



YUQORI KUCHLANISHLI HAVO LINIYALARIDA TOJLANISHNING PAYDO BO'LISH MEXANIZMI VA UNING SAMARALI BOSHQARISH USULLARI

Tovboyev A.A. ¹[0000-0003-2677-6977], **Tog'ayev I.B.** ²[0000-0002-4481-874X]

¹Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti "Elektr energetikasi" kafedrası professori
v.b., t.f.d. (DSc), E-mail: tovboyev70@mail.ru

²Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti "Elektr energetikasi" kafedrası katta
o'qituvchisi, E-mail: togayev.islom@mail.ru

Annotatsiya. Ushbu maqolada yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalarida tojlanish jarayonining paydo bo'lish mexanizmi, uning fizik asoslari hamda havo izolyatsiyasining ionlanish bilan bog'liq o'ziga xos xususiyatlari chuqur tahlil qilinadi. Tadqiqot davomida o'tkazgich atrofida shakllanadigan elektr maydonining intensivligi va uning kritik qiymatlardan oshishi natijasida vujudga keladigan ionlashgan qatlamning fazoviy kengayishi modellastirildi. Tahlillar shuni ko'rsatadiki, o'tkazgich diametri, fazalar oralig'i, atmosfera bosimi, namlik, harorat va muhitning ifloslanish darajasi tojlanish boshlanish kuchlanishining o'zgarishiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Maqolada shuningdek, tojlanish yo'qotishlarining elektr uzatish tizimining samaradorligiga ta'siri, ularni kamaytirishning konstruktiv va texnik usullari, shu jumladan elektr maydon taqsimotini optimallashtirish, o'tkazgich sirtining holatini boshqarish, samarali izolyatsiyalash va meteorologik omillarni hisobga olish bo'yicha yechimlar asoslab berilgan. Yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish tarmoqlarining energetik samaradorligini oshirish hamda quvvat isroflarini kamaytirish masalalarini chuqur o'rganish natijasida, tizimning barqaror va ishonchli ishlashini ta'minlashga qaratilgan ilmiy asosli tavsiyalarni shakllantirish imkoniyati yaratildi.

Kalit so'zlar: tojlanish jarayoni, elektr maydon intensivligi, havo izolyatsiyasi ionlanishi, yuqori kuchlanishli havo liniyalari, tojlanish boshlanish kuchlanishi, quvvat yo'qotishlari, o'tkazgich diametri, fazalar oralig'i, atmosfera sharoitlari, energiya samaradorligi, tojlanishni boshqarish usullari, elektr uzatish samaradorligi, izolyatsiya xususiyatlari, meteorologik omillar ta'siri, elektr maydon taqsimoti.

Аннотация. В представленной работе выполнено всестороннее исследование природы возникновения коронного разряда на воздушных линиях электропередачи высокого напряжения, а также детально рассмотрены основные электрофизические процессы, определяющие ионизацию газовой изоляции. Проанализированы особенности распределения электрического поля вблизи поверхности проводника, параметры критической напряжённости, инициирующей частичные разряды, и механизмы пространственного развития зоны ионизации. Установлено, что такие факторы, как геометрические характеристики проводника, межфазное расстояние, состояние атмосферы (давление, влажность, температурный режим), а также уровень загрязнённости окружающей среды оказывают значительное влияние на величину напряжения, при котором начинается корона. Дополнительно оценено воздействие коронных потерь мощности на энергетическую эффективность линий электропередачи и их эксплуатационные параметры. Обоснованы технически целесообразные подходы к снижению коронных потерь, включающие корректировку распределения электрического поля, улучшение состояния поверхности проводников, повышение качества изоляционных систем и учёт метеорологических условий при эксплуатации воздушная линия. Полученные выводы формируют научно-техническую базу для повышения энергоэффективности, надёжности и длительной стабильности воздушных линий электропередачи высокого напряжения.

Ключевые слова: коронный разряд, напряжённость электрического поля, ионизация воздушной изоляции, воздушные линии электропередачи высокого напряжения, напряжение начала короны, потери мощности, диаметр проводника, расстояние между фазами, атмосферные условия, энергоэффективность, методы снижения коронных потерь, работа линий электропередачи, характеристики изоляции, влияние погодных факторов, распределение электрического поля.

Annotation. This article presents an in-depth examination of the corona discharge mechanism arising on high-voltage overhead transmission lines and analyzes the fundamental physical processes associated with the ionization of air insulation. A comprehensive examination of the electric field configuration surrounding overhead line conductors has been performed, including the determination of the threshold field intensity responsible for initiating partial discharge activity and the subsequent development of the



ionized region in space. The findings indicate that factors such as conductor cross-section, interphase clearance, atmospheric density, moisture level, ambient temperature, and environmental pollution exert a significant influence on the voltage level at which corona inception occurs. The research further evaluates how corona-induced power dissipation affects the functional performance and overall efficiency of transmission networks. Several technically justified mitigation strategies are presented, including the refinement of electric field uniformity, improvement of surface conditions of conductors, application of advanced insulation techniques, and correction for meteorological variations.

Key words: corona discharge, electric field intensity, air insulation ionization, high-voltage overhead transmission lines, corona onset voltage, power losses, conductor diameter, phase spacing, atmospheric conditions, energy efficiency, corona mitigation methods, transmission performance, insulation characteristics, influence of weather factors, electric field distribution.

Kirish

Yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalarida kuzatiladigan tojlanish jarayoni elektr maydonining kritik qiymatlarga yetishi natijasida yuzaga keladigan murakkab fizik hodisadir.

Elektr maydoni o'tkazgich sirtida yetarlicha kuchayganda havo molekulalarining ionlanishi boshlanadi, natijada o'tkazgich atrofiga qisman razryadlanish zonasi hosil bo'ladi. Bu hodisa to'liq dielektrik yorilishi kabi umumiy buzilishga olib kelmaydi, balki faqat ma'lum hududda sodir bo'ladigan ionlanish bilan chegaralanadi. Shunga qaramay, u elektr uzatish jarayonining sifat ko'rsatkichlari va tarmoqning energiya tejamkor ishlashiga sezilarli darajada ta'sir ko'rsatishi mumkin. Ayniqsa kuchlanish darajasi 110 kV dan yuqori bo'lgan liniyalarda tojlanish jarayoni uzluksiz kuzatilishi mumkin bo'lib, u qo'shimcha aktiv va reaktiv quvvat yo'qotishlariga olib keladi. Tojlanishning paydo bo'lishi va rivojlanish intensivligi o'tkazgich diametri, fazalar oralig'i, sirtning silliqlik darajasi, atmosfera bosimi, havo zichligi, namlik, harorat, ifloslanish darajasi va shamol kuchi kabi ko'plab parametrlar bilan belgilanadi. Tashqi atmosfera sharoitlarida kuzatiladigan har qanday o'zgarishlar havo izolyatsiyasining elektr mustahkamligini belgilovchi asosiy omillar qatoriga kiradi va ular uning barqarorligini bevosita shakllantiradi. Masalan, tumanli, nam yoki changli ob-havo sharoitlarida tojlanish boshlanish kuchlanishi pasayadi, bu esa quvvat yo'qotishlarining keskin oshishiga sabab bo'ladi.

Zamonaviy elektr energiyasi uzatish tarmoqlarida quvvat oqimini samarali boshqarish, energiya tejamkorligini oshirish hamda ekologik talablarga javob beruvchi xavfsiz ishlashni ta'minlash borasidagi ehtiyojlar, tojlanish jarayonining fizik mazmunini va uning amaliy oqibatlarini yanada chuqur tadqiq etishni dolzarb vazifaga aylantirmoqda. Tojlanish oqibatida hosil bo'ladigan elektromagnit shovqinlar, ozon va azot oksidlarining shakllanishi, izolyatorlarning qarishi, o'tkazgich sirtining yemirilishi va quvvat yo'qotishlarining ortishi kabi xavflar elektr tizimining ishlash barqarorligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Shu bois, tojlanish hodisasini aniqlash, uning paydo bo'lishiga sabab bo'ladigan chegaraviy omillarni baholash, elektr maydonining fazoviy taqsimlanishini matematik aniqlik bilan hisoblash hamda uni barqaror boshqarishning samarali usullarini ishlab chiqish zamonaviy elektr energetika tizimlari uchun ilmiy va amaliy ahamiyatga ega dolzarb vazifa sifatida qaraladi. Tajriba o'lchovlari va matematik modellashtirish asosida olingan natijalar yuqori kuchlanishli havo liniyalarining konstruksion parametrlarini optimallashtirish, o'tkazgichlarning samarali turlarini tanlash, fazalararo masofani belgilash, izolyatsiya sifatini yaxshilash hamda quvvat yo'qotishlarini kamaytirish strategiyalarini shakllantirish imkonini beradi.

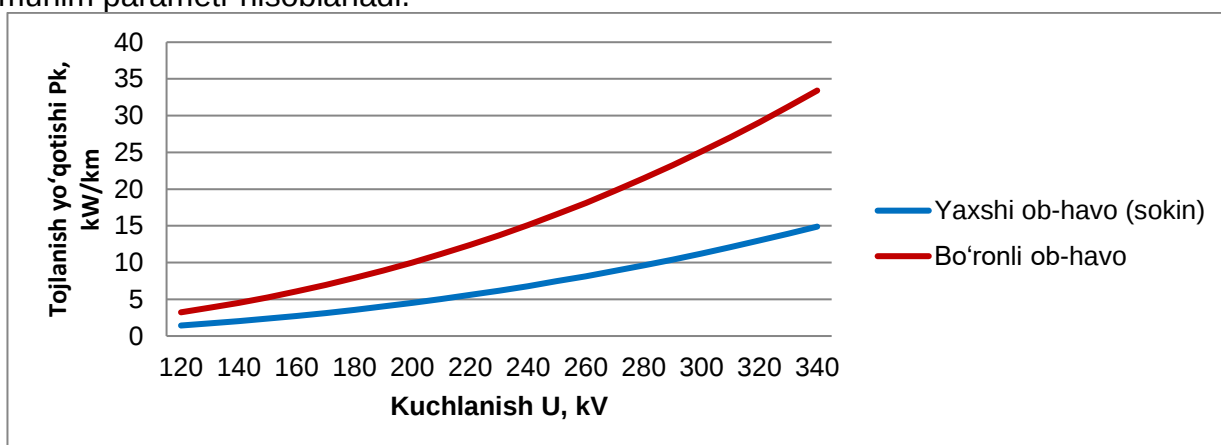
Ushbu ilmiy ish yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalarida tojlanishning fizik tabiatini batafsil yoritadi, uning quvvat va energiya yo'qotishlariga keltiradigan ta'sir



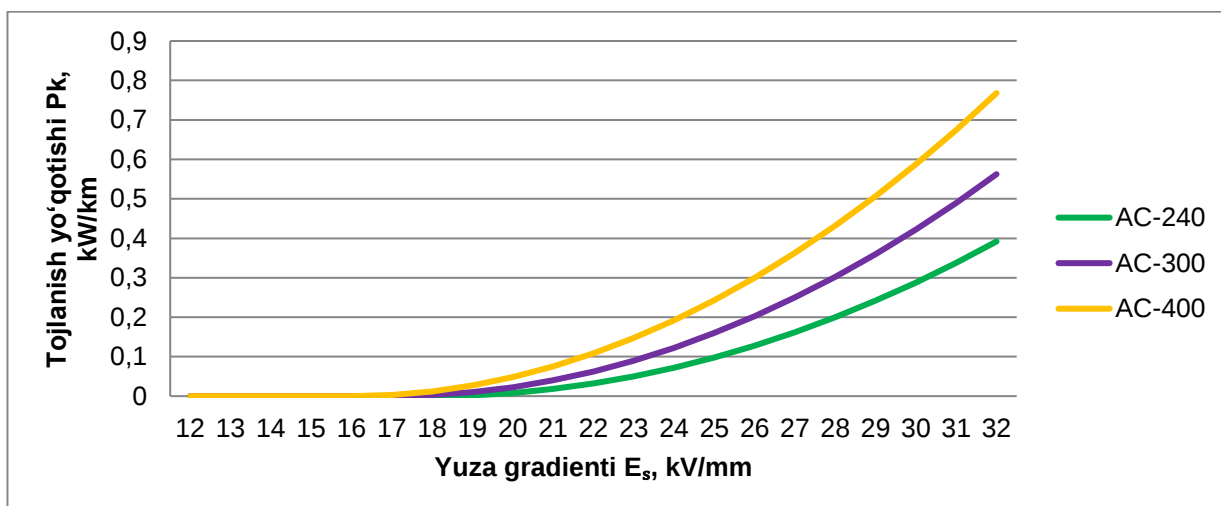
mexanizmlarini baholaydi hamda tizim samaradorligini oshirishga yo'naltirilgan ilmiy asoslangan boshqaruv konsepsiyalarini ilgari suradi [1–2].

Asosiy qism

Yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalarida o'tkazgich atrofida hosil bo'ladigan elektr maydonining kritik qiymatga yetishi havo molekulalarining ionlanishiga sabab bo'ladi. Elektr maydonining mahalliy kuchayishi natijasida erkin elektronlar tezlanadi va ular havo molekulalari bilan to'qnashib, ularni ionlashtiradi. Natijada yangi elektron–ion juftliklari hosil bo'lib, bu jarayonning ketma-ket rivojlanishi razryadning boshlanishini ta'minlaydi. Izolyatorning to'liq yorilishidan farqli ravishda, tojlanish jarayoni lokal, tarqoq va qisman xarakterga ega bo'lib, o'tkazgich yuzasi atrofida "ionlashgan qobiq" hosil qiladi [3]. Tojlanishning boshlanishini tavsiflovchi kuchlanish kritik kuchlanish deb yuritiladi. Uning qiymati o'tkazgich diametri (d) – diametr ortganda maydon sirt bo'yicha bir tekisroq taqsimlanadi va tojlanish boshlanish kuchlanishi oshadi. Fazalar oralig'i (D) – masofa kichik bo'lsa, fazalararo maydon kuchayadi va ionlanish tez boshlanadi. Atmosfera bosimi (p) va namlik (h) – past bosim (baland tog' sharoitlari) va yuqori namlik tojlanish kuchlanishini kamaytiradi. Tuman va changning mavjudligi elektr maydonining bir tekis taqsimlanishini buzadi, fazoviy noturg'unliklarni kuchaytiradi va natijada tojlanish jarayonining boshlanishini sezilarli darajada yengillashtiradi. Tojlanish boshlanish kuchlanishi kuchlanish darajasi 110–500 kV bo'lgan barcha liniyalarda muhim parametr hisoblanadi.



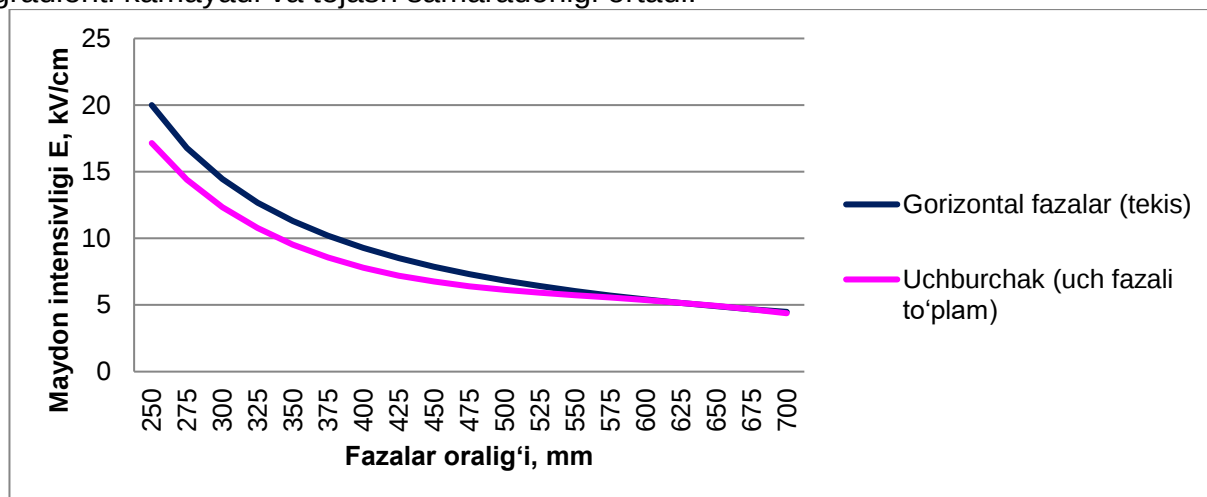
1-rasm. Kuchlanish va ob-havo sharoitida tojlanish yo'qotishlari.



2-rasm. O'tkazgich yuzasidagi maydon gradienti va tojlanish.

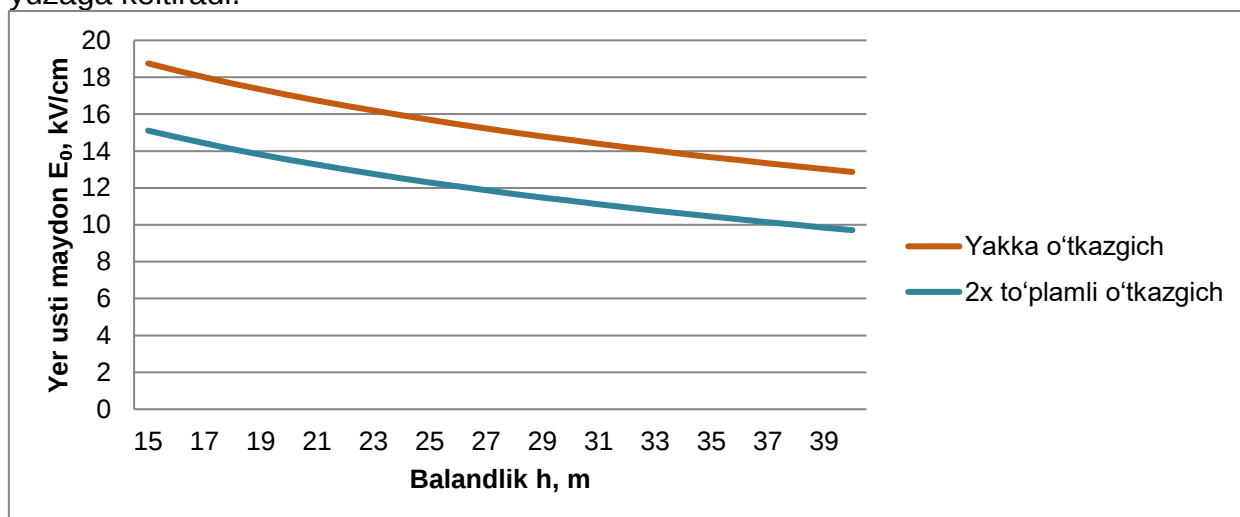


Tojlanish jarayoni kuchlanish oshishi bilan havoning elektr mustahkamligi kamayib borishi natijasida yuzaga keladi. Quruq ob-havo sharoitida havo ionlanishi sekin kechadi, shu sababli tojlanish yo'qotishlari past bo'ladi. Biroq yomg'ir, tuman yoki bo'ron kabi holatlarda havodagi ionlarning zichligi ortadi va o'tkazgich yuzasida elektr maydonining notekisligi kuchayadi. Natijada tojlanish boshlanish kuchlanishi pasayadi va yo'qotishlar keskin oshadi. O'tkazgich yug'onligi va uning yuzasidagi elektr maydon gradienti tojlanish jarayonining asosiy boshlang'ich sharti sanaladi. Kichik diametrli o'tkazgichlarda maydon gradienti yuqori bo'ladi, chunki radius kichik. Bu esa havoning ionlanish chegarasiga tezroq yetishga olib keladi. Diametri katta o'tkazgichlarda esa sirt gradienti kamayadi va tejash samaradorligi ortadi.



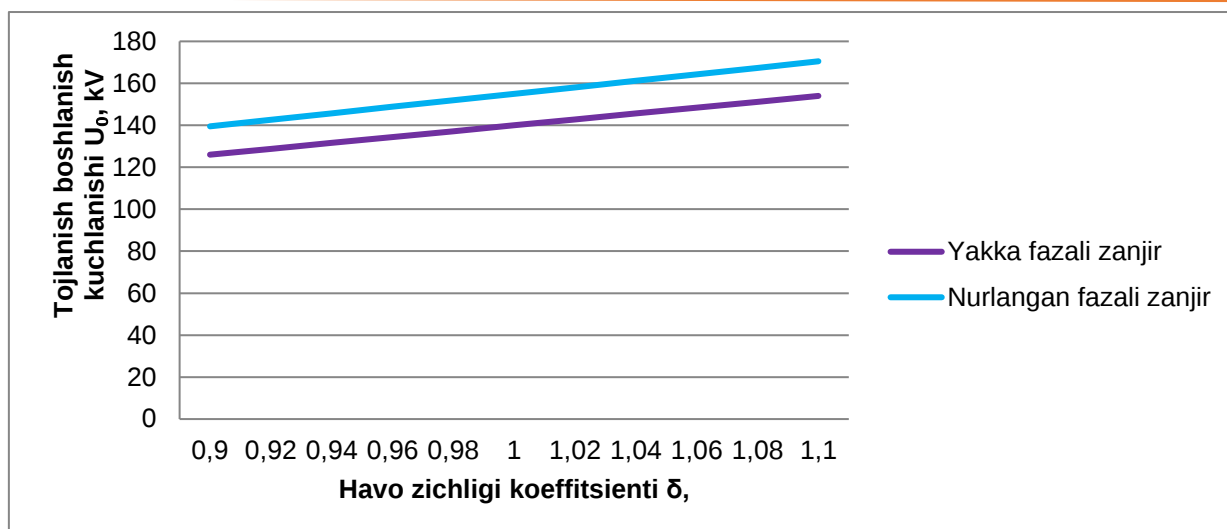
3-rasm. Fazalar oralig'i va elektr maydon intensivligi.

Fazalar orasidagi masofa oshishi bilan o'tkazgichlar atrofidagi elektr maydoni tarqaladi va intensivlik kamayadi. Atrof-muhit parametrlari o'zgarishi havo izolyatsiyasining elektr barqarorligi va chidamliligiga to'g'ridan-to'g'ri ta'sir ko'rsatadi. Uchburchak (trigonal) faza joylashuvi maydonning notekis taqsimlanishiga sabab bo'lib, lokal kuchlanish zonalarini yuzaga keltiradi.



4-rasm. O'tkazgich balandligi va yerga nisbatan elektr maydoni.

O'tkazgich balandligi past bo'lganda yer sirtida elektr maydoni keskin kuchayadi. Balandlik ortgan sari yerning qayta taqsimlanish ta'siri kamayadi va maydon intensivligi pasayadi. Bu omil xavfsizlik zonalarini belgilashda, simyog'och balandliklarini tanlashda va yer usti maydonining chegaralarini belgilashda asosiy rol o'ynaydi.

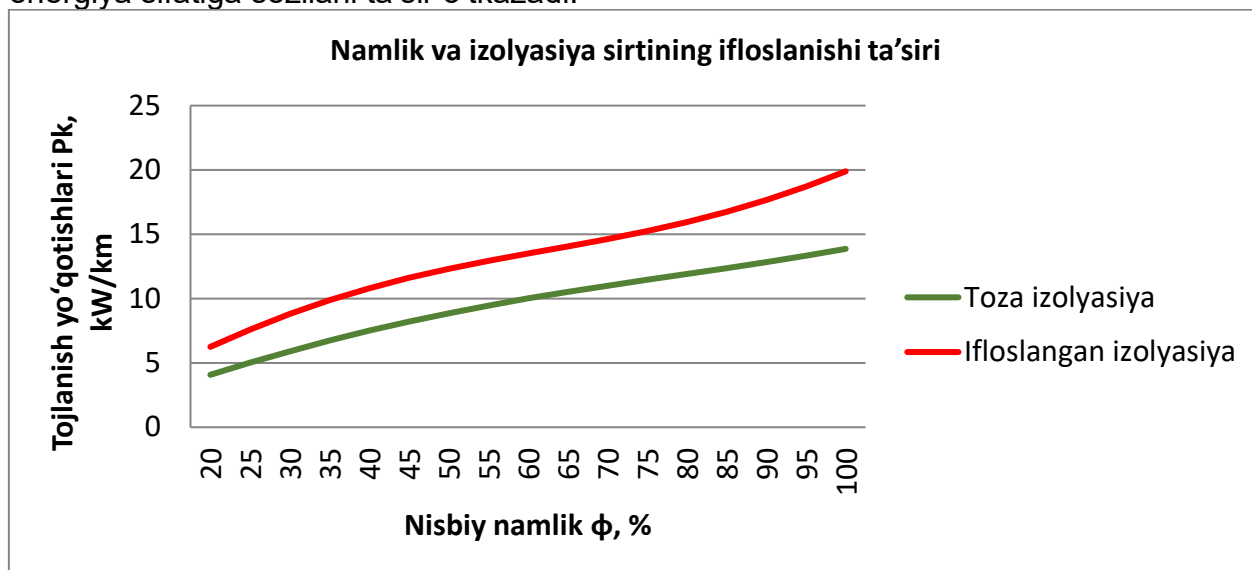


5-rasm. Havo zichligi ko'effitsienti va tojlanish boshlanish kuchlanishi.

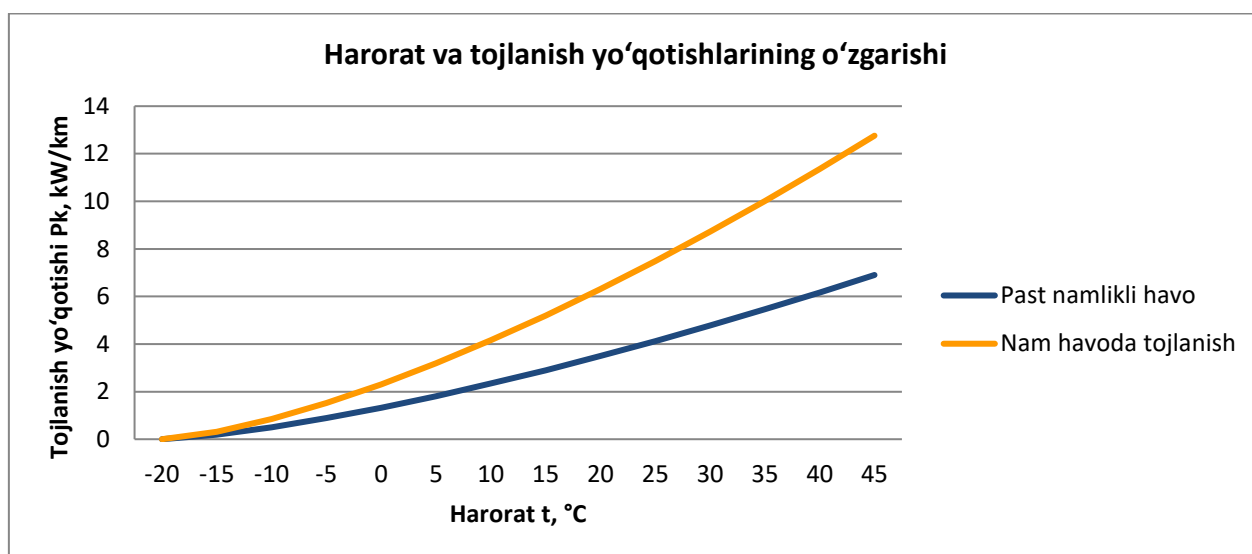
Havo zichligi oshgan sari (ya'ni bosim yuqori bo'lganda) havoning elektr mustahkamligi kuchayadi. Natijada tojlanish boshlanish kuchlanishi ham oshadi. Baland tog'li hududlarda havo zichligi past bo'lgani uchun tojlanish ancha erta yuzaga keladi. To'plamli (bundle) o'tkazgichlar esa havoni kamroq zo'riqtirgani sababli kritik kuchlanishni yuqoriga suradi. Namlik oshishi bilan havodagi ionlar miqdori ko'payadi va izolyasiya sirtida yupqa suv pardasi hosil bo'ladi. Bu suv pardasi elektr maydonini kuchaytiradi va sirt bo'ylab oqimlarni faollashtiradi. Agar izolyator sirtida chang, tuz yoki sanoat chiqindilari bo'lsa, lokal elektr maydonlari yanada kuchli shakllanadi va tojlanish jarayoni tezlashadi hamda yo'qotishlar oshadi. Shu bois, tojlanish jarayonining paydo bo'lish mexanizmini aniqlash, uning yuzaga kelish chegaralarini baholash, elektr maydonining taqsimlanishini hisoblash hamda uni samarali nazorat qilishga doir usullarni ishlab chiqish muhim ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi. Past haroratlarda havo zich bo'lgani uchun tojlanish qiyin yuz beradi. Issiq va ayniqsa nam havo sharoitida ionlanish jarayoni sezilarli darajada kuchayadi va yo'qotishlar oshadi. Liniya uzunligi ortishi bilan tojlanishdan keladigan aktiv yo'qotishlar ham, havoda hosil bo'ladigan elektr maydon tufayli yuzaga keladigan reaktiv quvvat sarflari ham oshib boradi. Uzoq liniyalarda yuzaga keladigan reaktiv ortiqcha quvvat tizimning kuchlanish barqarorligiga salbiy ta'sir qiladi va kompensatsiya talab etadi. Kun davomida yuklama o'zgaradi, harorat va namlikning sutkalik ritmi ham liniyadagi tojlanish jarayoniga bevosita ta'sir qiladi. Kechasi havoning tinch bo'lishi sabab yo'qotishlar past bo'ladi. Kunduzgi yuklama piki, haroratning ortishi va ob-havodagi faollik tojlanish miqdorini oshiradi. Fazada qo'llaniladigan o'tkazgichlar soni oshgan sari elektr maydonining sirt bo'ylab taqsimlanishi barqarorlashadi. Radius kattalashgani sababli yuzaga tushadigan gradient kamayadi, bu esa tojlanish boshlanish kuchlanishini oshiradi va yo'qotishlarni kamaytiradi [3-8]. To'plamli o'tkazgichlar energiya samaradorligini oshirishning eng samarali konstruktiv choralaridan biridir. Liniya yuklamasi oshgani sayin o'tkazgich qiziydi, harorat ortadi, natijada ionlanish jarayoni tezlashadi. Yillik yo'qotishlar aynan yuklama, ob-havo va konstruktiv parametrlar uyg'unligiga bog'liq. Zamonaviy elektr uzatish tarmoqlarida quvvat oqimini boshqarish samaradorligi, energiya tejamkorligi va ekologik xavfsizlik talablarining ortib borishi tojlanish hodisasini chuqur tahlil qilish zaruriyatini yanada kuchaytirmoqda. Tarmoq chastotasi oshgan sari elektr maydonida tebranishlar tezlashadi va havodagi ionlarning harakatchanligi kuchayadi. Bu yuqori chastotali komponentlarning paydo bo'lishiga olib keladi. Tojlanish to'liq dielektrik yemirilish darajasiga yetmaydi, faqat havo qatlamining cheklangan hududida ionlanish



kuzatiladi, ammo bunday lokal hodisa ham elektr uzatish jarayonining samaradorligi va energiya sifatiga sezilarli ta'sir o'tkazadi.

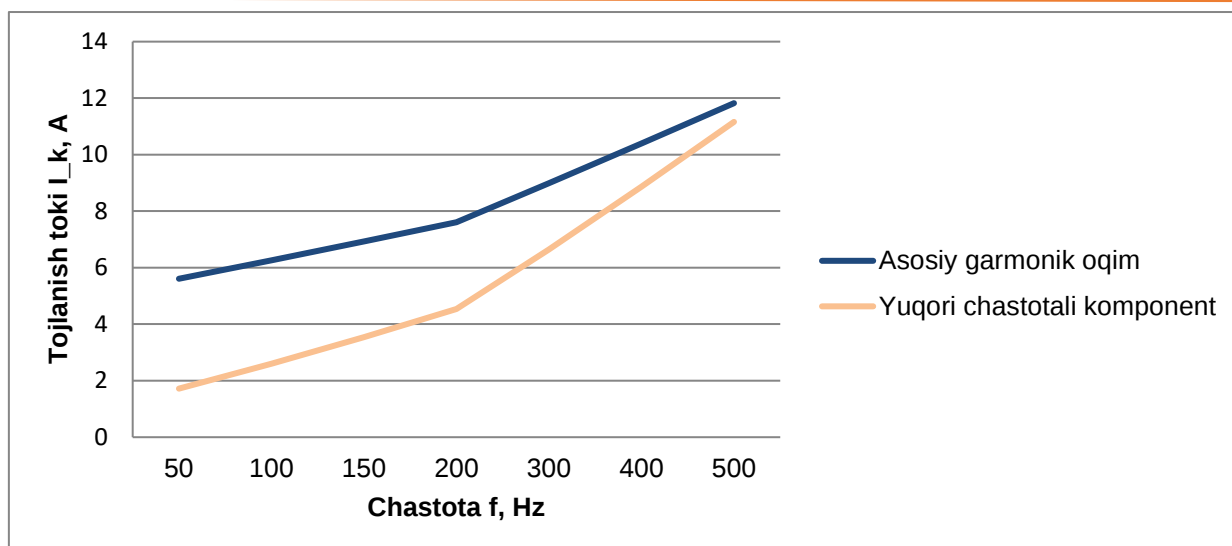


6-rasm. Havo zichligi koeffitsienti va tojlanish boshlanish kuchlanishi.

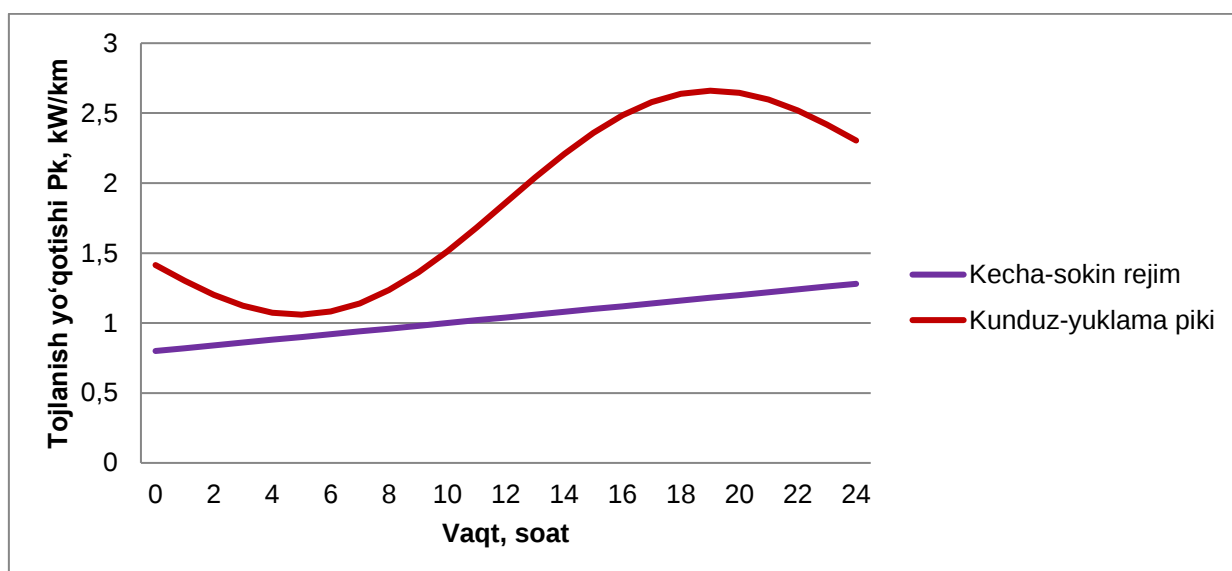


7-rasm. Havo zichligi koeffitsienti va tojlanish boshlanish kuchlanishi.

Yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalarida o'tkazgich atrofidagi elektr maydon kuchlanganligi (E) kritik chegaradan oshganda havo molekulalari ionlanishni boshlaydi. Shunday ionlashgan hudud o'tkazgich yuzasida yorug'lik, shovqin va issiqlik ajralishi bilan kechadigan tojlanish (korona) deb ataladi. Tojlanishning boshlanishi dielektrikning buzilishidan oldin yuz beradi va bu jarayon ko'p hollarda energiya yo'qotishlariga olib keladi [8-17]. Tojlanish hodisasi yuqori kuchlanishli havo liniyalarida yuz beradigan eng murakkab fizik jarayonlardan biri bo'lib, u havo izolyatsiyasining chegaraviy xususiyatlari, elektr maydonining dinamik tarqalishi, o'tkazgichlarning geometrik tuzilishi, meteorologik omillar va yuklama rejimlari bilan uzviy bog'liq. Jarayonni nazariy va amaliy jihatdan chuqur o'rganish, modellash va optimallashtirish orqali quvvat yo'qotishlarini kamaytirish, izolyatsiya mustahkamligini oshirish, ekspluatatsion xarajatlarni qisqartirish hamda umumiy energiya samaradorligini sezilarli ravishda yaxshilash mumkin.



8-rasm. Chastota va tojlanish oqimi spektri.



9-rasm. Kun davomida tojlanish yo'qotishlarining o'zgarishi.

Xulosa

Yuqori kuchlanishli havo uzatish liniyalarida tojlanish jarayonining yuzaga kelishi-kuch maydonining o'tkazgich sirtida kritik qiymatlarga yetishi bilan bog'liq bo'lgan murakkab fizik hodisa bo'lib, u tarmoqning energetik samaradorligiga, quvvat isroflariga, liniya ishonchliligiga va elektrodinamik barqarorligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. O'tkazgich atrofidagi elektr maydonining notekis taqsimlanishi, havo ionlanishining bosqichma-bosqich kuchayishi, kuchlanish darajasining ortishi va atmosfera omillarining (namlik, bosim, harorat, ifloslanish) o'zgarishi tojlanish jarayonining boshlanish sharoitlarini belgilab beradi. Ayniqsa, bo'ronli ob-havo, chang yoki tuz bilan ifloslangan izolyasiya, havo zichligining pastligi va o'tkazgich diametrining kichikligi tojlanishning kuchayishiga sabab bo'ladi. Yakuniy tahlillar shuni ko'rsatadiki, tojlanish jarayonini fizik-matematik modellar asosida chuqur o'rganish va uning boshqaruv mexanizmlarini ilmiy asosda qo'llash elektr uzatish tizimida yuzaga keladigan quvvat yo'qotishlarini sezilarli darajada kamaytirishga, shuningdek energiya sifatini yaxshilashga xizmat qiladi. Tojlanishning to'g'ri boshqarilishi natijasida havo liniyalarining ekspluatatsion barqarorligi kuchayadi,



izolyatsiya tizimining xizmat muddati uzayadi, texnik xizmat ko'rsatish xarajatlari pasayadi va umumiy energetik samaradorlik oshadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

- [1]. I.Togayev, A.Tovbaev, G. Nodirov, Assessment of the quality of electricity by applying reactive power sources, E3S Web of Conferences, 525, 03004 (2024) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452503004>
- [2]. G.Boynazarov, A. Tovbaev, U. Usarov, Methology of experimental research of voltage quality in electrical circuit, E3S Web of Conferences 548, 03009 (2024) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202454803009>
- [3]. Raximov, F., Taslimov, A., Majidov, A., & Norqulov, A. (2024). Optimization of losses by switching to higher voltage in distribution networks. In E3S Web of Conferences (Vol. 525, p. 03009). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452503009>
- [4]. Boboqulov J., Narzullayev B, Development of a model for diagnosing rotor conditions in the parallel connection of synchronous generators with the network, E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – T. 525. – C. 06001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452506001>
- [5]. Narzullayev B. S., Eshmirzaev M. A, Causes of the appearance of current waves in high voltage electric arc furnaces, and methods of their reduction, E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – T. 417. – C. 03003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341703003>
- [6]. Akram Tovbaev., Islom Togaev., Uktam Usarov., Gulom Nodirov, Reactive power compensation helps maintain a stable voltage profile across the network, AIP Conf. Proc. 3331, 060014 (2025). <https://doi.org/10.1063/5.0307209>
- [7]. Asliddin Norqulov, Feruz Raximov, Methods for evaluating financial and economic effectiveness of investment projects in the energy sector with time factor considerations, AIP Conf. Proc. 3331, 030070-1–030070-6. <https://doi.org/10.1063/5.0306104>
- [8]. Shukhrat Abdullaev., Ziyodullo Eshmurodov., Islom Togaev, A systematic analysis of the gradual increase in quality indicators of electricity using reactive power sources involves several steps, AIP Conf. Proc. 3331, 040051 (2025). <https://doi.org/10.1063/5.0306786>
- [9]. Bobur Narzullayev; Javokhir Boboqulov, Improving reliability based on diagnostics of the technical condition of electric motor stator gutters, AIP Conf. Proc. 3331, 030032 (2025). <https://doi.org/10.1063/5.0305735>
- [10]. Abdurakhim Taslimov., Feruz Raximov., Farrukh Rakhimov., Iles Bakhadirov, Optimal parameters and selection criteria for neutral grounding resistors in 20 kv electrical networks, AIP Conf. Proc. 3331, 030048 (2025) <https://doi.org/10.1063/5.0306108>
- [11]. Islom Togaev., Akram Tovbaev., Gulom Nodirov, Systematic analysis of reactive power compensation in electric networks is essential for improving electricity quality enhancing system stability, and reducing operational costs, AIP Conf. Proc. 3331, 030099 (2025) <https://doi.org/10.1063/5.0305740>
- [12]. Abdurakhim Taslimov., Farrukh Rakhimov., Feruz Rakhimov., Vaxobiddin Mo'minov, Analysis of the results of sampling the surfaces of sections of rural electric networks, AIP Conf. Proc. 3331, 030041 (2025) <https://doi.org/10.1063/5.0305783>
- [13]. Numon Niyozov, Anvar Akhmedov, Shukhrat Djurayev, Botir Tukhtamishev, Asliddin Norqulov, Development of a method for forecasting the specific consumption indicator of electric energy, AIP Conf. Proc. 3331, 080008 (2025) <https://doi.org/10.1063/5.0305729>



- [14]. A.Tovboyev, I.Togayev, I.Uzoqov, G. Nodirov, Use of reactive power sources in improving the quality of electricity, E3S Web of Conferences 417, 03001 (2023) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341703001>
- [15]. N Ataullayev, A Norqulov, B Muxammadov, A Majidov, I Togayev. Principles of protection against single phase earth faults in networks with capacitive current compensation. E3S Web of Conferences 548, 06008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202454806008>
- [16]. IB Tog'Ayev, AA Tursunova, MA Eshmirzayev. Center of science and enlightenment. Problems and scientific solutions 4 (3), 285-287.
- [17]. SF Amirov, AO Ataullov, MK Sayidov, IB Togayev. Methods of reduction of interference signals in electromagnetic conductors that measure fluid flow. Journal of Physics: Conference Series 2094 (5), 052053