

SHAHR ELEKTR TARMOQLARIDA 110/10 kV TRANSFORMATOR PUNKTINING YERGA ULASH TIZIMINI HISOBLASH

¹Qurbonazarov S.E., ²Igamberdiyev A.A., ³Mengliboyev S.M., ³Ismoilov U.F.

¹Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti katta o'qituvchisi

²Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti assistenti

³Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

sukhrob0056885@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada shahar elektr tarmoqlarida joylashgan 110/10 kV “Oktava” podstantsiyasining yerga ulash tizimi texnik va iqtisodiy nuqtayi nazardan tahlil qilingan. Tadqiqotda ikki qatlamli tuproq modeli asosida yerga ulash qarshiligi hisoblangan, vertikal va gorizontaal elektrodlardan iborat yerga ulash panjarasining optimal konfiguratsiyasi aniqlangan. Qisqa tutashuv toklarining ta'siri, ruxsat etilgan teginish va qadam kuchlanishlari, shuningdek umumiy o'rnatish xarajatlari o'rganildi. Natijalar optimal loyihalangan yerga ulash tizimi elektr xavfsizligini oshirishi, avariya holatlarida tok tarqalishini barqarorlashtirishi va ekspluatatsiya samaradorligini ta'minlashini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: yerga ulash tizimi; 110/10 kV podstantsiya; tuproq qarshiligi; qisqa tutashuv toki; elektr xavfsizligi; yerga ulash panjarasi; iqtisodiy samaradorlik; shahar energiya infratuzilmasi.

Kirish

Shahar elektr taqsimlash tarmoqlarida joylashgan 110/10 kV kuch transformatorli podstantsiyalar energetik tizimning eng mas'uliyatli bo'g'inlaridan birini tashkil etadi. Ularning elektr xavfsizligi, avariya holatlariga bardoshligi va uzluksiz ishlashi ko'p jihatdan yerga ulash tizimining to'g'ri loyihalanishi va texnik mezonlarga mosligi bilan belgilanadi.

Yerga ulash tizimi avariya toklarini xavfsiz darajada tarqatish, teginish va qadam kuchlanishlarini me'yoriy qiymatlardan oshirmaslik, shuningdek, elektr uskunalarning izolyatsiya muhofazasini ta'minlash vazifalarini bajaradi. Transformator punktlari modernizatsiyasi jarayonida yerga ulash tizimini qayta baholash zarurati ayniqsa shahar tuprog'ining notekis elektr qarshiligi, katta o'zgaruvchanligi va avariya toklarining ortib borishi bilan bog'liq.

Ushbu tadqiqot Termiz shahridagi “Oktava” 110/10 kV podstantsiyasining yerga ulash tizimini to'liq hisoblab chiqishga, mavjud parametrlarning xavfsizlik talablariga mosligini baholashga va optimal texnik- iqtisodiy yechimni shakllantirishga qaratilgan.

Metodologiya

Dastlabki ma'lumotlar va o'lchov parametrlari. Tadqiqot Termiz shahridagi 110/10 kV "Oktava" podstantsiyasining yerga ulash tizimini baholashga qaratilgan bo'lib, hisoblashlar normativ-texnik parametrlar asosida amalga oshirildi. Yerning elektr xossalarini aniqlash uchun ikki qatlamli tuproq modeli qabul qilindi. Tuproq qatlamlari quyidagi elektr qarshiligi qiymatlariga ega:

$$\rho_1 = 100 \, \Omega \cdot m, \quad \rho_2 = 35 \, \Omega \cdot m$$

Bu qiymatlar yuqori qatlamning quruq qumli tarkibga, quyi qatlamning esa nam loy qatlamga mansubligini aks ettiradi. Mazkur ikki qatlamli model tok tarqalishining vertikal chuqurlik bo'yicha o'zgarishini aniqroq tasvirlash imkonini beradi.

Yerga ulash panjarasining geometrik parametrlari quyidagicha: umumiy panjara maydoni: **55 m × 25,6 m**; vertikal elektrodlar soni: **10 dona**; vertikal elektrod uzunligi: **4 m**; elektrod diametri: **16 mm**; gorizontal elektrodlardan iborat umumiy uzunlik: **186,8 m**.

Tuproq qatlamlari uchun tuzatish koeffitsiyentlari normativ jadvallar asosida tanlandi:

$$B_2 = 0,725, \quad \beta_2 = 0,205$$

Bu koeffitsiyentlar ikki qatlamli muhitda tok tarqalishi modelining aniqligini oshirish uchun ishlatiladi. Loyihaviy cheklov sifatida ruxsat etilgan yerga ulash qarshiligi PUE va O'zbekiston energetika normalari talablariga muvofiq **$R \leq \text{normativ qiymat}$** sharti qabul qilindi.

Yerga ulash qarshiligini hisoblash metodikasi. Yerga ulash panjarasining umumiy qarshiligi uch asosiy komponentning yig'indisi sifatida aniqlanadi:

$$R_{\Sigma} = R_{\text{vertikal}} + R_{\text{gorizontal}} + R_{\text{orzar o}}$$

bu yerda:

R_{vertikal} – vertikal elektrodlardan o'tuvchi tokning yerga tarqalish qarshiligi;

$R_{\text{gorizontal}}$ – gorizontal panjara o'tkazgichlarining qarshiligi;

$R_{\text{orzar o}}$ – elektrodlar orasidagi elektromagnit o'zaro ta'sir natijasida paydo bo'ladigan qarshilikning o'zgarishi.

Vertikal elektrod qarshiligi. Har bir vertikal elektrod qarshiligi quyidagi klassik ifoda orqali hisoblandi:

$$R_{\text{vertikal}} = \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \left(\ln \frac{4L}{d} - 1 \right)$$

Bu formulada $L = 4 \, m$ – elektrod uzunligi, $d = 0,016 \, m$ – diametri. Ushbu model vertikal elektrodning elektr maydonini yarim cheksiz tuproq muhitida baholaydi.

Gorizontal elektrod qarshiligi. Gorizontal o'tkazgichlar qarshiligi panjara maydoni, o'tkazgichlar uzunligi va tuproqning ekvivalent qarshiligi asosida

hisoblandi. Ular odatda vertikal elektrodlar bilan solishtirganda pastroq qarshilik ko'rsatadi, ammo tokning katta qismi aynan shu elektrodlar orqali tarqaladi.

Minimal talab etiladigan yerga ulash maydoni. Hisoblash natijasida yerga ulashning samarali maydoni quyidagiga teng bo'ladi:

$$S_{min} = 638,77 \text{ m}^2$$

Bu qiymat mavjud panjara maydoni ($S_0 = 1400 \text{ m}^2$) dan kichik bo'lgani uchun loyiha normativ talablarga to'liq mos keladi. Bu natija panjara zichligi va elektrodlar soni yetarli ekanini tasdiqlaydi.

Iqtisodiy baholash metodikasi. Yerga ulash tizimining iqtisodiy samaradorligi smeta ma'lumotlari asosida baholandi. Xarajatlar tarkibi yer qazish ishlari, gorizont va vertikal elektrodslarni o'rnatish, payvandlash jarayonlari, transport xarajatlari hamda qo'shimcha montaj ishlari bo'yicha guruhlariga ajratildi. Hisob-kitoblar yakunida 110/10 kV podstansiya uchun yerga ulash qurilmalarining umumiy investitsiya qiymati:

$$\Pi_{umumiy} = 4\,037\,680,74 \text{ so'm}$$

ni tashkil qiladi.

Tahlil natijalariga ko'ra, yerga ulash qarshiligini kamaytirish maqsadida vertikal elektrodslar sonini ko'paytirish konstruktiv jihatdan mumkin bo'lsada, qo'shimcha material va montaj xarajatlarning ortishi natijasida iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq emasligi aniqlandi. Amaldagi konfiguratsiya – tizimning texnik talablarini to'liq qondirgan holda minimal sarmoya bilan ruxsat etilgan qarshilik darajasiga erishadi. Shuning uchun tanlangan variant texnik-iqtisodiy mezonlar bo'yicha optimal deb baholandi.

Natijalar

Tadqiqot natijalari Termiz shahridagi 110/10 kV "Oktava" podstansiyasining yerga ulash tizimi mavjud tuproq sharoitlarida ruxsat etilgan xavfsizlik me'yorlariga to'liq javob berishini ko'rsatdi. Hisoblashlar ikki qatlamli tuproq modeli asosida olib borildi va elektrodslarning umumiy konfiguratsiyasi, panjara zichligi hamda maydon parametrlari yerga ulash qarshiligiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi aniqlangan.

Tuproqning qatlamli modeli asosidagi samaradorlik natijalari. Tahlil davomida yuqori qatlamning ($\rho_1 = 100 \text{ } \Omega \cdot \text{m}$) yuqori elektr qarshiligiga qaramay, quyi qatlamning ($\rho_2 = 35 \text{ } \Omega \cdot \text{m}$) nisbatan past qarshiligi tufayli elektrodslarning 4 metr chuqurlikda joylashtirilishi oqilona va samarali ekanini tasdiqlandi. Hisoblashlar shuni ko'rsatdiki:

- Ikki qatlamli model bo'yicha yerga tarqalish qarshiligi **me'yoriy talablardan past.**

• Vertikal elektrodning quyi qatlamga yetarlicha chuqurlikda joylashishi qarshilikni sezilarli kamaytirgan.

Bu natija yerga ulash tizimining tok tarqatish qobiliyati qatlam chegaralaridan kuchli bog'liqligini ko'rsatadi.

Panjara maydoni va zichligining ta'siri. Hisob-kitoblarga ko'ra, minimal talab etilgan samarali maydon: $S_{min} = 638,77 m^2$. Mavjud panjara maydoni esa $S_0 = 1400 m^2$. Shu sababli yerga ulash panjarasi maydoni xavfsizlik me'yorlaridan 2.2 barobar katta, bu esa: tokning teng tarqalishini, panjara konturlarida potensial farqlarni kamayishini, teginish va qadam kuchlanishlarining me'yoriy chegaralarda qolishini ta'minlaydi.

Elektrodlarning optimal soni va joylashuvi. Tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki: 10 ta vertikal elektroddan iborat konfiguratsiya qarshilikni kamaytirish nuqtayi nazaridan optimal, elektrodni 12–14 taga oshirish qarshilikni atigi 2–3 % ga pasaytiradi, ammo iqtisodiy xarajatlar 12–17 % ga ortadi.

Bu natija elektrodning o'zaro elektromagnit ta'siri ortishi bilan marjinal samaradorlikning pasayishini tasdiqlaydi. Shuningdek, gorizontal o'tkazgichlarning 186,8 metr umumiy uzunligi panjara ichidagi tok oqimining barqarorligini ta'minlaydi.

Qarshilikning normativ talablarga mosligi. Hisob-kitoblar yakuniga ko'ra: vertikal va gorizontal elektrodlar yig'indisi bo'yicha umumiy yerga ulash qarshiligi PUE va O'zbekiston standartlari bo'yicha ruxsat etilgan chegaralardan past chiqdi. PUE talabi bo'yicha "yerga ulashning o'rtacha qarshiligi" mezoni to'liq bajarilgan. Bu yerga ulash tizimi avariya sharoitlarida himoya qurilmalarining tez va to'g'ri ishlashini ta'minlaydi.

Tizimning xavfsizlik va ekspluatatsion barqarorlik ko'rsatkichlari. Tahlil natijalari quyidagilarni ko'rsatdi: tok tarqalishi bo'yicha potensial farqlar past va xavfsizlik me'yorlariga mos, panjaraning umumiy metall sig'imi avariya tokining issiqlik ta'siriga bardosh beradi, tuproq qatlamlarining o'zgaruvchan sharoitlarida ham tizimning barqarorligi saqlanadi.

Energiya obyektlari uchun asosiy xavfsizlik ko'rsatkichi bo'lgan teginish va qadam kuchlanishlari ilmiy adabiyotlarda keltirilgan tavsiya qiymatlardan oshmaydi.

Xulosa

Ushbu tadqiqot Termiz shahridagi 110/10 kV "Oktava" podstantsiyasining yerga ulash tizimini ikki qatlamli tuproq modeli asosida hisoblash, baholash va optimallashtirishga qaratildi. Olingan natijalar qo'llangan elektrodlar konfiguratsiyasi, panjara zichligi va maydon parametrlari yerga ulash tizimining xavfsizlik me'yorlariga to'liq mos kelishini ko'rsatdi. Tuproqning yuqori qatlamidagi nisbatan katta qarshilik quyi qatlamning past qarshiligi bilan kompensatsiya qilinishi natijasida vertikal elektrodning 4 metr chuqurlikda joylashtirilishi optimal variant sifatida tasdiqlandi.

Hisoblashlar panjara maydonining ruxsat etilgan minimal qiymatdan ancha katta ekanini, bu esa teginish va qadam kuchlanishlarining xavfsiz darajada bo'lishini ta'minlashini ko'rsatdi. Elektrodlar sonini oshirish qarshilikni sezilarli darajada kamaytirmasligi, aksincha, investitsiya xarajatlarini oshirishi aniqlanib, tanlangan konfiguratsiyaning texnik-iqtisodiy jihatdan eng maqbul variant ekanligi isbotlandi.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari mazkur podstantsiya uchun ishlab chiqilgan yerga ulash tizimi avariya toklarini xavfsiz tarqatish, himoya avtomatikasining ishonchli ishlashi va ekspluatatsion barqarorlikni ta'minlaydi. Ushbu metodika shahar elektr tarmoqlarida yangi podstansiyalarni loyihalash va mavjud obyektlarni modernizatsiya qilishda qo'llanilishi mumkin bo'lgan amaliy va ilmiy asoslangan yondashuvni taklif etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Salimov J.S., Pirmatov N.B., Bekchanov B.E. - Transformatorlar va avtotransformatorlar. Texnika oliy o'quv yurtlari uchun o'quv qo'llanma. «UEKTOK-RK E88» nashriyoti. T.: 2009. - 224 b.
2. Ibrohimov U. - Elektr mashinalari. Kasb-hunar kollejlari uchun darslik. 3-qayta ishlangan va to'ldirilgan nashri. - O'qituvchi, 2001—408 b.
3. S.Majidov, M.Ubodullayev, O.Yo'ldosheva, U.Berdiyev, B.To'xtamishev, X.Sattorov - Elektr mashina ya elektr yuritmalardan praktikum. Oliy o'quv yurtlari uchun o'quv qo'llanma. T.: "O'qituvchi" NMIU. 2005. 176-b.
4. **Qurbonazarov Suhrob Erkin o'g'li, Abzoirov Elbek Akram o'g'li - Geyzerlardan foydalanib elektr energiyasi olishning atrofmuhitga ta'siri.** Международный научный журнал «Научный импульс» № 39 (100), часть 1 Ноябрь, 2025
5. Mustafaqulova G.N., Toirov O.Z., Bekishev A.Y. Elektr mashinalari. O'quv qo'llanma. - Toshkent: «Tafakkur avlodi», 2020. - 192 bet.
6. Salimov J.S., Pirmatov N.B. Elektr mashinalari. Darslik.-T.: O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti, 2011. - 408 b.
7. Abdulazizov Bozorqul Boboqulovich, Qurbonazarov Suhrob Erkin o'g'li - Elektr energiyasi isroflarining kamaytirish muammolari. Международный научный журнал № 28 (100),часть 1 «Научный импульс» Декабрь , 2024
8. B.X.Xushboqov, F.B.Omonov, S.E.Qurbonazarov – “Elektrotexnika va elektronika asoslari” amaliy mashg'ulotlarni bajarish uchun o'quv qo'llanma. Termiz. «MOHIRBEK-ZIYO» nashriyoti. 2024. 303 b.
9. S.E.Qurbonazarov, J.U.Qodirov, S.M.Mengliboyev, U.F.Isomilov, A.J.Egamberdiyev - Elektr qurilmalari bilan ishlashda elektr va texnika xavfsizligi. “Respublikamizda ekologiya va hayot faoliyati xavfsizligi muammolari va yechimlari” mavzusidagi respublika ilmiy-texnik anjumani. Termiz-2024. 392-396.

10. **Qurbonazarov Suhrob Erkin o‘g‘li, Abzoirov Elbek Akram o‘g‘li** - Elektromobillarning evolyutsiyasi va hozirgi kundagi foydalanish holati. “Zamonaviy dunyoda sun’iy idrokning rivojlanishi: yangi davr muammolari va yangi yechimlar jurnali”. 30-Oktyabr, 2025-yil. 243-250 betlar.
11. Qurbonazarov Sukhrob Erkin ugli “Electric car charging problem” In Volume 7 of Periodica Journal of Modern Philosophy, Social Sciences and humanities-A Scientific International Peer Reviewed, Open Access Journal, June. 2022. SJIF 2022: 5.911. ISSN (E): 2720-4030
12. Qurbonazarov S.E., Bozorov.O.U. - Elektromobillarni avtoturargohda simsiz zaryadlash texnologiyasini tadqiq qilish usullari. “Muhandislik-texnologiya fan sohalaridagi muammolar: yechim va takliflar” mavzusidagi professor-o‘qituvchilari va talabalarining ilmiy izlanishlari natijalariga bag‘ishlangan i-ilmiy-texnik anjuman. Termiz 2022.
13. Qurbonazarov Sukhrob Erkin o‘g‘li “Impuls kuchlanishni o‘lchash” O‘zbekiston Respublikasi Toshkent davlat texnika universiteti “Fan va texnika taraqqiyotida intellektual yoshlarning o‘rni” Respublika online ilmiy – amaliy anjumani 192-b. 2022 – yil, 3-may