

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

ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA
UNIVERSITETI

**«ELEKTR STANSIYALARI VA ELEKTR ENERGETIKA
TIZIMLARINING AVTOMATIKASI»**

fanidan amaliy mashg‘ulotlar uchun

USLUBIY KO‘RSATMA

Toshkent – 2018

UDK 621.311.16

«Elektr stansiyalari va elektr energetika tizimlarining avtomatikasi» fanidan amaliy mashg'ulotlar uchun uslubiy ko'rsatma./ Radionova O.V., Talipova S.B., Mirzabekov Sh.M., Mo'sinova G.F.. – Toshkent, ToshDTU, 2018. 27 b.

Uslubiy ko'rsatmada «Elektr stansiyalari va elektr energetika tizimlarining avtomatikasi» fanidan amaliy mashg'ulotlarni bajarish bo'yicha topshiriqlar, ularni bajarish tartibi, kerakli nazariy ma'lumotlar keltirilgan. Shuningdek, qo'llanmada mustaqil ish bajarish uchun topshiriq variantlari ham berilgan.

Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy-uslubiy kengashi qaroriga asosan chop etildi.

Taqrizchilar:

Mirzayev A.T. – «O'zbekenergo» DAK milliy dispetcherlik markazi boshlig'i, t.f.n., dotsent;

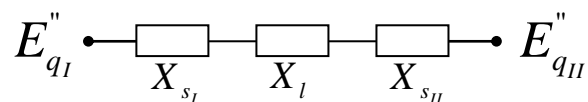
Sitdiqov R.A. – ToshDTU «Energetika tizimlarini boshqarish va nazorat qilish» kafedrası professori, t.f.d.

I. IKKI TOMONDAN TA'MINLOVCHI BIRLIK LINIYALARIDA AVTOMATIK QAYTA ULAGICH (AQU)NING HISOBIY O'RNATMALARINI TANLASH USULLARI.

Bu usulni tuzilishi oddiy bo'lgan nosinxron AQU (NAQU)ning qabul qilish imkoniyatini o'rnanishdan boshlash kerak. Buning uchun:

1. Elektr tarmoqning almashtirish sxemasini qurish. Bu yerda EUL shu sxemaning qismi hisoblanadi. Hisobni keltirilgan yoki nomlangan qiymatlarda olib borish mumkin. Oxirgi holatda sxema elementlarining qarishliklari, kuchlanishning bitta qiymati ko'rinishiga keltirilgan bo'lishi kerak. Yuklangan shoxobchalar almashtirish sxemasiga kiritilmaydi. Generatorlar almashtirish sxemasiga o'zining o'ta o'tkazuvchan qarshiligi bilan kiritiladi.

2. Almashtirish sxemasini soddalashtirish va uni 1.1 rasmdagi ko'rinishga keltirish.



1.1 - rasm

X_L - ko'rilayotgan liniyaning qarshiligi; X_{sI} va X_{sII} ; sistemaning o'ta o'tkazuvchan EYUKsi - E_{qI} va E_{qII} - bilan bog'lovchi qismi qarshiligi. Ularning har biri $1,05 \cdot U_{nom}$ (U_{nom} sistemaning nominal kuchlanishi).

3. EYUK vektorlari E_{qI} va E_{qII} larning orasidagi siljish burchagi 180^0 ga teng bo'lganda liniyadan oqib o'tuvchi maksimal tenglashtiruvchi tokni topish:

$$J_{\max.teng} = \frac{2,1 \cdot U_{nom}}{(X_{sI} + X_L + X_{sII})\sqrt{3}}$$

4. Almashtirish sxemasidagi transformator, generator, sinxron kompensatorlar orasidagi liniyalardagi tenglashtiruvchi toklarning hisoblagan qiymatlarini taqsimlash va shu ko'rinishda yuqoridagi elementlarning har biri uchun nosinxron yoqish toki (J_{NS})ni topish.

5. Nosinxron yoqishdagi toklarning olingan qiymatlarini solishtirish.

Bilvosita sovitish tizimli turbogeneratorlar va dempfer cho'lg'amli gidrogeneratorlar uchun

$$\frac{J_{NS}}{J_{Nom}} \leq \frac{0,625}{X_d''};$$

Dempfer cho'lg'amisiz gidrogeneratorlari va bevosita sovitish tizimli turbogeneratorlar uchun

$$\frac{J_{NS}}{J_{Nom}} \leq 3;$$

Sinxron generatorlar uchun

$$\frac{J_{NS}}{J_{Nom}} \leq \frac{0,84}{X_d''};$$

Trasformatorlar uchun

$$\frac{J_{NS}}{J_{Nom}} \leq \frac{100}{e_k \%}$$

$$X_{YK} = X_N \frac{U_{Nom}^2}{S_{YK}}$$

Ruxsat etiladi.

Bu yerda J_{Nom} - nominal tok; X_d'' - o'ta o'tkinchi qarshilik (nisbiy birliklarda); $e_k \%$ -transformatorlarning qisqa tutashish kuchlanishi.

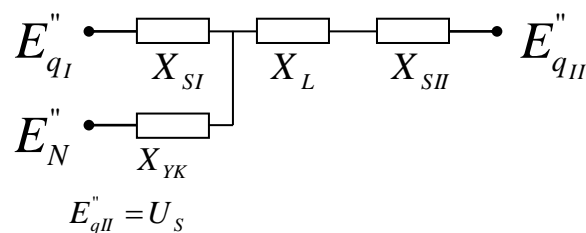
NAQU hisobi qabul qilib bo'lmaydigan, erlik yuklama etarlicha katta bo'lsa, unda bularni almashtirish sxemasiga kiritib qayta hisoblash kerak. Bu yuklamalar generatorlarning ulash toklari qismidan so'rib olinadi va almashtirish sxemasiga kiritiladi. Yuklama EYUKsi $E_N = 0,9 \cdot U_{Nom}$, yuklamaning nisbiy qarshiligi $X_N = 0,35$.

Nomlangan birliklarda yuklama qarshiligi

$$X_{YK} = X_N \cdot \frac{U_{Nom}^2}{S_{YK}};$$

bu yerda S_{YK} - yuklamaning to'la quvvati. Yuklama hisobida nosinxron AQU qo'llashning imkoniyatini aniqlashda:

- 1.2 rasmda ko'rsatilgan kabi almashtirish sxemasiga yuklama shunti kiritiladi.



1.2-rasm

- 1chi sistema va shunt yuklamasini qismining ekvivalent EYUK (E_E)ni va qarshilik (X_E) topiladi:

$$E_E = \frac{E''_{qI} \cdot X_{YK} + E''_N \cdot X_{SI}}{X_{SI} + X_{YK}}, \quad X_E = \frac{X_{SI} \cdot X_{YK}}{X_{SI} + X_{YK}}$$

- liniyadan oquvchi tenglashtiruvchi tokni topiladi:

$$I_{teng.max} = \frac{E_E'' + E_{qII}''}{X_E + X_L + X_{SII}}$$

- almashtirish sxemalaridagi $I_{teng.max}$ bilan shunt yuklamasi, generator va transformatorlar o'rtasidagi hisoblangan qiymatni taqsimlash.

- generator va transformatorlardagi hisoblangan nosinxron ulash toki (J_{NS}) bilan ruxsat etilgan qiymatlarni solishtirish.

Agar hisoblash natijasida NAQU o'tmasa, lekin liniya yuqori chastotali himoya va xavo uzgichlari bilan ko'rilgan bo'lsa, tez ta'sir qiluvchi AQU ni o'rnatma imkoniyatlarini tekshirish lozim. Buning uchun:

- AQU siklini aniqlash kerak;

$$t = t_X + t_{UU} + t_{TT}$$

Bu yerda: t_X - EUL dagi himoyani ishlash vaqti;

t_{UU} - uzgichning uzish vaqti;

t_{TT} - toksiz tanaffus vaqti (0,2 sekunddan kam bo'lmagan);

- EULLarining har uchlarida joylashgan generator rotorlarining boshlang'ich burchaklarini topish,

$$\delta_0^0 = \arcsin \frac{P_{YK}(X_{SI} + X_L + X_{SII})}{E_{qI} \cdot U_{SII}}$$

Bu yerda: P_{YK} - qisqa tutashuv vaqtida EULDan uzatiladigan quvvat;

X_{SI} - o'rnatilgan rejimda sistema I dan sistema II ga uzatilayotgan quvvatdagi qarshilik.

X_L va X_{SII} - mos ravishda liniya va sistema II larning qarshiliklari.

E_{qI} - sistema I ning EYUKsi;

U_{SII} - sistema II ning kuchlanishi;

- AQU sikli vaqtidagi o'zgarish burchagini hisoblash.

$$\Delta\delta^0 = 9000 \cdot \left(\frac{1}{P_{SINom} \cdot T_{jSII}} + \frac{1}{P_{SII Nom} \cdot T_{jSII}} \right) P_{YK} t^2$$

Bu yerda: P_{SINom} va $P_{SII Nom}$ - I va II sistemalardagi quvvatlar.

T_{jSI} va T_{jSII} - bu sistemalarning vaqt doimiysi.

P_{YK} - Qtgacha EULDan berilgan quvvat.

t - AQU sikli vaqti.

Sistemaning vaqt doimiysi (T_{jS}) ni quyidagi formuladan topish mumkin:

$$T_{jS} = \left(\sum_{i=1}^n T_{ji} \cdot P_{nomi} \right) / \sum_{i=1}^n P_{nomi}$$

Bu yerda: n - sistemadagi agregatlar soni.

T_j esa P_{Nom} - i chi agregatning vaqt doimiysi va nominal quvvati.

Kataloglarda inersiya doimiysi o'rniga agregat inersiya doimiysi $J = \frac{\omega I^2}{4}$ beriladi, bunda inersiya doimiysi quyidagicha topiladi.

$$T_j = 2,74 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\omega I^2 \cdot n^2}{P_N}$$

Bu yerda: T_j - agregatning inersiya doimiysi, sekunlarda.

ωI^2 - tebranish momenti tm^2 larda.

n - agregatning aylanish tezligi, ayl/min.

P_N - agregatning nominal quvvati, MVt;

Qayta ulash vaqtida generator rotorining chegaraviy burchagini topish.

$$\delta_{Chegar}^0 = \delta_0^0 + \Delta \delta^0$$

TAQUni qo'llash uchun bu burchak 60^0 - 70^0 dan oshmasligi kerak.

EULni GES ni sistema bilan bog'lab tursayu, NAQU va TAQUni qo'llash imkoni bo'lmasa va uning hamma quvvati sistemaga uzatilsa, EULning sistema tomoniga kuchlanish yo'qolishini boshqaruvchi AQU o'rnatish mumkin. GES tomonida esa o'z-o'zidan ishlovchi AQU (O'AQU)ni o'rnatish mumkin. Bunda AQUning belgilangan o'rnatma elementlarini tanlash kerak.

a) EULdagi kuchlanish yo'qolishini boshqaruvchi AQU qurilmasidagi vaqt relesi sabr vaqti:

$$t_{AQU} = t_{HI} + t_{UUI} + t_D - t_{UUI} + t_{zahira} - t_{HI} - t_{UUI}$$

bu yerda: t_{AQU} - vaqt rtelesi o'rnatmasi;

t_{HI} esa t_{UUI} - himoyaning ishlash vaqti va uzgichning o'chish vaqti (podstansiyaning EULdagi) podstansiya shinasidagi Qtda AQU o'rnatilgan.

t_{HI} esa t_{UUI} - QT vaqtidagi himoyani ishlash vaqti va o'z-o'zidan o'chish vaqti (o'sha nuqtada).

t_D - yoyni oraliqdagi deionizatsiya vaqti.

t_{UUI} - podstansiya EULdagi kuchlanish yo'qolishini boshqaruvchi AQU o'rnatilgan uzgichning ulash vaqti.

t_{zahira} zaxira vaqti (0,1s).

b) liniyaning ikkita uchidagi minimal kuchlanishga ishlovchi AQUda relening ishlash toki.

$$U_{RI} \leq 0,5U_{Nom}/K_{KT}$$

Maksimal kuchlanishdagi relening ishlash kuchlanishi.

$$U_{RI} = 0,7U_{Nom}/K_{KT}$$

Bu yerda: U_{Nom} - EULning normal kuchlanishi.

K_{KT} - kuchlanish transformatorining transformatsiya koeffitsiyenti.

v) releni ishlash chastotasi (chastota farqida)

$$f_{RI} = (0,03 \div 0,05)f_{Nom}$$

sistemalar aro bog'lanishda kichkina quvvat uzatuvchi liniyalarda NAQU va TAQUlarni Qo'llash imkoni bo'lmasa, liniyaning bir uchida kuchlanish yo'qolishni boshqaruvchi AQU, ikkinchi tomondan sinxronizmni tekshiruvchi AQU qo'llaniladi.

Kuchlanish yo'qligini boshqaruvchi AQU o'rnatmasi oldingi ko'rinishdagi kabi topiladi. AQU qurilmasining vaqt relesi o'rnatmasi liniyaning ikkala uchida ham bir xil bo'ladi. Sinxronizmni boshqaruvchi relesi esa (SBR):

$$\delta_{RI} = \frac{t_{AQU} \cdot \delta_{Rux.}}{K_N [(1 + K_K)t_{UU} + t_{AQU}]}$$

Bu yerda: δ_{RI} - SBRning ishlash burchagi;

t_{AQU} - AQU vaqt relesining o'rnatmasi;

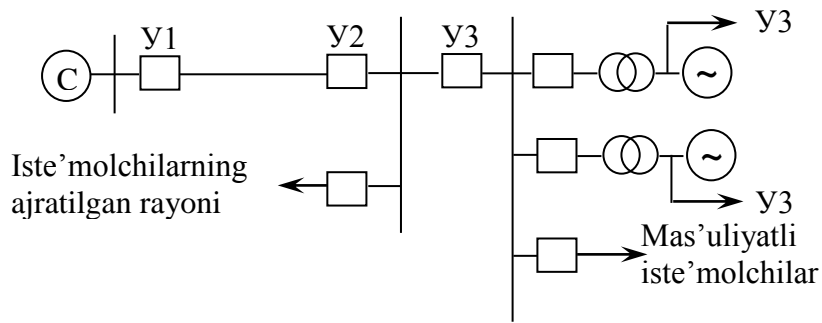
$\delta_{Rux.}$ - EULning AQU paytidagi ($\delta_{Rux.} = 60-70^\circ$) generatorlar rotorlarining ruxsat etilgan siljish burchagi.

t_{UU} - EULningulanish vaqti;

$K_K \approx 0,8$ - SBRning qaytish koeffitsiyenti;

$K_I = 1,1-1,2$ ishonchlilik koeffitsiyenti. Ko'rib o'tilgan sinxronizmni kutuvchi AQU(SKAQU) ko'rinishda ishlatishi mumkin. Buni hamma holatda ham qo'llash mumkin, lekin bir zanjirli ikki tomonlama EULlarda u kam effektli, bunda o'zidan katta quvvat o'tkazadigan EUL o'chgandan keyingi sinxronizm sharti ancha katta vaqtdan keyin qayta tiklanadi (bir necha daqiqa). Shuning uchun bu liniyalarda SKAQU yuqori chastotali himoyaning ishdan chiqishida zaxiralovchi TAQU ko'rinishda ishlatiladi.

Yuqoridagi usullardan foydalanish maqsadga muvofiq bo'lmaganda yana bir uch fazali AQU usuli – belgilangan rayon AQUsi usulidir. Bu usulda stnsiyalarda yetishmayotgan quvvatni qoplash va ikkilangan shinalar sistemasiga ega bo'lgan stnsiyalarda qo'llaniladi. Uni ishlatishdan maqsad quyidagicha (1.3-rasm):



1.3-rasm

EULning himoyasi tomondan U2 uzgichdan U3 shinalar aro uzgichga beriladi, faqat U1 qayta ulanadi. Bunda (QT bartaraf etilganda) o‘z ehtiyoj ta‘minoti va mas‘uliyatliroq bo‘lgan iste‘molchilarni (stansiya ta‘minlay oladigan) ta‘minotini saqlab qoladi va belgilangan rayon iste‘molchilarining ta‘minoti tiklanadi. U3 uzgich o‘chiq holda qoladi. Ishonchlilikni saqlash kerak bo‘lgan 110kV va undan yuqori kuchlanishli liniyalarda 3 fazalilar bilan bir qatorda 1 fazali AQU (BAQU)lar ham foydalaniladi. Uning amalga oshishi uchun EUL rele himoyasi shikastlangan fazani tanlash orqali ko‘rinishda to‘ldiriladi. Ikki tomonlama ta‘minlanuvchi liniyalarda bu organ qarshilik relesi yordamida amalga oshiriladi. Bu relelarda qarshilik birlamchi Omlarda ishlatiladi.

$$Z_{TOI} = \frac{Z_{Ish.min}}{K_I \cdot K_K}$$

Bu yerda: $Z_{Ish.min}$ - minimal ishlash qarshiligi.

$K_I = 1,15-1,3$ ishonchlilik koeffitsiyenti.

$K_K \approx 1,2$ - qaytish koeffitsiyenti;

$$Z_{Ish.min} = \frac{U_{Ish.min}}{\sqrt{3} \cdot J_{Max.ish}}$$

Bu yerda: $U_{Ish.min}$ - minimal ishlash kuchlanishi.

$J_{Max.ish}$ - EUL maksimal ishlash toki.

Tanlangan organning sezgirliqi quyidagichi aniqlanadi:

$$K_S = \frac{Z_{TOI}}{Z_L}$$

Bu yerda: K_S - sezgirlik koeffitsiyenti;

Z_{TOI} - tanlash organining ishlash qarshiligi;

Z_L - liniya qarshiligi (BAQU o‘rnatilganida);

$K_S = 1,5$ bo‘lgan joylarda yo‘naltirilmaganining o‘rniga yo‘naltirilgan releni qo‘llash lozim. Umuman shikastlangan fazaning tanlash sezgirligini

oshirish – masofaviy himoyani ishga tushiruvchi organning sezgirligini oshirish bilan bir xil.

Shikastlangan fazani tanlash organi qarshilik relesini o‘rnatish.

$$Z_{TORI} = Z_{TOR} \frac{K_{TT}}{K_{KT}}$$

Bu yerda: Z_{TOR} - birlamchi Omlardagi tanlash organining ishga tushirish qarshiligi;

K_{TT} va K_{KT} - tok transformatori va kuchlanish transformatorlarining transformatsiya koeffitsiyenti.

2. YOPIQ ELEKTR TIZIMLARDA LINIYALARNING AQUSINI TANLASH

EUL liniya AQUi quyidagilardan tanlanadi:

2ta generatsiyalovchi nuqta orasidagi tarmoqda 3ta va undan ortiq bog‘lanish bo‘lsa, bularda bir vaqtda ajratishning ehtimoli kam. Agar xech qilmaganda 1ta bog‘lanishda bo‘lsa, liniyalar tezda sinxronizmdan chiqa olmaydi, va o‘chgan liniyada AQU bo‘lganda nosinxron ulanish sodir bo‘lmaydi. Bunday holda parallel liniyalarning har ikkala tomoniga xuddi bir tomonlama ta‘minlanuvchi liniyaniki kabi oddiy AQU qo‘yiladi. 2 parallel bog‘lanishda 1 EULda QT bo‘lsa ikkalasi ajralgan xolda bo‘lishi mumkin. Unda AQU mashinasi davri vaqtida sinxronizmdan chiqishi mumkin. Bunday hollarda, NAQU imkoniyatlarini tekshirish kerak. Agar hisoblash natijasi to‘g‘ri kelmasa, qarama-qarshi kuchlanishni yo‘qolishini boshqaruvchi AQUi o‘rnatish kerak.

3. TOMONLAMA TA‘MINLANUVCHI LINIYA AQUlarini HISOBLASH VA TANLASH NAMUNALARI

1-misol.

Uzunligi 40km, 220kV kuchlanishli va KESni sistema bilan bog‘lovchi 3 fazali EUL AQU usulini tanlash. Sistemada $P = \infty$. KESda 4ta TVF-60-2 generatorli transformator-generator bloki. Quvvati 80MVA, yuqori kuchlanishi 220kVli TDS trnsformatorlari, 2ta TVF-100-2 generatorli, quvvati 125 MVA va yuqori kulanishi 220kVli TDS kuchaytiruvchi transformatori o‘rnatilgan. EULda sistemadan $P_y = 200$ MVt quvvat $\cos \varphi = 0,8$ da uzatiladi.

Qolgan quvvat bir tomonlama ta'minlanadigan iste'molchilarga uzatiladi. Sistema bilan bog'lovchi liniya o'z o'chish vaqtiga ($t_{UV} = 0,02s$) ega bo'lgan va ulash vaqti ($t_{UV} = 0,2s$) bo'lgan VVB-220 uzgichi bilan jihozlangan. Unda ishlash vaqti $t_x = 0,05s$ bo'lgan yuqori chastotali himoya o'rnatilgan.

3.1-rasmda ko'rilayotgan elektr tarmoqning prinsipial sxemasi ko'rsatilgan.

Hisob uchun talab etiladigan elementlarning parametrlari quyidagicha:

L-1

TFV-60-2 tipidagi G1-G4 generatorlari -

nominal aktiv quvvati $P_{Nom} = 60MVA$;

to'la quvvati $S_{Nom} = 75MVA$ ($\cos \varphi = 0,8$);

tebranish momenti $\omega H^2 = 4 * 9,7tm^2$;

sinxron qarshilik $X_d = 1,606$;

o'ta o'tkinchi qarshilik $X'_d = 0,195$.

TVF-100-2 tipidagi G-5, G-6 generatorlari

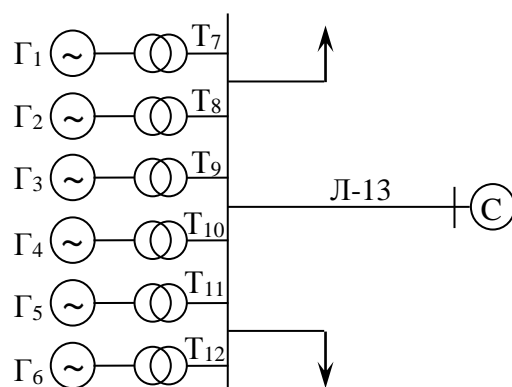
nominal aktiv quvvati $P_{Nom} = 100MVA$;

to'la quvvati $S_{Nom} = 117,5MVA$ ($\cos \varphi = 0,85$);

tebranish momenti $\omega H^2 = 4 * 13tm^2$;

sinxron qarshilik $X_d = 1,79$;

o'ta o'tkinchi qarshilik $X'_d = 0,183$.



3.1-rasm

TDS-80 tipidagi T-7- T-10 transformatorlari quvvati $S_{Nom} = 80MVA$;

qisqa tutashuv kuchlanishi $e_k = 11\%$.

TDS-125 tipidagi T-11 va T-12 transformatorlari quvvati

$S_{Nom} = 125MVA$;

qisqa tutashuv kuchlanishi $e_k = 11\%$.

Sistema bilan bog'lovchi liniya-

Liniyaning uzunligi $l=40\text{km}$;

Liniyaning solishtirma qarshiligi $X_{sol}=0,4\text{Om/km}$;

EULdan uzatiladigan aktiv quvvat $P_{YK}=200\text{MVt}$;

EULdan uzatiladigan to'la quvvat $S_{YK}=250\text{MVA}$.

Tizim-

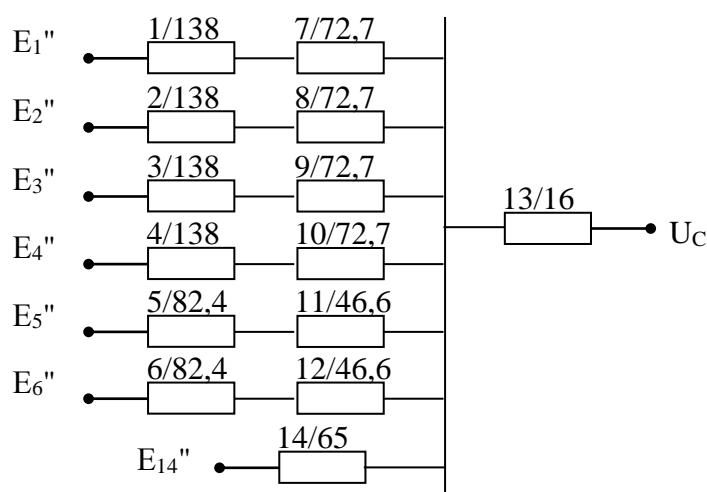
quvvat $S_T = \infty$;

kuchlanish $U_T=220\text{kV}$.

Yechish.

Avvalo NAQU liniyada o'rnatish imkoniyatini tekshiramiz. Hisobni o'rta kuchlanishga keltirilgan nomlangan birliklarda olib boramiz. Bazis kuchlanishga $U_B=230\text{kV}$ ni qabul qilamiz. Elektrotarmoq elementlarini shu kuchlanish qiymatiga keltiriladi. Va ekvivalent almashtirish sxemasini tuzamiz (3.2-rasm).

Bir tomonlama ta'minlanuvchi liniya asosiy quvvatni KES dan olganligi sababli hisob shu quvvat bilan olib boriladi, uni mos qarshilikda ekvivalent shunt bilan almashtirib, $X_*=0,35$ va EYUK $E=0,9$ olinadi.



3.2-rasm

Generatorlarning kuchlanishning bazis qiymatiga keltirilgan qarshiliklari:

Generatorlar -

$$X_1 = X_2 = X_3 = X_4 = X_d'' \frac{U_B^2}{S_{Nom}} = 0,195 \frac{230^2}{75} = 138 \text{Om}$$

$$X_5 = X_6 = 0,183 \frac{230^2}{117,5} = 82,4 \text{Om}$$

Transformatorlar -

$$X_7 = X_8 = X_{10} = X_9 = \frac{e_k \%}{100} \cdot \frac{U_B^2}{S_{Nom}} = \frac{11}{100} \cdot \frac{230^2}{80} = 72,7 \text{Om};$$

$$X_{11} = X_{12} = \frac{11}{100} \cdot \frac{230^2}{125} = 46,6 \text{Om};$$

Elektr uzatish liniyalari-

$$X_{13} = X_{sol} \cdot l \cdot \frac{U_B^2}{U_{o'r}^2} = 0,4 \cdot 40 \cdot \frac{230^2}{230^2} = 16 \text{Om};$$

Shunt yuklamalari uchun-

$$X_{14} = X_{Sh}'' \cdot \frac{U_B^2}{S_{Sh}} = 0,35 \cdot \frac{230^2}{4 \cdot 75 + 2 \cdot 117,5 \cdot 250} = 65 \text{Om};$$

(S - shunt yuklamasi quvvati).

Generatorlar uchun kuchlanishning birinchi pogʻonasiga keltiruvchi oʻta-oʻtkinchi EYUK:

$$E_1'' = E_2'' = E_3'' = E_4'' = (1 + X_d'' \sin \varphi_N) \cdot U_B = (1 + 0,195 \cdot 0,6) \cdot 230 = 257 \text{kV};$$

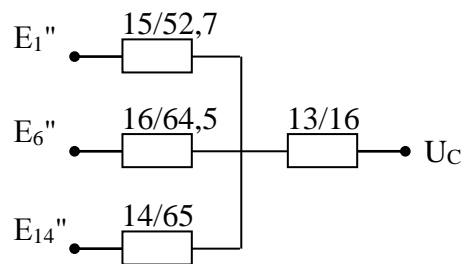
$$E_5'' = E_6'' = (1 + 0,183 \cdot \sqrt{1 - 0,85^2}) \cdot 230 = 274 \text{kV};$$

bu yerda $\sin \varphi_N = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_N}$;

$$E_{14}'' = E_{Sh}'' \cdot U_B = 0,9 \cdot 230 = 207 \text{kV}.$$

Tizim kuchlanishi $U_S = 230 \text{kV}$.

Almashtirish sxemasini soddalashtirib, 3.3-rasmdagi holga keltiramiz. Bu yerda



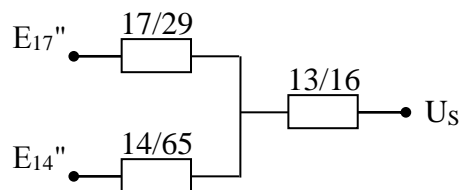
3.3-rasm

$$X_{15} = \frac{X_1 + X_7}{4} = \frac{138 + 72,7}{4} = 52,7 \text{Om};$$

$$X_{16} = \frac{X_5 + X_{11}}{2} = \frac{82,4 + 46,6}{2} = 64,5 \text{Om};$$

Sxemani soddalashtirish natijasida (3.4-rasm):

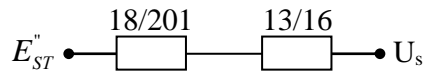
$$X_{17} = \frac{X_{15} \cdot X_{16}}{X_{15} + X_{16}} = \frac{52,7 \cdot 64,5}{52,7 + 64,5} = 29 \text{Om};$$



3.4-rasm

$$E_{17}'' = \frac{E_1'' \cdot X_{16} + E_5'' \cdot X_{15}}{X_{15} + X_{16}} = \frac{257 \cdot 64,5 + 274 \cdot 52,7}{52,7 + 64,5} = 265 \text{ kV};$$

Keyin quyidagilarni (3.5-rasm) topamiz:



3.5-rasm

$$X_{18} = \frac{X_{17} \cdot X_{14}}{X_{17} + X_{14}} = \frac{29 \cdot 65}{29 + 65} = 20,1 \text{ Om};$$

$$E_{ST}'' = \frac{E_{17}'' \cdot X_{14} + E_{14}'' \cdot X_{17}}{X_{14} + X_{17}} = \frac{256 \cdot 65 + 207 \cdot 29}{65 + 29} = 247 \text{ kV};$$

Tenglashtiruvchi tokning maksimal qiymati

$$J_{teng.max} = \frac{E_{ST}'' + U_s}{\sqrt{3}(X_{18} + X_{13})} = \frac{247 + 230}{\sqrt{3}(20,1 + 16)} = 7,64 \text{ kA};$$

Stansiya shinalaridagi faza kuchlanishi (stnatsiyaning EYUKsi va sistemaning kuchlanishi orasidagi burchak farqi 180^0 ga teng bo'lgani uchun qiymat manfiy chiqadi).

$$\frac{U_{Sh}}{\sqrt{3}} = -\frac{U_s}{\sqrt{3}} + J_{teng.max} \cdot X_{13} = -\frac{230}{\sqrt{3}} + 7,64 \cdot 16 = -11 \text{ kV}.$$

TVF-60-2 generatorining nosinxron ulash toki

$$J_{nosinx.1} = \left(\frac{E_1''}{\sqrt{3}} - \frac{U_{Sh}}{\sqrt{3}} \right) / (4 \cdot X_{15}) = \left(\frac{257}{\sqrt{3}} + 11 \right) / (4 \cdot 52,7) = 0,757 \text{ kA}.$$

Bazis kuchlanish bosqichiga keltirilgan TVF-60-2 generatorining nominal toki

$$J_{Nom} = \frac{S_{Nom}}{\sqrt{3} \cdot U_B} = \frac{75}{\sqrt{3} \cdot 230} = 0,188 \text{ kA}.$$

Bu generatorning ruxsat etilgan tenglashtiruvchi tokning turtkisi

$$J_{Rux.} = \frac{0,625}{X_d''} \cdot J_{Nom} = \frac{0,625}{0,195} \cdot 0,188 = 0,6 \text{ kA}.$$

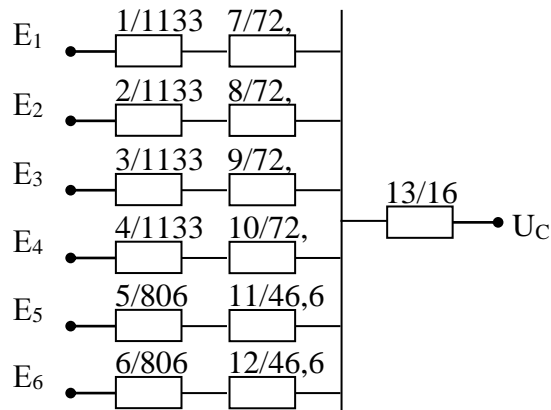
$J_{nosinx.1} = 0,757 \text{ kA} > J_{Rux.} = 0,6 \text{ kA}$ bo'lganligi uchun, bu hisoblashlarni davom ettirmasdan, NAQUni qo'llash mumkin emas degan xulosaga kelamiz.

EULsi himoyasi va uzgichlarining tez ta'sirchanligi NAQUni tekshirish kerakligini bildiradi.

$t_{UU} = 0,2 \text{ s}$ toksiz pauzaning ruxsat etilgan qiymati $t_{TP} = 0,2 \text{ s}$ dan oshmaganligi uchun NAQUning vaqt sikli

$$t = t_x + t_{UU} + t_{TP} = 0,06 + 0,08 + 0,2 = 0,34 \text{ s}.$$

Generator EYUK va sistema kuchlanishi orasidagi boshlang'ich burchakni aniqlash uchun avvalo Qtgacha bo'lgan rejim uchun almashtirish sxemasini tuzamiz.



3.6-rasm

Bu 3.6-rasmda keltirilgan, $U_B = 230\text{KV}$. 3.2-rasmdagidan farqli ravishda bu sxemada yuklama shunti yo‘q va sxemadagi o‘ta-o‘tkinchi qarshilik (X_d'') bilan generator EYUKsi (E) o‘rniga sinxron qarshilik (X_d) va o‘rnatilgan rejim (E) olingan. Bu yerda:

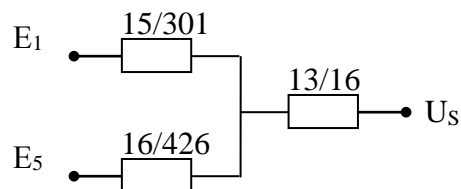
$$X_1 = X_2 = X_3 = X_4 = X_d \cdot \frac{U_B^2}{S_{Nom}} = 1,606 \cdot \frac{230^2}{75} = 1133\text{Om};$$

$$X_5 = X_6 = 1,79 \cdot \frac{230^2}{117,5} = 806\text{Om};$$

$$E_1 = E_2 = E_3 = E_4 = (1 + X_d \sin \varphi_N) \cdot U_B = (1 + 1,606 \cdot 0,6) \cdot 230 = 457\text{KV};$$

$$E_5 = E_6 = (1 + 1,79 \cdot \sqrt{1 - 0,85^2}) \cdot 230 = 447\text{KV};$$

Sxemani sodda ko‘rinishga keltirib, quyidagiga ega bo‘lamiz:

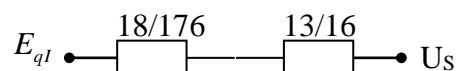


3.7-rasm

$$X_{15} = \frac{X_1 + X_7}{4} = \frac{1133 + 72,7}{4} = 301\text{Om};$$

$$X_{16} = \frac{X_5 + X_{11}}{2} = \frac{806 + 46,6}{2} = 426\text{Om};$$

Keyin esa:



3.8-rasm

$$X_{ST} = X_{18} = \frac{X_{15} \cdot X_{16}}{X_{15} + X_{16}} = \frac{301 \cdot 426}{301 + 426} = 176\text{Om};$$

$$E_{qt} = \frac{E_1 \cdot X_{16} + E_5 \cdot X_{15}}{X_{15} + X_{16}} = \frac{457 \cdot 426 + 447 \cdot 301}{301 + 426} = 453 \text{ kV};$$

Stansiya generatori EYUKsi va sistema kuchlanishi orasidagi boshlang'ich burchak δ_0 quyidagicha topiladi:

$$\delta_0 = \arcsin \frac{P_Y (X_{ST} + X_L + X_T)}{E_{qt} \cdot U_S} = \arcsin \frac{200(176+16+0)}{453 \cdot 230} = 22^\circ. \text{ TVF-60-2}$$

generatorlarining inersiya doimiysi

$$T_{j1} = 2,74 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\omega \Pi^2 \cdot n^2}{P_N} = 2,74 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{(4 \cdot 97)^2 \cdot 3000^2}{60} = 15 \text{ s}$$

TVF-100-2 generatorlarining inersiya doimiysi

$$T_{j5} = 2,74 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\omega \Pi^2 \cdot n^2}{P_N} = 2,74 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{(4 \cdot 13)^2 \cdot 3000^2}{100} = 13 \text{ s}$$

Elektrostansiya inersiya doimiysi

$$T_{jS} = \left(\sum_{i=1}^n T_{ji} \cdot P_{nomi} \right) / \sum_{i=1}^n P_{nomi} = \frac{4T_{j1} \cdot P_{nom1} + 2 \cdot T_{j5} \cdot P_{nom5}}{4 \cdot P_{nom1} + 2 \cdot P_{nom5}} = \frac{415 \cdot 60 + 2 \cdot 13 \cdot 100}{4 \cdot 60 + 2 \cdot 100} = 14 \text{ s}$$

(P_{nom1} va P_{nom5} - TVF-60-2 va TVF-100 generatorlarini aktiv quvvati).

Sistemaning quvvati $S = \infty$ bo'lgani uchun, NAQU davri vaqtida rotor og'ish burchagi

$$\Delta \delta^0 = 9000 \cdot \frac{P_{YK} \cdot t^2}{T_{jST} \cdot P_{Nom.ST}} = 9000 \cdot \frac{200 \cdot 0,34^2}{14(4 \cdot 60 + 2 \cdot 100)} \approx 34^\circ$$

IES rotorlarining chegaraviy og'ish burchagi

$$\delta_{Chegar.} = \delta_0 + \Delta \delta = 22 + 34 = 56^\circ.$$

$$\delta_{Chegar.} = 0 - 56^\circ < \delta_{Rux.} = 60^\circ \text{ bo'lgani uchun NAQU qabul qilinadi.}$$

2-misol.

1-misolda ko'rilgan sistema uchun sistema bilan bog'lovchi liniya O'AQU faza shikstlanishlarini tanlovchi organ sezgirligini tekshirish va o'rnatmani hisoblash.

Yechish.

Liniyaning minimal ishlash kuchlanishi

$$U_{ih.min.} = 0,9 \cdot U_B = 0,9 \cdot 230 = 207 \text{ kV}.$$

Maksimal ishchi tok

$$J_{ish.max.} = \frac{S_{YK}}{\sqrt{3} U_{ish.min.}} = \frac{250 S_{YK}}{\sqrt{3} 207} = 0,698 \text{ kA};$$

Minimal ishchi qarshilik

$$Z_{ish.min} = \frac{U_{ish.min.}}{\sqrt{3} \cdot J_{max.ish}} = \frac{207}{\sqrt{3} \cdot 0,698} = 171 \text{ Om}.$$

Tanlash organining ishlash qarshiligi

$$Z_{TOT} = \frac{Z_{ish.min}}{K_I \cdot K_K} = \frac{171}{1,15 \cdot 1,2} = 124 \text{ Om}.$$

Tanlash organini tekshirayotganda $Z_L = X_L$ deb qabul qilish mumkin. Shunda

$$K_S = \frac{Z_{TOI}}{Z_L} = \frac{124}{16} = 7,75 > 1,5.$$

Ishlash toki va kuchlanishdan o'lash transformatorlarini tanlaymiz (L-1). Birlamchi va ikkilamchi kuchlanish $220000/\sqrt{3}V$ va $100V$ bo'lgan NKF-220-58 kuchlanish transformatori. Uning transformatsiya koeffitsiyenti

$$K_{KT} = \frac{220000/\sqrt{3}}{100} = 2200/\sqrt{3}.$$

Birlamchi va ikkilamchi toki $750A$ va $5A$ bo'lgan TFND-220-1 tok transformatori. Uning transformatsiya koeffitsiyenti

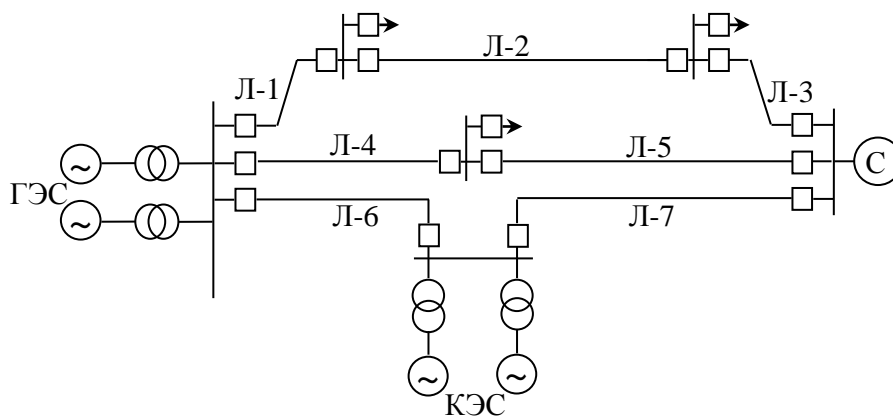
$$K_{TT} = \frac{750}{5} = 150.$$

Shikastlangan fazani tanlash organi qarshilik relesi o'rnatmasi

$$Z_{TORI} = Z_{TOR} \frac{K_{TT}}{K_{KT}} = 124 \frac{150}{2200/\sqrt{3}} = 14,6Om.$$

3-misol.

3.10-rasmda keltirilgan elektr tarmog'ining liniyani TAQU o'rnatmasi usuli va hisoblashni tanlash.



3.10-rasm

GESda quvvati $80MVA$ bo'lgan transformatorli 2ta blok o'rnatilgan. GES generatorining o'ta-o'tkinchi qarshiligi $X_d'' = 0,22$; QT kuchlanishi $e_\kappa = 11\%$.

Bulardan tashqari KESda quvvati $30MVA$ bo'lgan generator va $32MVA$ transformatorli 2ta blok o'rnatilgan. Generatorning o'ta-o'tkinchi qarshiligi $X_d'' = 0,125$; transformatorning QT kuchlanishi $e_\kappa = 10,5\%$. Sistema quvvati $S_T = 500MVA$; sistemaning solishtirma qarshiligi $X_{sol}'' = 0,3$.

EUL kuchlanishi $U_L = 110kV$; liniyalarning uzunligi $l_1 = l_3 = 20km; l_2 = 40km; l_4 = l_5 = 35km; l_6 = 25km; l_7 = 30km$.

Liniyada o‘zi ishga tushish vaqtiga ($t_{UV} = 0,09s$) ega bo‘lgan va ulash vaqti ($t_{UV} = 0,18s$) bo‘lgan va AQUga toksiz tanaffus vaqti $t_{TT} = 0,4s$ bo‘lgan VMK-110 uzgichi bilan jihozlangan. Liniyaning himoyasi 1-bosqichida sabr vaqtli $t_X^I = 0s$ va 2-bosqichda $t_X^{II} = 0,5s$ bo‘lgan masofali himoya o‘rnatilgan.

Yechish.

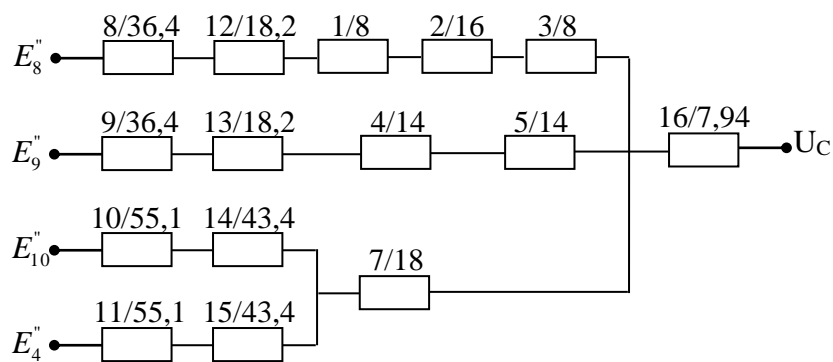
3ta bog‘lanishga ega bo‘lgan L1-L5 liniyalar GES va sistemani bir-biri bilan bog‘laydi. Shuning uchun ularda bir tomonlama liniyalarda bo‘lganiday oddiy AQU o‘rnatiladi.

Bu liniyalarning ikkala tomonida o‘chish va toksiz tanaffus vaqtlari bir xil bo‘lgan uzgichlar qo‘yilganidan, ko‘rsatilgan EULLar AQU rele vaqti o‘rnatmasi

$$t_{AQU} = t_X^{II} + t_{TT} + t_{zah} - t_{UV} = 0,5 + 0,4 + 0,1 - 0,18 = 0,82s.$$

KES tarmoqning boshqa qismi bilan faqatgina ikkita liniya orqali (L6 va L7 liniyalar) bog‘langanligi uchun, ularda NAQU qurilmasi imkoniyatlarini sinab ko‘rish kerak.

L7 liniya uchun bunlay imkoniyatni aniqlashtirish uchun L6 liniya o‘chio‘ holda elektr tarmoqning ekvivalent almashtirish sxemasini quramiz (3.11-rasm). Bu sxemani tuzishda, bir vaqtda ishlovchi KES agregatlarining nominal sonini kiritish kerak. Bunda ularning har biridan katta bo‘lmagan nosinxron ulash toki oqib o‘tadi.



3.11-rasm

3.11-rasmda barcha elementlar qarshiligi kuchlanishning $U_B = 115kV$ dagi qiymatiga keltirilgan. Bu qiymatlar quyidagicha olingan:

GES generatorlari uchun-

$$X_8 = X_9 = X_d'' \cdot \frac{U_B^2}{S_{Nom}} = 0,22 \cdot \frac{115^2}{80} = 36,4 Om$$

KES generatorlari va sistema uchun-

$$X_{10} = X_{11} = 0,125 \frac{115^2}{30} = 55,1 \text{Om}; \quad X_{16} = 0,3 \frac{115^2}{500} = 7,94 \text{Om}$$

Transformatorlar uchun-

$$X_{12} = X_{13} = \frac{e_k \%}{100} \cdot \frac{U_B^2}{S_{nom}} = \frac{11}{100} \cdot \frac{115^2}{80} = 18,2 \text{Om};$$

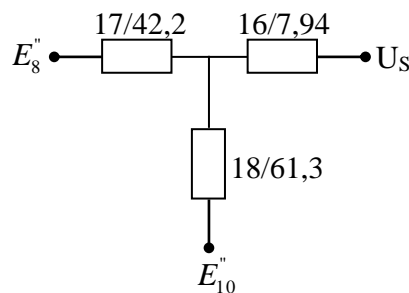
$$X_{14} = X_{15} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{115^2}{32} = 43,4 \text{Om};$$

EUL qarshiligi-

$$X_1 = X_3 = X_{sol} \cdot l = 0,4 \cdot 20 = 8 \text{Om}; \quad X_2 = 0,4 \cdot 40 = 16 \text{Om};$$

$$X_4 = X_5 = 0,4 \cdot 35 = 14 \text{Om}; \quad X_7 = 0,4 \cdot 30 = 12 \text{Om};$$

Sxemani soddalashtirib quyidagiga ega bo‘lamiz (3.12-rasm).

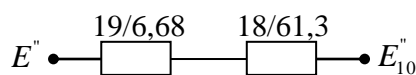


3.12-rasm

$$X_{17} = \frac{X_8 + X_{12}}{2} + \frac{(X_1 + X_2 + X_3) \cdot (X_4 + X_5)}{X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5} = \frac{36,4 + 18,2}{2} + \frac{(8 + 16 + 8) \cdot (14 + 14)}{8 + 16 + 8 + 14 + 14} = 42,2 \text{Om};$$

$$X_{18} = \frac{X_{10} + X_{14}}{2} + X_7 = \frac{55,1 + 43,4}{2} + 12 = 61,3 \text{Om};$$

Sxemani sodda ko‘rinishga keltirib (3.13-rasm), quyidagini topamiz:



3.13-rasm

$$X_{19} = \frac{X_{17} \cdot X_{16}}{X_{17} + X_{16}} = \frac{42,2 \cdot 7,94}{42,2 + 7,94} = 6,68 \text{Om};$$

Tenglashtiruvchi tok xisobini osonlashtirilgan usulda ishlaymiz, generatorlar EYUK va sistema kuchlanishi $1,05 \cdot U_B$ ga teng deb qabul qilamiz.

$$J_{teng.max} = \frac{2,1 \cdot U_B}{\sqrt{3} \cdot X_{\Sigma}} = \frac{21 \cdot 115}{\sqrt{3} (6,68 + 61,3)} = 2,05 \text{ kA};$$

1ta KES agregatining nosinxron ulash toki

$$J_{nosinx} = \frac{J_{teng.max}}{2} = \frac{2,05}{2} = 1,025 \text{ kA}.$$

Kuchlanishning bazis qiymatiga keltirilgandagi KES generatorining nominal toki

$$J_{Nom} = \frac{S_{Nom}}{\sqrt{3} \cdot U_B} = \frac{30}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0,15 \text{ kA};$$

Nosinxron ulash tokining ruxsat etilgan turtkisi

$$J_{Rux.} = \frac{0,625}{X_d''} \cdot J_{Nom} = \frac{0,625}{0,125} \cdot 0,15 = 0,75 \text{ kA}.$$

L-1 liniya L-7 liniyaga nisbatan qisqa. SHuning uchun unda NAQU xam o'tmaydi. Bulardan kelib chiqib, L-6 va L-7 liniyalarda qarama-qarshi kuchlanish yo'qolishini boshqaruvchi va sinxronizmni tekshiruvchi (kutuvchi) o'rnatish zarur.

Bu AQUlar o'rnatmalarini tanlaymiz. Vaqt rele o'rnatmasi xuddi L-1-L-5 liniyalar AQU bilan minimal kuchlanish relesi o'rnatmasi

$$U_{o'r.min} \leq 0,5 \cdot U_{Nom} / K_{KT}.$$

$U_{o'r.min} = 0,3 \cdot U_{Nom} / K_{KT}$ deb qabul qilamiz. Unda, transformatsiya koeffitsiyenti

$$K_{KT} = \frac{110000 / \sqrt{3}}{100} = 1100 / \sqrt{3} \text{ bo'lgan NKF-110-1 tipidagi kuchlanish}$$

transformatori EUL o'rnatmasida

$$U_{o'r.min.} = 0,3 \cdot \frac{115000}{\sqrt{3} \cdot 1100 / \sqrt{3}} = 32 \text{ V ni topamiz.}$$

Sinxronizmni boshqaruvchi rele o'rnatmasi

$$\delta_{o'r.} = \frac{t_{AQU} \cdot \delta_{rux.}}{K_I [(1 + K_K) \cdot t_{UU} + t_{AQU}]} = \frac{0,82 \cdot 60}{1,1 [(1 + 0,8) \cdot 0,18 + 0,82]} = 39^\circ.$$

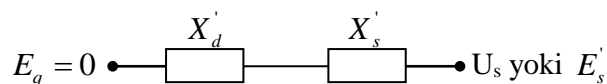
4. GENERATORLARNI AVTOMATIK SINXRONIZATSIYALASHNI HISOBLASH VA USULLARNI TANLASH.

Avtomatik sinxronizatsiyalash (AS) usullarini tanlash vaqtida, normal sharoitda generatorni sistemaga o'zi sinxronlanuvchi usulda, ulash mumkinligini tekshirish kerak (ya'ni generator quvvatida keskin etishmrvcilik bo'lganda). Bunday tekshiruv uchun.

a). Sinxronlovchi generator ulanish shart bo'lgan sistemaning ekvivalent almashtirish sxemasini tuzish va sxemaga tegishli bo'lgan barcha elementlarning qarshiligini, kuchlanishini 1-pog'onagan keltirilgan yoki bazis qiymatiga keltirish, NAQU hisobida ko'rsatilganidek. Bunda generatorlarning qarshiligi va EYUK sxemaga o'zining o'tkinchi qiymatlari X_d' va E_q' bilan kiritish. Bazis kuchlanish o'rniga sinxronlovchi generator nominal kuchlanishini olish maqsadga muvofiq. Hisobda esa

solishtirma sistema birligida bazis o'rniga shu generatorning nominal quvvatini olish kerak;

b). Sxemani 4.1-rasmdagidek soddalashtirish. Bu yerda X'_d sinxronlovchi generatorning o'tkinchi qarshiligi; X'_s va E'_s —sistemaning o'tkinchi qarshiligi va EYUK (xisobni osonlashtirish maqsadida E'_s o'rniga sistema kuchlanishi U_s qabul qilinadi).



4.1-rasm

d). Noqo'zg'aluvchan generator ishlab turgan paytdagi tenglashtiruvchi tokning o'tkinchi qiymatini topish (EYUK nolga teng).

$$J'_{Teng.} = \frac{U_s}{X'_d + X'_s}$$

Quvvat defitsiti bo'lmagan paytda generatorni sistemaga o'zi sinxronlanuvchi ulash imkoniyatini tekshirish uchun $J'_{Teng.} \leq 3,5 \cdot J_{Nom}$, tengsizlik qanoatlantirilishi kerak. J_{Nom} —sinxronlovchi generatorning nominal toki.

Agar tengsizlik bajarilsa, gidrogeneratorlar uchun avtomatik, turbogeneratorlar uchun yarimavtomatik sinxronizatsiya qurilmasi qo'llaniladi. Bu qurilmalarda rele o'rnatmasining chastotalar farqi 1,0-1,5 Gs qabul qilinadi.

$J'_{Teng.} > 3,5 \cdot J_{nom}$ bo'lganda, elektrostansiya generatorlarini sistema bilan parallel ulash doimiy o'tib ketish burchagiga ega bo'lgan yarim avtosinxronizatorlar yordamida (turbogeneratorlar uchun) yoki o'tib ketish burchagining doimiy vaqtiga ega bo'lgan avtosinxronizatori bilan ulanadi.

Eslatib o'tish joizki, avtomatikani qo'llashda, qo'lda sinxronlash ishlatilmaydi, shuningdek, sistemada quvvat etishmovchiligi ortib ketganda generatorlarni sistemaga o'zidan ishga tushish usulida ulashga ruxsat beriladi. Qachonki, sirpanish tenglashtiruvchi tok qiymatiga bog'liq bo'lmagan holda 20% gacha bo'lganida.

Sinxronizatsiyani hisoblash sinxronizatsiya parametrlarini aniqlashdan iborat, ya'ni sirpanishning hisobiy chastotasi (ω_{hch}) va ruxsat etilgan xatolik burchagi ($\delta_{Rux.xato}$) va sinxronizator o'rnatmasini tanlash.

Ruxsat etilgan xatolik burchagi

$$\delta_{Rux.Xato} = 2 \arcsin \frac{i_{Teng.Rux.} (X''_d + X_{SV} + X'_s)}{3,6 \cdot \sqrt{2} \cdot E''_q}$$

bu erda: $i_{Teng.Xato}$ - tenglashtiruvchi tok turtkisining ruxsat etilgan qiymati;

X_d'' va E_q'' - o'ta o'tkinchi qarshilik va EYUK generator uchun;

X_s - sistema qarshiligi;

X_{sv} - sistema bilan bog'langan generator qarshiligi.

Sirpanishning hisobiy chastotasi taxminan quyidagilardan aniqlanadi: O'tib ketishning doimiy burchagidagi sinxronizator uchun

$$\omega = \frac{\delta_{Rux.Xato}}{t_{UU}},$$

bu yerda: t_{UU} - generator (yoki blok) zanjiridagi uzgichni ulash vaqti;

operejeniyani doimiy vaqtidagi sinxronizator uchun -

$$\omega_{\delta r} = \frac{\delta_{Rux.Xato}}{\Delta t_{UU} + \Delta t_s},$$

bu yerda Δt_{UU} - uzgichni ulash vaqtidagi tanlash;

Δt_s - avtosinxronizator operejeniyasi relesining xatoligi.

Keyin sirpanishning hisobiy chastotani hisoblangan qiymatini tekshirish amalga oshiriladi.

$$\cos \delta_{cheg.} = \cos \delta_{cheg.xato} - 157 \cdot T_j \cdot \left(\frac{\omega_{SR}}{\omega_N}\right)^2 \cdot (X_d' + X_{SV*} + X_{S*}),$$

bu yerda: $\delta_{cheg.}$ - generatorning sistemaga ulangandan keyingi rotorining chegaraviy qochish burchagi;

$\delta_{Cheg.Xato}$ - ruxsat etilgan burchak xatoligi;

T_j - sinxronizatsiyalovchi agregatning inersiya doimiysi;

ω_{SP} - sirpanishning hisobiy chastotasi;

ω_N - nominal chastota;

X_d', X_{SV*}, X_{S*} - sistemaning, generatorning va uning sistema bilan bog'lanish qarshiligini keltirilgan qiymatdagi o'ta-o'tkinchi qarshiligi (generatorning nominal parametrlari qiymatiga keltirilgan).

Agar hisoblashda $\cos \delta_{cheg.} < -1$ bo'lsa, unda ω_{SR} ning qiymati $\cos \delta_{cheg.} \geq -1$ tengsizlik qanoatlantirilguncha kamaytirish kerak.

Sinxronizatsiyaning ma'lum qiymatlarida operejeniyaning doimiy burchagi sinxronizator o'rnatmasi quyidagicha topiladi:

Vaqt relesi o'rnatmasi (t_K) ni $t_K = 0,3 - 0,5s$ deb qabul qilinadi.

Minimal kuchlanish relesi o'rnatmasi

$$U_{Or2} = 2 \cdot U_N \cdot \sin \frac{\omega_{SR} \cdot t_{UU}}{2},$$

bu yerda: U_N - kuchlanish transformatorining ikkilamchi nominal kuchlanishi;

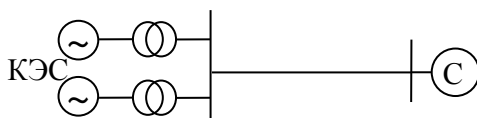
$$U_{o'r1} = 2 \cdot U_N \cdot \sin \frac{\omega_{SR} \cdot (t_K \cdot t_{UU})}{2}.$$

Doimiy ilgarilanma burchakli sinxronizatorida ilgarilanma burchak $t_{il.} = t_{UU}$ deb qabul qilinadi, chastotalar farqini boshqaruvchi rele o'ratmasi $U_{o'r.KB} = (0,1-0,15)$, qaytish relesi kuchlanish «chastota qo'shadi» va rele «chastota kamaytiradi» $U_{Ch.K.K.} = U_{Ch.K.K.} = (0,05-0,1) \cdot U_N$, kontur vaqt relesini $t_{imp} = 0,2-0,3s$.

5. SINXRONIZATSIYANI HISOBLASHGA OID MISOL

KES generatorini o'zi sinxronlash usuli bilan ulash imkoniyatini tekshirish. KES cheksiz quvvatli sistema bilan bog'langan ($S_s = \infty$). EUL kuchlanishi $U_L = 110kV$ va uzunligi $l = 100km$. Elektrostansiyada ikkita blok TVF-60-2 generatori va TDS-80 tipidagi transformatoriga ega. EULda VMK-110 uzgichlari o'rnatilgan (5.1-rasmda prinsipial sxema ko'rsatilgan).

SHu KES generatorlarini parallel ishlashga ulash uchun doimiy ilgarilanma burchakli yarim avtosinxronizator o'ratmasini tanlash.



5.1-rasm

Yechish.

Generator va transformatorlar parametrlarini oldingi masalada ko'rib chiqilgan (1-masala, 3-bo'lim).

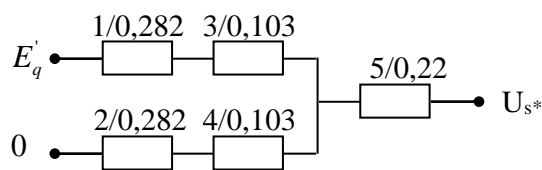
Generator parametrlari: quvvat $S_{Nom} = 75$ MVA; kuchlanishi $10,5kV$; quvvat koeffitsiyenti $\cos \varphi = 0,8$; o'ta-o'tkinchi qarshilik $X'_d = 0,195$; o'tkinchi qarshilik $X'_d = 0,282$; inersiya doimiysi $T_j = 15s$.

Transformator parametrlari: quvvati $S_{Nom} = 80$ MVA; qisqa tutashuv kuchlanishi $e = 11\%$;

VMKning uzi ulanish vaqti $t_{UU} = 0,18s$

Hisobni keltirilgan qiymatlar sistemasida olib boramiz. Bunda har bir manbalar EYUKlar o'zaro teng. Bazis qiymatlar: $U_B = 10,5kV$; $S_B = S_{Nom,gen} = 75MVA$. Bunda $I_B = I_{Nom} = 188A$.

Generatorlarning o‘tkinchi qarshiliklarini kiritib, ekvivalent almashtirish sxemasini tuzamiz (5.2-rasm). Buning uchun barcha elementlar qarshiliklarini bazis qiymatga keltiramiz.



5.2-rasm

Generator qarshiligi –

$$X_1 = X_2 = X_d'' \frac{S_B}{S_{Nom}} = 0,282 \frac{75}{75} = 0,282.$$

Transformator qarshiligi -

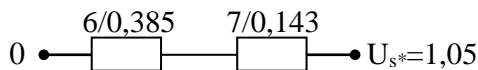
$$X_3 = X_4 = \frac{e_k \%}{100} \cdot \frac{S_B}{S_{Nom}} = \frac{11}{100} \cdot \frac{75}{80} = 0,103.$$

Elektr uzatish liniyalari qarshiligi -

$$X_5 = X_{Sol} \cdot l \cdot \frac{S_B}{U_{Or}^2} = 0,4 \cdot 100 \cdot \frac{75}{115^2} = 0,227.$$

Sistemani nisbiy kuchlanishini 1,05 deb qabul qilamiz.

Sxemani soddalashtirib 5.3-rasm ko‘rinishiga keltiramiz. Bu yerda



5.3-rasm

$$X_6 = X_2 + X_4 = 0,282 + 0,103 = 0,385;$$

$$X_7 = \frac{(X_1 + X_3) \cdot X_5}{X_1 + X_3 + X_5} = \frac{(0,282 + 0,103) \cdot 0,227}{0,282 + 0,103 + 0,227} = 0,143.$$

Generatorning o‘tkinchi tenglashtiruvchi tokini nisbiy qiymati

$$J'_{teng*} = \frac{U_{S*}}{X_{\Sigma}} = \frac{1,05}{0,385 + 0,143} = 1,99 < J_{Dop*} = 3,5.$$

Ketma-ket KES generatorini sistema bilan parallel ishlash uchun ulash mumkin, o‘z-o‘zini sinxronlash usuli bilan.

5.2-rasmda generator qarshiligi X_1 va X_2 larni o‘ta-o‘tkinchi qarshilik $X_d'' = 0,195$ ga almashtiramiz va

$$X_7 = \frac{(X_1 + X_3) \cdot X_5}{X_1 + X_3 + X_5} = \frac{(0,195 + 0,103) \cdot 0,227}{0,195 + 0,103 + 0,227} = 0,129.$$

Generator o‘ta-o‘tkinchi EYUKning nisbiy qiymati

$$E_q'' = (1 + X_d'' \sin \varphi_N) \cdot U_{Nom*} = (1 + 0,195 \cdot 0,6) \cdot 1 = 1,12.$$

Tenglashtiruvchi tok turkisi oʻrniga generator nominal tokining amplitudasi olinadi (nisbiy qiymati $i_{Dop} = \sqrt{2}$), ruxsat etilgan burchak xatolik qiymatini topamiz.

$$\delta_{cheg.rux.} = 2 \arcsin \frac{i_{dop} \cdot (X_d'' + X_{SV*} + X_{S*})}{3,6 \cdot \sqrt{2} \cdot E_q''} = 2 \arcsin \frac{\sqrt{2} \cdot (0,195 + 0,103 + 0,129)}{3,6 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,12} = 12^{\circ}.$$

Sirpanishning hisobiy chastotasi

$$\omega_{SR} = \frac{\delta_{cheg.rux.}}{t_{UU}} = \frac{12}{0,8} = 66,7^{\circ} / s.$$

ω_{SR} ning olingan qiymatini ruxsat etilganligini tekshiramiz.

Buning uchun generator rotorining chegaraviy yugurishining kosinusini topamiz

$$\cos \delta_{cheg.} = \cos \delta_{cheg.xato} - 157 \cdot T_j \cdot \left(\frac{\omega_{SR}}{\omega_N}\right)^2 \cdot (X_d' + X_{SV*} + X_{S*}) =$$

$$= \cos 12^{\circ} - 157 \cdot 15 \cdot \left(\frac{66,7}{18000}\right)^2 \cdot (0,282 + 0,103 + 0,143) = 0,976$$

$$(\omega_n = 360 \cdot f_{nom} = 360 \cdot 50 = 18000^{\circ} / s).$$

Demak, $\cos \delta_{cheg.} = 0,976 > -1$, oldin topilgan ω_{SR} qiymatida KES blokini sistemaga asinxron kirishni ulashni ta'minlab beradi.

Sinxronizator vaqt relesi oʻrnatmasini $t_K = 0,5s$ qabul qilib, relening ishlash kuchlanishini topamiz.

$$U_{or2} = 2 \cdot U_N \cdot \sin \frac{\omega_{SR} \cdot t_{UU}}{2} = 2 \cdot 100 \cdot \sin \frac{66,7 \cdot 0,18}{2} = 21V$$

$$U_{or1} = 2 \cdot U_N \cdot \sin \frac{\omega_{SR} \cdot (t_K \cdot t_{UU})}{2} = 2 \cdot 100 \cdot \sin \frac{66,7 \cdot (0,5 \cdot 0,18)}{2} = 77V$$

1-ilova

Ikki tomonlama kuchlanish bilan ta'minlovchi AQU liniyani hisoblash uchun variantlar jadvali

N_{re}	Generator turi	Generator quvvati MVT	Bloklar soni	Liniya kuchlanishi kV	Liniya uzunligi km	Berk liniyalar quvvati	Tizim qarshiligi Om	Ximoya turi EUL
1.	Gidro-generator	50	4	110	50	40	5	Maso-fali
2.	-<<-	30	4	110	60	30	7	-<<-

3.	-<<-	50	6	220	120	60	10	-<<-
4.	-<<-	60	3	110	70	20	4	-<<-
5.	-<<-	40	2	110	40	0	4	-<<-
6.	Turbogenerator	60	4	220	100	80	12	Yuqori chastotali
7.	-<<-	80	4	220	120	60	10	-<<-
8.	-<<-	30	8	110	70	60	5	Masofali
9.	-<<-	60	6	220	150	100	10	-<<-
10	-<<-	40	4	110	80	80	3,5	-<<-

1. Elektr ulanish sxemasi 3.1.-rasmda ko'rsatilgan.
2. Hisobot uchun etishmagan ma'lumotlar spravochnikdan olinadi.

2-ilova

Halqasimon tarmoqning AQU liniyaning hisoblash uchun variantlar jadvali

№	GES ning quvvati MVt	GESdagi bloklar soni	KESni quvvati MVt	KESni agregatlar soni	Tizim qarshiligi, Om	EULni kuchlanishi, kV	EUL ni uzunligi, km						
							L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6	L-7
1.	60	2	100	2	0,5	35	15	25	20	20	20	15	35
2.	60	3	80	2	0,6	35	15	15	15	18	17	25	12
3.	100	4	90	3	0,7	35	14	19	16	15	25	25	20
4.	100	2	180	3	5	110	30	35	25	40	30	40	40
5.	95	3	90	3	4,2	110	25	35	30	30	45	45	45
6.	120	4	100	2	5,8	110	20	30	35	25	50	50	38
7.	120	2	125	2	6	110	15	25	40	40	35	48	47

8.	145	2	300	3	18	220	60	70	70	80	70	10 0	45
9.	180	2	300	2	20	220	40	80	80	90	60	95	55
10.	200	2	252	4	19, 6	220	50	75	70	10 0	45	85	70

Eslatma:

1. Generator va transformator quvvatini hisobot uchun spravochnikdan olinadi.
2. EULning qarshiligini 0,4 Om/km deb qabul qilamiz.
3. Xisobiy sxema 3.10-rasmda ko'rsatilgan

Adabiyotlar ro'yhati

1. Автоматизация электроэнергетических систем: Учебное пособие для вузов/ О.П. Алексеев, В.Л.Козис, В.В.Кривенков и др.; Под ред. В.П.Морозкина и Д.Энгелаге - М.: Энергоатомиздат, 1994.- 448 с.,ил.
2. Электротехнический справочник: Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии./ Под общ. ред. профессоров МЭИ. – М.: Издательство МЭИ, 2004, 964 с.
3. Электротехнический справочник: Т. 3. Кн. 1. Производство и распределение электрической энергии./ Под общ. ред. профессоров МЭИ. – М.: Энергоатомиздат, 1988, 880 с.
4. Барзам А.В. Системная автоматика. –М: Энергия.1973
5. Беркович М.А., Комаров А.Н., Семенов В.А. Основы автоматизации энергосистем.
6. Павлов Г.М. Автоматизация энергетических систем.
7. Дроздов А.Д. и др. Автоматизация энергосистем. –М: Энергия.1977

Qo'shimcha

1. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: справочные материалы для курсового и дипломного проектирования, учебное пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
2. www.5ballov.ru
3. www.informenergo.ru