

12-ma`ruza. Zanjirdagi sinusoidal o`zgaruvchan tokning quvvati.

Reja:

1. Aktiv quvvat va uning ahamiyati.
2. Reaktiv quvvat va uni to`ldirish.
3. To`la quvvat.
4. Quvvat koeffitsienti va uni oshirish yo`llari.

1. Aktiv quvvat va uning ahamiyati.

Elektr energetikasida aktiv quvvat «maxsulot» bo`lib hisoblanadi. Biz aktiv quvvatdan foydalanamiz, uni sotamiz, uni ishlab chiqamiz, uni masofoga o`zathamiz.

Ta`rif: Elektr zanjiridagi tebranuvchan jarayonlarda R aktiv quvvat deb, to`liq tebranish davridagi quvvatning o`rtacha qiymatiga aytiladi :

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = 1/T \cdot \int_0^T U \cdot i dt \quad (12.1)$$

bu yerda: $P = U \cdot i$ oniy quvvat.

Agarda zanjirning U va i kattaliklari vaqtning sinusoidal funksiyalari ekanini hisobga olinsa:

$$U = U_m \cdot \sin \omega t; \quad i = I_m \cdot \sin(\omega t - \varphi) \quad (12.2)$$

u holda, quyidagiga ega bo`lamiz:

$$P = \frac{U_m \cdot I_m}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{2}} \cdot T \int_0^T 2 \cdot \sin \omega t \cdot \sin(\omega t - \varphi) dt = \frac{UI}{T} \cdot \int_0^T [\cos \varphi \cdot \cos(2\omega t - \varphi)] dt \quad (12.3)$$

quyidagini hisobga olib:

$$\int_0^T \cos(2\omega t - \varphi) dt = 0 \quad (12.4)$$

Sinusoidal jarayonlardagi aktiv quvvatni topish ifodasiga ega bo`lamiz:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (12.5)$$

(12.5) tenglik bir fazali zanjir uchundir. Uch fazali zanjir uchun:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (12.6)$$

Aktiv quvvatning qiymati va uning iste`mol qilish shakli $\cos \varphi$ ko`paytuvchining qiymatiga bog`liq. Bu haqda batafsilroq keyingi ma`ruzalarda to`htaladi. $\cos \varphi$ qancha katta bo`lsa, iste`molchiga keltirilayotgan elektr energiyasining bajarayotgan foydali ish hajmi ham shuncha katta bo`ladi. Tarmoqdagi isroflarni bartaraf etib bo`lmaydi. Elektr energiyasini ishlab chiqarish va iste`mol qilishning yana bir xususiyati shundan iboratki, uni saqlab bo`lmaydi. Shuning uchun quyidagi tezis o`rinlidir; elektr energiyasini ishlab chiqarmasdan iste`mol qilib bo`lmaydi va aksincha: iste`mol qilmasdan ishlab chiqarib bo`lmaydi. Kursatilgan jarayonlar vaqt bo`yicha bir vaqtning o`zida sodir etiladi. (Elektromagnit to`lqinlarning tarqalish tezligi yorug`lik tezligiga teng va $S=3 \cdot 10^8$ m/sek. ni tashkil etadi). Iste`molchilarda doimo aktiv quvvatning vatlarda, qilovatlarda ulchanadigan qiymati kursatiladi.

2. Reaktiv quvvat va uni to'ldirish.

Amaliyotda ko'rib chiqish uchun reaktiv quvvat deb ataluvchi $Q=UI \cdot \sin\varphi$ (uch fazali zanjir uchun: $Q = \sqrt{3} \cdot UI \cdot \sin\varphi$) kattalik ham kiritiladi. Reaktiv quvvat tushunchasini kiritishning ishlab chiqarishdagi zarurati nimada? Amaliyotda qo'llaniladigan energiyani hisoblagichlar (schyotchik) kursatadigan energiya miqdori muayyan τ vaqt oralig'ida iste'molchiga yetkazib berilgan energiya miqdorini anglatadi. Ushbu energiyani quyidagi shaklda yozish mumkin:

$$\int_0^{\tau} P dt = \int_0^{\tau} U \cdot I \cdot \cos\varphi \cdot dt \quad (12.7)$$

Bu holatda R ning sezilarli o'zgarishi faqatgina ko'p sonidagi T davrlar ichida va tabiiyki, τ ning kattaligi T ga nisbatan ko'plab marta katta bo'lganidagina sodir etilishi mumkinligi ko'rinadi. Ammo bu turdagi hisoblagich (schyotchikning) kursatishiga qarab, energiya iste'molchisi $\cos\varphi$ ning qaysi qiymatida ishlayotganligini aniqlab bo'lmaydi. Bu maqsad uchun iste'molchining ulanish nuqtalariga qo'shimcha, reaktiv quvvat integralining o'sha τ vaqt oralig'idagi qiymatini kursatuvchi hisoblagich (schyotchik) ni ham o'rnatishga to'g'ri keladi:

$$\int_0^{\tau} Q dt = \int_0^{\tau} U \cdot I \cdot \sin\varphi \cdot dt \quad (12.8)$$

Yuqorida bayon etilgandan ko'rinib turibdiki, reaktiv energiyani hisoblagichning kursatishlari qancha katta bo'lsa (oddiy hisoblagich kursatishlariga nisbatan taqqoslanganida), iste'molchi o'rtacha $\cos\varphi$ qiymati ham ko'rib chiqilayotgan vaqt oralig'i uchun shuncha kichik bo'ladi.

Aktiv quvvat kattaligini oddiy vattmetr yordamida o'lchash mumkin, reaktiv quvvat kattaligini esa – faqatgina shu maqsad uchun maxsus ishlangan elektr o'lchov asbobi yordamida aniqlash mumkin. P va Q ni bila turib, $\sin\varphi$ va $\cos\varphi$ larni har bir energiya iste'molchisi uchun (o'lchash paytidagi kattaliklarini) aniqlash mumkin.

3. To'la quvvat.

$S = U \cdot I$ kattalik to'la quvvat deb ataladi. Bu faqatgina $\cos\varphi = 1$ bo'lgan sharoitdagina o'rinli bo'ladi, yoki boshqacha aytganda eng katta aktiv quvvat maksimal qiymatga erishilgan paytda quyida to'liq quvvatni aniqlash formulalari keltirilgan:

$$S = U \cdot I = I^2 \cdot Z = U^2 \cdot U \quad (12.9)$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (12.10)$$

$$S = P/\cos\varphi = Q/\sin\varphi \quad (12.11)$$

bu yerda Z - to'liq qarshilik, U – to'liq o'tkazuvchanlik.

Uch fazali zanjirni hisoblashda formulalarning o'ng qismi oldiga $\sqrt{3}$ quyiladi. Ushbu koeffisient to'g'risida ETNA ning “Ko'p fazali zanjirlar” qismida batafsil to'htaladi.

Odatda amaliyotda faqatgina transformatorlar uchungina to'liq quvvat kursatiladi. Boshqa iste'molchilar uchun esa aktiv quvvat kursatiladi. Kuch transformatori o'zgartiruvchi bo'lib uning mis va po'lat qismlarida isroflar bo'lishi

tabiiy hol. Kuch transformatori uchun 70% va undan yuqori yuklanishlar eng maqbul (optimal) hisoblanadi. Zamonaviy elektr energetikasida 1kVt iste'mol qilinadigan quvvat deyarli 7-8kVt quvvatdan transformatsiyalanadi (yoki ko'p marta kuchaytiruvchi va pasaytiruvchi transformatorlar orqali o'tadi). Bunda transformator orqali shuningdek, elektr tarmog'ida hosil bo'luvchi reaktiv quvvatlar transformatorlarning induktiv cho'lg'amlarining o'zlarida, elektr o'zlashish liniyalarida va hokazo) ham transformatsiyalanadi. Shuning uchun transformatorlarning to'liq S quvvati (12.10) formula bilan aniqlanadi.

4. Quvvat koeffitsienti va uni oshirish yo'llari.

4.1. Quvvat koeffitsientining fizikaviy mohiyati.

Aktiv quvvatni hisoblash formulasidagi $\cos\varphi$ ko'paytuvchi quvvat koeffitsienti deb ataladi. Bu yerda $\cos\varphi \leq 1$ va $P \leq UI$. Faqatgina, xususiy holatda, ya'ni $\varphi=0$ bo'lganida, $\cos\varphi=1$, va biz to'liq $P=UI$ quvvatga ega bo'lamiz. Shuningdek, boshqa cheklangan holatda, ya'ni $\varphi = \pm\pi/2$ bo'lganida $\cos\varphi=0$ va $P=0$ ga ega bo'lamiz.

Elektr energetikasida energetik mashinalar, transformatorlar va boshqa energetik qurilmalar ma'lum nominal U kuchlanishga hisoblab chiqiladi (ularning izolyatsiyasi va boshqa xususiyatlari bilan bog'liq bo'lgan) shuningdek nominal I tokga (ushbu qurilmalar o'tkazgichlarining qizishi bilan bog'liq bo'lgan) hisoblab chiqiladi.

Quvvat koeffitsienti iste'molchiga keltirilgan quvvat qay darajada maqbul (optimal), foydali sarflanayotganligini kursatadi; $\cos\varphi$ qanchalik katta bo'lsa bajarilayotgan ish va qurilmaning foydali ish koeffitsienti shunchalik katta bo'ladi va elektromagnit energiyasini ishlab chiqaruvchi va o'zgartiruvchi qurilmalarning eng yuqori unum bilan ishlatilishiga, iste'molchilarning quvvat koeffitsientlari (ular energiya yetkazib berayotgan iste'molchilarning) birga teng bo'lganida ($\cos\varphi=1$) gina erishiladi.

4.2. Har xil energetik qurilmalardagi quvvat koeffitsientlari to'g'risida.

Har xil energiya qurilmalaridagi quvvat koeffitsientlariga qisqacha to'xtab o'taylik. IES, DIES, GES va boshqa elektr energiyasini hosil qilish inshootlarida qo'llaniladigan sinxron generatorlarda $\cos\varphi$ ning qiymati ushbu mashinalarning quvvati va konstruksiyasiga bog'liq bo'ladi. 100 MVt gacha quvvatga ega turbogeneratorlarda nominal quvvat koeffitsienti 0.8 ga teng. Quvvat 160 dan 500 MVt gacha bo'lganida $\cos\varphi = 0.85$ va 800 MVt dan yuqori quvvatli turbogeneratorlarda $\cos\varphi$ ning qiymati 0.85 dan 0.9 gacha bo'ladi.

125 MVt gacha quvvatli gidrogeneratorlar uchun $\cos\varphi$ 0,8 ga teng; quvvat 125 dan 360 MVt gacha bo'lganida $\cos\varphi = 0,85$ va quvvat 360 MVt dan yuqori bo'lganida esa 0,9 ga teng bo'ladi.

- Metall qirquvchi dastgohlarda $\cos\varphi$ ning qiymati 0.4 dan 0.65 gacha bo'ladi.
- Nasoslar, ventilyatorlar va kompressorlarda $\cos\varphi$ ning qiymati yuritgich quvvatiga bog'liq bo'ladi va 0.8 ÷ 0.9 atrofida bo'ladi.

Uzluksiz yuklanishli elektr qizdirishli pechlarda $\cos\varphi=0.95$ va davriy yuklanishli pechlarda esa $\cos\varphi=0.85$ Induksion elektr pechlarida $\cos\varphi=0.35$. Yoyli po'lat erituvchi pechlar uchun $\cos\varphi=0.87-0.90$ ga teng. Payvandlash (svarka) qurilmalarining $\cos\varphi$ qiymati 0.35 dan 0.80 gacha bo'ladi.

Eng optimal elektr ta'minoti mezonini bo'lib $\cos\varphi$ ni $\tan\varphi$ orqali baholash hisoblanadi. $\cos\varphi$ ning optimal qiymati $\cos\varphi = 0.95$ bo'lganida $\tan\varphi \approx 0.33$ ga teng. $\tan\varphi$ ning qiymati kursatilgan miqdordan oshib ketadigan bo'lsa, reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish zarurati hosil bo'ladi.

4.3. Quvvat koeffitsientini oshirish yo'llari.

Amaliyotda, energiyani iste'mol qiluvchi korxonalarining quvvat koeffitsientini maksimal darajada birga yaqinlashtirish uchun ular dastgohlari va uskunalari rasionalliy loyihalashtirishni amalga oshiriladi. Bunda masalan, ularning eng rasionalliy ish rejimlari tanlanadi, yuritgichlarning salt ishlashi maksimal darajada qisqartiriladi.

Sanoat korxonalarini uchun, odatda $\varphi > 0$, shuning uchun tok induktiv harakterga ega. Shu sababdan $\cos\varphi$ ni oshirishning eng maqbul varianti ushbu korxonalarda boshqa qurilmalarga parallel holda ulangan kondensatorlarni o'rnatish hisoblanadi.

Kompensatsiyalovchi qurilmalarni ulashning uch xil usuli bor: bo'lar-individual (katta quvvatli yakka iste'molchi uchun), guruxli (bir joyda to'plangan bir nechta iste'molchilar uchun) va markazlashgan (podstansiyalar, taqsimlash qurilmalari yoki yuklamalar markazida va hokazolarda joylashgan). Birinchi ikki usulda kondensator batareyalaridan foydalaniladi. Uchinchi usulda esa sinxron kompensatorlar (aylanuvchan mashinalar) qo'llaniladi. Ular to'g'risida batafsilroq «Elektromexanika» va «Sanoat korxonalarini elektr ta'minoti» kurslarida to'htaladi.

Nazorat savollari.

1. Aktiv quvvatga ta'rif bering.
2. Aktiv quvvat tenglamasini yozing.
3. Energetikada aktiv quvvat nima bo'lib xizmat qiladi?
4. Reaktiv quvvat mohiyatini tushuntirib bering.
5. Reaktiv quvvat tenglamasini yozing.
6. To'la quvvat deb nimaga aytiladi?