

## **Elektr tizimlarining statik turg'unligi**

*Allayev Q. R. akademik*

*(Toshkent Davlat Texnika Universiteti)*

*Ismailov A. Sh*

*(Toshkent Davlat Texnika Universiteti)*

**Annotatsiya:** *Elektr tizimlarda turg'unlikning buzilishi "katta" va "kichik" turtkilar ta'sirida yuzaga keladi. Elektr tizimining turg'unligi deganda, uning har qanday turdagi turtkilardan keyin oldingi holatini (yoki unga yetarlicha yaqin holatni) tiklash qobiliyati tushuniladi. Elektr tizimlarida turg'unlik har doim uning alohida elementlarining o'tkazish qobiliyati chegaralangani bilan bog'liq - elektr uzatish liniyalari, transformator va boshqalar.*

**Kalit so'zlar va iboralar:** *statik turg'unlik, transformatsiya koeffitsiyenti, turki, o'tkazuvchanlik qiymatlari, aktiv qarshilik, reaktiv qarshilik, quvvat, kuchlanish, elektr mashinalari, sinxron mashinalar, aylanish tezligi, mexanik qavvat, yuklama, quvvatlar oqimi, tezlanish, generator, rotor, elektr yurituvchi kuch.*

**Kirish.** Tabiiyki, elektr tizimining parametrlari o'zgarimas bo'lganda (qarshiliklar, o'tkazuvchanlik qiymatlari, transformatsiya koeffitsiyentlari), uzatiladigan quvvatning chegarasi kuchlanish qiymati va uzatiladigan quvvatning elementlarning qarshiligida paydo bo'ladigan isrofiga bog'liq.

Jarayon oqimi bir xil va har qanday holatda tizim tugunlarida kuchlanishning keskin pasayishi (kuchlanish "ko'chkisi" paydo bo'lishi), uning tarmoqlarida tokning ko'payishi va elektr mashinalarining aylanish tezligining o'zgarishi bilan birga keladi.

Turg'unlikni buzilishi har doim sinxron mashinalarning aylanish tezligining cheksiz o'zgarishi bilan bog'liq bo'lgan asinxron holat paydo bo'lishi bilan tugaydi va ko'pincha tizimning "buzilishi" ga olib keladi - yuklamani va stansiya

generatorlari uzishi hamda tizimni sinxron bo'lmagan qismlarga bo'linishi.

Shuni ta'kidlash kerakki, "kichik" turtkilar og'ir sharoitlarda elektr tizimlarining ishlashi uchun xavflidir, chunki cheklovlarga yaqin bo'lgan quvvat oqimlari uning elementlari orqali oqadi.

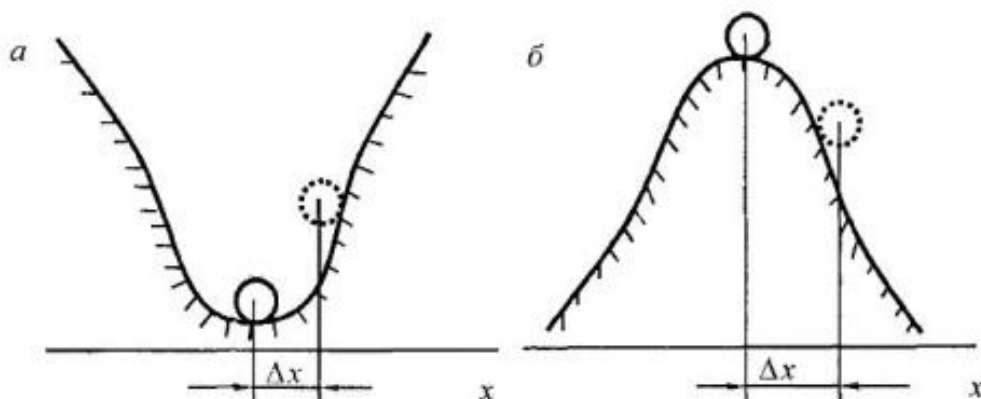
Masalan, statik turg'unlik tahlili holat parametrlarining barqaror holat qiymatlaridan "kichik" og'ishlarida ko'rib chiqiladi (odatda chiziqli o'zgarishlarda), bu elektr tizimining modelini to'g'ri chiziqdash imkonini beradi, lekin dinamik va natijaviy turg'unlikni tahlil etishda faqat nochiziqli modellar yordamida amalga oshiriladi. Bunday holda, masalani matematik shakllantirish va uni hal etish ancha murakkab.

**Turg'un va noturg'un holat.** Elektr tizimida barqaror holatni amalga oshirish uchun quvvatlar muvozanatini saqlash kerak. Masalan, generatorning normal ishlashi uchun uning elektr  $P_g$  va mexanik quvvatlarining muvozanati saqlanishi kerak:

$$P_g = P_t \quad (1\text{-rasm})$$

Bu yerda  $P_t = MT\omega$  – birlamchi dvigatel quvvati bo'lsa  $P_g = M\omega$  – generatorning aktiv quvvati

Har qanday tizimda muvozanatning ikki turi ajratiladi: 1. turg'un (1-rasm, a);  
2. noturg'un (1-rasm, b).



**9.1-rasm. Turg'un (a) va noturg'un (b) muvozanat holatlari**

Biz  $x$  koordinata uchun boshlang'ich o'zgarishni  $\Delta x$  ga tenglashtiramiz, ya'ni sharni boshlang'ich joyidan siljimiz. Bitta holatda (1-rasm, a) bir nechta siljib

ketgandan so'ng, shar muvozanat holatiga keladi, ya'ni ko'rib chiqilayotgan tizim unga dastlabki yoki yaqin holatni tiklashga intilmoqda. Ushbu holat turg'un deb baholanmoqda.

Boshqa holatda (1-rasm, b) kichik turtki sharni dastlabki holatidan uzoqlashtiradi. Tizimning bu holati noturg'un deb baholanmoqda. Noturg'unlikning tabiati yuqorida aytib aytilganidek, elektr energiya tizimlariga xosdir. Haqiqat shundaki, hatto energetik tizimlarining normal ish holatlarida ham, ba'zi kichik turtki ta'sirlari mavjud, masalan, tizimni muvozanat holatidan chiqishiga, uni tarkibida ishlaydigan generatorlarda yuk o'zgarishlari sabab bo'lishi mumkin.

Biroq, bunday kichik turtkilar tizimning turg'unligini buzilishiga olib kelmasligi kerak, ya'ni boshlang'ich holat parametrlarining katta o'sib boradigan o'zgarishiga olib kelmasligi kerak. Iste'molchilarni ishonchli elektr energiyasi bilan ta'minlash uchun ushbu kichik turtkilar sharoitida tizim turg'un bo'lishi kerak. Ushbu turtkilarning kattaligi hech qanday rol o'ynamaydi.

Tizim boshlang'ich turg'un holatini, kichik turtkilar paydo bo'lishida, mustaqil ravishda yoki oldingi holatiga juda yaqin holatiga tiklash qobiliyati, agar turtki olib tashlanmasa, statik turg'unlik deb ataladi.

Oddiy elektr tizimining statik turg'unligini ko'rib chiqamiz. Buning uchun sinxron generatorning burchak tavsifini quramiz (2-rasm). Bu mashinaning muvozanat kuchi va shuning uchun uning turg'un holati a va b ikkita nuqtalarida bo'lishi mumkin. Faraz qilaylik, tizimning normal holati a nuqta bilan, va shuning uchun  $\delta$  burchak bilan tavsiflanadi.

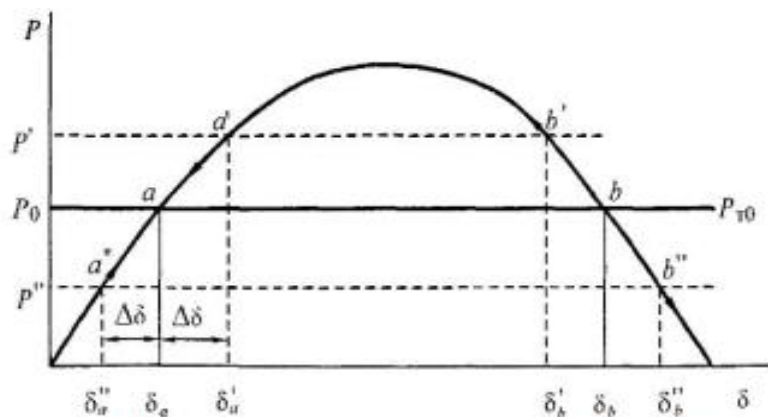
Bundan tashqari, biron bir buzilish natijasida  $\delta$  burchak  $\Delta\delta$  ga oshadi va ma'lum bir  $\delta$ ' burchagi hosil bo'ladi. Quvvat tavsifsidan ko'rinib turibdiki, bu generatorning aktiv quvvati  $P_0$  dan  $P'$  qiymatigacha oshishiga olib keladi, bu holat  $\delta'$  va  $a'$  nuqta bilan harakterlanadi. Bunday holda turbinaning quvvati o'zgarmas bo'lib,  $P_0$  ga teng bo'ladi, chunki bizning taxminlarimiz bo'yicha u burchakka bog'liq emas.

Natijada generator va turbina o'rtasidagi quvvat balansi buziladi. Bunday holda rotor  $\omega$  tezligini quyidagi tenglamadan aniqlash mumkin:

$$J \frac{d\omega}{dt} = P_0 - P'$$

$P' > P$  bo'lgani sababli, mashina valida tormozlanish momenti paydo bo'ladi. Bunda rotor sekinlashadi va uning tezligi pasayadi, chunki  $da/dt < 0$ . Bu burchakning pasayishiga olib keladi va natijada ish holati  $a'$  nuqtadan  $a$  nuqtasiga qaytadi. Burchak pasayishining o'zgarishi quyidagicha aniqlanadi:

$$\frac{d\delta}{dt} = \omega - \omega_0 \text{ yoki } \Delta\delta = \Delta\omega / \Delta t$$



**9.2- rasm. Sinxron generatorning burchak tavsifsi**

Agar  $\delta_a$  burchagi  $\Delta\delta$  ga kamaysa, bu generator quvvatining  $P''$  qiymatigacha pasayishiga olib keladi.  $P'' < P_0$  sababli, generator valida ortiqcha tezlashuvchi moment hosil bo'ladi va rotor tezligi oshadi, chunki  $d\omega / dt > 0$ . Natijada,  $\delta$  burchagi ortadi va u yana o'zining dastlabki qiymatini oladi. SHunday qilib, tizim parametrlari normal holatlaridan uzoqlashganda, u yana dastlabki holatiga qaytdi. SHuning uchun,  $a$  nuqtada tizimning ishlashi turg'un deb ataladi.

Agar tizim generatorlari kuch tavsifsi  $b$  nuqtasiga to'g'ri keladigan  $\delta_b$  burchak bilan ishlasa, biz tizimning butunlay boshqacha xatti-harakatlarini kuzatamiz.  $\delta_b$  burchakning  $\Delta\delta$  ga ko'payishi bilan generatorning quvvati oshishi emas, balki  $P''$  qiymatiga pasayishi bilan birga keladi, bunda  $P'' < P_0$ . Bu generatorning rotor valida ortiqcha tezlashuvchi momentning paydo bo'lishiga olib keladi, va tezlikning oshishiga olib keladi ( $d\omega / dt > 0$ ) va shunga mos ravishda  $\delta$  ( $d\delta / dt > 0$ ). Burchak o'sishi bilan generatorning quvvati pasayishi davom etmoqda, bu esa burchakning yanada oshishiga olib keladi, ya'ni tizim holati  $b$

nuqtadan teskari yo'nalishda harakat qiladi. SHunday qilib, holatning b nuqtadan kichik turtkilarga qaramay, muvozanatning dastlabki holatiga qaytishi bo'lmaydi. SHuning uchun ushbu ish holati statik ravishda noturg'un va amalda mumkin emas.

**Oddiy elektr tizimining statik turg'unligini tahlil etish.** Elektr energetikasining asosiy vazifasi istemolchilarni elektr energiya bilan uzluksiz va turg'un ta'minlashdan iborat. Qanday sharoitlarda generatorlarning turg'un ishlashini ta'minlash mumkinligini, elektr uzatish liniyasi orqali qanday miqdordagi quvvatni uzatish mumkinligini, turg'unlikni ta'minlash qanday faktorlarga bog'liqligini, normal ishlayotgan sinxron generatorlarning turg'un, parallel ishlashi nima sababdan buzilishini aniqlash lozim. Bu masalalarni ko'rib chiqishga kirishamiz.



**3-rasm Oddiy elektr tizimning prinsipial sxemasi**

3-rasmda tasvirlangan elektr uzatish sxemasi uchun burchak tavsifsi deb yuritiluvchi elektr quvvatining e.yu.k.  $E_q$  va qabul qiluvchi shinalar kuchlanishi  $U$  vektorlari orasidagi burchakka bog'liq ifodasi:

$$P_T = \frac{E_q U}{2 X_d \Sigma} \cdot \sin \delta$$

$E_q$ ,  $U$ ,  $X_d \Sigma$  larning qiymatlari berilgan holda generatorning quvvati burchakning funksiyasi bo'lib, bu bog'lanish egri chiziqli – sinusoidaldir. To'liq bo'lishi uchun ushbu grafikning o'zida turbin quvvati  $P_T$  ning tavsifsi qurilib, u  $\delta$  burchakka bog'liq bo'lmaganligi sababli to'g'ri chiziq ko'rinishida tasvirlanadi.

**Xulosa.** Agar burchakning  $\Delta \delta$  miqdorga ortishi 2 nuqtada yuz bersa, u holda  $P_{G2} - \Delta P_2 < P_T$  bo'lganligi sababli valda ortiqcha tezashtiruvchi moment hosil bo'ladi. Natijada rotorning aylanish tezligi ortib, u burchakning yanada ortishiga

olib keladi. Burchakning ortishi oqibatida valdagi ortiqcha tezashtiruvchi momentni yanada oshiradi va x.k. SHunday qilib, rotor va mos ravishda holat 2 nuqtaga qaytmaydi. Burchak kamayganda ham shu kabi jarayon kuzatiladi va u rotorning 1 nuqtaga qaytishi bilan tugaydi.

Yuqoridagiga mos ravishda 1 nuqtadagi holat turg'un hisoblanadi, chunki kichik og'ishlar sodir bo'lganda rotor dastlabki nuqtaga qaytadi. Boshlang'ich yoki unga yaqin bo'lgan holatning qayta tiklanishi sinxron generator va mos ravishda elektr tizimsini turg'un ishlashining asosiy ko'rsatkichi ekanligini yodda tutish lozim.

Turbina quvvati va mos ravishda liniya orqali uzatiluvchi quvvatning grafikka muvofiq ortib borishi bilan  $\delta$  burchak ham ortib, holat 3 nuqtaga yaqinlashib boradi. Bu nuqta, bir tomondan, generatorning  $\delta_m=90^\circ$  bo'lgan holda berishi mumkin bo'lgan maksimal aktiv quvvatni ko'rsatadi:

$$P_T = \frac{EqU}{x_{d\Sigma}} \cdot \sin \delta = P_m \cdot \sin \delta$$

### **Foydalanilgan adabiyotlar**

1. Q.R. Allayev. Elektromexanik o'tkinchi jarayonlar. Toshkent – "Moliya" – 2007. 2720-bet
2. M.B. Xudayarov, T.F. Maxmudov, B.M. Pulatov. Energetikaning matematik masalalari. Toshkent – 2020 y. 252-bet
3. Аллаев К.Р. Современная энергетика и перспективы ее развития. Ташкент-2007. 610-ст.
4. Аллаев К.Р. Энергетика мира и Узбекистана. Ташкент – 2008. 560-ст.
5. Аллаев К.Р. Электроэнергетика Узбекистана и мира. Ташкент – 2007. 588-ст.