

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIIY VA O‘RTA MAXSUS
TA‘LIM VAZIRLIGI

ABU RAYHON BERUNIY NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

REAKTIV QUVVAT KOMPENSATSIYASI
fanidan amaliy mashg‘ulotlarini bajarish uchun

USLUBIY QO‘LLANMA

Toshkent-2016

“Reaktiv quvvat kompensatsiyasi” fanidan amaliy mashg‘ulotlarini bajarish uchun uslubiy qo‘llanma. Xakimov T. X., Sharipov Sh. M., Usmonov E.G. – Toshkent: ToshDTU 2016 – 82 b.

Uslubiy qo‘llanmada Elektr ta’minoti (sanoat korxonalari va shaxarlar) magistratura talabalariga “Reaktiv quvvat kompensatsiyasi” fanidan amaliy mashg‘ulotlarini bajarish uchun mo‘ljallangan.

Fanni o‘zlashtirishga asoslangan uslubiy qo‘llanmada, misol va masalalar orqali korxona elektr ta’minot tarmoq zanjirlarida reaktiv quvvat miqdorini aniqlash va uning kompensatsiyasi haqida tushuncha berilgan.

Toshkent davlat texnika Universiteti ilmiy-uslubiy kengashining qaroriga asosan chop etilgan.

Taqrizchilar: Berdishev A.S. - Toshkent
irrigatsiya va milioratsiya instituti,
dots., t.f.n.

Imomnazarov E.M. - Toshkent
davlat texnika universiteti
(Elektrotexnika, elektromexanika va
elektrotexnologiyalari) kafedrası
dots., t.f.n.

Kirish

“Reaktiv quvvat kompensatsiyasi” fanini talabalarga o‘rgatishdan asosiy maqsad, talabalarga barcha sanoat korxonalariga ayniqsa mashinasozlik, xalq xo‘jaligi va qishloq mashinasozlik korxonalarida reaktiv quvvat kompensatsiyasi zarurligi, ko‘pchilik elektr energiya iste‘molchilari qurilmalaridan iboratligi (transformatorlar, asinxron yuritgichlar, yoyli payvandlash uskunalari uchun) ularning o‘zgaruvchan magnit oqimli chulg‘amlari bilan bog‘liqligi bo‘yicha bilimlarini shakllantirish.

Fanni o‘rganishda asosiy vazifalardan biri bo‘lib, sanoat korxonalarida elektr ta‘minot tizimini loyihalash va ishlatishda reaktiv quvvat kompensatsiyasi muammolarini maqsadga muvofiq yechish masalalarini o‘rganish va amalda qo‘llay olishdan iborat.

Sanoat korxonalarida va boshqa nochiqli yuklamalarda yirik quvvatli ventilli o‘zgartirgichlar keng qo‘llanishi natijasida, ular elektr ta‘minoti tizimida sezilarli darajada tok va kuchlanish egri chiziqlari shakli buzilishi, sodir bo‘lishi bilan bog‘liq, shu sababli reaktiv quvvat kompensatsiyasini nosinusoidal jarayoni o‘ziga hosligini hisobga olib yechishga to‘g‘ri keladi.

Amaliy mashg‘ulotlar davomida talabalar reaktiv quvvat miqdorlarini, havo va kabel liniyalarida va transformator vositalarida uzatilganida qo‘shimcha elektr energiya isroflari, bu isroflarni bartaraf qilish uchun reaktiv quvvat iste‘moli va quvvat yo‘qolishlarini cheklash usullari, reaktiv quvvatni generatsiyalovchi manbalar va ularni maqsadga muvofiq joylashtirish, reaktiv manba turlarini tanlash va hisoblash, reaktiv quvvat iste‘mol qiluvchi kuch transformatorlarini tanlashda reaktiv quvvat isroflarini hisoblash, tanlab qabul qilingan va o‘rnatilgan kompensatsiyasiloovchi uskunalarning quvvatini nazorat qilish va boshqarish masalalari bo‘yicha yetarli bilimlarga erishadilar.

1-AMALIY MASHG'ULOT

ELEKTR TARMOQLARIDA REAKTIV QUVVAT. REAKTIV QUVVAT HAQIDA ASOSIY TUSHUNCHA VA TASAVVURGA EGA BO'LISH

Elektr tarmoqlarida quvvat degan tushuncha kiritilgan. Bir fazali liniya elektr tarmoqlarida aktiv, reaktiv, to'la quvvatlarga farqlanadi. Yuklamada elektrmagnit energiyasini iste'mol qilish bilan aktiv quvvat tavsiflanadi. Ya'ni uning boshqa energiyalarga aylanishi (issiqlik, mexanik, kimyoviy va boshqalar).

Liniyadagi sinusoidal zanjirlarda aktiv quvvat toki o'rtacha davr

T ko'rsatgichi ko'paytmasi oniy toki $i = i(t)$ va kuchlanishi $u = u(t)$:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T iudt \quad (1.1)$$

ui –ko'paytmasi oniy quvvat deb ataladi $p = p(t)$ ya'ni

$$p = iu \quad (1.2)$$

Agar kuchlanish va tok quyidagi ifodalarda aniqlanganida

$$u = U_m \sin \omega t ,$$

$$i = I_m \sin(\omega t - \varphi) \quad (1.3)$$

Shunday qilib oniy quvvat $T_p = u_i$ aktiv quvvat sinusoidal rejimlarda tok va kuchlanishning amaldagi ko'paytmasi va ular orasidagi faza kosinus burchak siljishi bilan aniqlanadi. Oniy quvvat o'rtacha qiymatda ikkilangan chastota bilan tebranish sodir qiladi.

$$p = UI \cos \varphi \quad (1.4)$$

bu quyidagiga teng

$$P = \int_0^T iudt - UI \cos \varphi \quad (1.5)$$

Iste'mol qilinayotgan energiya toki va kuchlanishning amaldagi ko'rsatgichlari ko'paytmasi to'la quvvat deb ataladi:

$$S = UI$$

Aktiv quvvat, to'la quvvat va oniy quvvat tushunchasidan tashqari reaktiv quvvat tushunchasi ham mavjud. Sinusoidal liniyalik tok zanjirlarida, u quyidagicha bo'ladi:

$$Q = UI \sin \varphi \quad (1.6)$$

Sinusoidal jarayonlarda, reaktiv quvvat elektrmagnit energiyasi o'zgarish tezligi bilan aniqlanadi, ya'ni u zanjirda oqib o'tayotgan almashish jarayonini tavsiflaydi. Sinusoidal tok liniya zanjirida reaktiv quvvat faqat hech bo'lmaganda bitta elektrmagnit energiyasini jamlovchi bo'ladigan sig'imlar yoki induktivlik bo'lganida, demak: agar tarmoq zanjirida chulg'amli iste'molchilar mavjudligida reaktiv quvvat iste'moli ham paydo bo'ladi. Kompensatsiyalovchi qurilmalarni tanlash texnik-tejamkorlik hisob kitoblari maqsadga muvofiq bajarilishi asosida olib boriladi. Kompensatsiyalovchi qurilma quvvati Q_q ; yuklama reaktiv quvvati Q_{yu} ayirmasi, samarali reaktiv quvvat Q_e bilan aniqlanadi:

$$Q_q = Q_{yu} - Q_e = P(\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi_e)$$

1.1-misol

Yuklama iste'mol qilayotgan aktiv, reaktiv va to'la quvvatlarni va yana uning oniy quvvat qiymatlarini aniqlang, agar o'rnatilgan kuchlanish va tok quyidagicha berilgan bo'lsa

$$U = 120 \sin \omega t, V \quad \text{tok esa} - i = \sin\left(\omega - \frac{\pi}{3}\right), A$$

Yechish

(1.1), (1.4) ifodalarga mos ravishda aktiv quvvat topamiz.

$$\begin{aligned} P &= \frac{1}{T} \int_0^T i u dt - UI \cos \varphi = \frac{U_m \cdot I_m}{2} \cos \varphi = \frac{120 \cdot 8}{2} \cos \frac{\pi}{3} = \frac{960}{2} \cdot \cos \frac{180^\circ}{2} = \\ &= \frac{960}{2} \cdot \cos 60^\circ = \frac{960 \cdot 0,5}{2} = 240 \text{ Vt}, \end{aligned}$$

(1.6) ga muvofiq reaktiv quvvat aniqlanadi.

$$Q = UI \sin \varphi = \frac{U_m \cdot I_m}{2} \sin \varphi = \frac{120 \cdot 8}{2} \sin \frac{\pi}{3} = \frac{960}{2} \sin \frac{180^\circ}{3} = \frac{960 \cdot 0,866}{2} = 416 \text{ Var}$$

$$\sin = \frac{\pi}{3} = \frac{180^\circ}{3} = 60^\circ = 0,866$$

Yuklamalarning to'la quvvatini aniqlaymiz.

$$S = \sqrt{P^2 + Q} = UI = \frac{U_m I_m}{2} = \frac{120 \cdot 8}{2} = 480, \text{ VA}$$

(1.2) ifodaga muvofiq: Yuklamalarning oniy quvvati aniqlanadi.

$$\begin{aligned}\rho = iu &= 8 \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right) \cdot 120 \sin \omega t = \frac{8 \cdot 120}{2} \cdot \left[\cos \frac{\pi}{3} - \cos\left(2\omega t - \frac{\pi}{3}\right) \right] = \\ &= 240 - 480 \cos\left(2\omega t - \frac{\pi}{3}\right), \text{ VA}\end{aligned}$$

Natijasidan ko‘rinib turibdiki, oniy quvvatning o‘zgarmas tashkil qiluvchilari, r uning aktiv quvvati hisoblanadi.

1.2-misol

Yuklamadagi kuchlanish, ketma-ket ulangan $R=5$ Om aktiv qarshilikdan va $L=0,01$ G induktivlikdan iborat, kuchlanish $U = 150e^{j20^\circ}$ V ko‘rinishida keltirilgan. Yuklamaning aktiv, reaktiv, to‘la va oniy quvvatini aniqlang.

Yechish

Aktiv va reaktiv quvvatlarni hisoblash uchun yuklamaning tokini topamiz, keyinchalik esa (1.18)dan to‘la quvvat kompleksi aniqlanadi: (aktiv va reaktiv quvvatini aniqlash tok va kuchlanishni kompleks shaklida yozilgan formuladan quyidagidan foydalanib aniqlaymiz).

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{Z} = \frac{U}{R + j\omega \cdot L} = \frac{150e^{j20^\circ}}{5 + j3,14 \cdot 0,01} = 25,4e^{-j12,1^\circ} \text{ A},$$

$$\dot{S} = \dot{U} \cdot \dot{I} = U \cdot I e^{j\varphi} = UI \cos\varphi + jUI; \quad \varphi = P + jQ,$$

$$\dot{S} = \dot{U} \cdot \dot{I} = 150e^{j20^\circ} \cdot 25,4e^{-j12,1^\circ} = 3810e^{j7,9^\circ} = 3,81 \text{ kVA}$$

Shunday qilib, yuklamaning to‘la quvvati 3,81kVAr ni tashkil qiladi.

Aktiv va reaktiv quvvatlarni to‘la quvvatning amaldagi va minimal qismi qilib ko‘rsatamiz:

$$P = \operatorname{Re}\left[\dot{S}\right] = 3810 \cos 32^\circ,1 = 3228, \text{ Vt};$$

$$Q = I_m \left[\dot{S} \right] = 3810 \sin 32^{\circ},1 = 2025 \text{ VAr}$$

Oniy quvvatini quyidagi(1,23) ifodadan aniqlaymiz .

$$P = \text{Re}[S(1 + e^{-j2\omega t})]$$

$$\begin{aligned} r &= \text{Re}[\dot{S}(1 + e^{-j2\omega t})] = \text{Re}[3810e^{j32,1^{\circ}}(1 + e^{-j2\omega t})] = \text{Re}[3810e^{j32,1^{\circ}}] + \text{Re}[3810e^{j32,1^{\circ}-2\omega t}] = \\ &= 3810 \cos 32^{\circ},1 + 3810 \cos(2\omega t - 32^{\circ},1) = 3228 + 3810 \cos(2\omega t - 32^{\circ},1) \text{ VA} \end{aligned}$$

Nazorat savollari

1. Reaktiv quvvatni fizikaviy ma'nosi nima?
2. Nima sababli reaktiv quvvat kuchlanish va tok oralig'ida tokni kechikish burchagi qanday sodir qiladi?
3. Reaktiv quvvatni kompensatsiya qilishdan ko'ra uni ishlab chiqarishlik mumkinmi?
4. Oniy quvvatning tashkil qiluvchisi qanday hisoblanadi?
5. To'la quvvat tushunchasida nechta reaktiv quvvat mavjud?

2- AMALIY MASHG'ULOT

UCH FAZALI ELEKTR TARMOQLARIDA REAKTIV QUVVAT

Uch fazali elektr tarmoqlarida reaktiv quvvat to'la quvvatni tashkil qiluvchi uch fazali simmetrik elektr tarmoqlari uchun, sinusoidalli kuchlanishga ega $u = U_m \sin \omega t$ va kuchlanishga nisbatan ϕ burchakka siljigan tok $i = I_m \sin(\omega t - \phi)$ bitta fazaning oniy quvvati quyidagicha aniqlanadi;

$$\begin{aligned} p &= ui = U_m \sin \omega t I_m \sin(\omega t - \phi) = \frac{1}{2} U_m I_m [\cos(\omega t - \phi) - \cos(\omega t + (\omega t - \phi))] = \\ &= \frac{1}{2} U_m I_m [\cos \phi - \cos(2\omega t - \phi)] = \frac{1}{2} U_m I_m \cos \phi - \frac{1}{2} \cdot U_m I_m \cos(2\omega t - \phi) \end{aligned}$$

Bu integralallangan ifoda o'zgaruvchan tok davrida katta energiyani beradi, bu energiya ta'minot manbalari tarmog'iga beriladi. Oddiy elektr sxemalarini ko'rib chiqishda kiritilganlar ko'rsatgichlari maqsadining nimalardan tashkil topganini ochib beradi. Umumiy hollarda, nosimmetrik tok yoki kuchlanish uch fazali tarmoqlarda to'la quvvatning turg'unligini tashkil qiluvchi nosimmetrik quvvat paydo bo'ladi.

Uch fazali tarmoqlarda kuchlanish nosimmetriklik sodir bo'lishi. Nosimmetrik kuchlanish chastotasiga asosan uning parametrlari nominallashtiriladi. Agar fazalar, fazalar aro kuchlanishlar amplitudalari teng bo'lsa va fazalar siljiishi (ular orasidagi burchak) bir xil bo'lsa, u holatda kuchlanish simmetrik. Agarda bularning portal belgilari yoki ikkalasi ham buzilgan bo'lsa, u holda kuchlanish nosimmetrik. Bunday aniqlash tok uchun ham qo'llanilishi mumkin. Kuchlanish nosimmetrik bo'lish sababining bittasi, bu yetrali izolyatsiyalangan tarmoqning noto'liq faza rejimi.

Ularni alohida holatlarga kiritadi, lekin ishlatishda rejimi bo'yicha ruhsat beriladi. Shunday qilib, to'la quvvat, yuklamaga uzatilayotgan aktiv quvvat tashkil qiluvchilardan va noaktiv tashkil qiluvchi quvvatlardan iborat (reaktivli, nosimmetriklik), ular elektr energiya ko'rsatgichlariga va elektr tarmoq ish rejimlariga salbiy ta'sir ko'rsatadi. To'la quvvatni tashkil qiluvchilaridan faqat aktiv quvvat foydalishi bajaradi. Qolgan uchtasi yo'q qilinishi kerak. Shu sababli, ular uchun kompensatsiya usullari qo'llaniladi:

Reaktiv quvvat manbalari; Yuqori garmonika filtrlari; Simmetrlovchi qurilmalar;

2.1-misol

Xalq xo'jaligida reaktiv quvvat kompensatsiyasi zarurligi. Energotizm maksimal yuklamasi $P_c = 4000$ MVt (korxona ma'lumotlari "Energonazorat" dan olinadi), va elektr tarmoqda KB bilan jihozlanishi va reaktiv quvvatni kompensatsiyalashda QE12 hisoblash dasturi qo'llanishidan, $\theta = 0,25$ kVAr/kVtga erishilgan. QE12 va RQK reaktiv quvvat kompensatsiyasini hisoblash dasturi qo'llanilishi (energotizmdan olinadigan), xo'jalik hisobiga qancha iqtisodiy samara keltirishini hisoblang.

Yechish

0,6 kVAr/kVt ga teng bo'lgan tarmoq, kompensatsiyalovchi qurilmalar bilan o'rtacha ko'rsatgichi maqsadga muvofiq, yiliga 160 kVt.s/kVAr ga to'g'ri keladigan KU bilan jihozlangan. KU ni qo'llanilishidan elektr energiyaning o'rtacha solishtirma yo'qolishi kamaygan qiymatidan foydalanib dastlabki samara hisobini ko'rib chiqamiz.

Zaruriy qo'shimcha KB quvvati quyidagini tashkil qiladi:

$$Q_{k.k} = (0,6 - 0,25) \cdot 4000 = 1400 \text{ MVar}$$

Elektr energiya yo'qolishining kamayishi esa quyidagiga teng.

$$\delta W = 1400 \cdot 160 \cdot 10^{-3} = 225 \text{ mln.kVt.s / yil}$$

Dastur bilan ta'minlanishiga muvofiq (oldin olib borilgan hisoblarga ko'ra), samarali ulushi 20% ga teng deb qabul qilingan. Bu qiymat minimal kafolatli hisoblanadi; odatda KBlarni asosan dastur bo'yicha maqsadga muvofiq joylashtirishning bajarilishi, kompensatsiya bilan teng taqsimlanishdagi dasturlanishda 20% ga nisbatan, katta samaraga olib keladi.

Dasturlash bilan ta'minlanishi qo'llanishidan olingan samara quyidagini tashkil qiladi

$$\delta W_{pr} = 0,2 \cdot \delta W = 0,2 \cdot 225 = 45 \text{ mln.kVt.s / yil}$$

Elektr energiya yo'qolishi kamayishidan iqtisodiy samarani quyidagi formuladan aniqlanadi.

$$E = \delta W_{pr} \cdot b_t = 45 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 10^{-5} = 225 \text{ mln g.so'm}$$

bunda, $b_t = 0,5$ - yoqilg'i tashkil qiluvchisining elektr energiya tizim tannarxi, so'm/(kVt.s).

RQK dasturi qo'llanishi bilan ta'minlanganida, samaraning, umumiy samaradorligi 80% ga teng deb qabul qilinadi, QE12 dasturlari esa -20%:

$$E_{pkk} = 0,8E = 0,8 \cdot 225 = 180 \text{ min } gso'm$$

$$E_{QE12} = 0,2E = 0,2 \cdot 225 = 45 \text{ min } gso'm$$

Hozirgi vaqtda RQK hisobi ikki usulda hisoblanishi ifodalangan. Birinchisi, sxema texnik hisoblashlar, elektr tarmoqlari va o'zaro bog'langan yechilishi maqsadga muvofiqligini ta'minlovchi iste'molchilar va energiya tizim tarmoqlari uchun. Bu ma'lumotlarsiz olib borila olmaydi, bu ma'lumotlar (Markaziy despetcher hisob kitobi) MDXda yig'ilgan va maxsus tuzilgan dastursiz EHM hisoblay olmaydi. Ikkinchi usul kerakli qiymatni (albatta ma'lumot ma'lum no aniqlik bilan), sxema texnik hisoblarsiz, o'rtacha qiymatlar koeffitsiyentlaridan kelib chiqqan holda aniqlash imkonini beradi, ma'lumotlar 2.1 -jadvalda keltirilgan. Bu usulda hisob-kitob olib borish energotizm tarmoqlari parametrlari haqidagi ma'lumotlarni talab qilmaydi. Birdan-bir parameter bo'lib ular 35-220/6-20kV Yuqori kuchlanishli podstansiyalar, ta'minlayotgan iste'molchilar hisoblanadi,. Bunday hisoblashlar uchun ma'lumotlar korxona energonazoratida mavjud.

$tg\phi_e$ ning normativ koeffitsiyentlari

2.1 - jadval

Birlashgan energiya tizimi	Yuqori kuchlanishli 6-20 kV shinalaridagi $tg \phi_e$ ning qiymati		
	35	110-150	220-330
Shimoliy G'arbda, va Markazda. Shimoliy Volga va Janubda.	0,25	0,3	0,4
Shimoliy Kavkaz, Kavkazortida, Uralda, Sibirda, Qozoqistanda.	0,30	0,37	0,49
O'rta Osiyoda	0,35	0,42	0,57
Sharqda	0,19	0,23	0,31

2.2-misol

100 kVt quvvatli asinxron yuritgich uchun yuklamasi 50% ni tashkil qiladi, bo'nday ish holatidagi reaktiv quvvatini aniqlang.

Elektr yuritgich pasporti ma'lumotlari:

$$P_n = 100kVt, U_n = 380V, \cos\varphi = 0,89(tg\varphi = 0,512); N_n = 0,875.$$

Yechish

Nominal yuklama uchun

$$Q_n = \frac{P_n}{N_n} \cdot tg\varphi_n = \frac{100}{0,875} \cdot 0,512 = 5,85kVAr$$

Elektr yuritgich nominal toki:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3}U_n N_n \cos\varphi_n} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,875 \cdot 0,89} = 19,6A.$$

Elektr yuritgichning muftasi yechilgan holda, uning salt tokini o'lchaymiz;

$$I_c = 5A$$

U holda elektr yuritgichning $\beta = 0,5(P = 5kVt)$ bo'lganda reaktiv quvvati quyidagini tashkil qiladi;

$$\begin{aligned} Q_{a.10} &= \frac{P}{N} \tan\varphi = \frac{P_n}{N_n} \left(\frac{I_{xx}}{I_n \cdot \cos\varphi_n} + \beta^2 \left(\tan\varphi - \frac{I_s}{I_n \cos\varphi_n} \right) \right) = \\ &= \frac{5}{0,875} \left(\frac{5}{19,6 \cdot 0,89} + 0,5^2 \left(0,512 - \frac{5}{19,6 \cdot 0,89} \right) \right) = 3,9kVAr. \end{aligned}$$

Kuch transformatorlarning reaktiv quvvat iste'moli, magnit o'tgazgichlarda magnitlanish Q_0 uchun sarflanadi va maydonini Q_{soch} sochilishini tashkil qilishga. Transformatorlar iste'mol qiladigan reaktiv quvvat ko'rstagichlari va asinxron yuritgichlarnikidan sezilarli darajada farqlanadi; Transformatorlar magnitlanishi uning ixtiyoriy quvvatini $Q_0=2-5\%$, asinxron yuritgichlarniki esa uning -50% atrofida bo'ladi. Bu transformatorlarning magnitli zanjirida havo oralig'i yo'qligi bilan

bogʻliq. Uch fazali transformatorlarning umumiy reaktiv quvvat ifodasini quyidagi koʻrinishda ifodalash mumkin;

$$Q_{tr} = Q_0 + Q_{soch} = Q_s + 3 \cdot I^2 X_{tr} = \frac{i_s \% \cdot S_n}{100} + \frac{3 \cdot I^2 u_{qt} \% \cdot U^2}{100 \cdot S_n} = \frac{i_s \% \cdot S_n}{100} + \frac{u_{qt} \% S^2}{100 \cdot S^2} =$$

$$= \frac{i_s \% \cdot S^2 + u_{qt} \% S^2}{100 \cdot S^2} = \frac{S_n}{100} \left(\frac{i_s \% \cdot S_m + u_{qt} \% S^2}{S_m^2} \right) = \frac{S_n}{100} \left(i_s \% + u_{qt} \% \cdot \beta^2 \right)$$

bu yerda i_s %-transformator solishtirma toki, u_n %-transformator Q.T kuchlanishning %; S_n -transformatorning nominal quvvati, β -yuklama koefitsiyenti.

Agarda transformatorlar 40% dan kam yuklangan boʻlsa, transformatorlarning reaktiv quvvati isrofini kamaytirish uchun zahira transformatorlarning magnitlanishini oʻchirish tavsiya qilinadi. Agar yuklamani boshqasiga oʻtkazish imkoniyati boʻlsa, u holda transformatorlarni kam quvvatligiga almashtirish mumkin. Transformatorlarning yuklanish koefitsiyentining 0,1ga ortishi $\cos\varphi$ ning 0,04 ÷ 0,05 ga yaxshilanishga olib keladi.

2.3-misol

Agar TM-630/10 transformatorning pasporti maʼlumotlari $i_s = 2\%$, $u_{qt} = 5,5\%$ ga mos ravishda transformator reaktiv quvvatini aniqlang,

Yechish

1. Transformatorlarning salt ishlaganidagi reaktiv quvvati

$$Q_0 = \frac{i_s \% \cdot S_n}{100} = \frac{2 \cdot 630}{100} = 12,6 \text{ kVAr}$$

2. Yuklamaga bogʻliq boʻlgan holda reaktiv quvvati (nominal yuklanish uchun);

$$Q_r = \frac{u_{qt} \% S_n}{100} \cdot \beta^2 = \frac{5,5 \cdot 630}{100} = 34,65 \text{ kVAr}$$

3. Nominal yuklanish uchun umumiy reaktiv quvvati;

$$Q_{tr} = Q_0 + Q_r = 12,6 + 34,65 = 47,24 \text{ kVAr}$$

4. Toʻla yuklama uchun umumiy reaktiv quvvati quyidagini tashkil qiladi;

$$Q_{tr} = \frac{S_n}{100} \left(u_s \% + u_{qt} \% \cdot \beta^2 \right) = \frac{630}{100} \left(5,5 + 0,5 \cdot 0,5^2 \right) = 21,26 \text{ kVAr}.$$

Nazorat savollari.

1. Uch fazali reaktiv quvvat, to'la quvvat sinusoidalligicha ta'siri nimadan iborat?
2. Uch fazali tarmoqlar to'la quvvat nosimmetrikligi paydo bo'lishini sababi nima?
3. Kuchlanishning nosimmetrik bo'lish sabablari qaysi parametrlarga bog'liq?
4. Qanday holatlarda tarmoqdagi kuchlanishni simmetik deb hisoblanadi?
5. To'la quvvatning foydali tashkil qiluvchisi deb qaysi quvvat hisoblanadi?
6. Yuklamaga o'zatilayotgan aktiv quvvat qanday tashkil qiluvchi quvvatlardan iborat?

3-AMALIY MASHG'ULOT

XALQ XO'JALIGI INSHOOTLARIDA REAKTIV QUUVVAT KOMPENSATSIYASI

Xalq xo'jaligida ishlatiladigan elektr qurilmalariga payvandlash apparatlari, asinxron yuritgichlar, yuritgichlar va havo liniyalari kiradi. Elektr payvandlash apparatlari birmuncha kichik bo'lishiga qaramay keng tok manbasida barchasida birlamchi va ikkilamchi chulg'amlari mavjud va ular albatta reaktiv quvvat iste'molchilariga kiradi. Elektr payvandlash apparatlari reaktiv quvvat iste'molchilari sifatida elektr yoyli pechlarining tavsifiga o'xshash va yaqin. Payvandlash usuli kontaktli va yoyli.

Qurilmalar ko'pchiligi bir fazali, keskin o'zgaruvchan yuklamali va pastquvvat ko'effitsiyentli; cosφ elekt yoyli payvandlash uskunasi 0,30-0,35 kontaktli payvandlashda esa 0,2-0,6 bunday xolatlarda, keskin o'zgaruvchan rejimli payvandlash apparatlarida, past quvvat ko'effitsiyentida cosφ butun tarmoq bo'ylab ruhsat berilmagan nosimmetrik kuchlanish tebranish tashkil topadi, o'zgarmas tokga payvandlashni qo'llashda esa, uning ta'minot manbasi o'zgartirgich orqali o'zgaruvchan tokni o'zgarmasga aylantiradi. Bupayvandlash apparatining ishlash rejimining umumiy elektr ta'minot tarmog'iga xalq xo'jaligiga nisbatan salbiy ta'sirini pasaytiradi. O'zgarmas tokda ishlovchi payvandlash qurilmalarining ta'minot manbalari tiristorli o'zgartgichlar, ular ham reaktiv quvvatni iste'mol qiladi. Lekin o'zgaruvchan tokda ishlovchi payvandlash qurilmalariga nisbatan kam. Ammo o'zgartgichlar tok va kuchlanish yuqori tarmoqlarining generatsiyalovchilariga kiradi. Ayniqsa 380-660 V tarmoqda yuqori darajali garmonikalarni qabul qiladi, payvandlash o'zgartgichlarini, u erda q.t.quvvati kichik. Lyuminessentli yoritgichlar kam quvvatli reaktiv quvvat iste'molchilarga qaraydi. Lekin xalq xo'jaligi, sanoat korxonalari va shaharlar, davlat shossey yo'llarini yoritishda keng qo'llaniladi. demak, ularning guruhlar reaktiv quvvat iste'moli sezilarli ko'rsatgichni tashkil qiladi.

Lyuminessentli lampalar zich gaz muhitidagi simob bug'lari elektr razryadiga asoslangan. Razryad natijasida ultrafioletli nurlanish shakillanadi, bunurlanish, kolbalyumenforaga ta'sir qiladi, uning natijasida ko'rinishli yoritilishni chiqaradi. Lyuminessentli lampalarda tok razryadini stabillash uchun, trubkaga ketma-ket balast qarshilik ulanadi (perlit o'zakli induktivlik, g'altak), va u yondirish o't oldirish impulsini o'z –o'zidan indukondensator batariyalanuvchilikni tashkil qiluvchi bo'lib xizmat qiladi. Drosseling ketma-ket ulanishi tok to'xtalishni kamaytiradi.

Yoritish apparatlarida drossel borligi reaktiv quvvatni iste'molini keltirib chiqaradi, uning ko'rsatgichi, drossel parametrlariga bog'liq bo'lib quyidagi miqdorlarda yotadi $\text{tg}\varphi=1,3-1,7$ ($\cos\varphi=0,5-0,6$). Aktivli isrofli drossellarda lampa quvvatining 25% ni tashkil qiladi.

3.1-misol

400 Vtli nominal quvvatli yoyli razryad (DRL) va lyuminetsentli (LB) lampalarda drosselli ketma-ket ulangan yoritgichlar reaktiv quvvat iste'molini baholang.

Yechish

Iste'mol qilingan reaktiv quvvat quyidagini tashkil qiladi;

$$Q = P_n + 0,25P_n \text{tg}\varphi = 400 + 0,25 \cdot 400 (1,3 - 1,7) = \frac{650}{850} \text{ kVAr},$$

Nisbatan katta quvvat iste'mol qilinadigan reaktiv quvvatlar kompensatsiyalanishi zarur. Shu sababli yoyli razryadli va lyuminessentli (DRL va LB) lampalar ishga tushirish rostlagich apparatlari bilan ulanadi, chunki ularda kompensatsiyalovchi vosita ko'zda tutilgan bo'ladi va buning natijasida $\cos\varphi = 0,92 - 0,95$ ga ko'tariladi. Reaktiv quvvat esa kompensatsiyalanadi. Sanoat korxonalrida gaz razryadli lampalarda guruhli kondensator batareyalar hisob-kitoblar bo'yicha tanlanadi. 1,1 kVArga 1 kVt o'rnatilgan quvvatli, lyuminessentli lampalar uchun $\cos\varphi=0,95$ ko'tarilishi hisobiga 1 kVt ga 1,2 – 1,3 kVAr to'g'ri keladi.

Uch fazali havo liniyalari o'rtacha kuchlanishida reaktiv quvvat iste'molini quyidagi formula orqali Var/kVt aniqlash mumkin.

$$Q_1 = \frac{3I^2}{1000} = \left(\frac{P}{U \cos\varphi} \right)^2 X_L \cdot 10^{-3},$$

Bu yerda R,U va cos-liniya bo'ylab yuklamalarni uzatishdagi parametrlari L va x_L - liniya induktiv va reaktiv qarshiligi.

Uch fazali havo liniyaning 1 km masofadagi induktiv qarshiligi quyidagicha hisoblanadi, G_n / km ;

$$L = \left(4,61g \frac{D_{CD}}{\tau} + 0,5 \right) 10^{-4}, \quad D_{CD} = \sqrt{D_{AB} \cdot D_{BC} \cdot D_{CA}}$$

6-35 kV havo liniyalari 1 km uchun induktiv qarshilik miqdori 0,37-0,40 Om reaktiv quvvat iste'moli $Q_N = 0,0012 \cdot I^2, kVAr / km$.

3.2-misol

Yuqori kuchlanishli 6 kV liniya, $3 \times 70 \text{ mm}^2$ alyuminiy simlarda bajarilgan (aktiv qarshiligi metriga $r_0 = 0,445 \text{ Om/km}$), liniyalar uzunligi 2 km, liniya oxirida jamlangan yuklama iste'molchi uning aktiv quvvati $R = 600 \text{ kVt}$, reaktiv quvvati $Q = 700 \text{ kVAr}$ va to'la quvvati $S = 920 \text{ kVA}$, quvvat koeffitsiyenti $\cos \varphi$ ni ortirish uchun, quvvat yo'qolishini kamaytirib va kuchlanish yuklamaga parallel kondensator batareya $Q = 400 \text{ kVAr}$ kondensator batareyalari ulangan. Ko'rsatilgan parametrlar, qanday o'zgarishini aniqlang;

- Kabel liniya qarshiligi: $x_{0 \text{ kl}} = 0,08 \text{ Om/km}$;
- Havo liniya qarshiligi: $x_{0 \text{ xl}} = 0,37 \text{ Om/km}$;

Yechish

1. Kondensator batareyalari o'rnatmasdan oldin quvvat koeffitsiyenti holati

$$\cos \varphi_1 = \frac{P}{S_1} = \frac{600}{920} = 0,652.$$

Ularni o'rnatgandan keyin bir muncha ko'tariladi.

$$\tan \varphi_2 = \frac{Q_1}{P} - \frac{Q_{KB}}{P} = \frac{700 - 400}{600} = 0,5 \text{ yoki } \cos \varphi_2 = 0,895$$

2. KB kondensator batareyalarni o'rnatilganadan keyin liniya bo'yicha to'la quvvat uzatilishi quyidagicha bo'ladi.

$$S_2 = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{600}{0,895} = 670 \text{ kVAr}.$$

3. Shunday qilib, to'la yuklama, demak, tok ham quyidagiga kamayadi.

$$\left(\frac{S_1 - S_2}{S_1} \right) \cdot 100\% = 920 - 670 / 920 \cdot 100\% = 27,2\%$$

4. Liniya aktiv qarshiligi quyidagiga teng.

$$R = r_0 L = 0,445 \cdot 2 = 0,89 \text{ Om}.$$

5. Kompensatsiyaga qadar quvvat isrofi quyidagini tashkil qiladi.

$$\Delta P_1 = \frac{P^2 + Q_1^2}{U^2} R = \frac{600^2 + 700^2}{6^2} \cdot 0,89 \cdot 10^{-3} = 21 \text{ kVt}$$

6. Kondensator batareyalar o'rnatilgandan keyin quyidagiga kamayadi.

$$\Delta P_2 = \frac{P^2 + Q_1 - Q_{KB}}{U^2} R = \frac{600^2 + 700 - 400}{6^2} \cdot 0,89 \cdot 10^{-3} = 11,1 \text{ kVt}$$

ya'ni quyidagiga kamayadi $\Delta P_1 - \Delta P_2 = 21 - 11,1 = 9,9 \text{ kVt}$
yoki

$$\Delta P_1 - \Delta P_2 = \left(\frac{2Q_1 - Q_{KB}}{U^2} \right) \cdot Q_{KB} \cdot R = \frac{700 - 400}{6^2} \cdot 400 \cdot 0,89 \cdot 10^{-3} = 9,9 \text{ kVt}$$

Shunday qilib, quvvat yo'qolishi 21 dan 11,1 kVt gacha yoki

$$\frac{\Delta P_1 - \Delta P_2}{\Delta P_1} \cdot 100\% = \frac{21 - 11,1}{21} \cdot 100\% = 47\% \text{ kamaydi.}$$

Kabel liniyasi

1. Liniya induktiv qarshiligi.

$$X = X_{oxl} \cdot L = 0,08 \cdot 2 = 0,16 \text{ Om}$$

2. Kompensatsiyadan oldin kuchlanish (isrofi) yo'qolishi

$$\Delta U_1 = \frac{P \cdot R + Q_1 \cdot X}{U} = \frac{600 \cdot 0,89 + 700 \cdot 0,16}{6} = 108 \text{ V}$$

3. Kondensator batareyalar o'rnatilgandan keyin

4.

$$\Delta U_2 = \frac{P \cdot R + (Q_1 - Q_{kb}) \cdot X}{U} = \frac{600 \cdot 0,89 + (700 - 400) \cdot 0,16}{6} = 97 \text{ V}$$

5. Kuchlanish yo'qolishi quyidagini tashkil etadi

$$\Delta U_1 - \Delta U_2 = 108 - 97 = 11 \text{ V}$$

yoki

$$\Delta U_1 - \Delta U_2 = \frac{Q_{kb} \cdot x}{U} = \frac{400 \cdot 0,16}{6} = 11 \text{ V}$$

5. Kuchlanish yo'qolishi kamaydi demak, kuchlanish quyidagi darajaga oshdi.

$$\frac{\Delta U_1 - \Delta U_2}{U} \cdot 100\% = \frac{108 - 97}{6} \cdot 100\% = 0,18\%$$

Havo liniyasi

1. Liniyalar induktiv qarshiligi quyidagiga teng.

$$x = x_{0xl} \cdot L = 0,37 \cdot 2 = 0,74 \text{ Om}$$

2. Kuchlanish yo'qolishi: Kompensatsiyadan oldin

$$\Delta U_1 = \frac{PR + QX}{U} = \frac{600 \cdot 0,89 + 700 \cdot 0,74}{6} = 175 \text{ V}$$

Kompensatsiyadan keyin

$$\Delta U_2 = \frac{P \cdot R + (Q_1 - Q_{kb}) \cdot X}{U} = \frac{600 \cdot 0,89 + (700 - 400) \cdot 0,74}{6} = 126 \text{ V}$$

3. Yo'qolishning kamayishi

$$\Delta U_1 - \Delta U_2 = 172 - 126 = 49 \text{ V}$$

yoki

$$\Delta U_1 - \Delta U_2 = \frac{Q_{kb} \cdot X}{U} = \frac{400 \cdot 0,74}{6} = 49 \text{ V}$$

4. Kuchlanish quyidagi darajaga oshdi.

$$\frac{\Delta U_1 - \Delta U_2}{U} \cdot 100\% = \frac{172 - 126}{6} \cdot 100\% = 0,81\%$$

Nazorat savollari.

1. Xalq xo'jaligi iste'molchilariga qaysi turdagi elektr qurilmalar kiradi?
2. Bir fazali yuklamasi keskin o'zgaruvchan elektr jixozlarni ta'minot tarmog'iga ta'siri nimadani iborat?
3. Bir fazali keskin o'zgaruvchan yuklamali elekttr jixozlar quvvat ko'effitsientining past bo'linishining sababi nima?
4. Payvandlash apparatlarida tiristorli o'zgartgich ta'minot manbalari qo'llanilishi umumiy elektr ta'minot manbaga qanday ta'sir ko'rsatadi?
5. Lyumenessentli yoritgichlar qanday quvvatni iste'mol qiladi va ularning quvvat ko'effitsiyent ko'rsatkichi yuqorimi?

4- AMALIY MASHG'ULOT ELEKTROENERGIYA ISTE'MOLCHILARIDA REAKTIV QUVVAT ISTE'MOLINI KAMAYTIRISH USULLARI

Elektr ta'minoti tarmog'iga reaktiv quvvat iste'molchilari bo'lib, sanoat korxonalari elektrlashtirilgan temir yo'llari va shahar transporti qishloq xo'jalik ishlab chiqarish elektr iste'molchilari va yana kam quvvatli aholi istiqomat joylaridagi yuklamalar kiradi. Uy-ro'zg'orda keng ko'lamli qo'llanilayotgan qurilmalar lyuminetsentli yoritgichlar reaktiv quvvat iste'moli yuklamasi ortib borishiga olib keladi. Reaktiv quvvat yuklamasi $\cos\varphi$ va aktiv quvvat yuklamasini ko'rsatgichlari asosida aniqlanadi. 6-10 -35-110 kVli nimstansiyalar (NS) shinalarida reaktiv quvvat o'sishi, keyinchalik rivojlanishini hisobga olgan holda elektr tarmoqlari taraqqiyot sxemasi yaratiladi va kondensator batareya ishaltilishi inobatga olinib qabul qilinishi kerak:

Tarmoq ishining rejimlari hisobi, kuchlanish darajasi, u ruhsat etilganini ta'minlash.

Elektr tarmoqlarida reaktiv quvvat kompleksli kondensator batareyalari tizim bo'yicha hisobi ko'rsatmasi, talablari ko'rsatilgan sharoitlardan biri bilan texnik cheklanishlar aniqlanadi. (kuchlanish darajasi halokatdan keyingi va nominal rejimlarda tarmoqning elektr energiya uzatish qobiliyati).

6-10 kVli NS kuchlanishlari hisob-kitoblarida reaktiv quvvat koeffitsiyenti $\tg\varphi$ ni hisob-kitob hisobotlari ma'lumotlariga asoslanib 0,40dan ko'pini olmaslik kerak, ya'ni shunday ko'rsatgich hozirgi davrni ta'minlasin.

Zamonaviy elektr tizimlariga ko'p sonli kuch transformatorlari va havo liniyalari kiradi, bu reaktiv qarshilik uzatuvchi qurilmalarda sezilarli darajada ko'p bo'ladi, demak kuchlanish va reaktiv quvvat ko'p miqdorda yo'qolishiga olib keladi. Reaktiv quvvat tarmoqlar bo'ylab uzatilishi kuchlanishning qo'shimcha yo'qolishiga olib keladi. Reaktiv quvvat uzatish miqdori aktiv quvvat va elektr energiya uzatilishida yo'qolishga ta'sir qiladi. Tarmoqlarda elektr energiya yo'qolishini kamaytirish va iste'molchilarda kuchlanishni oshirishga intilish kerak, bu uzatilayotgan reaktiv quvvat kamayishiga olib keladi. Bunga quvvat koeffitsiyentini iste'molchilarda orttirish yo'li bilan erishishi mumkin.

a) Elektr uskunalari ishlashini iste'molchilarda o'rnatilishini takomillashtirish

b)Iste'molchilarning o'zida reaktiv quvvatni kompensatsiyalash. Iste'molchilardagi kuchlanishni ko'tarish va shu bilan birga uzatish yo'qolishini, bo'ylama kompensatsiyani qo'llab kamaytirish.

Bu muammo ikki usulda amalga oshiriladi: tabiiy va sun'iy.

Yuqorida keltirilgan sharoitlarni bajarish uchun loyihalashni to'g'ri tashkil qilish, ishlatishda kam yuklamani asinxron yuritgichlarni kam quvvatlilar bilan almashtirish yoki texnologik agregatlarning yuklanishini oshirish, ularning ishlash vaqtidan foydalanishni yuqori quvvat koeffitsiyenti bilan bajarilishini yo'lga qo'yish. Har bir holatda, agar bu mumkin bo'lsa, rotori qisqa tutashgan elektr yuritgichlar qo'llanilishiga imkoniyat berilishi kerak.

Reaktiv quvvatni generatsiyalovchi manbalar sifatida asosan sinxron kompensatorlar va statik kondensatorlar hisoblanadi. Bulardan tashqari sanoat uskunalarida shu maqsadga erishish uchun o'zgartgichli kondensatorlar va tristorlar qo'llanilgan statik reaktiv quvvat manbalari joriy qilinmoqda.

1 kVgacha va 6-10 kV kuchlanishlar dastatik kondensatorlar keng ko'lamli foydalanilmoqda. Sinxronli kompensatorlar 6-10 kV kuchlanishda qabul qilinib va nimstansiyalarda o'rnatilishi mumkin.

Bu barcha qurilmalar reaktiv quvvatdan oshib o'tuvchi (sig'imli) iste'molchilar yoki huddi shunday ortda qoldiruvchi reaktiv quvvatli manbalar, ular tarmoqqa reaktiv quvvat beruvchilar.

4.1-misol

TM-100/10 transformator $\cos\varphi=1$ va $\cos\varphi=0,5$ ligida FIKni aniqlang.

Yechish

Bu transformatorlarning pasport ma'lumotlariga ko'ra salt ishlashida yo'qolishi $P_{\text{salt}}=0,36$ kVtni, qisqa tutashuvi esa $P_{\text{q.t}}=1,97$ kVtni tashkil qiladi. Demak, $\cos\varphi=1$ bo'lganda 1.FIK quyidagicha bo'ladi:

$$\eta = \frac{P_n}{P_n + P_s + P_{qt}} \cdot 100\% = \frac{100}{100 + 0,36 + 1,97} \cdot 100\% = 97,7\%$$

$\cos\varphi=0,5$ bo'lganida iste'molchilar olishi mumkin bo'lgan maksimal aktiv quvvat, quyidagini tashkil qiladi:

$$P_1 = S \cdot \cos\varphi = 100 \cdot 0,5 = 50 \text{ kVt}$$

yo‘qolishi esa oldingidek, $\cos\varphi=1$ dagi kabi bo‘ladi. Chunki tok kuchi o‘zgarishsiz qoladi, lekin FIK quyidagiga o‘zgaradi:

$$\eta = \frac{P_n}{P_n + P_s + P_{qt}} \cdot 100\% = \frac{100}{50 + 0,36 + 1,97} \cdot 100\% = 95,7\%$$

FIK -2% dan ko‘pga yomonlashadi. Agar transformatsiya energiyasi sonini hisobga olinsa, u holda FIK pasayishi transformatorlar reaktiv quvvat yuklanishi bilan bog‘liq, bunday rejimda ishlatilishi harajatlarni bir muncha sezilarli darajada orttirib yuborishi mumkin.

4.2-misol

24 kmli havoliniya aktiv qarshiligi $R = 7,44 \text{ Om}$, reaktiv qarshiligi $X_L=9,6 \text{ Om}$ liniya bo‘ylab uzatilganda aktiv quvvat $R=10000 \text{ kVt}$, reaktiv qarshiligi $Q=9000 \text{ kVAr}$ va to‘la quvvat $S= 13450 \text{ kVA}$, yuklama liniya oxirida jamlangan. Liniya boshlanishdagi kuchlanish $U_a=36 \text{ kV}$ liniya oxirida kompensatsiyaga qadar $U_b=31,5 \text{ kV}$.

Bo‘ylama kompensatsiyalash uchun zaruriy kondensator batareyalar quvvatini hisoblang (KPM-0,6-50-1 bir fazali kondensatorlarni qabul qiling). To‘la yukalanishda havo liniya oxirida kuchlanish yo‘qolishi kompensatsiyadan keyin $\Delta U_2=0,5 \text{ kV}$ ni tashkil qilsin. Agar ko‘ndalang kompensatsiyalash amalga oshiriladigan bo‘lsa, kondensator batareyalar quvvatlari natijasini taqqoslang.

Yechish

1.Kompensatsiyaga qadar kuchlanish yo‘qolishi

$$\Delta U_1 = U_a - U_b = 35 - 31,5 = 4,5 \text{ kV}$$

2.Vazifalab berilgan kuchlanish yo‘qolishi

$$\Delta U_1 = U_a - U_b = 4,5 - 0,5 = 4 \text{ kV}$$

bu ifodadan

$$\Delta U_1 - \Delta U_2 = \frac{Q \cdot X_{kb}}{Q}; X_{kb} = \frac{(\Delta U_1 - \Delta U_2) \cdot U_a}{Q} = \frac{4 \cdot 36}{9000} = 16 \text{ Om}$$

3. KPM-06-50-1 bo'ylama kompesatorlar uchun bir fazali kondensatorlar texnik ko'rsatgichlari:

$Q_{K1} = 50 \text{ kVAr}$ - bitta kondensator quvvati;

$U = 0,6 \text{ kV}$ - ishchi kuchlanishi;

$C = 442 \text{ mk F}$ - bitta kondensator sig'imi;

$$I_{K1} = \frac{Q_{K1}}{U} = \frac{50}{0,6} = 83 \text{ A}; \quad X_{K1} = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{314 \cdot 442 \cdot 10^{-6}} = 7,2 \text{ Om}$$

4. Bitta fazaga parallel ulanangan kondensatorlar zaruriy sonini aniqlaymiz;

$$n = \frac{I}{I_{K1}} = \frac{S}{I_{K1} \cdot U_b \cdot \sqrt{3}} = \frac{1340}{\sqrt{3} \cdot 31,5 \cdot 83} = 2,97$$

3-dona deb qabul qilamiz;

5. Bitta fazaga ketma-ket ulanadigan zaruriy kondensatorlar sonini hisoblaymiz;

$$m = \frac{x_{kb}}{x_{K1/n}} = n \frac{x_{kb}}{x_{K1}} = 3 \cdot \frac{16}{7,2} = 6,67$$

$m = 7$ -dona deb qabul qilamiz.

6. Bitta faza uchun umumiy kondensator soni;

$$n \cdot m = 3 \cdot 7 = 21$$

barcha batareyalar soni

$$3 \cdot n \cdot m = 3 \cdot 21 = 63$$

7. Umumiy quvvati

$$Q_{kb} = 3 \cdot n \cdot m \cdot Q_{K1} = 3 \cdot 3 \cdot 7 \cdot 50 = 3150 \text{ kVAr}$$

Bitta fazadagi umumiy sig'im qarshiligi;

$$X_{kb} = \frac{m \cdot X_{K1}}{n} = \frac{7 \cdot 7,2}{3} = 16,8 \text{ Om}$$

16 Om zaruriy bo'lgan o'rniga.

8.Olingan natijaviy ko‘rsatgichni, kuchlanish yo‘qolishi kamayishini tekshiramiz:

$$\Delta U_1 - \Delta U_2 = Q \cdot \frac{X_{kb}}{U} = 9000 \cdot \frac{16,8}{36} \cdot 10^{-3} = 4,2 \text{ kV}$$

vazifalab berilgan 4 kV o‘rniga $Q_{kb} = 3150 \text{ kVAr}$ yirik quvvatli kondensatorlar kelib chiqdi, bu KB yetarlicha og‘ir sharoitlarda qo‘llanilib kuchlanish yo‘qolishi kamayishini va kuchlanishini zaruriy darajada ushlab turishga qodir:

Agar $Q_{kb} = 3 \cdot n \cdot m \cdot Q_{K1} = 3 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 50 = 2250 \text{ kVAr}$ kondensator batareyalar quvvati qabul qilinsa, $n = 3$ bo‘lganida

$$m = \frac{Q_{kb}}{3 \cdot n \cdot Q_{K1}} = \frac{2250}{3 \cdot 3 \cdot 50} = \frac{2250}{450} = 5;$$

$$X'_{kb} = \frac{m \cdot x_m}{n} = \frac{5 \cdot 7,2}{3} = 12 \text{ Om}$$

$$\Delta U_1 - \Delta U_2 = \frac{Q \cdot X'_{kb}}{U_a} = \frac{9000 \cdot 12}{36} \cdot 10^{-3} = 3 \text{ kV}$$

$$\Delta U_2 = \Delta U_1 - 3 = 4,5 - 3 = 1,5 \text{ kV}$$

$$U_2 = U_a - \Delta U_2 = 36 - 1,5 = 34,5 \text{ kV}$$

Ko‘ndalang kompensatsiyalash kondensator batareyalar quvvatini quyidagi ifodalar nisbati orqali ifodalaymiz

$$\Delta U_1 - \Delta U_2 = \frac{Q \cdot X'_{kb}}{U}$$

bu yerda X-liniya reaktiv qarshiligi (misol shartiga qarang).

Batareyalar quvvati quyidagini tashkil qiladi.

$$Q_{kb} = \frac{(\Delta U_1 - \Delta U_2) \cdot U}{X} = \frac{4 \cdot 36}{9,6 \cdot 10^{-3}} = 15000 \text{ kVAr}$$

Shunday qilib, ko‘ndalang kompensatsiyalash sharoiti uchun, qabul qilingan misoldagi kondensatorlar bo‘ylama kompensatsiyalanishiga

nisbatan quvvati besh martadan ko'pni talab qiliadi (1500/3150). Ko'ndalang kompensatsiya uchun $\Delta U_1 - \Delta U_2 = 3kV$ bo'lganida, quyidagi kondensatorlar quvvatni talab qiladi

$$Q'_{kb} = \frac{(\Delta U_1 - \Delta U_2)U_a}{x} - \frac{3 \cdot 36}{9,6 \cdot 10^{-3}} = 11250 \text{ kVAr}$$

Liniyaning har xil yuklamalari uchun kuchlanishlar tebranishi 4.1. jadvalga keltirilgan:

- 1 - Kompensatsiyaga qadar $\Delta U_1 = U_a - U_b = 4,5 \text{ kV}$
- 2 - Bo'ylama kompensatsiya $\Delta U_1 - \Delta U_2 = 4,2 \text{ kV}$
- 3 - Ko'ndalang kompensatsiyadagi $\Delta U_1 - \Delta U_2 = 3 \text{ kV}$

Bo'ylama kompensatsiyadan oldin va keyin kuchlanish yo'qolishi
4.1- jadval

Bo'ylama kompensatsiya kondensatorlar batareyalar quvvati, kVAr	Ko'rsatgichlar nomi	Liniyalar yuklanganida kuchlanish yo'qolishi, %			
		100	75	50	25
Kompensatsiyasiz	$\Delta U_1 = U_a - U_b$	4,5	3,38	2,25	1,13
3150	$\Delta U_1 - \Delta U_2$	4,2	3,15	2,1	1,05
	ΔU_2	0,5	0,23	0,15	0,08
2250	$\Delta U_1 - \Delta U_2$	3	2,25	1,5	0,75
	ΔU_2	1,5	1,13	0,75	0,38

Yuqorida qayd qilinganidek, kuchlanish tebranishi bo'ylama kompensatsiyalanganda kompensatsiyalanmaganga ko'ra, kam bo'ladi va kompensatsiyalash darajasiga bog'liq.

Nazorat savollari.

1. Uy- ro'zg'orda keng qo'llanilib kelayotgan elektr jixozlar qanday quvvatni iste'mol qiladi?
2. Reaktiv quvvat yuklamani asosiy o'rsatgichi bu qanday ko'effitsiyentni hisoblanadi?
3. 6-10-35-110 kV nim stansiya shinalaridagi taqsimlash sxemasi qo'anday quvvat o'sishini hisobga olgan holda yaratiladi?
4. Elektr tarmoqlarida reaktiv quvvat kompensatsiyasi qanday hisob kitoblar va talablar texnik chekinishlar asosida aniqlanadi?
5. 6-10 kV NS reaktiv quvvat hisob kitoblari ma'lumotlari nega $\text{tg } \varphi$ qiymati 0,40 dan oshmasligi kerak?
6. Reaktiv quvvatni tarmoqlar bo'ylab uzatilishida kuchlanishning qo'shimcha isrofiga elektr energiyaning qaysi ko'rsatgichlari ta'sir qiladi?

5- AMALIY MASHG‘ULOT

REAKTIV QUVVAT MANBALARI

Reaktiv quvvat manbalari haqida so‘z borganida reaktiv quvvatni rostdash (RQK) deganda, energiya tizimiga yoki elektr ta‘minot obyektiga, har bir ta‘sir qiladigan reaktiv quvvat energiya muvozanatiga (balansiga) maqsadga muvofiq qurilma tushiniladi. Bu generatsiyalash va yoki reaktiv quvvat iste‘moli ko‘payishi (kamayishi) bilan ta‘sir etilishi mumkin. Reaktiv quvvat manbasi- bu albatta rostlanuvchi uning quvvati qo‘lda yoki avtomatik diskretli (bosqichli) silliq yoki siliq bosqichli boshqarilishi. RQKning asosiy rostlanish parametri bo‘lib, uning ulanishi uchun uni kompensatsiyasiga mo‘ljallangan nuqtasidagi kuchlanish yoki yuklama reaktiv quvvati, yoki ikkalasi bir vaqtda ta‘sir qilishi. RQK rostdash tuzulish organlari va bajarilishi qoidasi uning belgilanishiga bog‘liq. RQK rostlanish imkoniyati mavjudligi sababli RQK ko‘p vazifali uskuna hisoblanadi. RQK 110kV kuchlanishning elektr tarmoqlarida quyidagi vazifalarni bajaradi:

- Elektr energiya va aktiv quvvat yo‘qolishini kamaytiradi;
- Yuklama tugunlarida kuchlanishni rostlaydi;
- Elektr uzatish liniyalarida, uzatish imkoniyatlarini orttiradi;
- Elektr stansiya generatorlari va elektr uzatish liniyalari bardoshlik dinamikasi ortadi;
- Elektr uzatish liniyalarida bardoshligi statik zahirasi ortadi;
- O‘ta kuchlanish chegaralanadi;
- Rejim simmetrlashadi;
- Sanoat korxonalari elektr ta‘minoti tizimida bulardan tashqari RQK yuklama quvvati iste‘molidagi reaktiv quvvatni kompensatsiyasiyalash maqsadida foydaniladi. Bundan tashqari, tizimdagi nochiziqli yuklama Yuqori garmonika ishlab chiqaruvchilar, uchun RQK filtr kompensatsiyalovchi uskunalar ro‘lini ham bajara olishi mumkin.

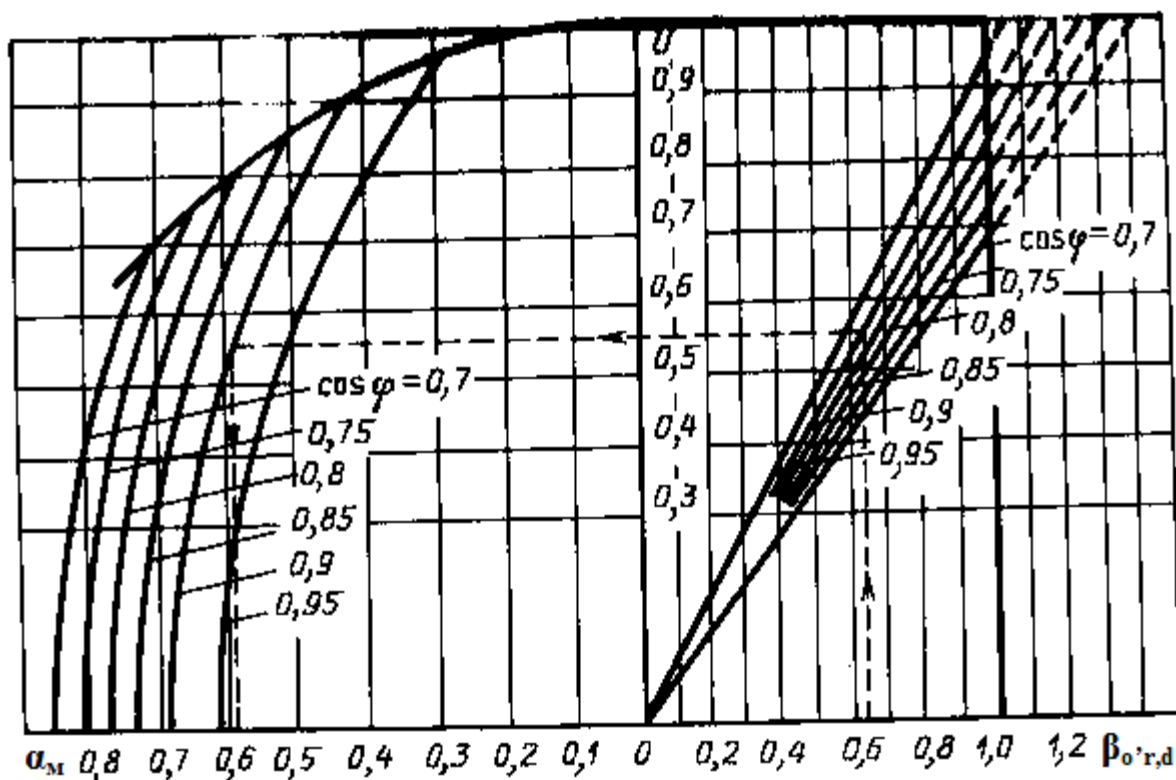
RQKlar quyidagi guruhga ajratiladi:

- RQKlarning birinchi guruhga aylanuvchi sinxronli mashinalar: elektrstansiya sinxrongeneratorlari, sinxronli kompensatorlar, sinxronli yuritgichlar. Bu qurilmalar reaktiv quvvatni silliq rostlaydi generatsiya va iste‘molochi rejimida.
- Ikkinchi guruhga statik RQK yoki reaktiv quvvat statik kompensatorlar (faqat tokni generatorlovchilari emas), o‘zgartgichlar asosidagilar (to‘g‘rilagich, invertorlar), sun‘iy kompensatsiyalovchi tristorlar yoki ularning kombinatsiyasi.

5.1-misol

SD lardagi maqsadga muvofiq iqtisodiy reaktiv quvvat manba sifatida foydalanish mumkin bo'lgan qo'shimcha SD quvvatini aniqlang. Dastlabki ma'lumotlar: 10 kV TQ shinasiga kompressor stansiya ulangan va ular ikki guruhdan iborat va quyidagi texnik ma'lumotlarga ega:

Kompensatorlar haqida ma'lumot	1 guruh	2 guruh
Aktiv quvvati $R_{n,sd}$, kVt	3200	1600
Reaktiv quvvati $Q_{n,sd}$, kVAr	1600	800
Aylanish tezligi, n, min^{-1}	3000	750
Yuklanish koeffitsiyenti β_{sd}	0,85	0,7
Quvvat koeffitsiyenti, φ_n	0,9	0,9
Ishchi SDlar soni	5+1 - zahirada	1+1 - zahirada



5.1-rasm. $U_{nom} = 1$ bo'lganda va me'yorli uyg'onish toki bo'lganda sinxron yuritgichlar ega bo'lgan reaktiv quvvatini aniqlash nomogrammasi

5.2-rasm. 5.1-misolni ishlash uchun kompressorning 380 V kuchlanishning yuklamasi tashkil qiladi.

$$P_{m.t} = 3360 \text{ kVt}$$

$$Q_{t.n} = 2480 \text{ kVAr}$$

Ikki transformator o'rnatilishi mo'ljallanmoqda. Yuklanish koeffitsiyenti

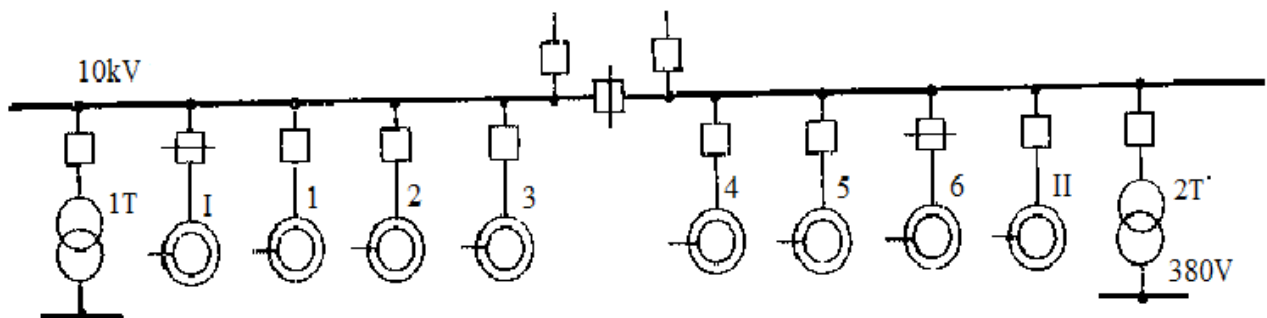
$$\beta_t = 0,75$$

Stansiya ikki smenada ishlaydi va respublikaning o'rta hududida joylashgan.

Yechish

1.barcha SDlar umumiy hisoblangan quvvati Q_n ni aniqlashda korxona energiya tizimiga uzatadigan quvvat quyidagiga teng:

$$Q_{CD} = \sum_{i=1}^n \beta_{c.d.t} \cdot Q_{c.d.t} = 5 \cdot (0,85 \cdot 1600) + 1(0,7 \cdot 800) = 7360 \text{ kVAr}$$



5.2-rasm. 10 kV TQ shinasiga biriktirilgan ikki guruxli kompensatorlar prinsipial sxemasi

Agar qay birining $\beta_{s.d} < 1$ bo'lsa SD aktiv quvvati 3200 kVt maqsadga muvofiq RKM kabi foydalaniladi.

2.Qaysi SD reaktiv quvvatidan to'liq foydalanish maqsadga muvofiq bo'ladi.

$$Q_{S.A.E} = \alpha_m \sqrt{P_{S.A.V}^2 + Q_{s.d.n.}^2} = 0,49 \cdot \sqrt{3,2^2 + 1,6^2} = 1,75 \text{ MVar}$$

bu yerda $\alpha_m = 0,49$ (o'rnatilish o'lchamlari qiymati) [5]. TPED-3150-3,3 K-U1.

5. SDning maqsadga muvofiq reaktiv quvvati uchun aktiv quvvati 1600 kVt deb qabul qilamiz: $Q_{s.d.e} \cdot Q_{s.d.e} = 0,7 \cdot 800 = 560 \text{ kVAr}$

Quyidagi ifodalar orqali yuklamalar reaktiv quvvat kompensatsiyasining maqsadga muvofiq qiymatlarini aniqlaymiz.

Transformator guruhi uchun PKKB quvvat yig'indisini quyidagi formuladan aniqlaymiz:

$$Q_{A.K1} = Q_{m.t} - Q_t$$

PKKBlar qo'shimcha quvvat yig'indisi $Q_{A.kg}$ bu transformator guruhlar uchun yo'qolishini maqsadga muvofiq kamaytirish aniqlaymiz:

$$Q_{k.k2} = Q_{m.t} - Q_{k.k1} - \gamma N_{t.e} \cdot S_t$$

Yetarlicha ko'rsatgichlar haqida ma'lumotga ega bo'lmaganda, amaliyotda hisob-kitobda

$$K_1 = (Z_{p.n} - Z_{yu.n}) / (C_0 \cdot 10^2)$$

190- jadvalda olish tavsiya qilinadi. Q_2 qiymatini esa quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$K_2 = \frac{LS_t}{F}$$

Reaktiv quvvat kompensiyasi hisobga olingan holda transformatorlar sonini va quvvatini tanlash.

4. SDning barcha o'rnatilgan quvvatlar yig'indisi:

$$Q_{s.d.r} = Q_{s.d.e} \sum_{i=1}^n Q_{s.d.i} = 5 \cdot 1750 + 560 = 8750 + 560 = 9310 \text{ kVAr}$$

5. PKKB va transformatorlar quvvatini aniqlaymiz:

$$S_t \geq \frac{P_{m.t}}{\left(\frac{\beta_t}{N_t} \right)} = \frac{3360}{(0,75 \cdot 2)} = 2200 \text{ kVA}$$

$S_{t,n} = 2500 \text{ kV.A}$ standart transformator quvvatini qabul qilamiz.

Tanlangan transformatorlar guruhlari uchun 1 kV gacha bo'lgan eng ko'p reaktiv quvvat yig'indisini quyidagi formuladan aniqlaymiz:

$$Q_t = \sqrt{(N_{t,e} \cdot \beta_t \cdot S_t)^2 - P^2} = \sqrt{(0,75 \cdot 2 \cdot 2,5)^2 - 3,36^2} = 1670 \text{ kVAr}$$

Transformatorlar guruhi uchun PKKBning, Mvar, yig'ma quvvati

$$Q_{n.k1} = Q_{m,t} - Q_t - \gamma \cdot 2 \cdot S_{n,t} = 2480 - 810 - 0,48 \cdot 2 \cdot 2500 = -730 \text{ kVAr}$$

($K_1 = 12$ bo'lganida, 6.1.jadvaldan qarang), $K_2 = 5$; 6,3 jadvaldan, $\gamma = 0,48$ (9.4, b rasm) ya'ni $Q_{n.k2} = 0$; $Q_{n.k2} = 810 + 0 = 810 \text{ kVAr}$

Ikkita K KU xar-birining quvvati 400 kVAr ($Q = 800 \text{ kVAr}$) TKUni qabul qilamiz.

6-10 kV shinalarda umumiy reaktiv

$$Q_{m,yuk} = Q_{m,t} - Q_{p.k.f} + \Delta Q_t - Q_{s.d.sam} = 2480 - 800 + 220 - 9310 = 7910 \text{ kVAr}$$

5.2-misol

Kuchlanishni rostlash uchun mo'ljallangan va tarmoqqa ketma-ket ulangan, kondensator batareyalar umumiy quvvatni va sonini aniqlang. Tarmoqda maksimal kondensator batareyalar yuklanishdagi kuchlanish yo'qolishi rejimlarida tarmoqda 50%ga kamaytirilishi kerak.

3kV kuchlanishli tarmoq. Tarmoq aktiv qarshiligi $R = 4 \text{ Om}$. Tarmoq reaktiv qarshiligi $X_L = 40 \text{ m}$ liniya bo'yicha uzatilgan $P = 100 \text{ kVt}$ quvvat ko'effitsiyenti $\cos \varphi = 0,8$ ga teng.

Yechish

1. Berilgan dastlabki ma'lumotlardan foydalanib kondensatorlarning zaruriy sig'imini va reaktiv qarshiligini aniqlanadi.

Kompensatsiyagacha kuchlanishni yo'qolishi

$$\Delta U_1 = \frac{P \cdot R + Q_1 \cdot X'}{U} = \frac{100 \cdot 4 + 75 \cdot 4}{3}$$

bu yerda $Q = R \cdot \tan \varphi = 100 \cdot 0,75 = 75 \text{ kVAr}$

2.Kompensatsiyadan keyin kuchlanish yo‘qolishi

$$0,5 \cdot \Delta U_1 = \frac{P \cdot R + Q'_1 (X_L - X_C)}{U_n}$$

3.Oxirgi formulaga son ko‘rsatgichlarni qo‘yib,quyidagini olamiz

$$0,5 \cdot \frac{100 \cdot 4 + 75 \cdot 4}{3} = \frac{100 \cdot 4 + 75 \cdot (4 - x_c)}{3}$$

bundan izlangan sig‘im qarshiligi

$$X_c = 350 / 75 = 4,67 \text{ Om}$$

4. Bitta faza uchun zaruriy kondensator batareyalar sig‘imini quyidagicha aniqlash mumkin;

$$X_c = 1 / \omega \cdot C$$

5. Ya’ni

$$C = \frac{1}{\omega} \cdot X_c = \frac{10^6}{314 \cdot 4,67} = 682 \text{ mkF}$$

6.Bitta kondensatorda berilgan sig‘im $C_0=75 \text{ mkF}$ u holda, ularning parallel ulanadigan kerakli soni hisoblanadi.

$$n = \frac{C}{C_0} = \frac{687}{75} = 9; \quad n_{\Sigma} = 3 \cdot n = 3 \cdot 9 = 27$$

Elektr uzatish liniyada bitta fazaning ishchi toki quyidagicha aniqlanadi.

$$I_{sh} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,8} = 24 \text{ A}$$

8. Har bir kondensator batareyalar shahobchasidagi toki quyidagicha topiladi.

$$I_c = \frac{I_{ish}}{n} = \frac{24}{9} = 2,67 \text{ A}$$

9. Har bir kondensator qarshiligini aniqlash.

$$X_{cd} = \frac{1}{\omega \cdot C_o} = \frac{10^6}{314 \cdot 75} = 42,5 \text{ Om}$$

10. Ish rejimidagi kondensatorlar kuchlanishini aniqlaymiz.

$$U_c = I_c \cdot X_{co} = 2,67 \cdot 42,5 = 113 \text{ V}$$

11. Kondensatorlarning umumiy quvvati quyidagi ifodadan aniqlanadi.

$$Q_c = 3 \cdot I^2 \cdot X_c = 3 \cdot 24^2 \cdot 4,67 \cdot 10^{-3} = 8,05 \text{ kVar}$$

Hisob-kitoblardan ko‘rinib turibdiki, kompensatsiyalash uchun induktiv qarshilik ulanishi shart emas, tarmoq ish rejimidagi hisob-kitoblarda kondensatorlar qoplamalari oralig‘i tarmoq ishchi kuchlanishi bilan aniqlanmaydi, ya’ni tokning qarshilikka ko‘paytmasi bilan aniqlanadi. Agar liniyada chegaralanish mavjud bo‘lsa, misol uchun 10 kVli kondensator juda kam kuchlanishga ulanganida, barcha kondensator batareyalari yerdan ishonchli izolyatsiyalanagan bo‘lishi kerak.

Nazorat savollari.

1. Reaktiv quvvat manbalariga nimalar kiradi?
2. Reaktiv quvvat manbasi deganda qanday muvozonatlovchi qurilma tushiniladi?
3. Reaktiv quvvat manbasi bu albatta, qanday bo‘lishi kerak?
4. Reaktiv quvvatni kompensatsiyasi 110 kV kuchlanish elektr tarmoqlarida qanday vazifalarni bajaradi?
5. Reaktiv quvvatni kompensatsiyalovchilar qanday guruxlarga ajratiladi?
6. Sinxronli kompensatorlarni qanday tanlaganda maqsadga muvofiq bo‘ladi?
7. Sinxron dvigatellardan qanday holatlarda foydalanish mumkin?
8. Sinxron dvigatellarni tanlashda qaysi parametrlari hisoblanadi?

6- AMALIY MASHG'ULOT

1 KV GACHA KUCHLANISHLI UMUMIY FOYDALANISH ELEKTR TARMOQLARIDA REAKTIV QUVVAT KOMPENTASIYASI

1 kV kuchlanishgacha bo'lgan umumiy foydalanishga mo'ljalangan elektr tarmoqlarida reaktiv quvvatni kompensatsiyalash

Sanoat korxonalrida reaktiv quvvat kompensatsiyasi berilgan elektr tarmoqlaridagi reaktiv quvvat balansidan kelib chiqan holda, bajariladi. hohlagan energiyatizmi ish rejimi reaktiv quvvat generatsiyasi yig'indisi doimo reaktiv quvvat iste'moli yig'indisiga teng.

Elektr tarmoq tugunidagi reaktiv quvvat balan quyidagicha keltiriladi:

$$Q_{gen} + Q_{kq} + Q_{yu} + \Delta Q - Q_{liniya} + Q_{zahira}$$

bu yerda

Q_{gen} - shu tugunda generatorlardan olish mumkin bo'lgan, reaktiv quvvat;

Q_{kq} - tugundagi reaktiv quvvatni kompensatorlar qurilmalar;

Q_{yu} - tugundan yuklamalar reaktiv quvvat iste'mol qilishi;

ΔQ - elektr tarmoq tugunidagi elementlarda reaktiv quvvat yo'qolishi;

Q_{liniya} - tugunga qarashli elektr uzatish liniyalarida davomiyligida generatsiyalanadigan sig'im, reaktiv quvvati;

Q_{zahira} - tugundagi zahira reaktiv quvvat. Sanoat korxonalari uchun $Q_{liniya} = 0$, zahirada esa; u holda,

$$Q_{zahira} = 1,1 \cdot Q_{yu} \cdot Q_{kq} = 1,1 \cdot Q_{yu} - (Q_g - \Delta Q)$$

$Q_g - \Delta Q = Q_e$ - ko'rsatilgan energiya tizimida tomonidan aniqlanadi, va iste'molchiga topshiriladi. Kam quvvatli elektr qurilmalar uchun reaktiv quvvat to'la kompensatsiyasi talab qilinadi ya'ni $Q_{kq} = Q_{yu}$ keltirilganlardan ko'rinib turibdiki, reaktiv quvvat kompensatsiyasi hisob-kitobi, reaktiv quvvatdan miqdor ko'rsatgichlaridan kelib chiqan holda, reaktiv quvvat yuklanish grafigi mos ravishda olib borilishi zarur.

Sanoat korxonalarida reaktiv quvvatning ko'p qismi 0,38 kV tomonga jamlangan. Kompensatsiya qurilmalari esa quyidagicha ulanishi mumkin:

- Faqat 6/10 kV shinalarga;

- 6/10 kV shinalarga bir qismi, boshqa qismi esa 0,38 V tomonga;
- Faqat 0,38 kV tomonga.

Kompensatsiyalovchi uskunalar quvvati: $Q_{kq} = 1,1 \cdot Q_{yu} - (Q_g - \Delta Q)$

– ifodadan aniqlanadi.

Sanoat korxonalarni ish smenadagi solishtirma yuqolish qiymati narxi.

6.1- jadval

Energotizm birligi	Ish smenalari soni	Yuqolishlar hisobiy narxi $S_{h.n}$ so‘m/kVt	Solishtirma yuqolish hisobiy koeffitsiyenti K_{x1}
O‘rta Osiyo	1	64	19
	2	64	19
	3	80	16

0,38 kV kuchlanishli rostlanmaydigan jamlangan kondensator uskunalari

6.2- jadval

Turi	Nominal quvvat, kVAr	O‘lchamlari, mm			Og‘irligi, Kg	Narxi, so‘m
		Uzunligi	Eni	Balandligi		
UK - 0,38-75UZ	75	700	560	1260	150	575
UK-0,38-150UZ	150	700	560	1660	245	890
UKB-0,38-50UZ	150	580	460	1200	200	935
UK-0,38-300UZ	300	580	460	1990	440	1785

Eslatma: UK-kondensator uskuna;

UZ-bino ichida urnatish uchun;

B-Qutisiz bajariladi.

Iste‘mol liniyaning davomiyligidagi hisoblash koeffitsiyenti

6.3 – jadval

Transformatorlar quvvati, $S_{nom.t}$ kVA	Liniya 1, km davomiyligidagi hisoblash koeffitsiyenti K_{x2}				
	0,5 gacha	0,5-1,0	1-1,5	1,5-2	2dan Yuqori
400	2	4	7	10	17
630	2	7	10	15	27
1000	2	7	10	15	27
1600	3	10	17	23	40
2500	5	16	26	36	50

0,38 kV kuchlanishli avtomatik rostlanadigan jamlangan kondensator uskunalari.

6.4- jadval

Turi	Nominal quvvati, kVAr	O'lchamlari, mm			Og'ir- ligi, kg	Narxi, so'm.
		Uzun- ligi	Eni	Baland- ligi		
UKN-0,38-75 UZ	75	700	560	1260	175	770
UKT-0,38-75UZ	75	700	560	1260	175	800
UKT-0,38-108UZ	108	700	560	1660	300	985
UKN-0,38-150UZ	150	700	560	1660	300	1110
UKT-0,38-150UZ	150	700	560	1660	300	1125
UKL(P)N-0,38-216-108UZ	216	1920	530	1660	610	2085
UKL (P) N-0,38-324-108UZ	324	2690	530	1660	875	2910
UKL (P) N-0,38-432-108UZ	432	3320	530	1660	1145	3640
UKL (P)-0,38-300-150UZ	300	1920	530	1660	612	2355
UKL (P)-0,38-450-150UZ	450	2620	530	1660	880	3385
UKL (P) N-0,38-600-150UZ	600	3320	530	1660	1150	4460
UKL (P) N-0,38-108-36UZ	108	1220	560	1660	335	1360
UKL (P) N-0,38-216-36UZ	216	1920	560	1660	575	2175
UKL (P) N-0,38-150-50UZ	150	1220	560	1660	335	1515
UKL (P) N-0,38-300-50UZ	300	1920	560	1660	575	2510

Eslatma: UK-kondensator uskuna;

L(P)-chap (ung) kiritish bo'limlarining o'rnatilishi;

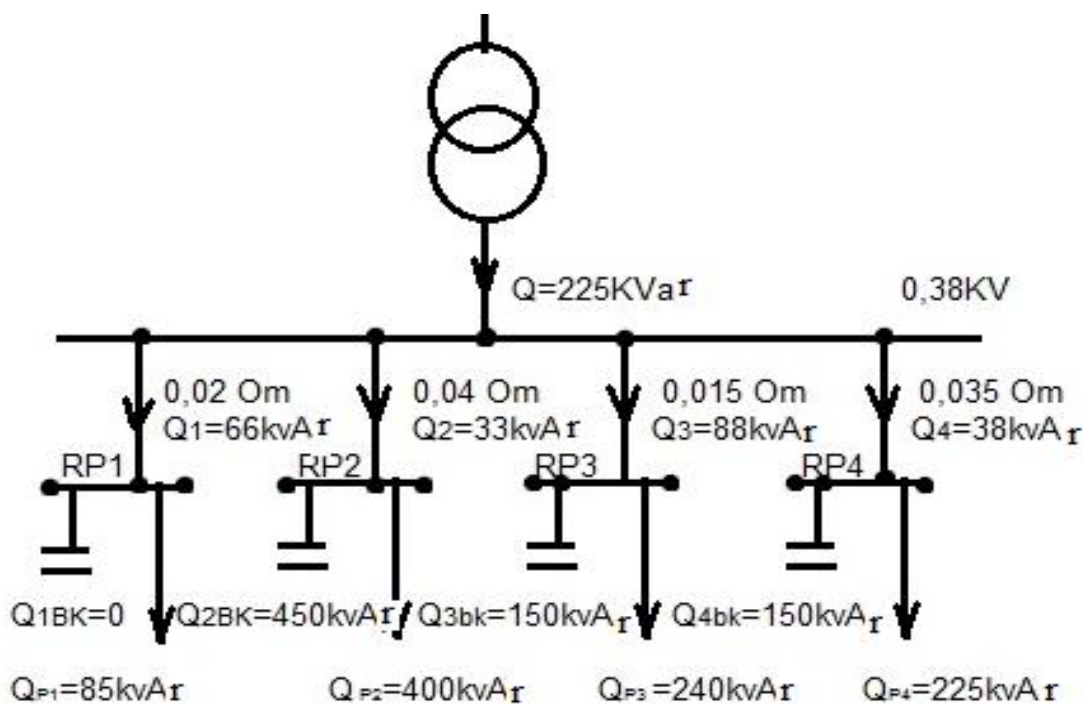
N, T-rostlanish parametri, mos keladigan tok va kuchlanishi;

UZ-ichkarida o'rnatish uchun.

6.1-misol

Yuklama iste'mol sxemasi 6.1. rasmda keltirilgan. $Q_{h10} - Q_{h4}$ reaktiv yuklama, sxemada xar bir taqsimot punkti va ta'minot liniya qarshiligi keltirilgan. 0,38 kV tomondagi barcha kondensator batareyalar quvvatlari yig'indisi hisoblangan va 7000 kVAr ga teng.

6-10 kV tarmoq tomonidan $Q = 225$ kVAr uzatiladi. Kondensator qurilmalarini taqsimot punktlari orasida taqsimlansin.



6.1- rasm. 1kVgacha kuchlanishdagi radial ta'minot tarmog'idagi kondensator batareyalarni joylashtirish sxemasi.

Yechish

1. Tarmoq ekvivalentli qarshiligini aniqlaymiz;

$$r_{ek} = \left(\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{g} \right)^{-1} = \frac{1}{\frac{1}{0.02} + \frac{1}{0.04} + \frac{1}{0.035}} = 5.38 \cdot 10^{-3} \text{ Om}$$

2. 10 kV tarmoqdan uzatiladigan barcha aktiv quvvat, ya'ni $Q_i = \frac{Q \cdot r_{ek}}{r_i}$

asosida $Q = 225$ kVAr, TB1-TB4 lar oralig'ida taqsimlanadi: (TB) Taqsimot bo'limi.

$$Q_1 = \frac{Q \cdot r_{ek}}{r_1} = \frac{225 \cdot 5,87 \cdot 10^{-3}}{0,02} = 66 \text{ kVAr} ;$$

$$Q_2 = \frac{Q \cdot r_{ek}}{r_2} = \frac{225 \cdot 5,87 \cdot 10^{-3}}{0,04} = 33 \text{ kVAr} ;$$

$$Q_3 = \frac{Q \cdot r_{ek}}{r_3} = \frac{225 \cdot 5,87 \cdot 10^{-3}}{0,015} = 88 \text{ kVAr} ;$$

$$Q_4 = \frac{Q \cdot r_{ek}}{r_4} = \frac{225 \cdot 5,87 \cdot 10^{-3}}{0,015} = 38 \text{ kVAr} ;$$

3. TB1-TB4 yonida o'rnatiladigan, kondensator batareyalarning hisoblangan quvvati

$$Q_{1kb} = Q_{r1} - Q_1 = 85 - 66 = 19 \text{ kVAr} ;$$

$$Q_{2kb} = Q_{r2} - Q_2 = 400 - 33 = 367 \text{ kVAr} ;$$

$$Q_{3kb} = Q_{r3} - Q_3 = 240 - 88 = 152 \text{ kVAr} ;$$

$$Q_{4kb} = Q_{r4} - Q_4 = 225 - 38 = 187 \text{ kVAr} ;$$

4. 0,38 kV kondensator batareyalar rostlanamaydigan nominal quvvat shkalalarning eng kam ko'rsatilganlari bilan (UK-0,38-Q-U3 turi) keyingisi: 75, 150, 225, 450 kVAr shu shkalaga qarab, kondensator batareya quvvatlarini tanlaymiz:

$$Q_{1kb} = 0; \quad Q_{2kb} = 450 \text{ kVAr}; \quad Q_{3kb} = 150 \text{ kVAr}; \quad Q_{4kb} = 150 \text{ kVAr};$$

5. O'rnatishga mo'ljallangan batareyalar quvvat yig'indisi quyidagini tashkil qiladi:

$$Q_{kb} = \sum_{i=1}^{i=n} Q_{kb} = 0 + 450 + 150 + 150 = 750 \text{ kVAr} ;$$

ya'ni 700 kVAr,

Hisoblanganidan bir munchagacha ko'p. O'rnatilgan kondensator batareyalar Q_{kb} quvvat yig'indisi, yuklama reaktiv quvvatlar yig'indisi barcha (TB) taqsimot bo'limlarini ko'rib chiqamiz.

$$\sum_{i=1}^{i=n} Q_{pi}$$

(ya'ni)

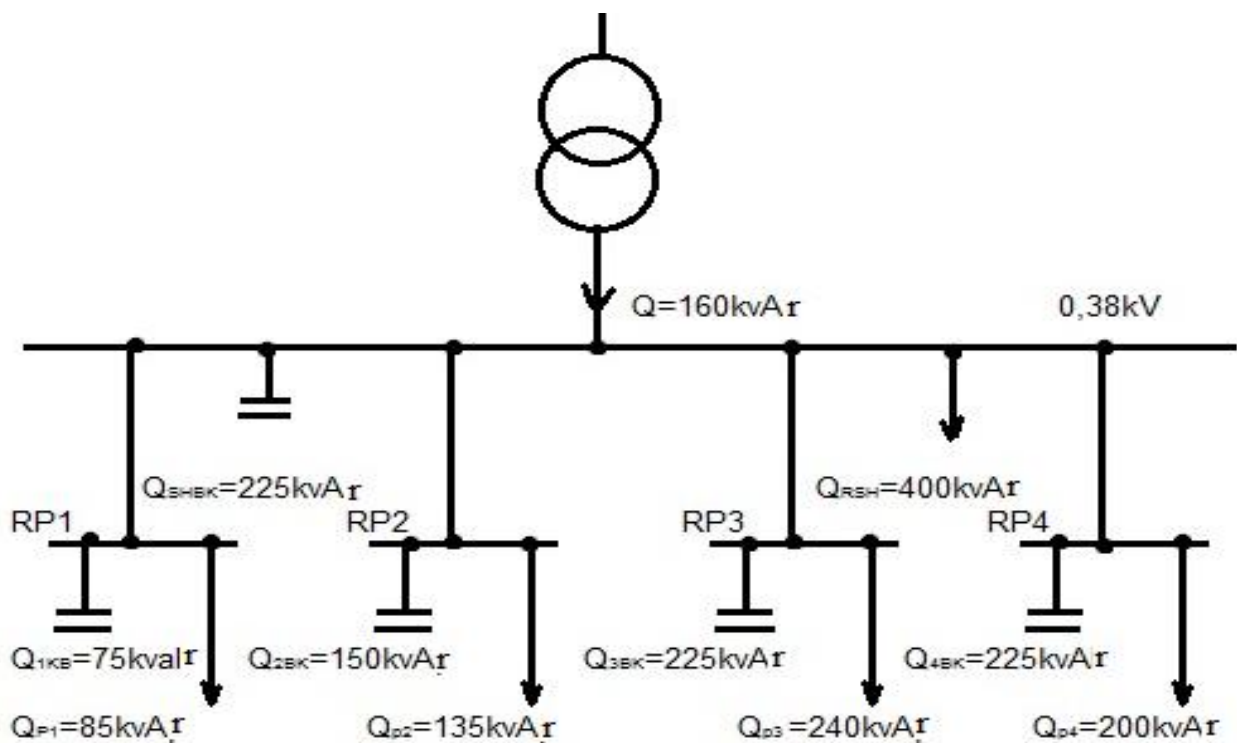
$$Q_{kv} > \sum_{i=1}^{i=n} Q_{pi}$$

va yana reaktiv yuklama 0,38 kV shinalariga.

Bunday holatlarda har bir taqsimlash bo'limlari kondensator batareyalarni ulash zarur va ularning quvvati, shinali o'tkazgich TB yuklamasi reaktiv quvvatiga yaqin yoki teng. U holda barcha taqsimot TBlari 6-10kV tomondan uzatiladigan reaktiv quvvatdan kondensator batareyadan yuksizlantiriladi. Batareyalarning ortiqcha quvvati bevosita 0,38kV liniya shinalariga biriktiriladi.

6.2-misol

6.2- rasmda Reaktiv yuklamasi ko'rsatilgan rodial liniyadagi transformator bo'limlari (TrB) ta'minot sxemasi ko'rsatilgan. Kondensator batareyalar quvvat yig'indisi hisoblash yo'li bilan aniqlangan va quyidagini tashkil qiladi $Q_{KB}=900\text{kVAr}$ TrB1-TrB4lar reaktiv yuklama yig'indisi $Q_{h1}+Q_{h2}+Q_{h3}+Q_{h4}=85+135+240+200=660\text{ kVAr}$, bu Q_{KB} dan kam. 0,38kV shinalariga $Q_h = 400\text{ kVAr}$ reaktiv yuklama ulangan, tarmoqdan transformator orqali $Q = 160\text{ kVAr}$ quvvat uzatiladi.



6.2-rasm. 1 kV gacha rodial shinalaridagi yuklama va ta'minot tarmoqlarida kondensator batareyalarning hisobiy sxemasi

Yechish

Shinalardagi kondensatorlar batareyalar nominal quvvatiga yo'naltirilgan holatda har TrBga kondensator batareyalar tanlanadi:

$$Q_{1KB} = 75 \text{ kVar}; Q_{2KB} = 150 \text{ kVar};$$

$$Q_{3KB} = 225 \text{ kVar}; Q_{4KB} = 225 \text{ kVar}.$$

U holda shinalarga ulangan kondensatorlar quvvati quyidagicha bo'ladi:

$$Q_{shkb} = Q_{kb} - Q_{1kb} - Q_{2kb} - Q_{3kb} - Q_{4kb} = 900 - 75 - 150 - 225 - 225 = 225 \text{ kVar}$$

Barcha kondensator batareyalar umumiy quvvati Q_{KB} transformator orqali uzatilayotganlardan yuklamalar

$$(Q_{h1} + Q_{h2} + Q_{h3} + Q_{h4} + Q_{hsh} = 85 + 135 + 240 + 200 + 400 = 1060 \text{ kVar}) \text{ ga kichik.}$$

Magistral tarmoq

Yuklamalar va kondensator uskunalar 0,4 kV magistral shinali uzatgichlarga shahoblanib biriktiriladi.

Shahoblanish katta davomiylikka ega. Bunday holatlarda kondensator batareyalarni joylashtirish shahoblanish qarshiliklarini hisobga olib bajariladi. Tarmoqning ekvivalent qarshiligi har bir shahoblanish no'qtasi uchun shinali uzatgichning oxiridan boshlanib, parallel ulanish qarshiligi formulasi bo'yicha aniqlanadi.

$$r_{ek}=R_1+R_2/ R_1+R_2$$

i - li shahoblanishda quvvatlarni taqsimlashda quyidagi formula bo'yicha bajariladi.

$$Q_i = Q \cdot r_{ek} / r_i$$

bunda Q_i - i - li liniyadagi, 6-10 kV tomondan uzatiladigan izlanayotgan quvvat; Q - 0,4 kV tomonga 6/10 kV tomondan uzatilgan va texnik-iqtisodiy hisob-kitoblar natijasida olingan, taqsimlanadigan quvvatlar yig'indisi; r_i - yuklama nuqtasiga ulangan ta'minot radial liniya qarshiligi kundalang kesimi s_i va uzunligi L_i ; r_{ek} - 1kV kuchlanishgacha bo'lgan tarmoqlar ekvivalentli qarshiligi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$r_{ek} = 1/1/ r_1 + 1/r_2 + \dots + 1/r_n$$

bunda $r_1, r_2, \dots, r_n$ - radial tarmoq qisimlari (uchastkov) qarshiligi.

Nazorat savollari.

1. Sanoat korxonalarida reaktiv quvvat kompensatsiya qanday balansi asoslangan holda bajariladi?

2. Kam quvvatli elektr qurilmalar reaktiv quvvat kompensatsiyasi qanday hisob kitoblarga asoslanib bajariladi.?

3. Sanoat korxonalarida asoslan iste'molchilar 0,38 kV tomonda jamlanganligi sababli, kompensatsilovchi qurilmalarni qanday ulash mumkin?

4. 0,4 kV iste'molchilarni qanday rejimga egaligi faqat statik kondensatorlar yordamida reaktiv quvvatini kompensatsiyalash mumkin?

5. Reaktiv quvvat kompensatsiyalovchi batareyalar qanday rejimda ishlaydigan bo'lishi kerak?

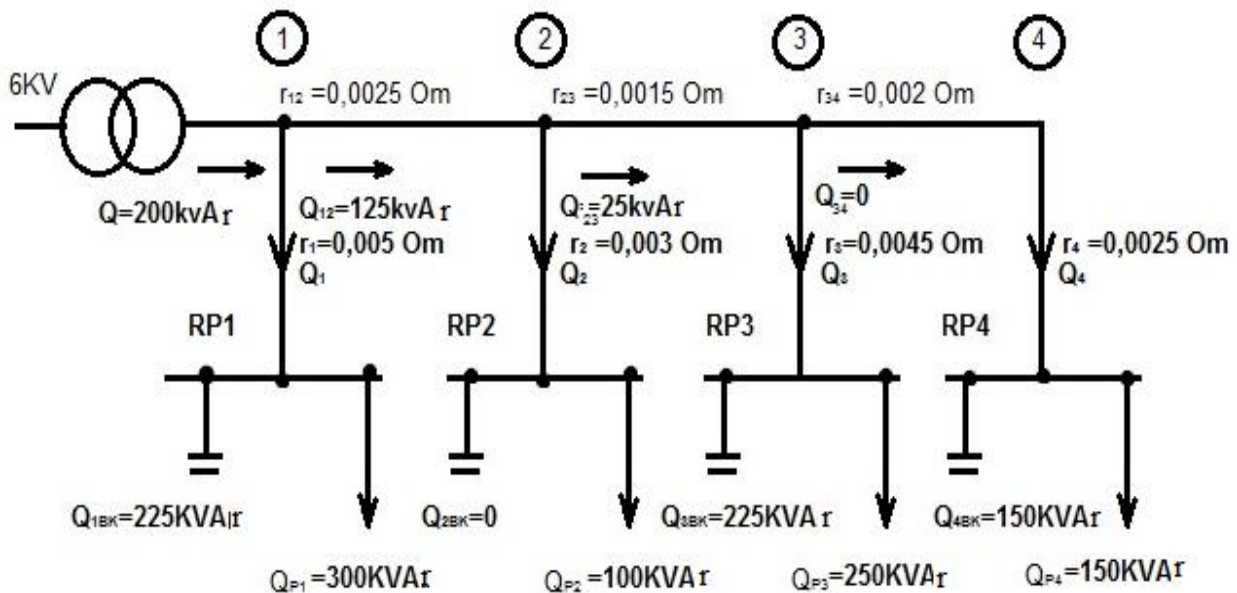
6. 6-10 kV tomondan 0,38 kV tarmoq reaktiv quvvatini kompensatsiyalanishi mumkinmi?

7. Jamlab ulanadigan, KBlarning maqsadga muvofiq quvvati qanday aniqlanadi?

6-10 kv kuchlanishli umumiy foydalanishga mo'ljallangan elektr tarmoqlarida reaktiv quvvatni kompensatsiyalash

6.3-misol

6.3-rasmda shinali uzatgichlarga ulangan, yuklama iste'mol sxemasi ko'rsatilgan. Reaktiv yuklamalar yig'masi $Q_{r1} - Q_{r4}$, uzatgich bo'limlar shinalaridagi qarshiligi $r_{12} - r_{34}$ va shahoblanishlardagi $r_1 - r_4$ lar sxemada ko'rsatilgan kondensator batareyalar quvvatlari yig'indisi 0,38 kV tomonidagilari $Q_{ikb} - Q_{mkb}$ 600 kVAr ni tashkil etadi. 6kV tomondan kompensatsiyalovchi $Q_h=200$ kVAr quvvat uzatiladi. Jamlanib ulanadigan, kondensator batareyalarning maqsadga muvofiq qiymatini aniqlash.



6.3- rasm. Shahoblanish shinalari orqali ta'minlayotgan kondensator batareyalarni joylashtirilishini hisoblash sxemasi.

Yechish

Tarmoq ekvivalentli qarshiligini barcha shahoblanishlar uchun shinali uzatgich oxiridan boshlab, ketma-ket aniqlaymiz.

Shahoblanish uchun, 3 nuqtadan, uning $R_1=r_{34}+r_4$, va $R_1=r_3$; aniqlaymiz.

$$r_{ek3} = \frac{(r_{34} + r_4) \cdot r_3}{(r_{34} + r_4) + r_3} = \frac{(0,002 + 0,0025) \cdot 0,0045}{(0,002 + 0,0025) + 0,0045} = 0,00225 \text{ Om}$$

Shahoblanish uchun, 2-nuqtadan, uning uchun $R_1=r_{ek}+r_{23}$, va $R_2=r_2$ aniqlanadi.

$$r_{ek2} = \frac{(r_{ek3} + r_{23}) \cdot r_2}{(r_{ek3} + r_{23}) + r_2} = \frac{(0,0015 + 0,0025) \cdot 0,003}{(0,0015 + 0,0025) + 0,003} = 0,00167 \text{ Om}$$

Shahoblanish uchun, 1-nuqtadan uning $R_1=r_{ek}+r_{12}$, va $R_2=r_1$ topiladi.

$$r_{ek1} = \frac{(r_{ek2} + r_{12}) \cdot r_1}{(r_{ek2} + r_{12}) + r_1} = \frac{(0,00167 + 0,0025) \cdot 0,005}{(0,00167 + 0,0025) + 0,005} = 0,00227 \text{ Om}$$

Quyidagi formuladan 6 kVli kuchlanish shinasini 1-shahoblanish orqali TB 1yig'masiga uzatilayotgan reaktiv quvvatni aniqlaymiz:

$$Q_{1h} = \frac{Q \cdot r_{ek1}}{r_1} = \left(\frac{200 \cdot 0,00227}{0,005} \right) = 91 \text{ kVAr}$$

U holda bu yig'malar uchun kondensator batareyalari to'la kompensatsiya quvvati quyidagiga teng bo'ladi:

$$Q_{1KB} = Q_{h1} - Q_{1his} = 300 - 91 = 209 \text{ kVAr}$$

(6.2 misolga qarang) Kondensator batareyalar quvvat shkalasiga mos ravishda $Q_{1KB} = 225 \text{ kVAr}$ ni qabul qilamiz. U holda shahoblanishlar $Q_1 = Q_{h1} - Q_{1KB} = 300 - 225 = 75 \text{ kVAr}$ quvvatni uzatish ($Q_{1ras} = 91 \text{ kVAr}$ ni shart emas). Lekin 1-2 bo'limlardagi quvvatlar quyidagicha bo'ladi:

$$Q_{12} = Q - Q_1 = 200 - 75 = 125 \text{ kVAr}$$

2-shahoblanishga uzatiladigan reaktiv quvvat:

$$Q_{2his} = \frac{Q_{12} \cdot r_{ek2}}{r_2} = 125 \cdot 0,00167 / 0,003 = 70 \text{ kVAr}$$

TB 2 uchun batareyalar quvvati

$$Q_{2KB} = Q_{h2} - Q_{2his} = 100 - 70 = 30 \text{ kVAr}$$

$Q_{2KB} = 0$ deb qabul qilamiz.

U holda 2-shahoblanishga quyidagi quvvat uzatiladi.

$$Q_2 = Q_{h2} = 100 \text{ kVAr}$$

2-3 bo'limlardagi shina uzatgichlardagi quvvat.

$$Q_{23} = Q_{12} - Q_2 = 125 - 100 = 25 \text{ kVAr}$$

3-shahoblanishga uzatiladigan reaktiv quvvat, quyidagiga teng:

$$Q_{3his} = \frac{Q_{23} \cdot r_{ek3}}{r_3} = 25 \cdot \frac{0,00225}{0,0045} = 15 \text{ kVAr}$$

TB 3 yig'madagi batareyalar reaktiv quvvati:

$$Q_{23} = Q_{12} - Q_2 = 125 - 100 = 25 \text{ kVAr}$$

$$Q_{3KB} = Q_{h3} - Q_{3his} = 250 - 15 = 235 \text{ kVAr}$$

Nominal quvvat shkalasiga oid quyidagi $Q_{3KB} = 225 \text{ kVAr}$, tanlaymiz 3 shahoblanishga quyidagi quvvat uzatiladi.

$$Q_3 = Q_{h3} - Q_{3his} = 250 - 225 = 25 \text{ kVAr}$$

yoki

$$Q_3 = Q_{3his} + (Q_{3KBh} - Q_{3KB}) = 15 + (235 - 225) = 25 \text{ kVAr}$$

3-4 shinali uzatgichlar bo'limdagi quvvat quyidagini tashkil qiladi:

$$Q_{34} = Q_{23} - Q_3 = 25 - 25 = 0$$

Ya'ni TB 4 uchun kondensator batareya $Q_{h4} = 150 \text{ kVAr}$ tanlanadi.

Demak, $Q_{4KB} = Q_{h4} = 150 \text{ kVAr}$ (nominal quvvat shkalasiga to'g'ri keladi).

Barcha kondensator batareyalar quvvat yigʻindisi quyidagiga teng:

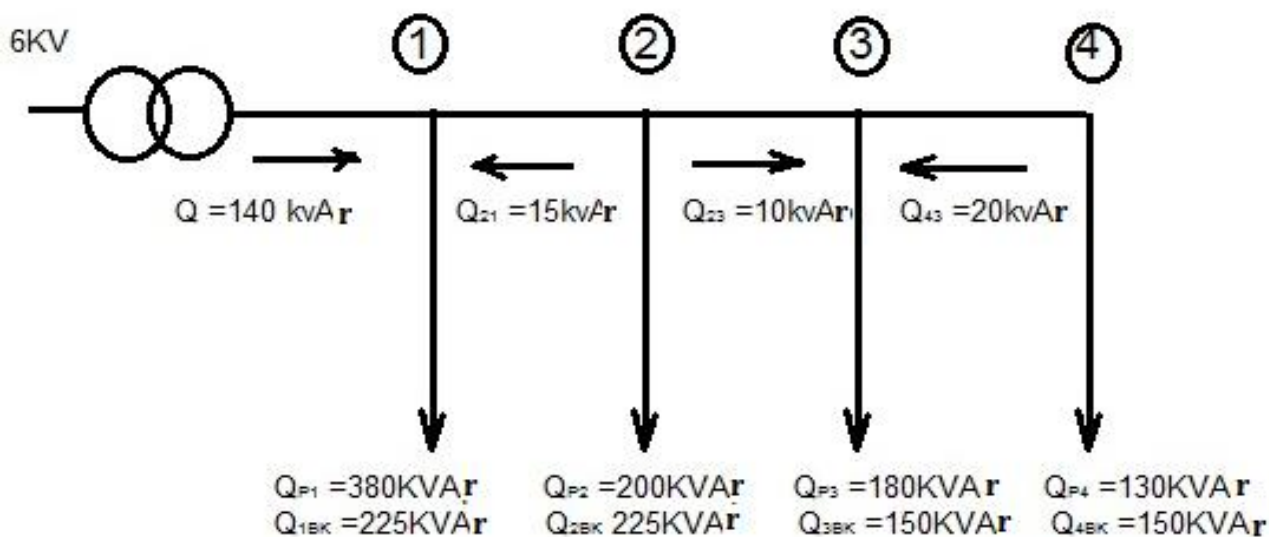
$$Q_{kb} = \sum_{i=1}^{i=4} Q_{KBi} = 225 + 0 + 225 + 150 = 600 \text{ kVAr}$$

ya'ni belgilangan quvvatga teng.

Agar shahoblanish yuklama magistrallarida kichik masofada bo'lsa, va ulardagi yo'qolishni hisobga olmasa ham bo'ladi, u holda kondensator batareyalarni yuklama quvvatiga yaqin qilib tanlab, shahoblanishlarda va ularni joylashtirish eng uzoq taqsimot yigʻimlaridan boshlanadi.

6.4-misol

6.4-rasmda yuklama ta'minoti bilan ularning reaktiv quvvat sxemasi ifodalangan. Shahoblanish nuqtalariga ulanadigan, kondensator batareyalar quvvatini aniqlang, agar batareyalarning yigʻma quvvati quyidagini tashkil qilsa; $Q_{KB} = 770 \text{ kVAr}$ va 6kV tarmoqdan $Q = 140 \text{ kVAr}$ quvvat uzatiladi.



6.4- rasm. Qisqa shahoblanishli shinali uzatgichlardan ta'minotida kondensator batareyalarni joylashtirishni hisoblash sxemasi.

Yechish

4-shahoblanishga $Q_{4KB} = 150 \text{ kVAr}$ quvvatli batareyani o'rnatamiz. U holda 3 - 4 shinali uzatgichlar bo'limida 3-yo'nalishga reaktiv quvvat uzatiladi:

$$Q_{43KB} = Q_{4KB} - Q_{h4} = 150 - 130 = 20 \text{ kVAr}.$$

3-shahoblanishga $Q_{3KB} = 150 \text{ kVAr}$ batareyalarni oʻrnatamiz, u holda 2-3 boʻlinmalardan 3 – nuqta yoʻnalishga quyidagi reaktiv quvvat tuzatiladi:

$$Q_{23KB} = Q_{r3} - Q_{3KB} - Q_{43} = 180 - 150 - 20 = 10 \text{ kVAr}.$$

2-shahoblanishga $Q_{2KB} = 225 \text{ kVAr}$ batareyalarni oʻrnatamiz. 1-2 boʻlimda 1-nuqta yoʻnalishga quyidagi quvvat uzatiladi:

$$Q_{21} = Q_{2KB} - Q_{r2} - Q_{23} = 225 - 200 - 10 = 15 \text{ kVAr}.$$

Bundan tashqari, 1-nuqtaga 6 kV tomondan reaktiv quvvat uzatiladi, uning miqdori $Q = 140 \text{ kVAr}$ tashkil qiladi. Demak, batareyalar quvvati

$$Q_{1KB} = Q_{h1} - Q - Q_{21} = 380 - 140 - 15 = 225 \text{ kVAr}.$$
 boʻlishi kerak.

Nominal quvvatlar shkalasi boʻyicha $Q_{1KB} = 225 \text{ kVAr}$ batareyalarni tanllaymiz.

Quvvat shkalasiga koʻra, shahoblanishlarda umumiy oʻrnatilgan kondensator batareyalar quvvati quyidagiga teng:

$$Q_{KB} = Q_{1KB} + Q_{2KB} + Q_{3KB} = 225 + 225 + 150 + 150 = 750 \text{ kVAr}.$$

ga yaʼni belgilanganga yaqin.

Nazorat savollari.

1. Oʻziga xos noxiziqli yuklamali va keskin oʻzgaruvchan yuklamali elektr texnologik jixozlarni R Q kompensatsiyasi qanday bajariladi?

2. Rostlanuvchi ventili oʻzgartgichli yuklamalarni quvvat koeffitsiyentining kichik boʻlim sabablari nimalardan iborat?

3. Keskin oʻzgaruvchan tavsifli reaktiv quvvat isteʼmoli tarmoqdagi kuchlanishga qanday taʼsir koʻrsatadi?

4. Elektr texnologik qurilmalardan reaktiv quvvatning 100000 - 400000 kVArgacha ortib ketishi 6-10 kV tarmoqlarida kuchlanish tebranishini necha % larga chiqarib yuboradi bu foydalimi yoki...?

5. Keskin oʻzgaruvchan nosimmetrik yuklamali tarmoqlarda reaktiv quvvatni kompensatsiyalash necha bosqichlardan iborat?

6. Noxiziqli yuklamalarda reaktiv quvvatni kompensatsiyalashda qanday shartlar qoʻyiladi?

7- AMALIY MASHG‘ULOT

ELEKTR TARMOQLARIDAGI UZIGA XOS NOSIMMETRIK KESKIN O‘ZGARUVCHAN VA NOCHIZIQLI ISTE’MOLCHILARDA REAKTIV QUUVVAT KOMPENSATSIYASI

O‘ziga xos yuklamalarga nochiziqli, nosimmetrik va keskin o‘zgaruvchan yuklamalar kiradi. Zamonaviy sanoat korxonalarida bunday yuklamalarga issiq yirik quvvatli stanlar va ventli o‘zgartgichlar va sovuq (qizdirilgan metalga shakilli ishlov berish) prokatlar, po‘lat eritish yoyli pechlar, yirik quvvatli payvandlash yuklamalari va boshqa maxsus bir qancha uskunalar kiradi. Rostlanuvchi ventlli o‘zgartgichli yuklamalar ko‘p miqdorda reaktiv quvvat iste‘moli bilan tavsiflanadi, shunga ko‘ra past $\cos\varphi$ ga ega.

Misol: Qizdirilgan yoki soviq metallarga shakilli ishlov berish

(prokatstan)ning ventili o‘zgartgichlari uchun $\cos\varphi = \frac{0,3}{0,8}$.

Keskin o‘zgaruvchan tavsiflining reaktiv quvvat iste‘moli manba tarmog‘ida kuchlanish tebranishiga olib keladi. Reaktiv quvvatning 100000 kVAr ga ortib ketishi bundan tashqari ortib ketishining tezligi va iste‘mol qilinayotgan reaktiv quvvatning tez va keskin o‘zgarib turishi $\frac{dQ}{dt}$ issiq prokat stanlarida 400000 kVAr/s gacha etadi. Sovuq satnlarda 2000000 kVAr/s. Bunda yuritmalar ta‘minot tarmog‘i 6-10 kV kuchlanishli, tebranishi 20% gacha chiqib ketishi mumkin, 110-220 kV tarmoqlarda esa qisqa tutashuv quvvati 3500-5000 MVA dan 2-3% oshib ketishi mumkin.

Yuqorida keltirilganlar shu reaktiv quvvat kompensatsiyasini qo‘llash prinsiplari, tinch va bir tekisli yuklamalar deb ataluvchi tarmoqlardan tubdan farq qiladi.

Keskin o‘zgaruvchan nosimmetrik yuklamali tarmoqlarda reaktiv quvvatni kompensatsiyalash quyidagilardan iborat;

1) Past quvvat koeffitsiyentli va yuklamasi keskin o‘zgaruvchan kompensatsiyalarni talab qiladi, doimiy va huddi shunday o‘zgaruvchan yuklamalardan tashqari boshqa tashkil qiluvchilardan iborat .

2) Iste‘mol qilinayotgan quvvatning keskin o‘zgaruvchan, tez ta‘sir etuvchi reaktiv quvvat ishlab chiqishi kichik kechuvchi uskunalar qo‘llanishini talab qiladi.

3) Fazalar aro reaktiv quvvatning notekis iste'moli, fazalarda alohida reaktiv quvvatni rostlashini boshqarish talab qilinadi.

4) Tarmoqlarda keskin o'zgaruvchan yuklamalar reaktiv quvvatni kompensatsiyalash va kuchlanishni rostlashda kondensator batareyalardan foydalanishini chegaralaydi. Bu tarmoqdan o'chirishli yuklamalar tok va kuchlanishda Yuqori garmonikalari mavjudligi bilan bog'liq. Yuqori garmonikali kondensator batareyalarni ok bo'yicha ortiqcha va sezilarli darajada ortiqcha yuklanishlarga olib keladi. Nochiziqli yuklamalarda reaktiv quvvat kompensatsiyasida, reaktiv manba sifatida KV larni qo'llashda quyidagi shartlar bajarilishi kerak:

$$\text{Ventilli o'zgartgichlar uchun } \frac{S_k}{S_{n1}} \geq 200; (2,255)$$

$$\text{Boshqa nochiziqli yuklamalar uchun } \frac{S_k}{S_{n1}} \geq 100; (2,256)$$

bunda S_k -qisqa tutashuv quvvati; S_{n1} -nochiziqli yuklamani jamlangan quvvati MVar.

Ushbu shartlar bajarilganida tarmoqda tarmoq tugunidagi nochiziqli yuklamaning RQQ muammosi 2.90-2.92. holatlarga (oid hal qilinadi) o'z yechimini topadi.

7.1. Elektr tarmoqlarida o'ziga xos yirik quvvatli iste'molchilar reaktiv quvvat kompensatsiyasi

7.1 -misol

Sanoat korxonaning taqsimlash yig'ma shinalariga bitta 6/0,4 kV li quvvati $S_n = 1000 \text{ kVA}$ kuch transformatori biriktirilgan.

0,4 kV tomonida aktiv yuklama $P = 0,9 \text{ MVt}$ ni reaktiv quvvati $Q = 0,8 \text{ MVar}$ va to'la quvvati $S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{0,9^2 + 0,8^2} = 1,2 \text{ MVar}$, ya'ni transformatorlar o'ta yuklangan.

Energiya ta'minot tashkilotlari tomonidan reaktiv quvvatni to'la kompensatsiyasi topshirilgan ($Q_e = 0$). Korxonada sinxron yuritgichlar yo'q. Reaktiv quvvatni kompensatsiyalash kondensator batareyalarni quyidagicha o'rnatish bilan bajarilishi mumkin:

- a) 6 kV shinalarda;
- b) 0,38 kV tomonida;
- v) 6 kV tomonida va 0,38 kV tomonida.

Eng tejamli variantni tanlash talab qilinadi. 6 kVli kondensatorlar batareyalar uchun o'zgarmas sarfiyotlar tashkil qiluvchi xarajati (X), $X_{01} = 670 \text{ sh, bir.1 MVar}$ ga, eneratsiyalash quvvatining solishtirma shartli birligi, esa $X_{11} = 1600 \text{ sh, bir 0,38 kV}$ batareyalar uchun X (yacheykalarni almashtirish shart emas) va $X_{10} = 3000 \text{ sh, bir MVar}$. Agar kondensatorlar faqat 6 kV tomoniga o'rnatiladigan bo'lsa, u holda barcha kompensatsiyalovchi quvvat (0,8 MVar) 0,38 kV tomonga transformator nominal quvvatini oshirilishi talab qilinadi. Transformatorni keyingi (1600 kVAr) bosqichga uskunalari bilan birga alamshtirish uchun quyidagi 5000 (shartli birligi) xarajatni tashkil qiladi. Ikkala holatda ham transformator yuklanishi $K_z = 1$ ga teng deb qabul qilinadi.

Yechish

Transformator yuklanishidan kelib chiqib 0,38 kV yuklamalarga 6 kV tomonidan o'zatilishi mumkin bo'ladigan reaktiv quvvatni aniqlaymiz:

$$Q = \sqrt{S_n^2 \cdot K_z^2 - P^2} = \sqrt{1^2 + 0,9^2} = 0,44 \text{ MVar}.$$

$Q_1 = 0,44 \text{ MVar}$ ya'ni bu imkon qadar eng ko'p bo'lgan 6 kVli kondensator batareyalar quvvati.

U holda 0,38 kV tomondagi kondensator batareyalar quvvati quyidagiga teng:

$$Q_0 = Q_{isr} - Q_1 = 0,8 - 0,44 = 0,36 \text{ MVar}.$$

Bu (birinchi) variant bo'yicha batareyalarni o'rnatish xarajatlari quyidagini tashkil qiladi:

$$X_1 = X_{01} + X_{11} \cdot Q_1 + X_{00} + X_{10} \cdot Q_0 = 670 + 1600 \cdot 0,44 + 0 + 3000 \cdot 0,36 = 2454 \text{ sh.bir}.$$

Bu hisob-kitobda birinchi ikki tarkibiy qismlari 6 kV kondensator batareyalarga talluqli, ikkinchilari - 0,38 kV batareyalarga oid.

1000 kV.A quvvatli transformatorni keyingi bosqichga 1600 kVAgga almashtirilganda

6 kV tomondan transformator orqali 0,38 kV tomonga quyidagi reaktiv quvvatni o'zatadi.

$$Q_1 = \sqrt{S_n^2 \cdot k^2 - P^2} = \sqrt{6^2 \cdot 1^2 - 0,9^2} = 1,4 \text{ MVar},$$

ya'ni kompensatsiyalash shartiga nisbatan (0,8 MVar)ga ko'p. Bunday holatda, batareyalarni 0,38 kV tomonga o'rnatishga hojati yo'q; ($Q_0 = 0$) 6 kV tomonga esa

$Q_1 = 0,8$ MVAr batareyalar o'rnatiladi.

Ikkinchi variant uchun xarajatlar quyidagini tashkil qiladi:

$$X_1 = X_{01} + X_{11} \cdot Q_1 + E \cdot K_{tr} = 670 + 1600 \cdot 0,8 + 0,223 \cdot 5000 = 3065 \text{ sh.bir.}$$

Kondensator batareyalarni faqat 0,38 kV tomonga oʻrnatilganida harajatlar quydagini tashkil qiladi:

$$X_3 = X_{00} + X_{01} \cdot Q_0 = 0 + 3000 \cdot 0,8 = 2400 \text{ sh.bir.}$$

Oxirgi variant maqsadga muvofiq hisoblanadi.

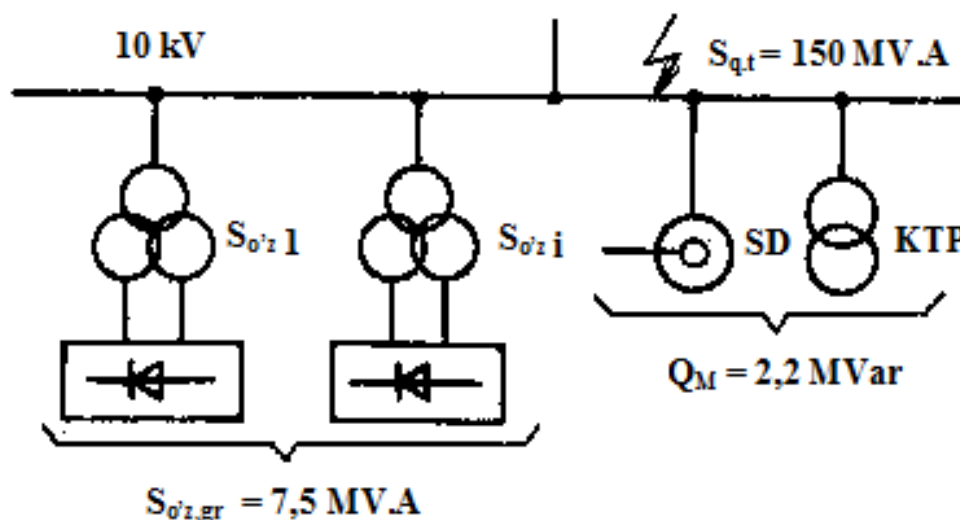
7.2. Elektr tarmoqlarida keskin o'zgaruvchan nosimmetrik yuklamali istemolchilar reaktiv quvvatini rostdash

7.2 -misol

Ventilli o'zgartirgichlar tarmoq tugunidagi filtrlovchi qurilma quvvatini aniqlang.

Dastlabki ma'lumotlar

10 kV seksiya shinas, o'zgartirgich agregatlar va 10 kV va 0,4 kV umumiy korxona yuklamalari uchun umumiy hisoblanadi. Ruhsat etilgan reaktiv quvvat koeffitsiyenti 10 kV shinalarda $tg = 0,2$. Ventilli o'zgartirgichlar yuklamasi simmetrik va barqaror.



7.1- rasm. Ventilli o‘zgartgichli tarmoq tuginidagi filtr quvvatini aniqlash sxemasi.

Bir xil turdagi guruh ventilli o'zgartirgichlarning yig'ma nominal quvvati $S_{o'z,gr} = 7,5 \text{ MVA}$. O'zgartirgichlar guruhi tranfomatorlarining o'rtacha q.t., kuchlanish ko'rsatgichi $u_k = 10\%$. O'zgartirgich agregatlar reaktiv quvvat koeffitsiyentining o'rtacha ko'rsatgichi $tg_{o'r} = 1$. Olti fazali to'g'rilagich sxemasi,

$$K_r = 0.$$

Yechish

1. Nosimmetriklik koeffitsiyentini aniqlaymiz.

$$K_{ns} = \frac{S_{pr}}{S_k} \sqrt{\frac{0,955 \sin \varphi}{\left(\frac{S_{pr}}{S_n} + X_{pr}\right)}} - 0,91 \frac{7,5}{150} \sqrt{\frac{0,955 \cdot 0,7}{\left(\frac{7,5}{150} + 0,1\right)}} - 0,91 = 9,5\%$$

K_{ns} - nosimmetriklik koeffitsiyenti; $S_{uz,gr}$ - o'zgartirgichlar to'la quvvati;

S_{qt} - jihozdagi q.t., quvvati; $X_{pr} = U_k \cdot \left(1 + \frac{K_r}{4}\right) \cdot s / 100 \cdot S_{tr}$ -

- o'zgartirgichning induktivlik qarshiligi.

2. Hisob- kitoblarga asoslanib, 10 kV kuchlanishli filtrlarga o'tayotgan reaktiv quvvatni aniqlaymiz.

10 kV filtrga zarur bo'ladigan quvvat quyidagini tashkil qiladi:

$$Q_{f.k.q} = Q_{k.b} = 220 \text{ kVA}$$

3. O'zgartirgichlar guruhining reaktiv yuklamasi

$$Q_{uz,gr} = S_{uz,gr} \cdot \cos \varphi_{ur} \cdot tg_{ur} = 7,5 \cdot 0,7 \cdot 1 = 5,25 \text{ MVar}.$$

4. O'zgartirgichning ruhsat etilgan reaktiv quvvat qiymati.

$$Q_{uz,qish} = S_{uz,gr} \cdot \cos \varphi_{qish} \cdot tg_{qish} = 7,5 \cdot 0,7 \cdot 0,2 = 1,05 \text{ MVar}.$$

5. Kompensatsiya qilinadigan, o'zgartirgichning reaktiv quvvat qiymati.

$$Q_{k.q} = Q_{uz,gr} - Q_{uz,qish} = 5,25 - 1,05 = 4,2 \text{ MVar}.$$

6. 10 kV shinalardagi barcha yuklamalar reaktiv quvvatni kompensatsiyalash uchun kerakli generatsiyalovchi filtrlar quvvati.

$$Q_{ur} = Q_{k.q} + Q_{k.b} = 4,2 + 2,2 = 6,4 \text{ MVar}.$$

7. Genratsiyalovchi ventilli o'zgartrgichlar toklar garmonikasi qiymatlarini aniqlaymiz.

$$I_5 = \frac{S_{uz.gr}}{\sqrt{3} U_N \cdot V} = \frac{7,5 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 15 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 10^3} = 86,5 \text{ A};$$

$$I_7 = 61,8 \text{ A}; I_{11} = 39,3 \text{ A}; I_{13} = 33,3 \text{ A};$$

8. Filtrlarning generatsiyalovchi quvvat yig'indisi (6,4 MVar) va toklarning hisoblangan garmonikalari bo'yicha filtrlar turini tanlaymiz.

(7.1- jadval) filtrlarning umumiy reaktiv quvvat yig'indisi.

$$Q_{ef} = 4000 + 1930 + 615 = 6545 \text{ kVar}.$$

13-garmonikalarga filtr o'rnatmaymiz, chunki 145 kVar ortiqcha kompensatsiyalangan.

Filtrlar va generatsiyalash quvvat qiymatlari

7.1- jadval

Filtr turlari	Generatsiyalash quvvati, kVar	Chegaralangan toki, A
F-5-4000/10	4000	170
F-7-2400/10	1930	70
F-11-800/10	615	40

Nazorat savollari.

1. Yirik quvvatli keskin o'zgaruvchan yuklamali iste'molchilar reaktiv quvvatini kompensatsiyalash qanday bajariladi?

2. Bunday iste'molchilar reaktiv quvvatini faqat statik kondensator bilan kompensatsiyalab bo'ladimi ?

3. Bu iste'molchilar asosan elektr ta'minot tizimining qanday elementlaridan tashkil topgan?

4. Bu iste'molchilar statik kompensatsiyalovchi qurilmalarining asosiy elementlar qanday elektr jixozlaridan tashkil topgan?

5. Xozirgi davrdagi kompensatsiyalovchi ko'priqli qurilmalar nechta guruhga ajratiladi?

6. Bu kompensatsiyalovchi qurilmalarning asosiy afzalligi nimdan iborat?

8-AMALIY MASHG‘ULOT
ELEKTR TIZIM MAKSIMUM YUKLAMALI SOATLARIDA
SANOAT.
KORXONALAR ELEKTR TARMOQLARIDA
KOMPENSATSIYALOVCHI QURILMALAR QUUVVATINI
HISOBLASH

Yirik quvvatli keskin o‘zgaruvchan yuklamali iste’molchilar (prokat stanolarni asosiy yuritmalari, po‘lat eritish elektr yoy pechlari va boshqalar). Ishlatilishi bilan tubdan yangi reaktiv quvvat manbalarini yaratishi zaruriyatiga olib keldi. Bular statik kompensatsiya qurilmalar reaktiv quvvatining ko‘p miqdorda talab qilishi, bu iste’molchilar ishlashida kuzatiladi, sezilarli darajada ta‘minot manbada kuchlanish tebranishiga olib keladi. Bundan tashqari, bu iste’molchilar, asosan, elektr ta‘minot tizimidan noxiziqli elementlardan tashkil topganligi sababli, ta‘minot manbada quyidagi tok va kuchlanish shakl buzilishini keltirib chiqaradi. Shu sababli kompensatsiyalovchiga quyidagi talab yuklana direaktiv quvvatni Yuqori tezlik ta’sirida o‘zgartira olish, reaktiv quvvatni etarli darajada qo‘llashni, rostlash, reaktiv quvvatni rostlash va iste’mol qilish, ta‘minot kuchlanishida eng kam og‘ish va tebranishga erishishi.

Statik kompensatsiyalovchi qurilmalarning asosiy elementlari bo‘lib kondensator va drossel –elektromagnit energiyani jamlovchi va ventillar (tristorlar), uning tez o‘zgartirishini ta‘minlovchilardan iborat. Hozirgi davrda ko‘p miqdoridagi har xil variantlar, sxemalar va ular 3 ta guruhga ajratiladi:

O‘zgarmas tok tomonidan induktiv jamlagichli, reaktiv quvvatli ko‘prikli manba;

Noxiziqli volt-amperli tavsifli to‘yingichli reaktorlar;

To‘qnash-paralleli boshqariladigan ventillar bilan ketma-ket ulangan va liniyali volt-amper tavsifli reaktorlarni.

Bu qurilmalarning asosiy ustunligi – tez ta’sir etishi, ishlashi ishonchligi va aktiv quvvatning kam yo‘qolishi. Kamchiliklari qo‘shimcha rostlash drosseli uskunalari o‘rnatishi zarurligi hisoblanadi.

8.1. Energiya tizim maksimal yuklama soatlarida korxona elektr tarmoqlaridagi yirik quvvatli o'ziga xos rejimli iste'molchilar reaktiv quvvat kompensatsiyasi

8.1-misol

Ikkita pulat eritish elektr yoy pechlar sxemasi uchun kompensatsiyalovchi qurilmani tanlang.

Pechlar haqidagi dastlabki ma'lumotlar 8.1.- 8.2- rasmlarda keltirilgan.

220 kV shinalar umumiy foydalanish shinalari hisoblanadi.

Yechish

1. 220 kV shinalarda kuchlanish tebranishi quyidagi formuladan aniqlanadi:

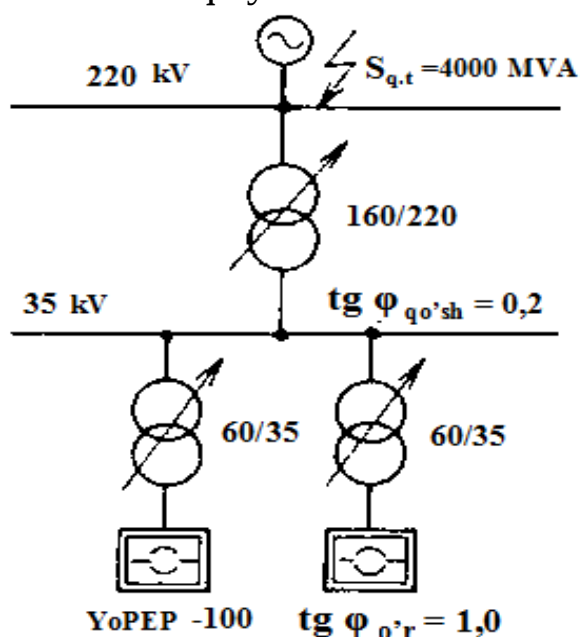
$$V_{GEPV} = S_{n.t} \cdot \sqrt[4]{\frac{N}{S_k} 60 \cdot \sqrt[4]{\frac{2}{4000 \cdot 100}}} = 1,8\%$$

ya'ni

$V_{1dop} = 1\%$ ga ortadi.

Shunga asosan 35 kV shinalarga reaktiv quvvatli (STK) tristorli reostatlar guruhlari bilan statik kondensatorlarni o'rnatish tavsiya qilinadi.

1. STK ning parametrlarini aniqlaymiz.



8.1- rasm. 8.1- misolni hisoblash uchun.

$$Q_{tirs} \geq S_{t,t} \sqrt[4]{\frac{N - S_{q,t} \cdot V_{to'r}}{100}} = \sqrt[4]{\frac{20 - 4400 \cdot 1}{100}} = 60\sqrt{2} - 4000 \cdot 1 \cdot 100 = 32 MVar;$$

$$Q_{tir} \geq \frac{S_{n,t} \sqrt[4]{N - S_k \cdot V_{1qo'sh}}}{100 \sqrt[4]{20 - 4400 \cdot \frac{1}{100}}} = 32 MVar$$

$$Q_{k,b} = \left(\frac{S_{t,t} \cdot \sqrt[4]{N - S_{q,t} \cdot V_{to'r}}}{200} \right) \cdot K_{o'r} = \left(\frac{60 \cdot \sqrt[4]{2 - 4000 \cdot 1}}{200} \right) \cdot \left(\frac{1 - 0,2}{1} \right) = 41,6 MVar,$$

bu yerda kondensator batareya $K_{o'r} = \frac{1 - tg \varphi_{qo'sh}}{tg \varphi_{o'r}}$

8.2-misol

BPP 10 kV shina seksiyalarida quvvat ko'effitsiyentini va kuchlanish tebranishini nominallashtirishda prokatstani blyumingi bosh yuritmalari uchun tristorli reaktiv quvvat kompensatorini tanlash.

Dastlabki ma'lumotlar: 10 kV shinalarda qisqa tutashuv quvvati $S_k = 120 MVA$; davr davomida prokatlashdagi reaktiv quvvat grafigining, 8.2 rasmda quvvat ko'effitsiyenti $\cos \varphi = 1$

Yechish

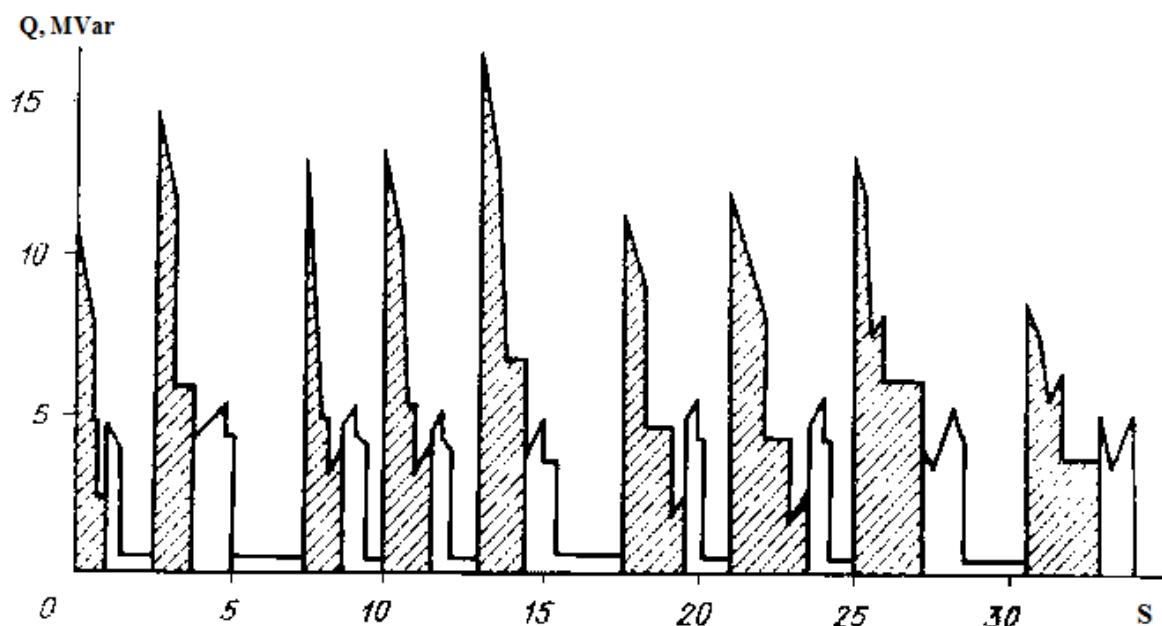
GOST 13109-97 ga bog'liq ravishda kuchlanishning chegaralangan silkinishlari kuchlanish o'zgarishi ularning chastotasiga bog'liq, reaktiv quvvat tebranishining ekvivalentli silkinishini aniqlashni ikki variantda ko'rib chiqamiz:

8.2- rasmdagi grafikda shtrixlangan maydonlar) maksimal qiymatlari bo'yicha;

davr mobaynida reaktiv quvvatning barcha o'zgarishlarini hisobga olgan holda, birinchi variantda quyidagiga ega bo'lamiz.

$$\delta Q_{ek} v' = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{\delta Q_i}{n, k}} = \frac{\sqrt{11^2 + 15^2 + 12,2^2 + 12,6^2 + 16^2 + 11^2 + 11,3^2 + 12^2 + 7,5^2}}{9} = 12,3 MVar$$

Bu holatda, silkinishlar soni (chislo razmaxov) davr mobaynida reaktiv quvvat $\frac{2}{P_k} = 1,8\%$ ga teng, silkinishlar chastotasi esa $F' = 36 \text{ min}^{-1}$ ga teng.



8.2-rasm.

8.2- misolni hisoblash grafigi.

GOST 13109-97 ga mos ravishda ruhsat etilgan intilish (razmax) kuchlanish o'zgarishi berilgan chastotada $V'_{t,qo'sh} = 1,8\%$ ni tashkil qiladi.

Ikkinchi variantda shunga o'xshash ravishda quyidagiga ega bo'lamiz.

$$\delta Q'_{ekV} = 6,4 \text{ MVar}; \quad F'' = 2,2_{sek}^{-1}; \quad 1 V''_{tqo'sh} = 1,2\%$$

Quyidagi ifoda bo'yicha, iste'mol qilinadigan reaktiv quvvatiga mos ravishda kompensatsiyalash ulushining o'zgaruvchan tashkil etuvchisini aniqlaymiz:

$$K'_{\approx} = \frac{(-V'_{tqo'sh} S_k)}{100 \delta Q'_{ekV}} = \frac{1 - 1,8 \cdot 120}{100 \cdot 12,3} = 1 - 0,175 = 0,825;$$

$$K''_{\approx} = \frac{1 - 1,2 \cdot 120}{100 \cdot 6,4} = 1 - 0,225 = 0,775;$$

Quyidagi formula bo'yicha tristorli- reaktiv guruhning kompensatsiyasiga mos ravishda zaruriy quvvatini aniqlaydi:

$$Q'_{tir} = \delta Q''_{ekV}; \quad K''_{\approx} = 1,23 \cdot 0,825 = 10,35 \text{ MVar};$$

$$Q''_{tir} = \delta Q''_{ekV}; \quad K'' = 6,4 \cdot 0,775 = 5 \text{ MVar};$$

Eng Yuqori topilgan qiymat bo'yicha Q'_{tir} va Q''_{tir} bo'yicha (TRQK)- tiristorli reaktiv quvvat kompensatsiyasi 12,5/10-03322 ni tanlaymiz reaktiv quvvat iste'moli 12,5MVA_r va geratsiyalash quvvati 12,42 MVA_r.

Chunki tanlangan kompensatsiya quvvatining o'rtacha jamlangan qiymati va yuklama iste'mol qilayotgan reaktiv quvvat va kompensatorniki amaliyotda KVlar oxirgisining maksimal quvvatiga teng (12,5 MVA_r) filtrlar generatsiyalash quvvatni aniqlashga hojat qolmaydi.

U vazifalangan quvvat koeffitsiyenti bo'yicha (bu holatda $\cos\varphi=1$).

8.2. Keskin o'zgaruvchan yuklamali elektr tarmoqlarda reaktiv quvvat kompensatsiyasi

8.3-misol

Aniq misolni, 8.3-rasm yordamida kondensator batareyaning ventilli o'zgartirgichlar (VP) bilan birga ishlay olishini ko'ribchiqamiz.

O'zgartirgich va transformator haqida dastlabki ma'lumotlar:

$U_v = 440 \text{ V}$; $I_v = 500 \text{ A}$; $S_{n,t} = 400 \text{ kVA}$; $U_2 = 400 \text{ V}$; $u_k = 11,5 \%$;

O'zgartirgich sxemasi – olti fazali ko'prikli, ya'ni o'zgartirgich o'zgaruvchan toki quyidagi garmonikalarga ega:

Yechish

$$v = 5, 7, 11, 13 \dots$$

O'zgartirgichli to'g'rilagich reaktiv quvvatini hisoblaymiz

$$U_{bo} = \frac{3}{p} \sqrt{2 \cdot 400} = 54 \text{ V};$$

$$Q_{BP} = I_B \sqrt{U_{BO}^2 - U_B^2} = 500 \sqrt{540^2 - 440^2} = 155 \text{ kVA}_r;$$

Kondensator batareyalar quvvatini $Q_{k,b} = 150 \text{ kVA}_r$ deb qabul qilamiz.

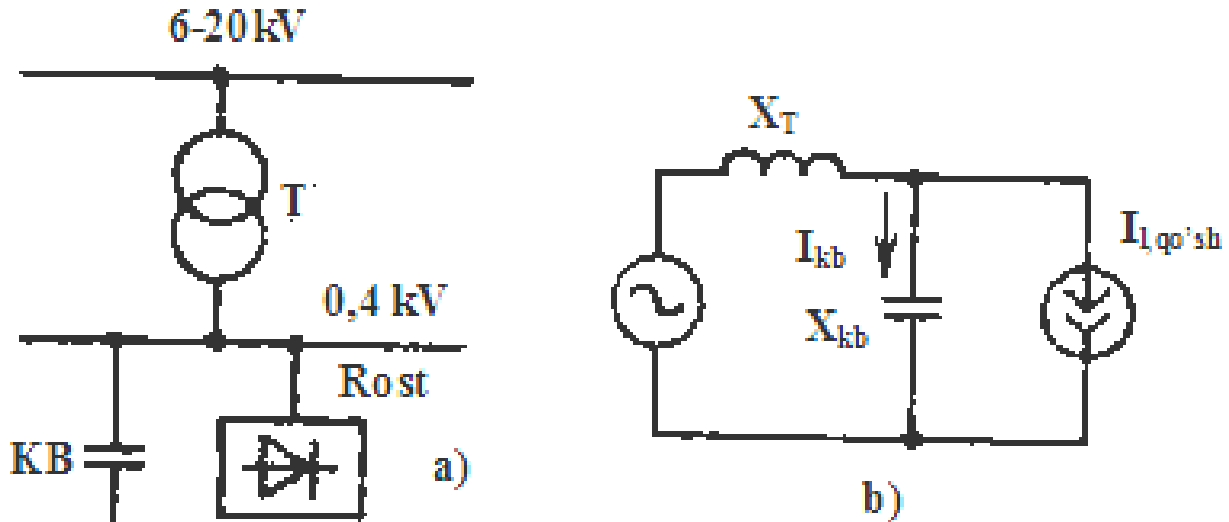
Kondensator batareyalar Yuqori garmonika toki ($I_{k,b}$)ni hisoblash bir fazali elvivalentli sxema,bo'yicha olib boriladi bu yerda ventilli o'zgartirgich cheksiz quvvatli tokli manba bilan huddi shunday spektorli garmonkada almashgan.

Huddi shunday garmonika spektorli haqiqiy o'zgartirgichdagi kabi. Transformator qarshiligini va

$$X_m = \frac{U_k}{100} = \frac{U_2^2}{S_{n,m}} = \frac{11,5}{100} \cdot \frac{0,16 \cdot 10^6}{0,4 \cdot 10^6} = 0,046 \text{ OM};$$

$$X_{k,b} = \frac{U_k}{Q_{k,b}} = \frac{0,16 \cdot 10^6}{0,15 \cdot 10^6} = 1,07 \text{ } \Omega;$$

kondensator batareyalarni asosiy chastotalarda aniqlaymiz.



8.3- rasm. a–VP ventilli o‘zgartgich reaktiv quvvatni kompensatsiyalash uchun ulash sxemasi; b - almashish sxema.

Tizim qashiligini va elementlarning aktiv qarshiligini hisobga olmaymiz.

O‘zgartgich kirishidagi ta’sir qiluvchi toklar qiymatini aniqlaymiz.

$$I_5 \approx \frac{I\sqrt{6}}{5_n} \cdot 500 \approx 78A$$

$$I_7 = I \sqrt{\frac{6}{7_r}} \cdot 050 \approx 55,5A$$

5 va 7 garmonikalarning o‘zgartuvchan tok tomonidagi faza kuchlanishi

$$U_5 = \frac{I_5}{\frac{1}{5_{x,t}} - \frac{1}{X_{k,b}}} = \frac{78}{\frac{1}{5 \cdot 0,046} - \frac{1}{1,07}} = 263V$$

$$U_7 = 55,5 \frac{1}{\frac{1}{7 \cdot 0,046} - \frac{1}{1,07}} = 16V$$

Bundan ko‘rinib turibdiki, bu 5- kuchlanish garmonikasi asosiy chastotani kuchlanishni ortiradi, ya’ni sxema rezanansiga yaqin rejimda ishlaydi. Kondensatorlar orqali oqayotgan Yuqori garmonika tokini aniqlaymiz.

$$I_{k.b5} = \frac{U_5 \cdot 5}{X_{k.b}} = \frac{236 \cdot 5}{1,07} = 1100 A$$

$$I_{k.b} = \frac{230}{1,07} = 215 A$$

asosiy garmonika foizlarida

$$I_{k.b5} = \frac{1100}{215} \cdot 100\% = 510\%$$

$$I_{k.b} = \frac{105}{215} \cdot 100\% = 49\%$$

Kondensator batareyalarining umumiy toki ta’sir etish qiymati bir necha barobar ruhsat etilganidan ortiq, va bu uning ishdan chiqishiga olib keladi. Yuqorida qayt etilganga asoslanib xulosa qilish mumkin, ya’ni kondensator batareya qurilmalari sanoat korxonalari elektr ta’minoti tizimida ventilli yuklamalar borligida, ularni qo‘llash mumkin bo‘lmasligini ko‘rsatadi. Kondensatorni himoyalash uchun va rezonanslardan to‘g‘rilangan bo‘lishida LC– filtrlar ketma-ketligi qo‘llaniladi. Reaktorning induktiv qarshiligi x_r ni rezonans zanjirida (kuchlanish rezanansi), garmonikasiga, ventilli o‘zgartgichlarning eng kichik garmonikalarini, generatsiyalashni tashkil qilish uchun hisoblanadi. Eng ko‘p tarqalgan olti ko‘prikli ventilli o‘zgartgichlar sxemalari chastotaga nisbatan filtrni rostdash odatda quyidagiga teng qilib olinadi

$$\sqrt{\frac{X_{k.b}}{X_x}} \approx 4,7.$$

Agar kondensator himoyasi noto‘g‘ri bo‘lsa, Yuqorida ko‘rib chiqilgan kabi, kondensator batareyalarda, rezonans hodisasi yuzaga keladi. Bu zanjirdagi ketma-ket ulangan reaktor va kondensator Yuqori garmonika rezonansni kuchsizlantiradi (induktivli tavsifli zanjirda) va pastki rezonans

garmonikasini kuchaytiradi (sig‘imli tavsifli zanjirda). Filtrlarni yaratishda betonli reaktorlar induktiv qarshiligi kichikligi sababli texnik qiyinchiliklarga ro‘para kelinadi. Shuning uchun KBlarni Yuqori kuchlanishda himoyalash uchun past kuchlanishli katta induktiv qarshilikli reaktorlar qullanilishi zarur bo‘ladi. Chunki ular nominal rejimda reaktorga o‘rnatilgan kuchlanishi:

$$U_{x1} = \frac{1}{V^2 - 1} U_n$$

bunda U_n - LC - zanjirga o‘rnatilgan, kuchlanish; v - zanjir sozlangan garmonika, tartib nomeri. Filtrlarni loyihalashda kondensator batareyalarda ososiy garmonikada bog‘liq holda kuchlanishning ortishi hisobga olinadi.

Reaktorlarni o‘ta kuchlanishdan yoki kodensator parallel ulanganda buzilishida reaktorlarni himoyalash uchun ko‘p marta ishlaydigan razryadnik qo‘laniladi.

8.3. Nochiziqli va Yuqori garmonika tashkil qimluvchi iste’molchilarida reaktiv quvvat kompensatsiya usullari

8.4- misol

Kuchlanishning nosimmetiriklik koefitsiyentini aniqlash va zarur bo‘lganida (SU) simmetrlovchi uskuna tanlash.

Dastlabki ma’lumotlar:

Bir fazali shlakli eritish elektr qurilma quvvati $S_{pr}=5\text{MVA}$ ($\cos\varphi = 0,86$) tuman energiya tizim NS dan iste’mol qiluvchi po‘lat eritish sexining 6 kV tarmog‘iga ulangan. Tugunda QT quvvati ulanishida $S_k=136\text{ MVA}$. Kompensatsiya sharti talabiga ko‘ra quvvati $Q_{k,q} = 5\text{MVar}$.

Boshlang‘ich ma’lumotlar:

Bir fazali yuklama V va C fazalarga ulangan; $R_{vs} = 4,33\text{ MMt}$; $Q_{vs} = 25\text{ MVar}$; $\psi = 30^\circ$.

Yechish

1. Kuchlanish nosimmitriya koefitsiyentini aniqlaymiz:

$$\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} (P_{AB} - P_{CA}) - \frac{1}{2} (Q_{AB} - Q_{CA}) + Q_{BC} = \frac{\sqrt{3}}{2} (0 - 0) - \frac{1}{2} (0 - 0) + 2,5 = 2,5;$$

$$\beta = \frac{1}{2}(P_{AB} - P_{CA}) - \frac{\sqrt{3}}{2}(Q_{AB} - Q_{CA}) + P_{BC} = 4,33;$$

$$\delta U = \frac{U_1 - U}{U} = 0$$

($U_1 - U_h$ - deb qabul qilamiz).

$$\psi_u = \arctg\left(\frac{\beta}{\alpha}\right) = \arctg\left(\frac{4,33}{2,5}\right) = 60^\circ,$$

$$\varepsilon_u = \sqrt{a^2 + \beta^2} e^{\frac{j\psi_u}{S_k}} = \sqrt{2,5^2 + 4,33^2} e^{\frac{j60}{136}} = 0,0368 e^{j60}$$

Olingan ε_u qiymatlari ruhsat etilganidan GOST bo'yicha 1,84 martaga ortiq shuning uchun SU ni o'rnatish zarur.

1. SUni qabul qilish uchun parametrlarini aniqlaymiz.

SU elementlari reaktiv quvvatini aniqlaymiz:

$V_1 = 0$, $\varepsilon_u = \varepsilon_{udop} = 0,02$ deb qabul qilamiz va keyingi matematik qiymatini topamiz:

$$A = \frac{\varepsilon_{vdop} \cdot \cos \varphi_v}{1 + bi_{son}} = \frac{0,2 \cdot 0,5}{1 + 0} = 0,01;$$

$$B = \frac{\varepsilon_{vdop} \cdot \sin \varphi_v}{1 - bi_{son}} = 0,0173;$$

$$C = BS_k + S_{Ab} \cos(60^\circ - \varphi_{AB}) - P_{BC} + S_{CA} \cos(60^\circ + \varphi_{CA}) = 1,98;$$

$$D = AS_k^I + S_{AB} \sin(60^\circ + \varphi_{AB}) + Q_{BC} - S_{CA} \sin(60^\circ + \varphi_{CA}) = 1,14;$$

(SU)- simmetrlovchi uskuna elementlarining reaktiv quvvatini aniqlaymiz:

$$Q_{AB} = \frac{1}{3} \left[\sqrt{3C - D - Q_{Cu}} (1 - A - \sqrt{3B}) \right] \frac{1}{3} \left[\sqrt{3 \cdot (1,98 - 1,14 \cdot 5) - 0,01 - \sqrt{30,0173}} \right] = -0,077;$$

$$Q_{BC} = \frac{1}{3} \left[\sqrt{2D - Q_{Cu} + 2A} \right] - \frac{1}{3} \left[\sqrt{3C + D + Q_{Cu} - A + \sqrt{3B}} \right]$$

$$\frac{1}{3} \left[\sqrt{3 \cdot 1,98} \right] + 1,14 + 5 \left[-0,01 + \sqrt{30,0173} \right] = -2,46;$$

$$Q_{cu} = Q_{AB} + Q_{BC} + Q_{CA} = -0,077 + 2,46 + 2,46 = -5000 \text{ kVar}.$$

Nazorat savollari.

1. Yirik quvvatli keskin o'zgaruvchan yuklamali iste'molchilar reaktiv quvvatini kompensatsiyalash qanday bajariladi?
2. Bunday iste'molchilar reaktiv quvvatini faqat statik kondensator bilan kompensatsiyalab bo'ladimi?
3. Bu iste'molchilar asosan elektr ta'minot tizimining qanday elementlaridan tashkil topgan?
4. Bu iste'molchilar statik kompensatsiyalovchi qurilmalarining asosiy elementlar qanday elektr jixozlaridan tashkil topgan?
5. Xozirgi davrdagi kompensatsiyalovchi ko'priqli qurilmalar nechta guruhga ajratiladi?
6. Bu kompensatsiyalovchi qurilmalarning asosiy afzalligi nimdan iborat?

9 - AMALIY MASHG'ULOT

REAKTIV QUVVAT KOMPENSATSIYASINI HISOBGA OLGAN HOLDA SEX TRANSFORMATORLAR QUVVATINI VA SONINI TANLASH

Past kuchlanishli kondensator batareyalar - (PKKB) umumiy hisoblangan quvvati eng kam keltirilgan harajatlarga oid sex PS transformatorlarning samarali maqsadga muvofiq tanlangan soni aniqlanadi, va bundan tashqari transformatorlarda, bu ta'minlovchi transformatorlar va korxonaning 6-10 kV kuchlanishli tarmog'ida maqsadga muvofiq yo'qolishini kamaytirishga erishish maqsadida qo'shimcha PKKB quvvatlarini aniqlaymiz.

PKKBlarining hisblangan umumiy quvvati, kVAr,

$$Q_{p,k} = Q_{p.k1} + Q_{p.k2}$$

bunda $Q_{p.k1}$ va $Q_{p.k2}$ - batareyalar quvvatlari yig'indisi, MVar.

PKKB umumiy quvvati alohida sex transformatorlararo ularning reaktiv yuklamalariga proporsional ravishda taqsimlandi.

Ularning reaktiv yuklamasiga sex transformatorlari o'rtasida alohida PKKB umumiy quvvati taqsimlanadi.

Har bir yig'ilgan texnologik guruhlar sex transformatorlarning bir xil quvvatli ularning eng kichik soni, istemoli uchun kerakli eng katta hisoblangan aktiv yuklamalari,

$$N_{tmin} = \frac{R_{mt}}{\beta_t S_t} + \Delta N$$

bunda R_{mt} – o'rtacha hisoblangan aktiv yuklama shu guruhlar transformatorlarning, eng Yuqori yuklangan smenaga, Mvt; β_t – transformatorlar yuklanishlar koeffitsiyenti; S_t - solishtirma zichlikdan kelib chiqqan holda qabul qilingan yuklamalari, transformatorning nominal quvvati MVA; ΔN – yaqin bo'lgan katta butun son qo'shimcha.

Transformatorlarning maqsadga muvofiq samarali soni

$$N_{t,e} = N_{t,min} + m,$$

bunda m – qo'shimcha transformatorlar soni.

Samarali maqsadga muvofiq transformatorlar soni $N_{t,e}$ solishtirma harajatlari bilan aniqlanadi, reaktiv quvvatni uzatilishini hisobga olgan holda o'zgaras tashkil qiluvchilar kapital harajatlarni hisobga olgan holda aniqlanadi:

$$X' = \beta_t \frac{h_{p,k} - h_{yu.k}}{h_{o'z,t}} = \beta_t \cdot X_{o',s}.$$

bunda $X_{p,k} \cdot X_{yu.k}, X_{o'.t}$ – mos ravishda o'rtacha keltirilgan 1 kVdan Yuqori kuchlanishli PKKB lar harajati, kondensator batareyalar O'YUKBX va O'T.

Yetarli darajada solishtirma narxlar haqida ko'rsatgich ma'lumotlari bo'lmaganida, $X_{o'.t}$ -shakllanuvchi qiymatlari uchun 9.2- jadvaldan transformatorlarning maqsadga muvofiq sonini aniqlash tavsiya qilinadi.

Agar narxlari haqida aniq ishonchli ma'lumotlar bo'lmaganda amaliy hisoblashlar uchun quyidagini qo'llashga ruhsat beriladi $X_{o'.t} = 0,5$ va

$N_{t,e}$ m ($N_{\min} \Delta N$) ga bog'liq ravishda 9.3-rasm bo'yicha aniqlanadi.

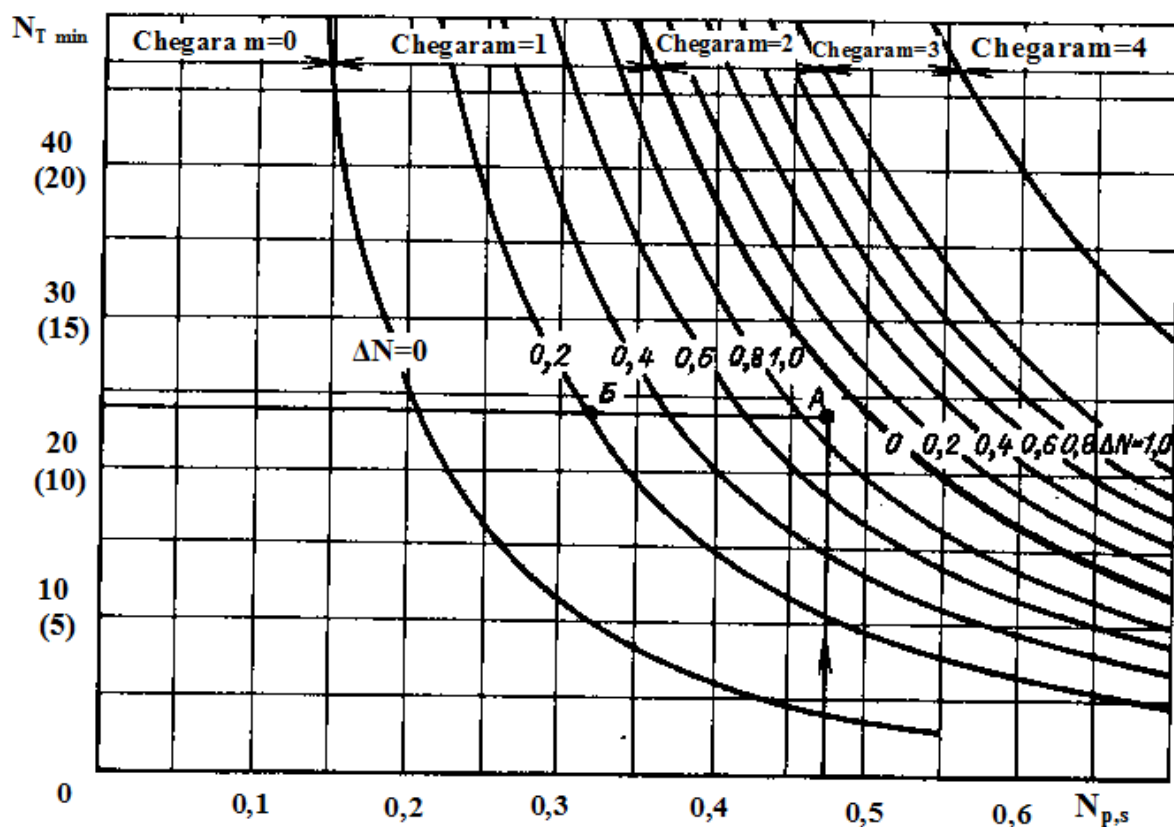
Yetarli darajada narx ko'rsatgichlari haqida ma'lumotlar bo'lmasa K_1 qiymatini, 9.2- jadvaldan qabul qilish tavsiya qilinadi.

K_2 qiymatini quyidagi formuladan aniqlanadi.

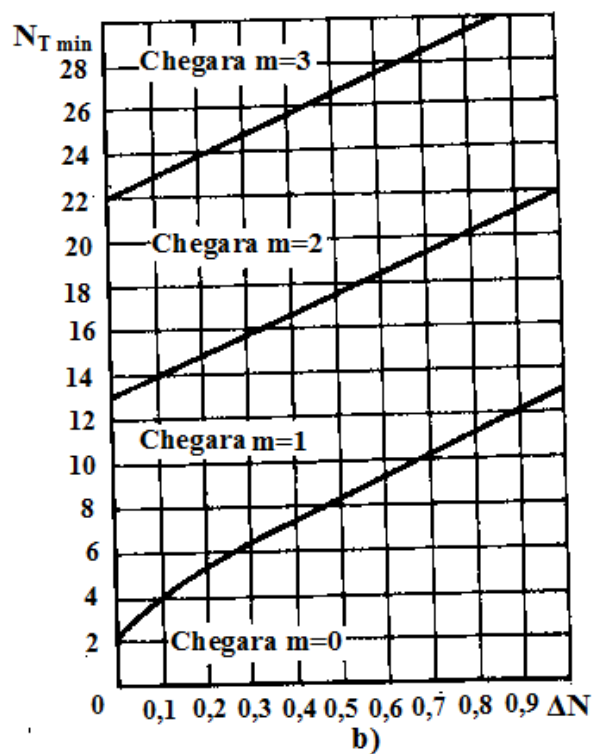
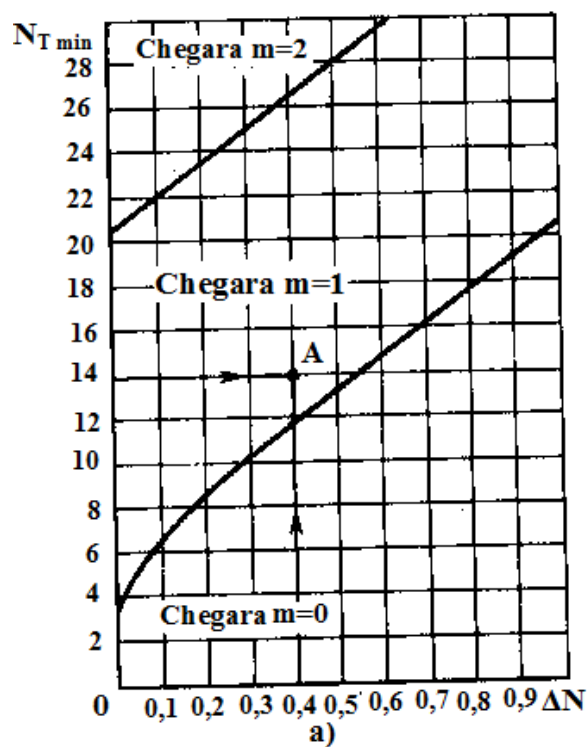
$$K_2 = LS / F,$$

Bunda L - (ikki transformatorli magistral sxemada - birinchi transformator bo'limigacha bo'lgan masofa), liniya davomiyligi, km; F - liniyaning umumiy kundalang kesimi, mm^2 . K_2 ni

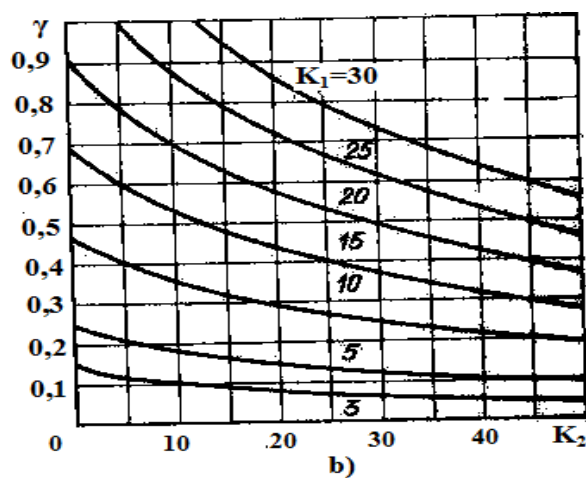
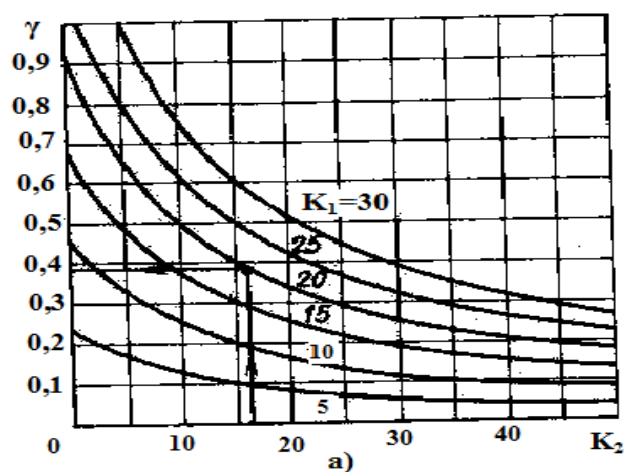
9.3-jadvaldan qabul qiling.



9.2- rasm. Haqiqiy $X_{p,s}$ da $\beta_t = 0,7 - 0,8$ (qavslar ichidagi qiymatlar $\beta_t = 0,9-1,0$ uchun).



9.3- rasm. Qo‘shimcha transformatorlar sonini aniqlash uchun mintaqalar; a- $\beta_t = 0,7- 0,8$; b - $\beta_t = 0,9-1,0$



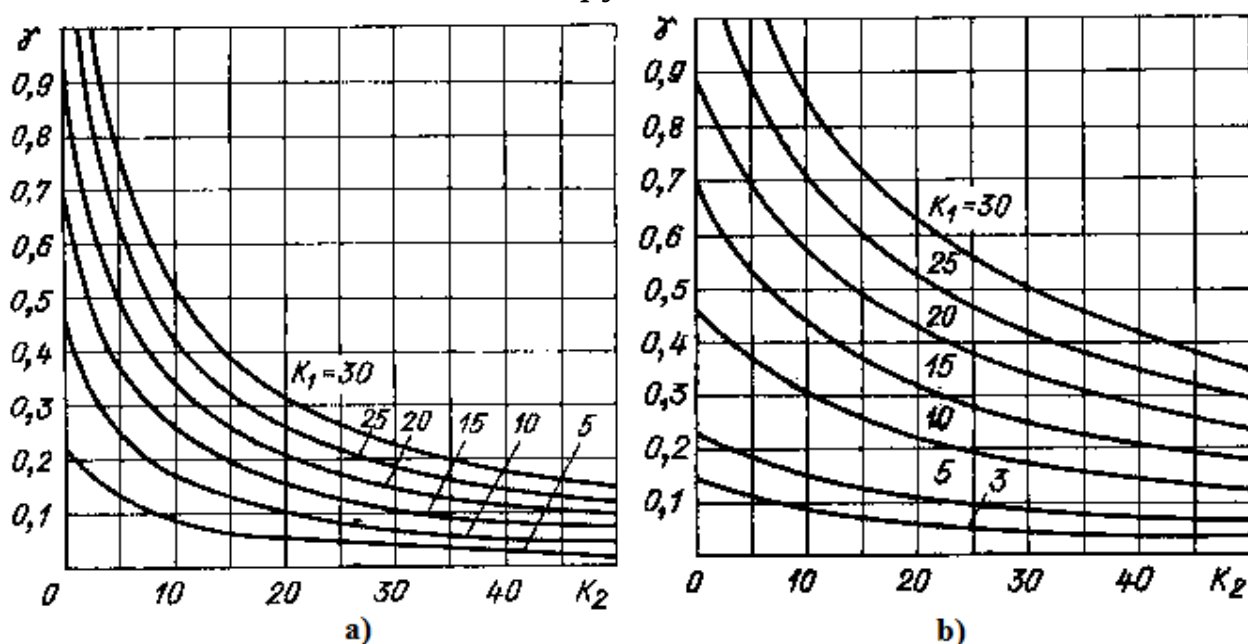
9.4- rasm. Radial sxemalardan ta'minlanayotgan transformatorlar uchun γ koeffitsiyent egri chizig'ini aniqlash: a- $U_n = 6$ kV; b - $U_n = 10$ kV.

Solishtirma yo'qolish koeffitsiyent qiymati K_1

9.1-jadval

Qozoqistonda	1	76	17
	2	80	16
	3	87	14
Sibirda	1	85	15
	2	85	15
	3	85	15
O'rta Osiyoda	1	64	19
	2	64	19
	3	80	16
Sharqda	1	136	9
	2	136	9
	3	136	9

Solishtirma yo‘qolish koeffitsiyenti K_1 qiymati K_2 koeffitsiyent qiymati



9.5- rasm. Magistral sxemalardan ta‘minlanayotgan transformatorlar uchun γ koeffitsiyent egri chizig‘ini aniqlash.

K_2 koeffitsiyenti qiymati

9.2- jadval

Transformator quvvati S_t kVA	1 km uzunlikdagi ta‘minot liniyanilarni K_2 koeffitsiyenti				
	0,5 gacha	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2 dan yuqori
400	2	4	7	10	17
630	2	7	10	15	27
1000	2	7	10	15	27
1600	3	10	17	24	40
2500	5	16	26	36	50

Havo liniya simlarining o‘zaro kesishish oralig‘i, m

9.3- jadval

Havo liniya davomiyligi, m	Havo liniya tayanchining eng yaqinidagi kesishish joyigacha bo‘lgan masofa, m					
	30	50	70	100	120	150

Eng kam kuchlanishli havo liniyalari bilan 500-330 kV HL lari kesishishi, m

200	5	5	5,5	5,5	-	-
300	5	5	6	6	6,5	7
450	5	5,5	5	7	7,5	8
gacha						

250-150 kV HL o‘zaro va eng kam kuchlanishli HL lar bilan kesishish oralig‘i, m

200	4	4	4	4	-	-
300	4	4	4	4,5	5	5,5
450	4	4	5	6	6,5	7
gacha						

110-20 kV HLlar o‘zaro va eng kam kuchlanishli HL lar bilan kesishish oralig‘i, m

200	3	3	3	4	-	-
300gacha	3	3	4	4,5	5	-

10 kV HLlar o‘zaro va eng kam kuchlanishli HL lar bilan kesishish oralig‘i, m

100	2	2	-	-	-	-
150gacha	2	2,5	2,5	-	-	-

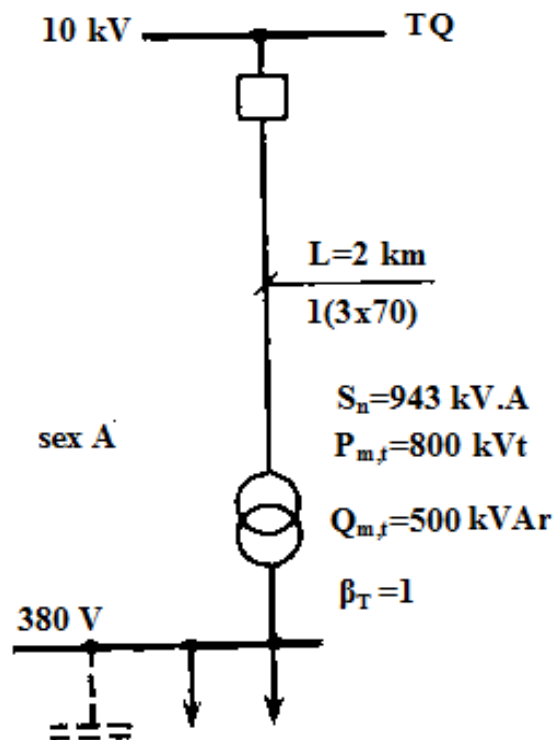
9.1-misol

Bitta transformatorli KTPning maqsadga muvofiq quvvatini va KKU quvvatini aniqlang.

Dastlabki ma’lumotlar. Korxona A sexi bir smenali, respublikaning o‘rta qismida joylashgan. Elektr ta’minoti sxemasi va hisoblangan ko‘rsatgichlari 9.1.-rasmda xisoblash sxemasi quyida keltirilgan.

Yechish

1. Transformatorlar quvvatini aniqlaymiz:



$$S_t \geq \frac{P_{m,t}}{\beta_t \cdot N_t} = \frac{800}{(1 \cdot 1)} = 800 \text{ kVA}; \text{ standart quvvatli}$$

$S_t = 1000 \text{ kVA}$ transformatorini tanlaymiz.

2. Tanlangan transformatoridan uzatilishi mumkin bo'lgan reaktiv quvvatni topamiz:

$$Q_t = \sqrt{(N_t \cdot \beta_t \cdot S_t)^2 - P_{m,t}^2}, Q_t = \sqrt{(1 \cdot 1)^2 - 0,8^2} = 0,6 \text{ MVar}$$

3. Birinchi bosqich bo'yicha PKKbning quvvat hisobi:

$$Q_{k,m1} = Q_{m,t} - Q_t = 500 - 600 = 100 \text{ kVAr}$$

Quvvatning manfiy qiymat ko'rsatgichi, kondensator qurilmalari o'rnatilishi talab qilinmasligini ko'rsatadi va 9.1- rasm 9.1 Misolni hisoblash uchun.

Demak Q_{AK1} ni nolga teng deb olinadi.

4. Yo‘qolishini kamaytirish shartiga ko‘ra qo‘shimcha PKKB quvvatini aniqlaymiz:

9.1- jadvalga ko‘ra K_1 qiymatini ($K_1 = 204$) deb qabul qilamiz.

K_2 -ning qiymatini esa quyidagi formula orqali topami

$$z: K_2 = \frac{LS_t}{F} = \frac{2 \cdot 1000}{70} = 28,6$$

Hisoblangan ma’lumotlar

9.1- jadval

Transfomator	Hisoblangan yuklama	Hisoblangan quvvat $Q_{m,k}$ kVAr	Qabul qilingan past kuchlanishli K.B, kVAr	Past kuchlanishli K.B, quvvatlarini uch magistralga bo‘lish, kVAr
1T	1750	905	900	300+300+300
2T	1750	905	900	300+300+300
3T	1750	905	900	300+300+300
4T	1530	789	800	300+300+200
5T	1600	825	800	300+300+200
6T	155	800	800	300+300+200
7T	1930	995	1000	400+300+300
8T	1700	877	90	300+300+300
9T	1780	918	900	300+300+300
10T	1550	800	800	300+300+200
11T	1320	681	700	300+200+200
12T	1750	905	900	300+300+300
13T	1750	905	700	300+200+200
Jami:	21310	11 000	11 000	400 kVAr-1, 300-30 va 200-8 jamlanganlik

9.4- rasmga ko‘ra bu sex uchun $\gamma = 0,61$. U holda

$$Q_{n,k(2)} = Q_{m,t} - Q_{n,k(1)} - \gamma \cdot N_{t,e} S_t = 500 - 0 - 0,6 \cdot 1 \cdot 1000 = -110 \text{ kVAr},$$

ya’ni bu sex uchun PKKB lar o‘rnatish umuman shart emas.

9.2-misol

Qoliplash sex uchun PKKB ning umumiy quvvatini aniqlash:

$$P_{m,t} = 26,5 \text{ MVt}$$

Dastlabki ma'lumotlar. Eng ko'p umumiy hisobiy aktiv quvvat; u holda bir xil guruhli transformatorlar reaktiv quvvati $Q_{m,t} = 21,31 \text{ MVar}$; ta'minot manba kuchlanishi $U_n = 10 \text{ kVt}$; sex ikki smenada ishlaydi va respublikaning o'rta tumanida joylashgan.

Daslabki shartlar: sex transformatorlarining bir xil solishtirma yuklama zichligini hisobga olgan holda transformatorlarning har birining quvvati

$$S_t = 2500 \text{ kVA};$$

transformatorlar (elektr iste'molchilari II toifali) yuklanish koeffitsiyenti $\beta_t = 0,9$; sex transformatorlari rodial sxema bilan iste'mol qiladilar.

Yechish

1. Sex transformatorlarining eng kam sonini quyidagi formuladan aniqlaymiz:

$$N_{\text{mi4}} = \frac{P_{m,t}}{\beta_t \cdot S_t} + \Delta N = \frac{26,5}{0,9 \cdot 2,5} + 0,2 = 12.$$

9.3-rasmga ko'ra transformatorlarning maqsadga muvofiq sonini aniqlaymiz:

$$N_{t,e} = N_{t,\min} + m = 12 + 1 = 13.$$

Hisoblashdagi umumiy $P_{m,t} = 26,5 \text{ mVt}$, barcha 13 transformatorlar orqali maqsadga muvofiq eng ko'p uzatiladigan umumiy reaktiv quvvatni, quyidagi formula bilan aniqlaymiz:

$$Q_t = \sqrt{N_{t,e} \cdot \beta_t \cdot S_t^2 - P_{m,t}^2} = \sqrt{13 \cdot 0,9 \cdot 2,5^2 - 26,5^2} = 12,31 \text{ MVar}.$$

2. PKKB quvvatini quyidagi formula bilan aniqlaymiz va u quyidagiga teng:

$$Q_{P,KI} = Q_{m,t} - Q_t = 21,31 - 12,31 = 9MVar.$$

4. Yo‘qolish shartiga ko‘ra PKKB lar qo‘shimcha quvvatini aniqlaymiz.
9.5- rasmda mos ravishda ($K_1 = 12$, $K_2 = 22$ bo‘lganida), $\gamma = 0,3$ u holda,

$$Q_{p,k2} = Q_{m,t} - Q_{p,k1} - \gamma N_{t,e} \cdot S_t = 21,31 - 9,0 - 0,32 \cdot 13 \cdot 2,5 = 2MVar$$

5. Sexdagi PKKB quvvat yig‘indisi

$$Q_{p,k} = Q_{p,k1} + Q_{p,k2} = 9 + 2 \cdot 11MVar$$

6. PKKB umumiy quvvati, ularning reaktiv yuklamalari bo‘yicha proporsional ravishda taqsimlanadi.

Hisoblangan ma’lumotlar 9.4- jadvalda keltirilgan.

7. Uch to‘plami KKKU ni qabul qilib, KTPning uch magitral shina o‘zatgichlarining har bir seksiyasiga ulash hisobga olingan holda o‘rnatiladi.

Nazorat savollari.

1. Past kuchlanishli kondensator batareyalari quvvatini tanlashda qanday hisob-kitoblarga asoslanib qabul qilinadi?

2. KB umumiy quvvati sex transformatorlari aro qanday taqsimlanadi?

3. RQKn xisobga olingan holda sex transformator quvvati va soni qanday tanlanadi?

4. Sex transformatorlarini maqsadga muvofiq samarali sonini aniqlash formulasini keltiring?

5. Etarli darajada solishtirma narxlar bo‘lmagan xolatlarda transformatorlar soni qanday aniqlanadi?

6. Etarli darajada sexlarda narxlar xaqida ma’lumotlar bo‘lganida lekin L- liniya doimiyliigi va F- liniya umumiy kesimi mm^2 aniq bo‘lsa transformatorlar soni qanday tanladi?

7. Xisob- kitoblarda iste’molchi reakti quvvat manfiy ko‘rsatgichi bo‘lib chiqsa, kondensator qurilmalar o‘rnatilishi qanday bajariladi?

10 – AMALIY MASHG‘ULOT

KOMPENSATSIYA QURILMALAR QUVVATINI ROSTLASH VA ISH REJIMLARI

Kondensatorni ikkita va undan ko‘p elektr ulanishlarida kondensator batareyalarni tashkil qiladi. U bir necha bo‘lirimli seksiyalardan, bo‘laklardan , va ular boshqalaridan alohida bo‘lingan (o‘chirilgan) batareyalar bo‘lishi mumkin. Batareyalarning ulanish sxemalari uning ish rejimi, vazifasi, tarmoq parametrlari va ishlatiladigan kondensatorlar texnik ma‘lumotlariga oid aniqlanadi (10.1- jadval).

HL larda fazalar oralig‘ida eng kam masofa

10.1- jadval

Hisoblanish shartlari	Fazalar oralig‘idagi eng kichik masofa, sm da HL kuchlanishlari, kV					
	10 gacha	20	35	110	150	220
Atrof muhit o‘ta kuchlanish bo‘yicha	20	45	50	135	175	250
Ichki o‘ta kuchlanish bo‘yicha	22	33	44	100	140	200
Ishchi kuchlanish bo‘yicha	-	15	15	45	60	95

Kondensator qurilmalar himoya jihozlari, o‘lchov-nazorat asboblari va razryadlovchi qarshiliklar bilan jihozlangan bo‘lishi kerak.

Batareyalarni avtomatik rostlanishida uning seksiyalarida yetarli tezlik chastotasida kommutatsiyalovchi uchirgichlar o‘rnatilishi ko‘zda tutilgan bo‘ladi.

Kondensator batareyalarning nominal kuchlanishlarida va undan Yuqori bo‘lganida kondensatorlarni ketma-ket-parallel ulash usulida (10.1- rasm); uch fazli batareyalarni yulduz ulash mumkin bo‘ladi.

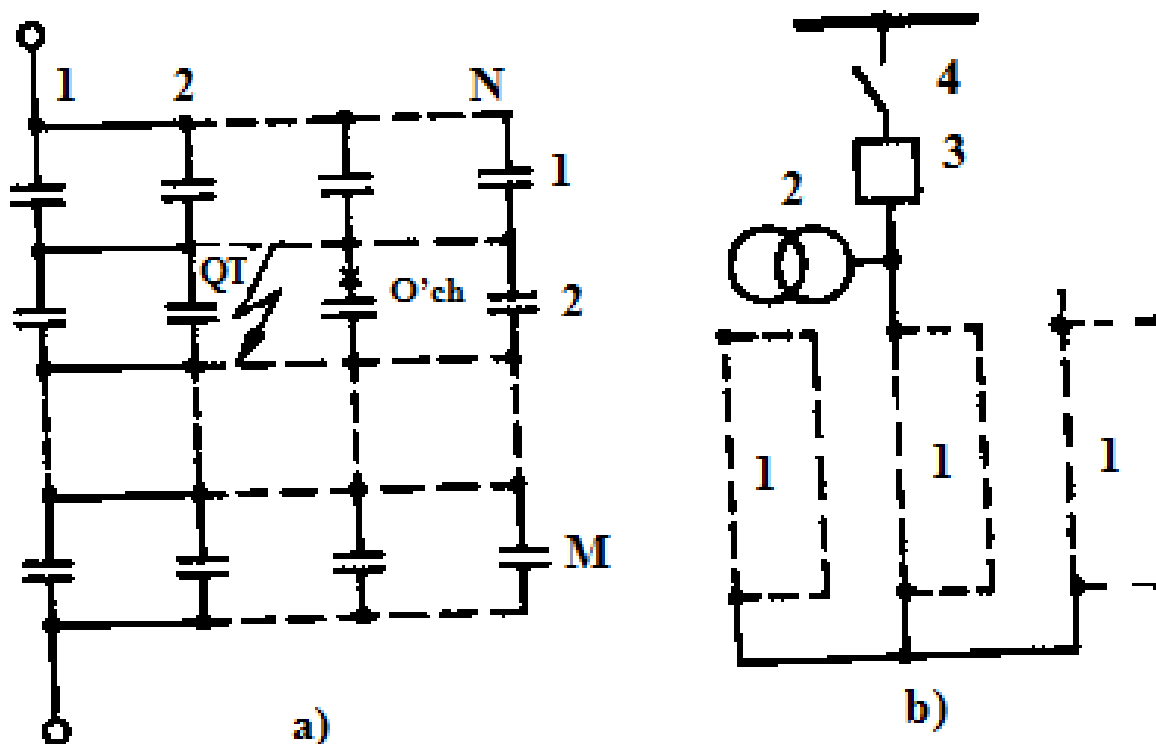
Ketma-ket ulangan kondensatorlar soni M dan kam bo‘lmasligi kerak

$$M = \frac{U_{\max}}{U_{n,k} \cdot k_e},$$

bunda $U_{\max}$ - makondensator batareyaimal ishchi kuchlanish, unga ketma-ket biriktirilgan kondensatorlar ulanadi, kV; $U_{n,k}$ - bita kondensatorning nominal kuchlanishi, kV; k_e - ketma-ket ulangan kondensatorlarda kuchlanish notekis taqsimlanishini hisobga olish koeffitsiyenti, 0,9-0,95 ga

teng deb qabul qilinadi (kerakli kompensatsiyalanishi va batareyalarni ishlatishda sig‘im tarqoqligi 1-2%).

M qancha katta bo‘lsa, kondensatorning bo‘laklarida qisqa tutashuvida kondensatorlarda kuchlanish shuncha kam ortadi. Zanjirda ketma-ket ulangan kondensatorlarning birortasida QT o‘chirilmaganida (10.1- a rasm.) Har bir jarohatlanmagan kondensator kuchlanishi U_1 ortib boradi normalni rejimdagi U_1 kuchlanishga nisbatan ortib boradi va quyidagini tashkil qiladi.



10.1- rasm. 10 kV kuchlanishli kondensator batareyalarni prinsipial ulanish sxemasi: a - bir fazali kondensator batareyalar ketma-ket-parallel ulanish sxemasi; O‘ch - kondensatorlar o‘chirilish holati: b - yulduz ulangan, uch fazali kondensatorlar sxemasi; 1 - bita fazadagi kondensatorlar; 2 - razryadlovchi qarshiliklar; 3 - uchirgich; 4 – ajratgich

$$\frac{U_1}{U_1} = \frac{M}{M} - 1,$$

Batareyalarni yulduz ulaganda

$$\frac{U_1}{U_1} = \frac{3_M}{3_M} - 2,$$

Bu holatda yulduzning nolli nuqtasi faza kuchlanishi U_f normal rejimdagi potensialga ega bo'ladi;

$$\frac{U_0}{U_f} = \frac{1}{3_M} - 2.$$

Parallel ulangan kondensator batareya soni zaruriy kondensator batareya sig'imi bilan aniqlanadi. Parallel zanjirdagi ketma-ket ulangan kondensator batareyalarni ko'ndalang kashaklarda har bir kondensatordan keyin biriktirish kerak.

Kondensatorlar qatori kuchlanishi, parallel ulangan kondensator qayerda bitasining uchishi sodir bo'lganida U_1 ortadi va normal rijimga nisbatan U_1 ni tashkil qiladi.

Kondensator batareya uskunalari quvvatini rostlash bir necha turlarda olib borilishi mumkin: ishchi smena hisoblangan yuklama asosida, hisoblab tartibga solingan grafik asosida, vaqt bo'yicha, kuchlanish nominaldan o'zgarishi asosida sex smenasidagi yuklama nominalidan oshishi va kamayishiga bog'liq ravishda, energotizimda reaktiv quvvat tanqisligiga mos ravishda va bosh.

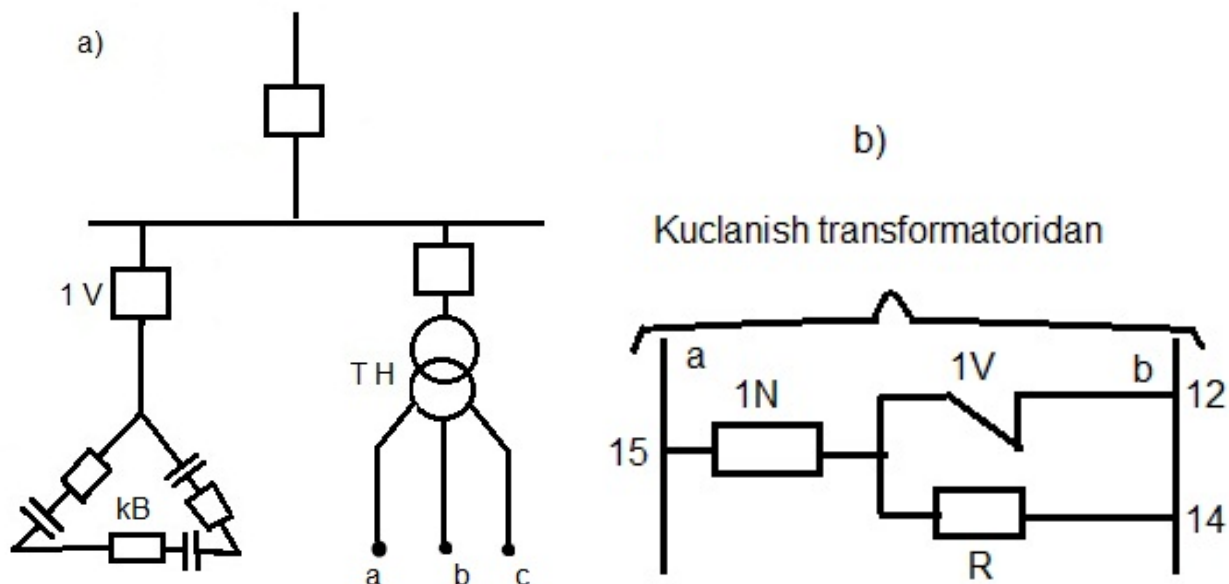
Kondensatorlar quvvatini rostlash grafigining aniq hisob ma'lmati bo'lmaganida kompesatorlar quvvatini rostlash reaktiv yuklama ishlash smenalar hisob-kitobi bo'yicha aniqlanadi. Kondensatorlar ishlab chiqaradigan quvvat, yuklama reaktiv quvvatidan oshmasligi kerak. Qabul qilingan quvvatni yaratilgan dastur bo'yicha kondensatorlar quvvatini rostlash eng qulay va samarali usul, bu vaqt bo'yicha rostlash hisoblanadi.

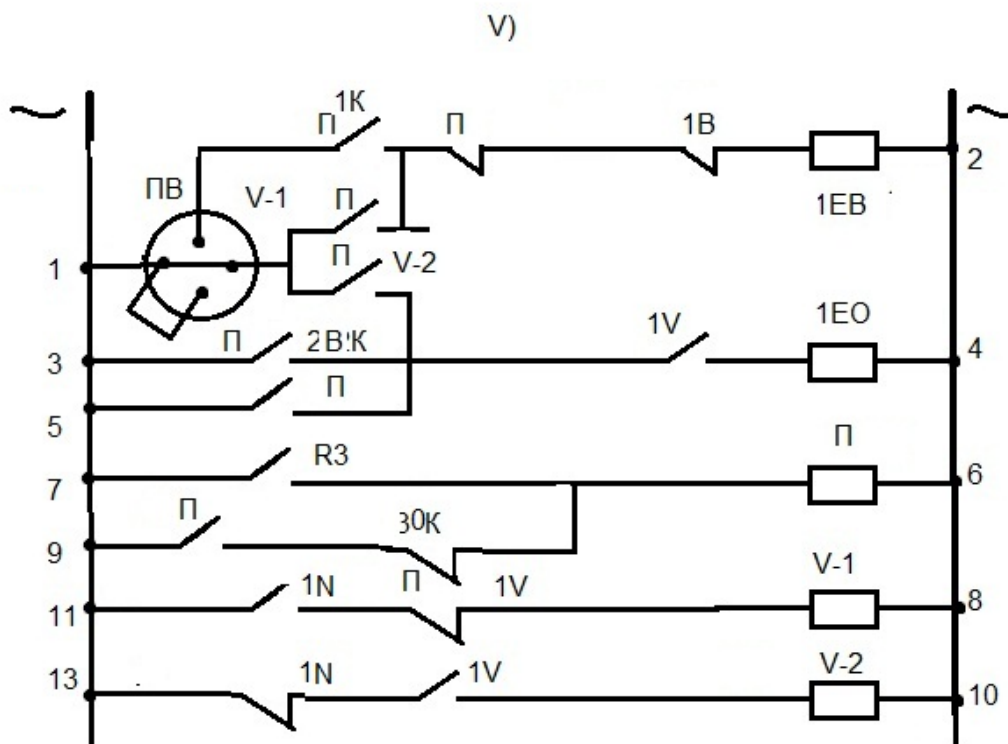
10.1. Kondensator qurilmalari quvvatini podstansiya shinalar kuchlanishi bo'yicha avtomatik boshqarish

10.2- rasmda keltirilgan sxema ishlashini ko'rib chiqamiz.

Agar korxona iste'molchilari ishlashi nominalli kuchlanishidan minimal og'ishli ta'minlanishi talab qilinsa, kondensator batareyalar quvvatini podstansiya kuchlanishga bog'liq ravishda rostlash maqsadga muvofiq hisoblanadi. Bu holatda kondensator batareyalarning asosiy vazifasi $\cos \varphi$ ni oshirishdan tashqari boshqa imkoniyatlar uchun qo'llaniladi, chunki kuchlanishni rostlash podstansiya shinalarida kuchlanishi pasayishida, bu kuchlanish pasayishi kondensator batareyalar quvvat kamayishi kuchlanish kvadratiga proporsional ravishda kamayadi.

Bir fazali kondensator batareya quyidagiga bog'liqlikka ega $Q_b = \omega CU^2$, bu yerda ω - burchak chastota, C - batareya quvvati, U - kuchlanish, kV kondensator batareyalar quvvatini rostlanish bosqichli boshqariladi: demak, kuchlanishni rostlash iqtisodiy samarali va maqsadga muvofiq bo'ladi, agar u quvvat koeffitsiyenti oshishi bilan bog'liq bo'lsa. Rostlash, ta'minot liniyalarida, va reaktiv quvvatning toklar oqimi oshishi, demak ularda yo'qolish oshishi bilan ularda, tejamli emas.





9.2- rasm. Kuchlanish bo'yicha kondensator batareya quvvatini bir bosqichli avtomatik rostlash prinsipial sxemasi:

a-kondensator batareya podstansiya shinalariga ulanish; b-kondensator batareya avtomatik kondensator batareya boshqarish va ximoya zanjiri; v-zanjirida kuchlanish transformatori

Ishga tushirish organi sifatida minimal kuchlanish relesidan foydalaniladi, bu rele bitta ajratish va bitta ulash kontaktlaridan iborat. Podstansiyada kuchlanish belgilanganidan pasayganida 1N rele ishlaydi va (12-15zanjirni) ulaydi. Bu zanjirda rele (8-11zanjirda). V-1 rele o'rnatilgan vaqtni saqlab o'z kontaktini o'chirgich elektr magnit zanjirini ulaydi, elektromagnit yulanishi (1-2zanjirda) va o'chirgich avtomatik ulanadi. Podstansiyada kuchlanish belgilanganidan oshganida 1N rele oldingi holatiga qaytadi va kontaktlari V-1 zanjirdagi (8-11zanjiri) ajratadi, o'zining ajralish kontakti 1N V-2 rele zanjirida (10-13)zanjirni ajratadi. V-2 rele belgilangan vaqtni saqlab o'chirgich 1V ni (1-4zanjirda) o'chiradi. Kondensator batareya o'ziladi. qisqa vaqtga kuchlanish ortishi va pasayishlariga va o'chirgich ulanishi va o'chirilishi V-1 va V-2 rele vaqt saqlash bilan, olib boriladi. Kondensator batareyani o'chirish va himoyalash uchun rele P zanjirida ko'zda tutilgan (himoya zanjiri shartli ravishda bitta tutashgan R3 ulanish kontakti bilan ko'rsatilgan). P himoya rele ishlab ta'sir qilganida o'chirgich holatiga bog'liq ravishda o'chirgichni o'chirish (4-5zanjirda) bajariladi, agar u o'langan bo'lsa, yoki

o'chirgich QT ga ulanishini P rele ajratuvchi(1-2zanjir) kontaktlari bilan ajratib ulanishini man qiladi.

10.2.Kondensator batareyalar quvvatini avtomatik rostlash.

10.2.1. Reaktiv quvvat yo'nalishi bo'yicha kondensator batareyalar quvvatini avtomatik rostlash

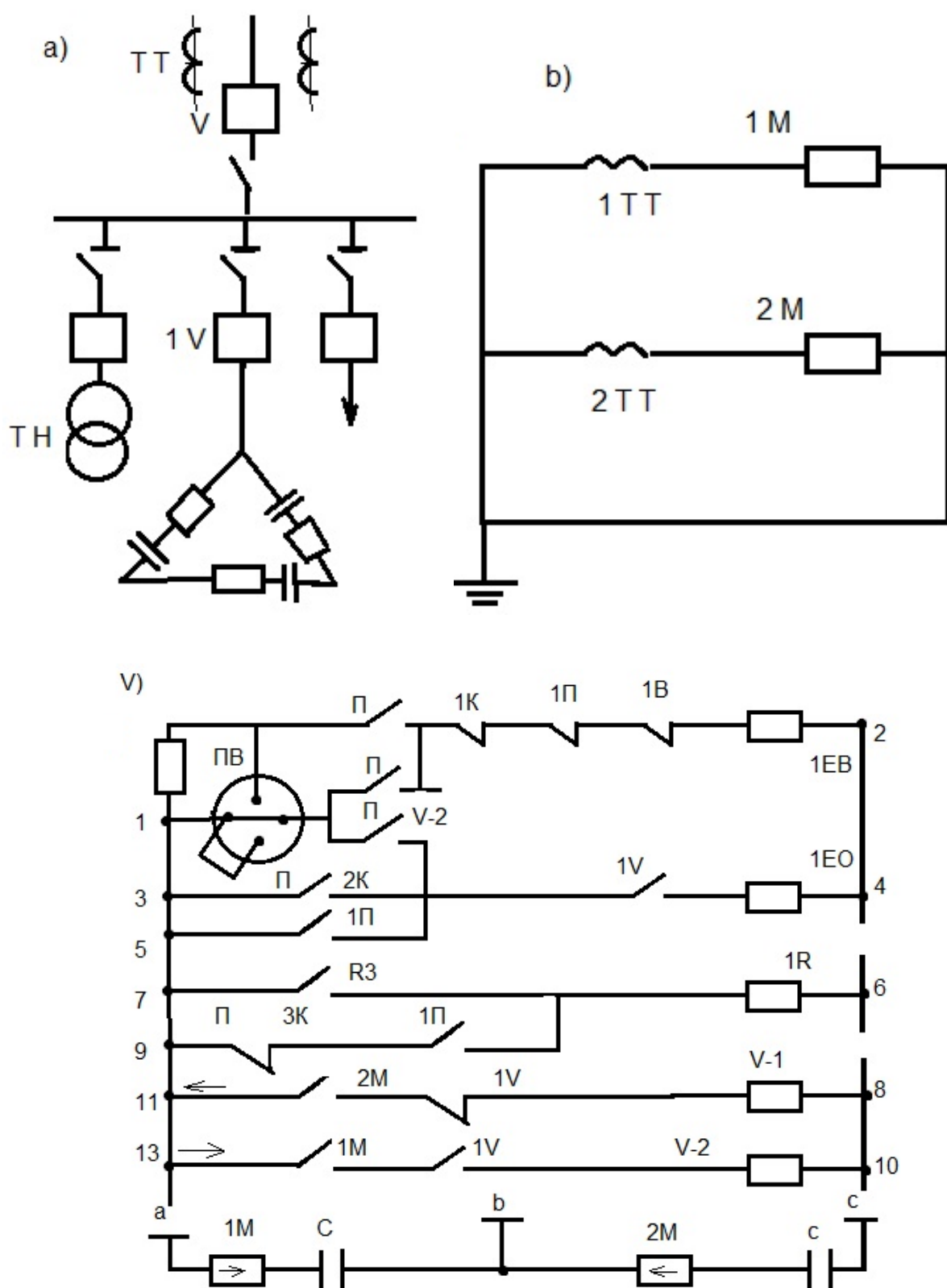
10.3-rasmda keltirilgan sxema ishlashini ko'rib chiqamiz.

Kondensator batareyalar quvvatini reaktiv quvvat yo'nalishi bo'yicha rostlash usuli keng qo'llanish olmadi, chunki u har doim ham sanoat korxonasining iqtisodiy tejamli ish rejimiga to'g'ri kelavermaydi. Misol, sanoat korxonaning makondensator batareyaimal yuklamasida, barcha kondensator uskunalari ulangan bo'lishi kerak, lekin reaktiv quvvatning tok oqimi iste'molchidan tizimga oqishi tufayli kondensator batareyalarning bir qismi uchgan bo'ladi, bu esa tejamli ishlashga hech to'g'ri kelmaydi. Odatda bunday rostlash usuli faqat o'zok va oxirgi berk podstansiyalarda qo'llanilishi mumkin.

Reaktiv quvvat yo'nalishini nazorat qilish uchun,quvvat relesi aylanish momentiga ega bo'lish zarur va uning quyidagiga mos kelishiga bog'liq va

$$M_{bp} = kUI \sin \varphi.$$

bunda k- proporsionallik koeffitsiyenti; U va I- rele qisqichlariga keltirilgan, kuchlanish va tok; φ -kuchlanish va tok orasidagi siljish burchagi. Sxemada bunday rele sifatida IMB-171/1(1Mva2M) shunday turdagi quvvat relelari qo'llaniladi, ular kosinuslikdan sinuslikka 9 mik F ga teng, 1M va 2M relelar kuchlanishli chulg'amlarini ketma-ket ulash yo'li bilan reaktiv quvvat podstansiyadan tizimga yo'nalganida 1M relening aylanish momenti ta'siri ostida o'zining kontaktlarini to'tashtiradi 2M rele esa-reaktiv quvvat tizimdan podstansiyaga yo'nalitganida o'z kontaktlarini tutashtiradi.



10.3- rasm. Reaktiv quvvat yunalishi bo'yicha kondensator batareyalar quvvatini bir bosqichli avtomatik rostlash sxemasi:
a-podstansiyashinalarga kondensator batareya ulanish sxemasi;
b-kondensator batareya avtomatik boshqarish uchun toklar zanjiriga kiritish ;v-kuchlanishtransformatorlar zanjiri.

Quvvat koeffitsiyenti kechikkanida esa, reaktiv quvvat tizimdan podstansiyaga yoʻalganida, rele 2M zanjirdagi oʻzining 8-11 kontaktlarini tutashtiradi, V-1 rele vaqt saqlab zanjirdagi oʻzining 1-2 kontaktlarini tutashtirib ishlaydi.

Oʻchirgich V ulanadi. Agar kondensator batareyalari podstansiya isteʼmolchilari talabidan koʻp reaktiv quvvat ishlab chiqarayotgan boʻlsa, u holda reaktiv quvvat podstansiyadan tizimga yoʻnalishga ega boʻladi. Reaktiv quvvat yoʻnalishi oʻzgarganida 2M rele kontaktlarini ajratadi, 1M rele esa, teskari, zanjirdagi 10-13 kontaktlarini tutashtiradi, V-2 rele zanjirdagi 1-4 kontaktlarini tutashtirib ishlaydi va oʻchirgich V1 oʻchadi. Qisqa vaqt davomida reaktiv quvvat yoʻnalishining oʻzgarishini va kondensator batareyalar ulanib-oʻchishini ogohlantirish uchun 1V va 2Vkatta vaqt saqlaydigan vaqt relelari oʻrnatadi. Agar sxema himoyasi ishlasa boshqa 9.2- rasmdagi sxema kabi ishlaydi.

Nazorat savollari.

1. Kondensator batareyalar quvvatlarini qanday tuziladi (yigʻiladi)?
2. Batareyalarning ishlash sxemalari nimaga asoslanib aniqlanadi?
3. Kondensator qurilmalar qanday himoya jixozlari bilan aniqlanadi?
4. Kondensator batareyalar kuchlanishda va undan Yuqori boʻlganda ishlashi uchun qanday ulanishlar hisobga olinishi kerak?
5. Yuqoridagi ulanishlarda kuchlanish U_n KB oʻzgarishi qanday qilib torpiladi?
6. Kondensator batareya uskunalari quvvatini rostlash qanday turlarga boʻlinadi va olib boriladi?
7. Kondensator batareyalar quvvatining rostlanishining silliq va bosqichli rostlanishining afzallik va salbiy taraflari?
8. Kondensator batareyalar quvvatini reaktiv quvvat yoʻlanishi boʻyicha rostlashning afzallik va kamchiliklari?

Adabiyotlar

1. Кудрин Б.И. История компенсации реактивной мощности электрика. 2001.-№ 6 – С. 26-29.
2. Понятовский В.В. Коэффициент мощности и факторы, влияющие на это значение в энергосистемах промышленных предприятий и портов. – М: Траслит, 2009. – 54с.
3. Жежеленко И.В. Сайкено Ю.Л. Реактивная мощность в задачах электроэнергетики электричества- 1987 – 213с.
4. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: руководство для практических расчетов. – М.: Изд-во НСЕНАС, 2009. – 459с.
5. Климова Г.Н., Кабишев А.В. Элементы энергоснабжения в электроснабжении промышленных предприятий. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 187с.
6. Кабишев А.В. Компенсация реактивной мощности в электроустановках промышленных предприятий: учебное пособие / томский политехнический университет. – Томск: Из-во. ТПУ, 2012. – 234с.
7. Кочкин В.И., Негаев О.П. Применение статических конденсаторов реактивной мощности в электрических сетях энергосистем и предприятий. – М.: Изд-во НСЕНАС, 2000- 248с.
8. Справочник по проектированию и электрических сетей / Позредаксий Д.Л. Файбисовига. – М.: НСЕНАС, 2006- 320с.

MUNDARIJA

Kirish.....	3
1-amaliy mashg'ulot. Elektr tarmoqlarida reaktiv quvvat. Reaktiv quvvat haqida asosiy tushunchalar va tasavvurlarga ega bo'lish....	4
2- amaliy mashg'ulot. Uch fazali elektr tarmoqlarda reaktiv quvvat.....	8
3- amaliy mashg'ulot. Xalq xo'jaligi inshootlarida reaktiv quvvat kompensatsiyasi.....	14
4- amaliy mashg'ulot. Elektr energiya iste'molchilarida reaktiv quvvat iste'molini kamaytirish usullari.....	20
5- amaliy mashg'ulot. Reaktiv quvvat manbalari.....	27
6- amaliy mashg'ulot. Umumiy foydalanishga mo'ljallangan elekt tarmoqlarida reaktiv quvvat.....	34
7- amaliy mashg'ulot. Elektr tarmoqlaridagi o'ziga xos nosimmetrik keskin o'zgaruvchan va nochiziqli iste'molchilar reaktiv quvvat kompensatsiyasi.....	47
8- amaliy mashg'ulot. Elektr tizim maksimum yuklamali soatlarida sanoat korxonalar elektr tarmoqlarida kompensatsiyalovchi qurilmalar quvvatini hisoblash.....	53
9- amaliy mashg'ulot. Reaktiv quvvat kompensatsiyasini hisobga olgan holda sex transformatorlar quvvatini va sonini tanlash.....	63
10- amaliy mashg'ulot. Kompensatsiya qurilmalar quvvatini rostdash va rejimlarini aniqlash.....	73
Adabiyotlar.....	81

Muharrir Sadikova K.A.

Musahhih Miryusupova Z.M.