



“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI  
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI” MILLIY  
TADQIQOT UNIVERSITETI



**Fan:**

**Stantsiya va podstantsiyaning  
energetik jihozlari**

**Mavzu: Синхрон генераторлари. Куч  
трансформаторлар. Автотрансформаторлар**



Xushiyev  
Sirojiddin  
Meyliyevich



Elektr ta'minoti va  
qayta tiklanuvchan  
energiya manbalari  
kafedra dotsenti



# Reja:

1. Ўзбекистон Республикасининг электр энергетикасининг ривожланиши.
2. Станция ва подстанцияларнинг асосий турлари
3. Станция ва подстанциялардаги замонавий электр ускуналар ҳақидаги умумий маълумотлар.

# Sinxron generatorlar

Birlamchi mexanik energiyani elektr energiyaga aylantirib beruvchi elektr qurilma **elektr generatori** deb aytiladi. Zamonaviy elektr stansiyalarida elektr energiyani ishlab chiqarish uchun 3 fazali sinxron generatorlardan foydalaniladi. Sinxron generatorlar birlamchi motorlarining turiga qarab turbo- va gidrogeneratorlarga bo`linadi.

Turbogeneratorlar (TG) bevosita bug` yoki gaz turbinalariga ulash uchun mo`ljallangan, ular tez aylanuvchan generatorlar deb ham aytiladi. TGlarining aylanish chastotasini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$n = \frac{60 \cdot f}{p}$$

bu yerda  $f$ -sanoat chastotasi;  $p$ -juft qutblar soni.

Shunday qilib, tarmoqning chastotasi 50 Gs bo`lgan bizning va G`arbiy Yevropa davlatlaridagi TGlarining eng yuqori aylanish tezligi–3000 ayl/min ga teng.

Ba`zi hollarda turboagregatlarning chegaraviy aylanish tezligi turbinaga bog`liq ravishda 3000 ayl/min dan kam bo`ladi. Turbina o`qi-valining aylanish tezligining pastligi turbina lopatkalarini uzunroq qilib tayyorlash imkonini beradi. Bu esa turbinaning chegaraviy quvvatini oshirilishiga olib keladi.

Ba`zi hollarda kichik quvvatli TGlar turbinaga reduktor orqali ulanadi. Bu turbinalarni ixcham va tejamli bo`lishiga olib keladi, chunki bunda turbinalarning aylanish chastotasi ortadi. Lekin bunday reduktorlar odatdagi IESlarda qo`llanilmaydi, chunki ular katta quvvatli turboagregatlarni ishonchli ishlashiga putur etkazadi.

Gidrogeneratorlarning aylanish chastotasi gidroturbinalarning foydali aylanish chastotasiga teng qilib olinadi

$$n_{mypo} = n_o \frac{H^{5/4}}{\sqrt{P}}$$

bunda:  $n_b$ -tez aylanuvchanlik koeffisienti, turbinaning tipiga bog`liq bo`ladi [ayl/min], cho`michli turbinalar uchun 20÷ 40 ayl/min, radial o`qli turbinalar uchun 50÷450 ayl/min, buriluvchan lopastli turbinalar uchun 400 ÷1200 ayl/min;  $N$ -bosim hosil qiluvchi suv sathi balandligi, [m];  $R$ -turbinaning quvvati, [MVt].

Turli GESlarda suv bosimi va suv sarfi turlicha bo`lganligi uchun, gidrogeneratorlarning aylanish chastotasi 50 ayl/min dan 750 ayl/min gacha bo`lishi mumkin. Gidrogeneratorlarni quvvati qanchalik katta va suv bosimi qanchalik kichik bo`lsa ularning aylanish chastotalari ham shuncha kichik bo`ladi. Ishlab chiqariladigan mashinalarning ko`pchiligi 50÷125 ayl/min aylanish chastotasiga ega.

Sovutish tizimi normal ishlab turgan sinxron generator uzoq vaqt ishlashi mumkin bo`lgan foydali quvvat generatorning nominal quvvati deb aytiladi.

Shu quvvatdagi mashina ishini tavsiflaydigan barcha parametrlar nominal parametrlar deyiladi. Bularga: stator kuchlanishi- $U_n$ ; stator toki- $I_n$ ; rotorni qo`zg`atish kuchlanishi- $U_k$ ; rotorni qo`zg`atish toki- $I_n$ ; generatorning aktiv, reaktiv, to`la quvvati- $P_n$ ;  $Q_n$ ;  $S_n$ ; quvvat koeffisienti- $\cos\varphi$ ; foydali ish koeffisienti va boshqalar kiradi.

Uch fazali sinxron turbogeneratorlarning nominal kuchlanishi deb stator chulg`aminin fazalararo (liniya) kuchlanishiga aytiladi. GOST bo`yicha bu turbogeneratorlarning kuchlanishi va quvvati quyidagi standart qatorni tashkil etadi (2jadval).

**Generatorlarning sovutish tizimlari.** Generatorlarni ishlashi mobaynida ularda turli energetik isroflar sodir bo`ladi. Bu isroflar issiqlikka aylanib, generator elementlarining qizishiga olib keladi. Generatorlarning FIK lari yuqoriligi va nisbiy isroflar 1,5 2,5% ni tashkil etishiga qaramay, absolyut isroflarning darajasi ancha katta bo`ladi. Masalan, 800 MVt li mashinada bu isroflar 10 MVtni tashkil etadi. Bu issiqlik faol po`lat o`zakni, chulg`amlar misini va izolyasiyasini qizishiga olib keladi.

$U_n$ kV	3.15	6.3	10.5	18.0		20.0	21.0	24.0		
$R_n$ MVt	2.5	4,6	12,3	100	160	200	300	500	800	1200

Generatorlarning chegaraviy qizishi stator va rotor izolyasiyasining ishlash imkoni bilan chegaralanadi, chunki issiqlik ta'siri natijasida ularning elektr izolyasiyalash tavsiflari yomonlashadi, mexanik mustahkamligi va elastikligi kamayadi. Izolyasiya xatto qurib, maydalanib ketishi va o'z funksiyasini bajarmay qo'yishi ham mumkin.

Energetikada qo'llaniladigan izolyasiyalovchi materiallar 85°C lik qoida bo'yicha elektr jihozlari hisoblanganda, izolyasiyaning harorati nominal haroratidan 85°C ga oshirilganda uning ishlash muddati 2 marta kamayadi.

Chulg'amlarni sovutish usuli bo'yicha sovutish tizimlari ikkiga bo'linadi: bevosita sovutish va bilvosita sovutish tizimi. Bevosita sovutish tizimida vodorod, suv yoki moy o'tkazgichlar ichidagi maxsus kanallar orqali aylanib, qizigan chulg'amlarga bevosita tegib, uni sovutadi. Bilvosita sovutish tizimida, bu usul faqat gazlar uchun qo'llaniladigan bo'lib, sovutuvchi gaz chulg'am o'tkazgichlariga tegmaydi. Ajralib chiqayotgan issiqlik sovutuvchi muhitga izolyasiya orqali o'tadi. Bu esa izolyasiyaning issiqlik jihatdan kattaroq yuklanishiga olib keladi.

Hozirgi paytda bilvosita sovutish usuli faqat 12 MVt quvvatgacha bo'lgan generatorlardagina qo'llanadi.

Elektr stansiyalarda qo`llaniladigan juda katta quvvatli sinxron generatorlar bevosita sovutish usuli bo`yicha 4 guruhga bo`linadi:

- 1) statorni bilvosita va rotorini vodorod bilan bevosita sovutish;
- 2) stator va rotorini vodorod bilan bevosita sovutish;
- 3) statorni suyuqlik bilan va rotorini vodorod bilan sovutish;
- 4) stator va rotorini bevosita suyuqlik bilan sovutish.

Izolyasion materiallar qizishiga chidamlilik darajasi bo`yicha ettita klassga bo`linadi. Generatorlarda bulardan 3 ta klassga tegishli izolyasion materiallardan foydalaniladi.

Zamonaviy generatorlarda sovutish muhiti sifatida gazlardan: havo, vodoroddan va suyuqliklardan: suv, transformator moyidan foydalaniladi (3-jadval).

÷ <b>Sovutish muhiti</b>	Havoga nisbatan ko`rsatkichlari	
	Issiq o`tkazuvchanligi	Sovutish darajasi
Havo	1,0	1,0
97% vodorod va 3% havo	5,9	1,33
Vodorod	7,1	1,44 4,0
Transformator moyi	5,3	21,0
Suv	23,0	50,0



## Sinxron generatorlarni boshqarish va sinxron kompensatorlar

**Sinxron generatorning qo`zg`atish tizimi** deb qo`zg`atish tokini hosil qilib uni boshqarishni ta'minlab beruvchi elektr mashina yoki elektr jixozlari yig`indisiga aytiladi (qo`zg`atgich, yordamchi va rostlovchi qurilmalar majmui). Qo`zg`atgich rotor chulg`amlari bilan kontakt halqalari va cho`tkalar orqali elektr jihatdan ulangan bo`ladi.

Qo`zg`atish tizimining ishonchli, mustahkam, tejamli, qo`zg`atish tokini ruxsat etilgan chegaralarda rostlash imkonini beradigan, tez ishlovchi, avariya holatlarida qo`zg`atish tokini eng katta qiymatini ta'minlab beradigan bo`lishi talab qilinadi. Qo`zg`atish tizimi 2 guruhga bo`linadi: mustaqil qo`zg`atishli; o`z-o`zidan qo`zg`atishli.

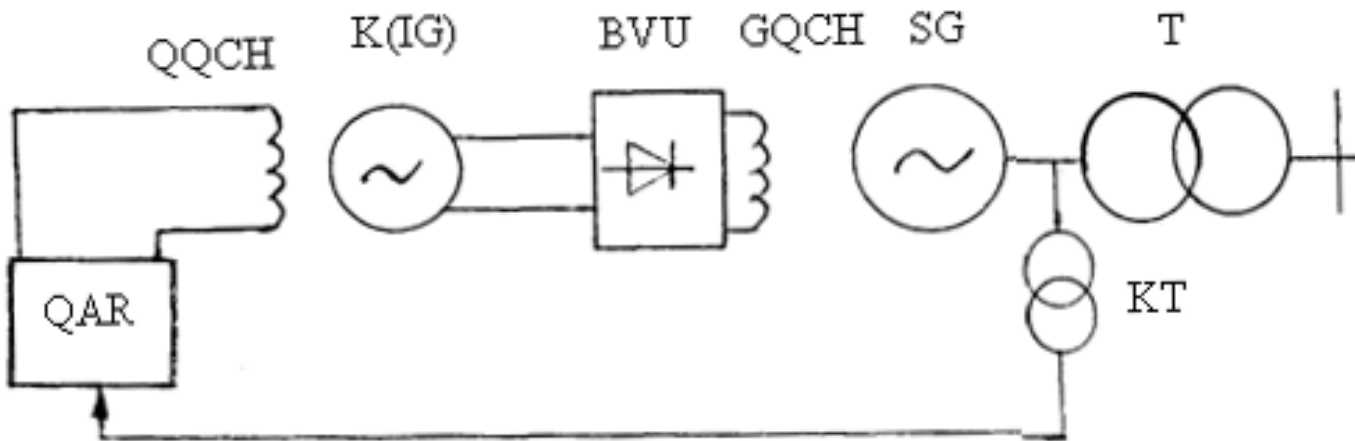
Birinchi guruhga o`zgaruvchan va o`zgarmas tokda ishlovchi barcha elektr mashinali qo`zg`atgichlar kiradi. Ikkinchi guruhga bevosita generator chiqishlariga maxsus pasaytiruvchi transformator orqali ulangan qo`zg`atish tizimlari kiradi. Ishlashi tarmoq holatiga bog`liq bo`lmaganligi sababli mustaqil qo`zg`atish tizimlari keng tarqalgan.

Hozirgi paytda generatorlarda quyidagi qo`zg`atish tizimlari keng ko`lamda qo`llaniladi: o`zgarmas tok elektr mashinali; yuqori chastotali; tiristorli; cho`tkasiz qo`zg`atish tizimli.

O`zgarmas tok mashinali qo`zg`atish tizimlari 150 MVt quvvatgacha bo`lgan generatorlarda ishlatiladi. Bu qo`zg`atish tizimlarining kamchiligi ularning qo`zg`atish tokini o`sis borish tezligining yuqori emasligidadir.

Katta quvvatli generatorlarda yarim o`tkazgichli to`g`rilagichga ega qo`zg`atish tizimlaridan foydalaniladi. Bunda generator bilan bitta umumiy valga qo`shimcha generator ulangan bulib, uning kuchlanishi to`g`rilagichlar orqali rotor chulg`amlariga uzatiladi

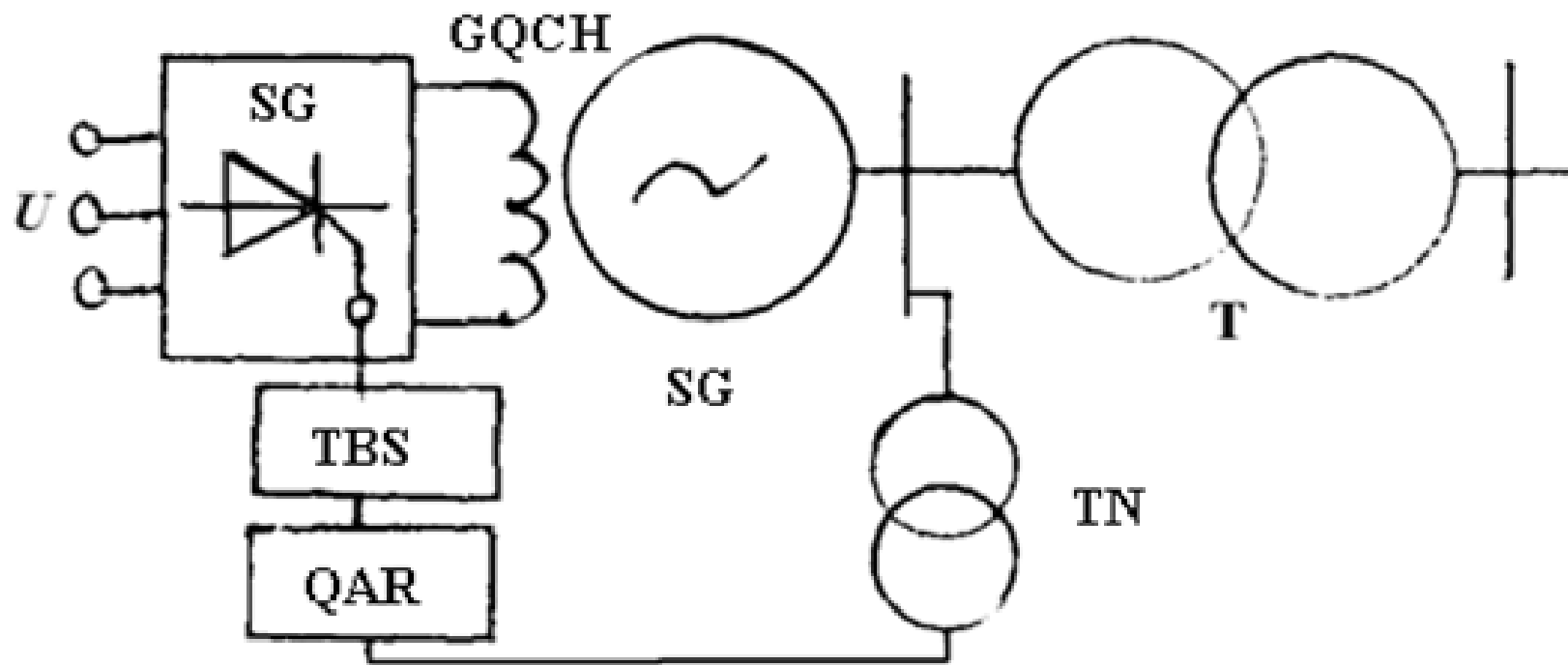
$$k_f = \frac{U_{fmma}}{U_{fmo}}$$



5-rasm. Generatorning qo`zg`atish tizimining sxemasi:  
 K(IG)-induksion generator; BVU-boshqarilmas ventilli o`zgartirgich; QQCH-induksion generatorining qo`zg`atish chulg`ami; QAR-qo`zg`atishni avtomatik rostlagich; GQCH-sinxron generatorning qo`zg`atish chulg`ami; SG-sinxron generator; Tr-kuch transformatori; KT-kuchlanish transformatori.

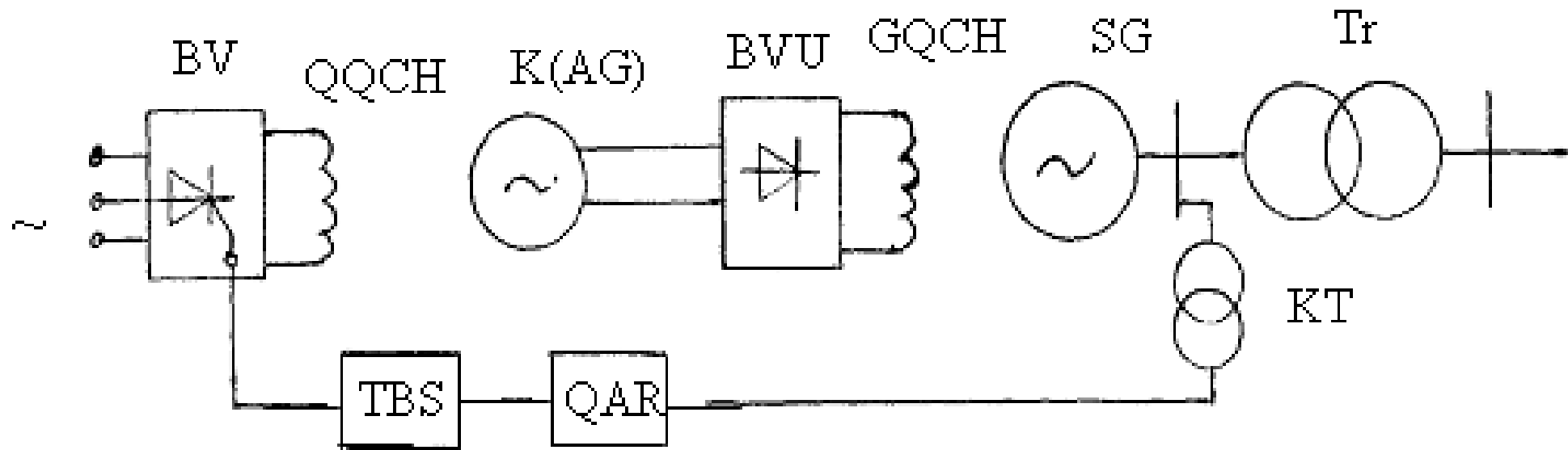
Bu yerda energiya manbai bo`lib induksion generator xizmat qiladi. Qo`zg`atish tizimlarida qo`zg`atish tokini o`sb borish tezligini oshirish uchun jadallashtirishdan, ya'ni qo`zg`atish tokini keskin oshirish-forsirovkalashdan, foydalaniladi. Elektr mashinali qo`zg`atish tizimida qo`zg`atish tokining o`sb borish tezligi  $t=0,4 \div 0,5$  soniya bo`lsa, yuqori chastotali qo`zg`atish tizimlarida  $t=0,3 \div 0,4$  soniyaga, jadallashtirish karraligi  $K_f=2$ ga teng. Yuqori chastotali qo`zg`atish tizimlari 300 Mvt gacha bo`lgan generatorlarda qo`llaniladi (6-rasm).

Tiristorli qo`zg`atish tizimlarida o`zgartirgich sifatida tiristorlardan foydalaniladi. Tiristorli boshqarish sxemasi orqali esa qo`zg`atish tokini qiymati o`zgartiriladi. Bu tizimning afzalligi jadallashtirish koeffisienti  $K_f>2$ , qo`zg`atish tokini o`sb borish tezligi esa  $t=0,02 \div 0,04$  soniyani tashkil etadi. Shuning uchun bu qo`zg`atish tizimlari 500 MVtgacha bo`lgan sinxron generatorlarda qo`llaniladi.



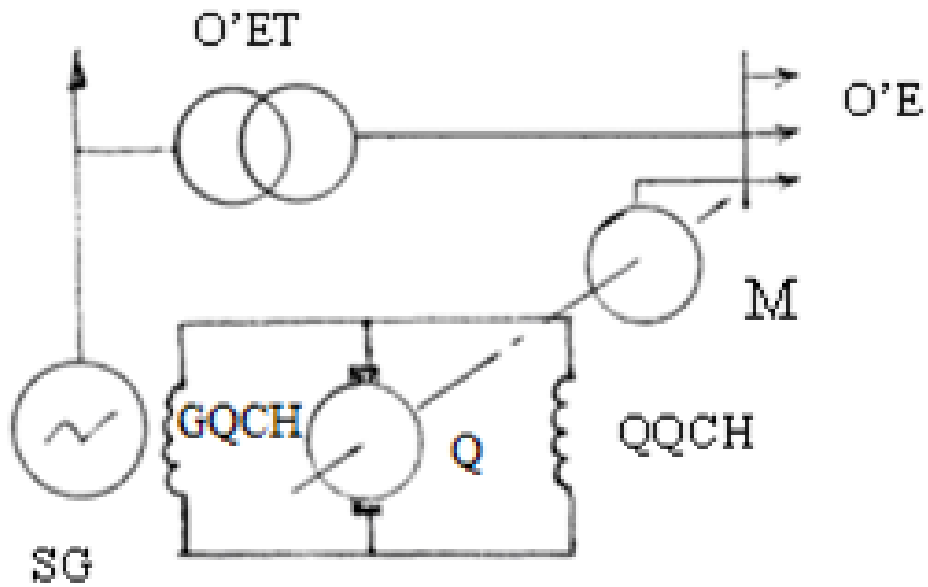
6-rasm. Katta quvvatli generatorning yuqori chastotali qo`zg`atish tizimi: BV-tiristorli to`g`rilagich; GQCH-sinxron generatorning qo`zg`atish chulg`ami; TBS-tiristorni boshqarish sxema; QAR-qo`zg`atishni avtomatik rostlagich; TN-kuchlanish transformatori; T-kuch transformatori; SG-sinxron generator

Yuqorida ko`rib chiqilgan qo`zg`atish tizimlarining umumiy kamchiligi ularda kontakt cho`tka jixozining mavjudligi bo`lib, bu narsa tizimlarning ishonchliligini pasaytirib yuboradi. Shuning uchun hozirgi paytda katta quvvatli generatorlarda cho`ztkasiz qo`zg`atish tizimlari qo`llaniladi (7-rasm).



7-rasm. Katta quvvatli generatorlarda cho`ztkasiz qo`zg`atish tizimlari: K(AG)-aylantirilgan (obrashenniy) generator; BV- tiristorli boshqarish sxemasi; QQCH- K(AG) generatorini qo`zg`atish chulg`ami; BVU-tiristorli to`g`rilagich generator; GQCH-sinxron generatorning qo`zg`atish chulg`ami; SG-sinxron generator; Tr-kuch transformatori; KT-kuchlanish transformatori; QAR-qo`zg`atishni avtomatik rostlagich; TBS-tiristorli boshqarish sxema

Bu qo`zg`atish tizimlari 800 1200 MVt quvvatli sinxron generatorlarda qo`llanadi. Ularda qo`zg`atish tokini o`lib borish tezligi  $t=0,1s$ . Ikkinchi guruhga kiruvchi o`z-o`zidan qo`zg`atishli tizimlarning ishonchliligi kamroq, chunki ularda qo`zg`atgichning ishlashi o`zgaruvchan tok tarmoqining holatiga bog`liq bo`ladi. Tarmoqdagi har qanday o`zgarish qo`zg`atish tizimining normal ishlashiga putur etkazadi (8-rasm). Bu tizimlarda qo`zg`atish jixozi bo`lib o`z ehtiyoj shinalaridan ta`minlanuvchi asinxron motor va o`zgarmas tok generatori xizmat qiladi. Bu qo`zg`atish tizimlaridan odatda elektr stansiyalarida qo`zg`atishning rezerv manbai sifatida foydalaniladi



8-rasm. Generatorlarni quzg`atish tizimi: O`ET-o`z ehtiyoj transformatori; M- asinxron mator, Q- qo`zg`atgich, ya`ni o`zgarmas tok generatori, QQCH- qo`zg`atgichning qo`zg`atish chulg`ami; GQCH- sinxron generatorning qo`zg`atish chulg`ami; SG- sinxron generator.

**Generatorlarning parallel ishlashi.** Generatorlarni parallel ishlashga ulash aniq sinxronlash va o`z-o`zidan sinxronlash usuli bilan amalga oshiriladi. Generator aniq sinxronlash usuli bilan ulanganda quyidagi shartlar bajarilishi zarur:

- 1) generator kuchlanishi tarmoq kuchlanishi bilan teng bo`lishi shart;
- 2) generator va tarmoq chastotasi bir xil bo`lishi lozim;
- 3) fazalar ketma-ketligi bir xil bo`lishi kerak.

Bunda generator kuchlanishining tarmoq kuchlanishidan chetlashishi faza bo`yicha  $155^{\circ}\text{C}$ ga, modul' bo`yicha 20% ga (odatda 5%), chastota bo`yicha 0,1% (0,05Gs) gacha ruxsat etiladi.

Fazalar ketma-ketligi generatorning birinchi ulanish paytida, hamda ta'mirlanishdan so`ng uning birlamchi zanjirlarida tekshirilishi kerak. Bu narsa kuchlanish transformatorlari yordamida maxsus sxema orqali amalga oshiriladi. Aniq sinxronlash usuli bilan generatorlarni parallel ishlashga ulash vaqti  $3 \div 5$  soatni tashkil etadi.

O`z-o`zidan sinxronlash usulida generatorga qo`zg`atish berilmasdan sinxron tezlikka yaqin tezlikkacha aylantiriladi va tarmoqqa ulanadi, so`ngra unga qo`zg`atish beriladi. Tarmoq generatorni sinxronizmga tortib ketadi. Lekin generator bu usul bilan ulanganda generator shinalarida qisqa tutashuv toklariga teng toklar hosil bo`ladi.

O`z-o`zidan sinxronlash orqali generatorlarni tarmoqqa ulash vaqti  $1 \div 5$  daqiqani tashkil etadi. Bu usul bilan bilvosita sovitish tizimli, blok sxemasida ishlovchi turbogeneratorlar va barcha gidrogeneratorlar tarmoqqa ulanadi. Boshqa generatorlar tarmoqqa faqat aniq sinxronlash usuli bilan ulanadi.

**Sinxron kompensatorlar.** Qo`zg`atish tokining o`zgarishida motor holatida ishlaydigan valida yuklamasi bo`lmagan sinxron mashina **sinxron kompensator** deb ataladi. Sinxron kompensator qo`zg`atish tokining qiymatiga qarab tarmoqqa reaktiv quvvat berishi yoki tarmoqdan uni qabul qilishi mumkin. Sinxron kompensator statorning nominal toki, kuchlanishi va quvvati bilan, rotorning chastotasi va nominal toki, hamda nominal holatdagi isroflar bilan tavsiflanadi.

Hozirgi elektr yuklamalar juda katta reaktiv quvvat iste'mol qilishi bilan tavsiflanadi. Elektr qurilmalarida energiyani o`zgartirish uchun magnit maydonlaridan foydalaniladi, jumladan, generator, transformatorlar va h.k. Simobli ventillar, lyuminessentli yoritish va boshqa o`zgartirgich qurilmalarining toklari ancha katta reaktiv tashkil etuvchiga ega. Shu sababli elektr tarmoqlari tokning reaktiv tashkil etuvchisi bilan yuklanadi, buning ta'sirida kuchlanish pasayadi va elektr energiyani uzatish hamda taqsimlashda quvvat isroflari ko`payadi.

Agar yuklamalar markaziga sinxron kompensator ulansa, u iste'molchilarga kerak bo`lgan reaktiv quvvatni generasialab, elektr stansiyalarni yuklama bilan bog`laydigan liniyalarning reaktiv tok yuklamasini kamaytirish imkonini beradi, bu esa butun tarmoq ishini yaxshilaydi. Sinxron kompensatorlar elektr uzatish podstansiyalarda ham o`rnatiladi, ular yordamida liniya bo`ylab kuchlanishni to`g`ri taqsimlash va parallel ishlash turg`unligi ta'minlanadi. Elektr uzatgichning ish holatiga qarab sinxron kompensator reaktiv quvvatni generasialash yoki uni iste'mol qilish holatida ishlaydi.

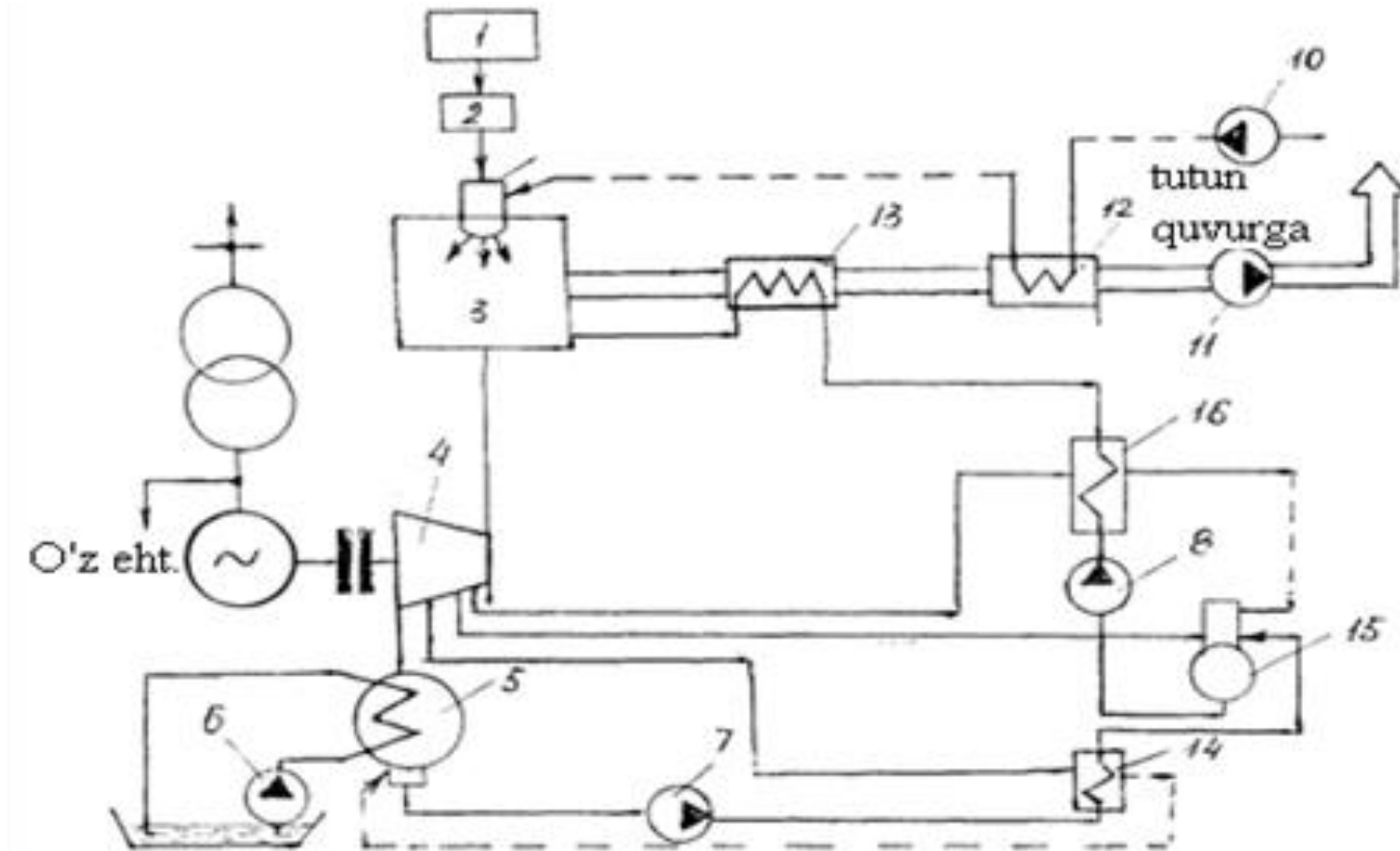












Kondensasiyalı elektr stansiya KES sxemasi: 1-yoqilg`i ombori va yoqilg`i uzatish tizimi; 2-yoqilg`i tayyorlash tizimi; 3-bug` generatori; 4-turbina; 5-bug`ni suvga aylantiruvchi kondensator; 6-sirkulyasion nasos; 7-kondensat nasosi; 8-ta`minlovchi nasos; 9-bug` generatorining o`txonasi; 10-parrak; 11-tutun tortgich; 12-havo isitgich; 13-suv ekonomayzeri; 14-past bosimli suv isitgich; 15-denerator; 16-yuqori bosimli isitgich.



“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI  
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI” MILLIY  
TADQIQOT UNIVERSITETI



E'tiboringiz uchun raxmat!

