z ni kondensator bilan ketma-ket $25,98 \Omega$ rezistor bilan modellashtirish mumkin.

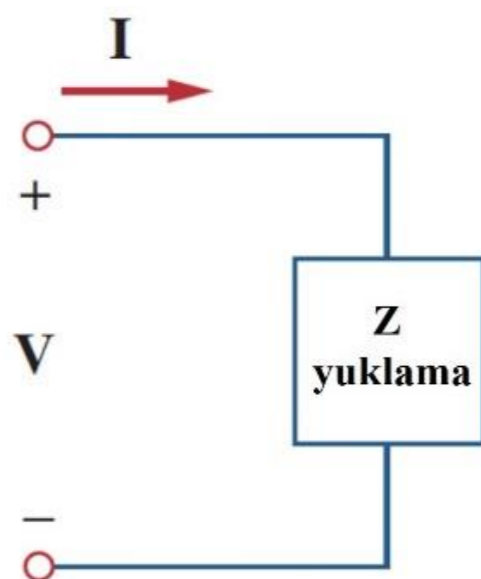
$$X_C = -15 = -\frac{1}{\omega C}$$

yoki,

$$C = \frac{1}{15\omega} = \frac{1}{15 \cdot 100\pi} = 212,2 \mu F$$

11.6. Kompleks quvvat.

Energetiklar “Kompleks (murakkab) quvvat” atamasini ishlab chiqdilar, ular parallel yuklamalarning aniq ta’sirini topish uchun foydalidir. Kompleks quvvat quvvatni tahlil qilishda muhim ahamiyatga ega, chunki u berilgan yuklama tomonidan sarflangan quvvat bilan bog‘liq barcha ma’lumotlarni o‘z ichiga oladi.



11.9-rasm. Kuchlanish va tok kuchi fazalarini yuklama bilan bog‘liqligi.

$$u(t) \rightarrow U = U_m \angle \theta_u$$

$$i(t) \rightarrow I = I_m \angle \theta_i$$

O‘zgaruvchan tok tomonidan sarflangan kompleks quvvat S kuchlanish va tokning kompleks konjugati mahsulotidir.

$$S = \frac{1}{2} UI^* \quad (11.48)$$

$$S = U_{rms} I_{rms}^* \quad (11.49)$$

$$U_{rms} = \frac{U}{\sqrt{2}} = U_{rms} \angle \theta_u \quad (11.50) \quad I_{rms} = \frac{I}{\sqrt{2}} = I_{rms} \angle \theta_i \quad (11.51)$$

$$\begin{aligned} S &= U_{rms} I_{rms} \angle \theta_u - \theta_i = \\ &= U_{rms} I_{rms} \cos(\theta_u - \theta_i) + j U_{rms} I_{rms} \sin(\theta_u - \theta_i) \end{aligned} \quad (11.52)$$

$$S = U_{rms}I_{rms}\angle\theta_u - \theta_i = U_{rms}I_{rms} \cos(\theta_u - \theta_i) + jU_{rms}I_{rms}\sin(\theta_u - \theta_i) \quad (11.52)$$

Kompleks quvvatning kattaligi to'la quvvatdir. Shuning uchun kompleks quvvat volt-amperlarda (VA) o'lchanadi.

Kompleks quvvat \mathbf{Z} yuklama impedansi bilan ifodalanishi mumkin. $U_{rms} = ZI_{rms} \downarrow$

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{U_{rms}}{I_{rms}} = \frac{U_{rms}}{I_{rms}} \angle\theta_u - \theta_i \quad (11.53) \quad S = I_{rms}^2 Z = \frac{U_{rms}^2}{Z^*} = U_{rms}I_{rms}^* \quad (11.54)$$

$$Z = R + jX \rightarrow S = I_{rms}^2(R + jX) = P + jQ \quad (11.55)$$

$$\text{Kompleks quvvatning haqiqiy qiymati} - P = \text{Re}(S) = I_{rms}^2 R \quad (11.56)$$

$$\text{Kompleks quvvatning mavhum qiymati} - Q = \text{Im}(S) = I_{rms}^2 X \quad (11.57)$$

P - o'rtacha yoki haqiqiy quvvat va u yuklamaning qarshiligi R ga bog'liq.

Q yuklamaning reaktivligi X ga bog'liq va reaktiv quvvat deb ataladi.

$$P = U_{rms}I_{rms} \cos(\theta_u - \theta_i), \quad Q = U_{rms}I_{rms} \sin(\theta_u - \theta_i) \quad (11.58)$$

Haqiqiy quvvat P - yuklamaga yetkazilgan vattdagi oʻrtacha quvvat. U yagona foydali quvvat hisoblanib, yuklama tomonidan sarflanadigan haqiqiy quvvatni bildiradi.

Reaktiv quvvat Q - manba va yuklamaning reaktiv qismi oʻrtasidagi energiya almashinuvining oʻlchovidir. Q ning birligi volt-amper reaktiv (*volt-ampere reactive VAR*) boʻlib, uni haqiqiy quvvatdan ajratib turadi.

Reaktiv quvvat yuklama va manba oʻrtasida oldinga va orqaga uzatiladi. Bu yuklama va manba oʻrtasidagi yoʻqotishsiz almashinuvni ifodalaydi.

Eʼtibor bering:

1. $Q = 0$ qarshilik yuklari uchun (pf birlik).
2. $Q < 0$ sigʻimli yuklamalar uchun (pf oldinlaydi).
3. $Q > 0$ induktiv yuklamalar uchun (pf kechikadi).

Kompleks quvvat (VA da) *rms* kuchlanish fazasi va *rms* tok kuchi fazasining kompleks konjugati hisoblanadi. Kompleks miqdor sifatida uning haqiqiy qismi haqiqiy quvvat P , mavhum qismi esa reaktiv quvvat Q dir.

Kompleks quvvatni joriy etish to‘g‘ridan-to‘g‘ri kuchlanish va tok kuchi fazalaridan haqiqiy va reaktiv quvvatlarni olish imkonini beradi.

$$\text{Kompleks quvvat} - S = P + jQ = U_{rms}(I_{rms})^* = |U_{rms}||I_{rms}|\angle\theta_u - \theta_i$$

$$\text{To‘la quvvat} - S = |S| = |U_{rms}||I_{rms}| = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (11.58)$$

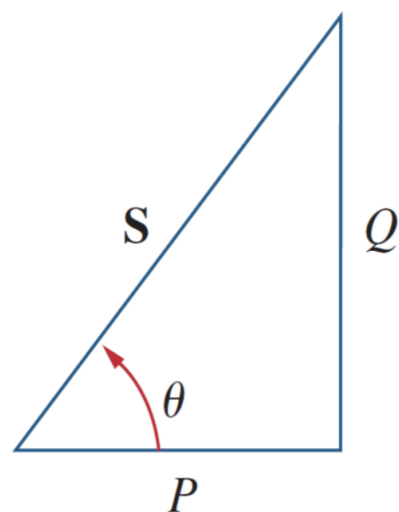
$$\text{Haqiqiy quvvat} - P = \text{Re}(S) = S \cos(\theta_u - \theta_i)$$

$$\text{Reaktiv quvvat} - Q = \text{Im}(S) = S \sin(\theta_u - \theta_i)$$

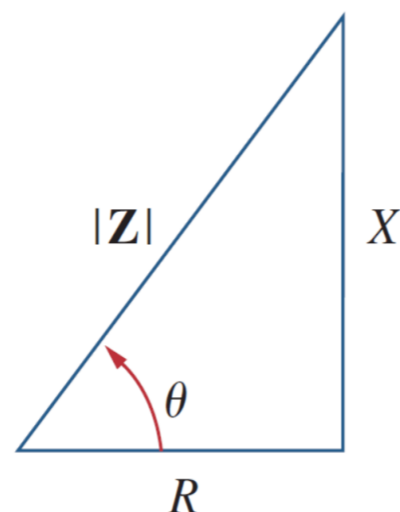
$$\text{Quvvat faktori} - \frac{P}{S} = \cos(\theta_u - \theta_i)$$

a) Quvvat uchburchagi shaklida S , P va Q ni ifodalash standart qo‘llaniladi.

b) Z , R va X o‘rtasidagi munosabat impedans uchburchagiga o‘xshaydi.

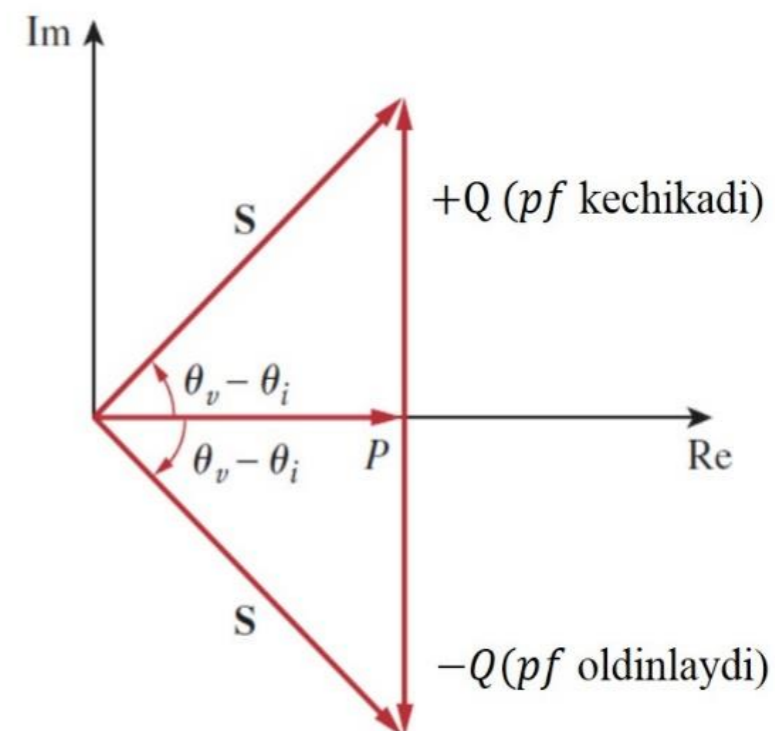


a)



b)

11.10-rasm. a) quvvat uchburchagi, b) impedans uchburchagi.



11.11-rasm. Quvvat uchburchagi.

Photo source: [7] - Fundamentals of Electric Circuits, Charles K. Alexander and Matthew N. O. Sadiku / 5th edition, the McGraw-Hill Companies, Inc., -2013. – p 475.



11.6.1-masala: Yuklamadagi kuchlanish $u(t) = 60 \cos(\omega t - 10^\circ) V$ va kuchlanishning pasayishi

yoʻnalishi boʻyicha element orqali oʻtadigan tok kuchi $i(t) = 1,5 \sin(\omega t + 50^\circ) A$ ga teng.

Yechish:

a) Kuchlanish va tok kuchining rms qiymatini quyidagicha yozamiz.

$$U_{rms} = \frac{60}{\sqrt{2}} \angle -10^\circ, \quad I_{rms} = \frac{1,5}{\sqrt{2}} \angle 50^\circ$$

Kompleks quvvat quyidagicha aniqlanadi.

$$S = U_{rms} I_{rms}^* = \left(\frac{60}{\sqrt{2}} \angle -10^\circ \right) \left(\frac{1,5}{\sqrt{2}} \angle 50^\circ \right) = 45 \angle -60^\circ VA$$

Toʻla quvvat quyidagicha aniqlanadi.

$$S = |S| = 45 VA$$

c) Quvvat faktori quyidagicha aniqlanadi.

$$pf = \cos(-60^\circ) = 0,5 \text{ (oldinlaydi)}$$

Bu oldinlaydi chunki, reaktiv quvvat salbiy qiymatga ega.

b) Kompleks quvvatni toʻgʻri toʻrtburchak shaklida ifodalashimiz mumkin.

$$S = 45 \angle -60^\circ = 45 [\cos(-60^\circ) + j \sin(-60^\circ)] = 22,5 - j38,97$$

Shunday qilib, $S = P + jQ$, haqiqiy quvvat quyidagiga teng.

$$P = 22,5 W$$

Reaktiv quvvat esa,

$$Q = -38,97 VAR$$

Yuklama impedansi quyidagicha aniqlanadi.

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{60 \angle -10^\circ}{1,5 \angle 50^\circ} = 40 \angle -60^\circ \Omega$$

Bu aniqlangan qiymat sigʻim impedansi hisoblanadi.

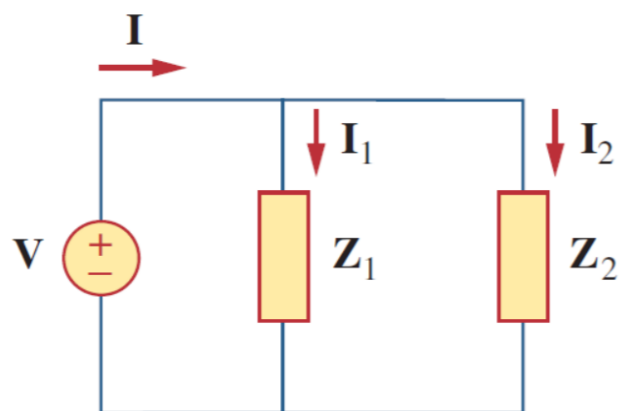
11.7. O‘zgaruvchan tok quvvatini saqlanishi.

Quvvatni saqlash prinsipi o‘zgaruvchan tok zanjirlari bilan bir qatorda o‘zgaruvchan tok davrlarida ham qo‘llaniladi.

Bu yerda ikkita yuklama impedansi Z_1 va Z_2 o‘zgaruvchan tok manbai bo‘ylab parallel ravishda ulanadi. KCL ni qo‘llash orqali quyidagiga ega bo‘lamiz.

$$I = I_1 + I_2 \quad (11.59)$$

Manba tomonidan ta‘minlanadigan kompleks quvvat.



a) parallel

$$S = UI^* = U(I_1^* + I_2^*) = UI_1^* + UI_2^* = S_1 + S_2 \quad (11.60)$$

bu yerda: S_1 va S_2 mos ravishda Z_1 va Z_2 yuklamalarga yetkazilgan kompleks quvvatlarni bildiradi.

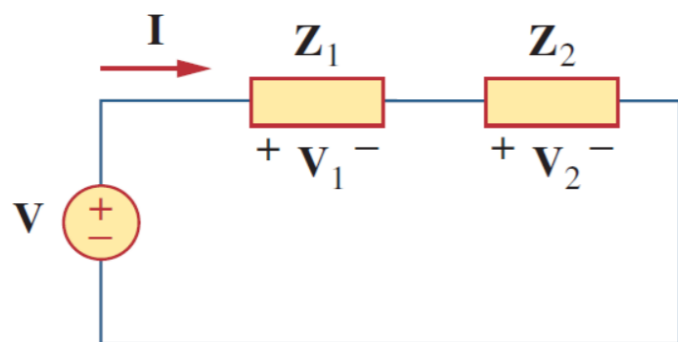
11.12-rasm. O‘zgaruvchan tok manbai yuklamalarni ta‘minlaydi.

Agar yuklamalar kuchlanish manbai bilan ketma-ket ulangan bo'lsa, KVL ni qo'llaymiz.

$$U = U_1 + U_2 \quad (11.61)$$

Manba tomonidan ta'minlangan murakkab quvvat quyidagicha ifodalanadi.

$$S = UI^* = (U_1 + U_2)I^* = U_1I^* + U_2I^* = S_1 + S_2 \quad (11.62)$$



b) ketma-ket

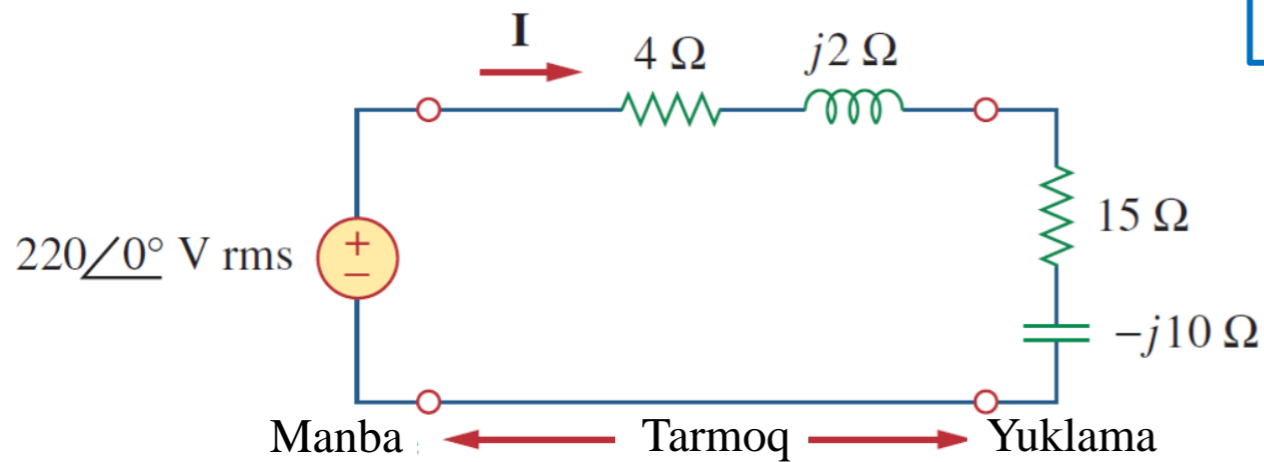
11.12-rasm. O'zgaruvchan tok manbai yuklamalarni ta'minlaydi.

bu yerda: S_1 va S_2 mos ravishda Z_1 va Z_2 yuklamalarga yetkazilgan kompleks quvvatlarni bildiradi.

11.7.1-masala: 11.13-rasmda elektr uzatish tarmog‘i orqali kuchlanish manbai tomonidan

ta‘minlanadigan yuklama ko‘rsatilgan. Tarmoqning impedansi $(4 + j2) \Omega$ impedans va qaytish yo‘li bilan ifodalanadi. **Haqiqiy quvvat** va **reaktiv quvvatni** quyidagilar tomonidan sarflanishini toping:

a) manba, b) tarmoq va c) yuklama.



11.13-rasm.

c) Yuklama kuchlanishi uchun

$$U_L = (15 - j10)I = (18,03 \angle -33,7^\circ)(10,67 \angle -22,83^\circ) = 192,38 \angle -10,87^\circ \text{ V rms}$$

Yuklama tomonidan yutilgan kompleks quvvat.

$$S_L = U_L I^* = (192,38 \angle -10,87^\circ)(10,67 \angle -22,83^\circ) = 2053 \angle -33,7^\circ = (1708 - j1139) \text{ VA}$$

Yechish:

To‘la impedansni aniqlaymiz.

$$Z = (4 + j2) + (15 - j10) = 19 - j8 = 20,62 \angle -22,83^\circ \Omega$$

Zanjir orqali o‘tadigan tok kuchi quyidagicha hisoblanadi.

$$I = \frac{U_s}{Z} = \frac{220 \angle 0^\circ}{20,62 \angle -22,83^\circ} = 10,67 \angle 22,83^\circ \text{ A rms}$$

a) Manba uchun kompleks quvvatni hisoblaymiz.

$$S_s = UI^* = (220 \angle 0^\circ)(10,67 \angle -22,83^\circ) = 2347,4 \angle -22,83^\circ = (2163,5 - j910,8) \text{ VA}$$

b) Tarmoq uchun kuchlanish quyidagicha hisoblanadi.

$$U_{line} = (4 + j2)I = (4,472 \angle 26,57^\circ)(10,67 \angle 22,83^\circ) = 47,72 \angle 49,4^\circ \text{ V rms}$$

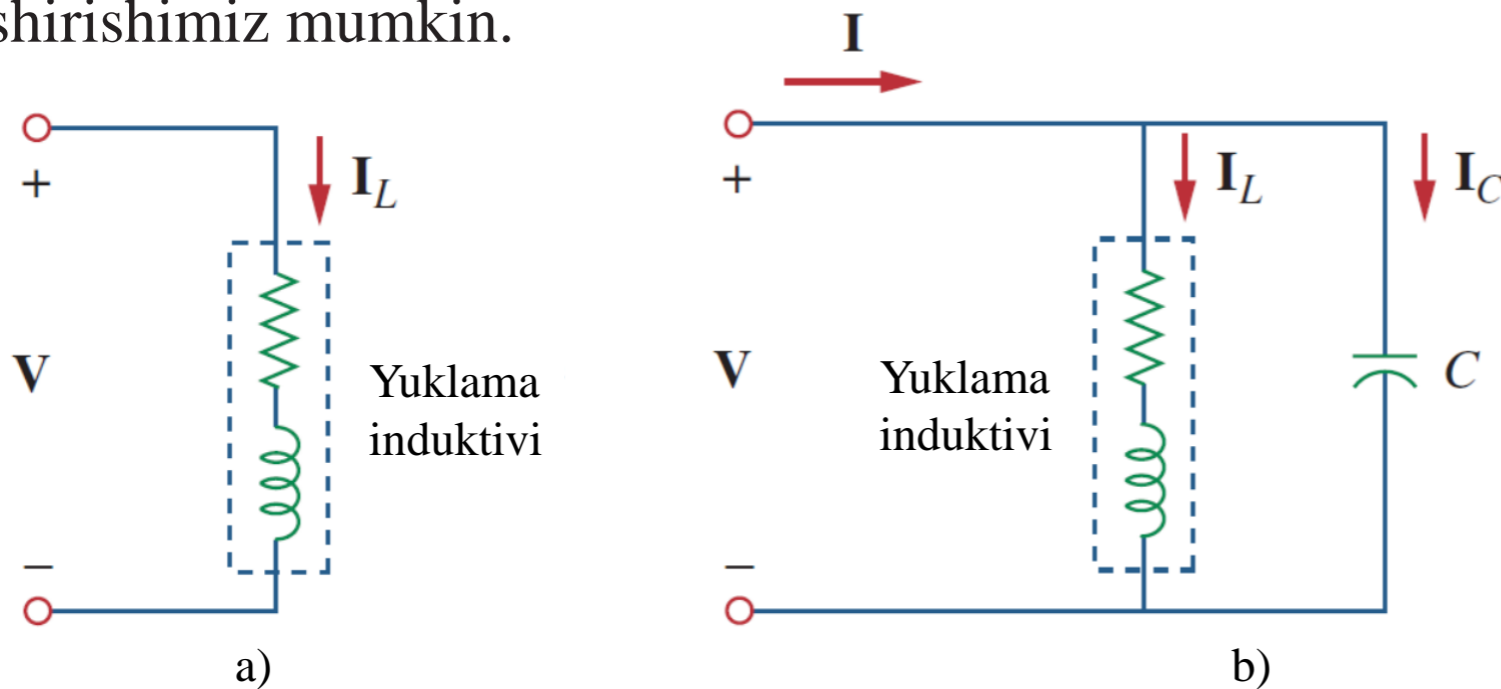
Tarmoq tomonidan yutilgan kompleks quvvat.

$$S_{line} = U_{line} I^* = (47,72 \angle 49,4^\circ)(10,67 \angle -22,83^\circ) = 509,2 \angle 26,57^\circ = 455,4 + j227,7 \text{ VA}$$

11.8. Quvvat faktorini tuzatish.

Ko'pgina maishiy yuklamalar (masalan, kir yuvish mashinalari, kondensionerlar va muzlatgichlar) va sanoat yuklamalari (masalan, asinxron motorlar) induktiv va past quvvat faktori bilan ishlaydi.

Yuklamaning induktivlik tabiatini o'zgartirish mumkin bo'lmasa-da, biz uning quvvat faktorini oshirishimiz mumkin.



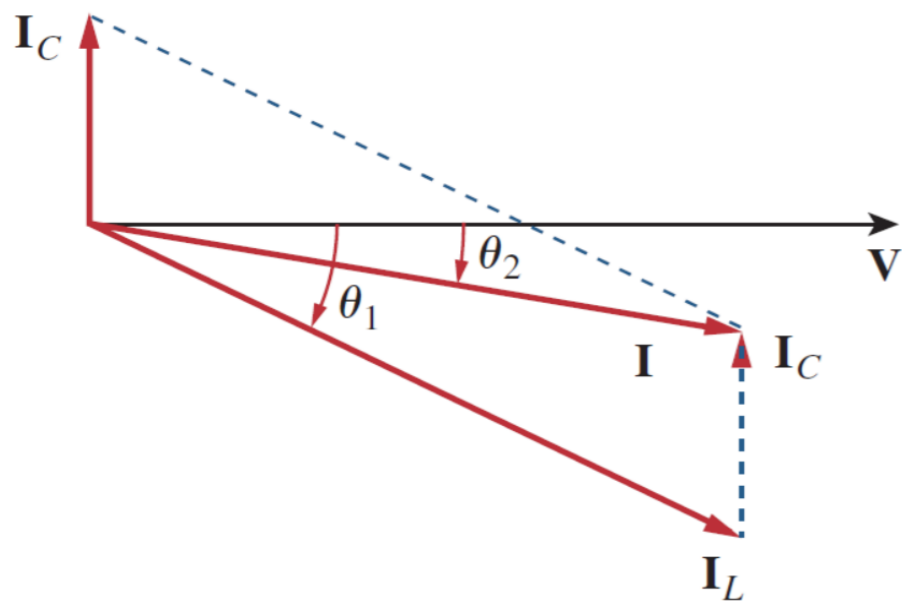
11.14-rasm. Quvvat faktorini to'g'rilash:

a) asl yuklama induktivi; b) quvvat faktori yaxshilangan yuklama induktivi.

Asl yuklamaga kuchlanish yoki tok kuchini o'zgartirmasdan quvvat faktorini oshirish jarayoni quvvat faktorini tuzatish deb nomlanadi.

Kondensator qo‘shilishi ta‘minlangan kuchlanish va tok kuchi o‘rtasidagi faza burchagining θ_1 dan θ_2 gacha kamayishiga olib keladi va shu bilan quvvat faktorini oshiradi.

Energiya korxonalarida kattaroq toklar uchun ko‘proq haq oladilar, chunki ular quvvat yo‘qotishlarini ko‘paytiradi ($P = I_L^2 R$ kvadrat faktor bilan).



Shu sababli, tok darajasini minimallashtirish yoki quvvat faktorini iloji boricha birlikka yaqin tutish uchun barcha chora-tadbirlarni amalga oshirish energiya korxonasiga ham, iste‘molchiga ham foydalidir.

11.15-rasm. Yuklama induktivi bilan parallel ravishda kondansator qo‘shish ta‘sirini ko‘rsatadigan faza diagrammasi.

Photo source: [8] - Fundamentals of Electric Circuits, Charles K. Alexander and Matthew N. O. Sadiku / 5th edition, the McGraw-Hill Companies, Inc., -2013. – p 481.

Quvvat faktorini tuzatishga boshqa nuqtai nazardan qarashimiz mumkin.

Agar asl yuklama induktivi to‘la quvvatga ega bo‘lsa S_1 , u holda

$$P = S_1 \cos \theta_1, Q_1 = S_1 \sin \theta_1 = P \tan \theta_1 \quad (11.63)$$

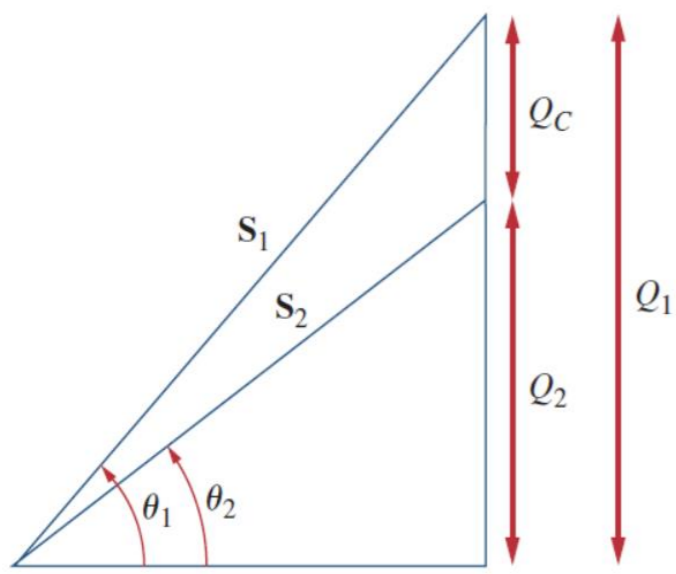
Agar biz haqiqiy quvvatni (ya’ni $P = S_2 \cos \theta_2$) o‘zgartirmasdan quvvat faktori (θ_1 dan θ_2 gacha oshirishni xohlasak, unda yangi reaktiv quvvat quyidagi ifoda bilan topiladi.

$$Q_2 = P \tan \theta_2 \quad (11.64)$$

Reaktiv quvvatning kamayishi shuntli kondensatordan kelib chiqadi;

$$Q_C = Q_1 - Q_2 = P(\tan \theta_1 - \tan \theta_2) \quad (11.65)$$

Yuklama tomonidan sarflanadigan haqiqiy quvvat P quvvat faktorini tuzatishga ta’sir qilmaydi, chunki sig‘im tufayli o‘rtacha quvvat nolga teng.



11.16-rasm. Quvvat faktorini to‘g‘rilash tasvirlangan quvvat uchburchagi.



11.8.1-masala: 120 V (rms), 60 Hz elektr tarmog'iga ulanganda, yuklama 0,8 kechikuvchi

(lagging) quvvat faktorida 4 kVtni sarflanadi. pf ni 0,95 ga oshirish uchun zarur bo'lgan sig'im qiymatini toping.

Yechish:

Agar $pf = 0,8$ bo'lsa, u holda
 $\cos \theta_1 = 0,8 \rightarrow \theta_1 = 36,87^\circ$

bu yerda: θ_1 - kuchlanish va tok kuchi o'rtasidagi fazalar farqi.

Reaktiv quvvat:

$$Q_1 = S_1 \sin \theta = 5000 \sin 36,87 = 3000 \text{ VAR}$$

pf 0,95 ga ko'tarilganda,

$$\cos \theta_2 = 0,85 \rightarrow \theta_2 = 18,19^\circ$$

Yangi va eski reaktiv quvvatlar o'rtasidagi farq kondensatorning yuklamaga parallel qo'shilishi bilan bog'liq.

Kondensatordan kelib chiqadigan reaktiv quvvat quyidagicha aniqlanadi.

$$Q_C = Q_1 - Q_2 = 3000 - 1314,4 = 1685,6 \text{ VAR}$$

va

$$C = \frac{Q_C}{\omega U_{rms}^2} = \frac{1685,6}{2\pi \cdot 60 \cdot 120^2} = 310,5 \mu F$$

Biz to'la quvvatni haqiqiy quvvatdan va pf sifatida olamiz.

$$S_1 = \frac{P}{\cos \theta_1} = \frac{4000}{0,8} = 5000 \text{ VA}$$

Haqiqiy quvvat P o'zgarmadi. Ammo to'la quvvat o'zgardi. Uning yangi qiymati,

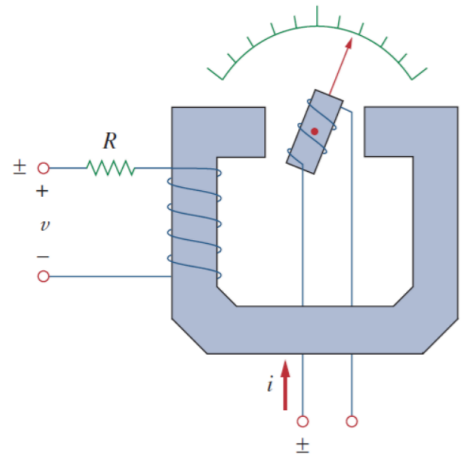
$$S_2 = \frac{P}{\cos \theta_2} = \frac{4000}{0,95} = 4210,5 \text{ VA}$$

Yangi reaktiv quvvat:

$$Q_2 = S_2 \sin \theta_2 = 1314,4 \text{ VAR}$$

11.9. Qo‘llanilishi.

Ushbu bo‘limda biz ikkita muhim dastur sohasini ko‘rib chiqamiz: quvvatni qanday o‘lchanishini va elektr ta‘minoti korxonalarida elektr energiyasini iste‘mol qilish narhini qanday aniqlashi.



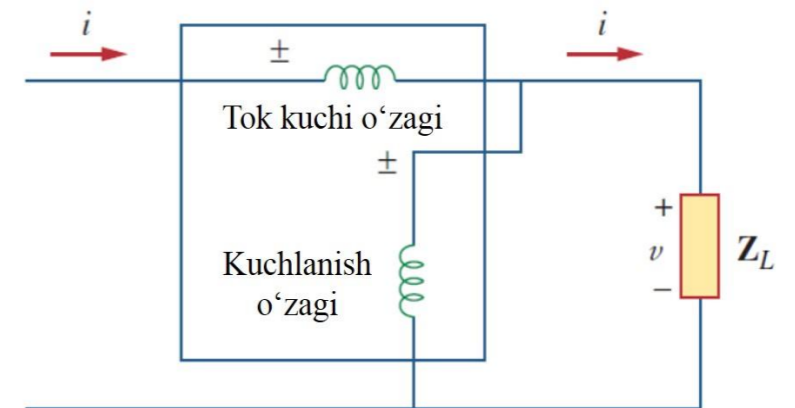
11.17-rasm. Vattmetr.

Juda kam impedensga ega bo‘lgan tok kuchi o‘zagini (ideal nol) yuklama bilan ketma-ket ulanadi va yuklama tok kuchiga javob beradi.

Photo source: [9] - Fundamentals of Electric Circuits, Charles K. Alexander and Matthew N. O. Sadiku / 5th edition, the McGraw-Hill Companies, Inc., -2013. – p 484.

11.9.1. Quvvatni o‘lchash.

Yuklama tomonidan sarflangan o‘rtacha quvvat *vattmetr* deb ataladigan asbob bilan o‘lchanadi. Reaktiv quvvat *varmetr* deb nomlangan asbob bilan o‘lchanadi. *Varmetr* ko‘pincha yuklamaga *vattmetr* bilan bir xil tarzda ulanadi.



11.18-rasm. Yuklamaga ulangan Vattmetr.

Tok kuchi o‘zagini past impedans tufayli qisqa tutashuv kabi ishlaydi.

Kuchlanish o‘zagi yuqori impedansi tufayli o‘zini ochiq tutashuv kabi tutadi.

Natijada, vattmetrning mavjudligi zanjir yoki quvvatni o‘lchashga ta’sir qilmaydi.

Ikkita o‘zak quvvatlanganda, harakatlanuvchi tizimning mexanik inersiyasi mahsulotning o‘rtacha qiymatiga mutanosib bo‘lgan burilish burchagini hosil qiladi $u(t)i(t)$.

Agar yuklamaning tok kuchi va kuchlanishi $u(t) = U_m \cos(\omega t + \theta_u)$ va $i(t) = I_m \cos(\omega t + \theta_i)$ bo‘lsa, ularning mos keladigan kvadratik fazalari quyidagicha aniqlanadi.

$$U_{rms} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \angle \theta_u \quad \text{va} \quad I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \angle \theta_i \quad (11.68)$$

Vattmetr tomonidan berilgan o‘rtacha quvvat quyida ifoda orqali o‘lchanadi.

$$P = |U_{rms}| |I_{rms}| \cos(\theta_u - \theta_i) = U_{rms} I_{rms} \cos(\theta_u - \theta_i) \quad (11.69)$$

11.9.2. Elektr energiyasi iste'moli narxi.

Kam quvvat faktori bo'lgan yuklamalarga xizmat ko'rsatish qimmatga tushadi, chunki ular katta tok kuchlarini talab qiladi.

Ideal holat $S = P$, $Q = 0$ va $pf = 1$ bo'lishi uchun ta'minotdan minimal tokga ega bo'lishi kerak.

Energetika korxonalarini ko'pincha o'z iste'molchilarini quvvat faktorlarini iloji boricha birlikka yaqinroq bo'lishga undaydilar.

Kommunal korxonalar o'z mijozlarini toifalarga ajratadilar. Masalan: turar-joy (maishiy), tijorat va sanoat yoki kichik quvvat, o'rta quvvat va katta quvvat iste'mol qilishi kabi.

Kilovatt-soat (kVt) birliklarida iste'mol qilinadigan energiya miqdori mijozning binolarida o'rnatilgan kilovatt-soat hisoblagich yordamida o'lchanadi.



Photo source: [10] - <https://sc04.alicdn.com/kf/HTB13OHLs25TBuNjSspm6yDRVXaW.jpg>

Garchi kommunal xo‘jaligi korxonalar iste’molchilarni to‘lash uchun tarif yoki to‘lov ko‘pincha ikki qismdan iborat.

Birinchi qism belgilangan bo‘lib, iste’molchilarning yuklama talablarini qondirish uchun elektr energiyasini ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash harajatlariga mos keladi.

Tarifning ushbu qismi odatda maksimal talabning kVt uchun ma’lum bir narx sifatida ifodalanadi. Yoki iste’molchining quvvat faktorini (pf) hisobga olish uchun maksimal talabning kVA ga asoslangan bo‘lishi mumkin.

Ikkinchi qism kVt soatda iste’mol qilinadigan energiyaga mutanosibdir; u gradusli shaklda bo‘lishi mumkin. Masalan, birinchi 100 kVt soat 16 sent/kVt/soat, keyingi 200 kVt/soat 10 sent/kVt va boshqalar. Shunday qilib, qonun loyihasi quyidagi tenglama asosida aniqlanadi:

$$Umumiy narx = Belgilangan narx + Energiyaning narxi \quad (11.70)$$

FOYDALANILGAN MANBALAR:

7. Fundamentals of Electric Circuits, Charles K. Alexander and Matthew N. O. Sadiku / 5th edition, the McGraw-Hill Companies, Inc., -2013. – p 475.
8. Fundamentals of Electric Circuits, Charles K. Alexander and Matthew N. O. Sadiku / 5th edition, the McGraw-Hill Companies, Inc., -2013. – p 481.
9. Fundamentals of Electric Circuits, Charles K. Alexander and Matthew N. O. Sadiku / 5th edition, the McGraw-Hill Companies, Inc., -2013. – p 484.
10. <https://sc04.alicdn.com/kf/HTB13OHLs25TBuNjSspm6yDRVXaW.jpg>



*E'TIBORINGIZ
UCHUN
RAHMAT!!!*