



# Yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalarida tojlanish yo'qotishlarining o'rnini baholash

Akram N. Tovboyev<sup>1</sup>, Islom B. Tog'ayev<sup>1,a)</sup>

<sup>1</sup> DSc, prof., Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Navoiy, 210100, O'zbekiston; [info@ndki.uz](mailto:info@ndki.uz)  
<https://orcid.org/0000-0003-2677-6977>

<sup>1,a)</sup> Katta o'qituvchi., Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Navoiy, 210100, O'zbekiston; [info@ndki.uz](mailto:info@ndki.uz)  
<https://orcid.org/0000-0002-4481-874X>

**Dolzarbli:** so'nggi yillarda yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalaridagi umumiy quvvat isroflarining miqdori keskin ortib borishi natijasida tarmoqlarning ish rejimlarida bir qator buzilishlar kelib chiqmoqda. Shuningdek, tojlanish hodisasining umumiy quvvat isroflaridagi o'rni birmuncha yuqori ekanligi sababli ularni kamaytirish va optimal rejimlarni ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Tojlanish hodisasi izolyatsiya tizimining ishonchligini pasaytiradi, izolyatsiya materialining degradatsiyalanishiga olib keladi va dielektrik teshilish natijasida butun tizimning ishdan chiqishiga sabab bo'ladi. Ushbu tadqiqotning ahamiyati shundaki, yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalarida tojlanish jarayoniga xos parametrlarning elektr quvvat yo'qotishlariga salbiy ta'siri mavjud bo'lib, bu holat ularni chuqur tahlil qilish va kamaytirish chora-tadbirlarini ishlab chiqish zaruriyatini keltirib chiqaradi.

**Maqsad:** yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalarida tojlanish hodisasi orqali hosil bo'ladigan umumiy quvvat isroflarining tizimli tahlilini olib borish va optimallashtirish.

**Usullari:** dasturiy ta'minot hamda matematik modellashirish va algoritmlashtirishning qiyosiy tahlil usullaridan foydalaniladi.

**Natijalar:** ko'rinadigan tojlanish boshlanishi kuchlanishini hosil qilish, bu elektr uzatish liniyalarida tojlanishning ko'zga ko'rinadigan belgilarini paydo bo'ladigan kuchlanish darajasigacha miqdorda bo'lib, u tizimning izolyatsiya sifati va maydon bir xilligi haqida muhim axborot beradi. Elektr uzatish tizimlarida izolyatsiya ishonchligi va energiya samaradorligini baholashda yuqoridagi bog'liqliklar muhim hisoblanadi.

**Kalit so'zlar:** yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyasi, tojlanish hodisasi, aktiv quvvat va elektr energiyasi isroflari, qisman zaryadlanish, elektr maydon notekisligi, kritik kuchlanish.

## Оценка влияния коронных потерь в воздушных линиях электропередачи высокого напряжения

Акрам Н. Товбоев<sup>1</sup>, Ислам Б. Тогаев<sup>1,a)</sup>

<sup>1</sup> DSc, проф., Навоийский государственный горно-технологический университет, Навоий, 210100, Узбекистан; [info@ndki.uz](mailto:info@ndki.uz) <https://orcid.org/0000-0003-2677-6977>

<sup>1,a)</sup> Старший преподаватель., Навоийский государственный горно-технологический университет, Навоий, 210100, Узбекистан; [info@ndki.uz](mailto:info@ndki.uz) <https://orcid.org/0000-0002-4481-874X>

**Актуальность:** в последние годы в связи с резким увеличением общих потерь мощности в воздушных линиях электропередачи высокого напряжения в режимах работы электрических сетей наблюдаются различные нарушения. Кроме того, вследствие того, что доля потерь, связанных с явлением короны, в общей величине потерь мощности является достаточно высокой, задача их снижения и разработки оптимальных режимов функционирования приобретает особую актуальность. Явление короны снижает надёжность изоляционной системы, вызывает деградацию изоляционных материалов и может привести к пробое диэлектрика, что, в свою очередь, становится причиной выхода из строя всей системы. Значимость данного исследования заключается в том, что параметры, характерные для процесса коронного разряда на линиях электропередачи высокого напряжения, оказывают отрицательное влияние на потери электрической мощности. Это обуславливает необходимость их глубокого анализа и разработки мероприятий по их минимизации.

**Цель:** системный анализ и оптимизация общих потерь мощности, возникающих вследствие коронного разряда в воздушных линиях электропередачи высокого напряжения.

**Методы:** используются методы сравнительного анализа программного обеспечения, математического моделирования и алгоритмизации.

**Результаты:** создание напряжения видимого начала коронного разряда представляет собой уровень напряжения, при котором на линиях электропередачи появляются визуально наблюдаемые признаки короны. Данный параметр предоставляет важную информацию о качестве изоляции системы и степени однородности электрического поля. Указанные взаимосвязи имеют существенное значение при оценке надёжности изоляции и энергетической эффективности электрических систем передачи.

**Ключевые слова:** воздушная линия электропередачи высокого напряжения, явление короны, потери активной мощности и электрической энергии, частичные разряды, неоднородность электрического поля, критическое напряжение.

**For citation:** Tovbayev A.N., Tog'ayev I.B. Assessment of Corona Losses Impact in High Voltage Overhead Transmission Lines. Scientific and technical journal of Problems of Energy and Sources Saving, 2025, no. 4, pp. 262-267.  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.18616674>

Received: 03.04.2025  
Revised: 17.04.2025  
Accepted: 09.07.2025  
Published: 27.12.2025

**Copyright:** © Akram N. Tovbayev, Islom B. Togaev. Submitted to Problems of Energy and Sources Saving for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



# Assessment of Corona Losses Impact in High Voltage Overhead Transmission Lines

Akram N. Tovboyev<sup>1</sup>, Islom B. Tog'ayev<sup>1,a)</sup>

<sup>1</sup> DSc, prof., Navoi State University of Mining and Technology University, Navoi, 210100, Uzbekistan; [info@ndki.uz](mailto:info@ndki.uz)  
<https://orcid.org/0000-0003-2677-6977>

<sup>1,a)</sup> Sen. Teach., Navoi State University of Mining and Technology University, Navoi, 210100, Uzbekistan; [info@ndki.uz](mailto:info@ndki.uz)  
<https://orcid.org/0000-0002-4481-874X>

**Relevance:** in recent years, the total power losses in high-voltage overhead transmission lines have significantly increased, leading to various disturbances in the operating modes of electrical networks. Furthermore, since the share of corona-related losses in the overall power dissipation is relatively high, the development of optimal operating regimes and reduction methods has become a matter of great importance. The corona phenomenon decreases the reliability of the insulation system, causes degradation of insulation materials, and may lead to dielectric breakdown, resulting in the complete failure of the system. The significance of this research lies in the fact that the parameters characteristic of the corona discharge process in high-voltage transmission lines have a negative impact on electrical power losses. This necessitates a comprehensive analysis of these parameters and the development of effective measures aimed at minimizing their influence.

**Aim:** system analysis and optimization of total power losses caused by corona discharge in high-voltage overhead transmission lines.

**Methods:** methods of comparative analysis of software, mathematical modeling, and algorithmization are used.

**Results:** the generation of the visible onset voltage of corona discharge represents the voltage level at which visually observable signs of corona appear on transmission lines. This parameter provides important information about the insulation quality of the system and the uniformity of the electric field. These interrelations are of significant importance when assessing the reliability of insulation and the energy efficiency of power transmission systems.

**Key words:** high-voltage overhead transmission line, corona phenomenon, active power and electrical energy losses, partial discharges, electric field non-uniformity, critical voltage.

## 1. Kirish (Introduction)

Jahonda elektr energiyasiga bo'lgan talab yildan-yilga ortib bormoqda. Ushbu o'sish nafaqat generatsiya manbalarini ko'paytirishni, balki mavjud uzatish tizimlarini takomillashtirish, yo'qotishlarni kamaytirish va yuqori ekspluatatsion ishonchlikka erishish kabi muhim vazifalarni ham talab etadi. Ayniqsa, 220–500 kV kuchlanish sinflarida ishlovchi magistral havo elektr uzatish liniyalarida energiya uzatish jarayonidagi normadagi mexanik tebranishlar, elektromagnit va yuqori gradiyentli elektr maydoni bilan bog'liq yo'qotish manbalari mavjud. Izolyatsiya tizimida elektr maydonining kuchlanish gradiyenti kritik qiymatdan oshgan holatda yuqori kuchlanishli uzatish liniyasi o'tkazgichlari atrofidagi havo muhitida dielektriklarning umumiy parchalanish jarayoni boshlanadi. Bunda havo molekullari yuqori energiyali elektr maydoni ta'sirida ionizatsiya jarayoniga uchraydi, ya'ni erkin elektronlar ajralib chiqadi va musbat ionlar hosil bo'ladi [1, 2]. Ushbu jarayon o'tkinchi gaz ionlanishi deb ataladi va natijada qisman razryadlar hosil bo'lishiga sabab bo'ladi. Hosil bo'lgan qisman razryadlar izolyatsiyaning to'liq dielektrik buzilishiga olib kelmaydi, biroq ular izolyatsiya material ichida mahalliy elektr, issiqlik va kimyoviy degredatsiya jarayonlarini keltirib chiqaradi. Bu esa vaqt o'tishi bilan izolyatsiyaning dielektrik mustahkamligining kamayishiga, energiya yo'qotishlarining ortishiga va tizimning umumiy elektr ishonchliligining pasayishiga olib keladi. Texnik nuqtai nazardan, bunday hodisalar elektr uzatish liniyalarining yuqori kuchlanishli qismlarida havo zichligining pasayishi, o'tkazgichlarning notekis sirtlari yoki maydonning umumiy kuchlanishi bilan bevosita bog'liq bo'lib, ular tojlanish razryadi va izolyatsiya eskirish jarayonlarining boshlang'ich bosqichini ifodalaydi. Tojlanish yo'qotishlari elektr uzatish liniyasidagi fazalararo kuchlanish qiymati tojlanish chegaraviy kuchlanishdan oshgan hollarda yuzaga keladi. Bunda elektr maydon atrofida hosil bo'ladigan o'tkazuvchan ionlashgan soha dielektrikning to'liq yorilishi yoki yaqin joylashgan jismlarga elektr yoyi hosil bo'lish darajasigacha yetmagan bo'ladi. Tojlanish hodisasi izolyator ichidagi bo'shliqlarda, o'tkazgich sirtida yoki o'tkazgich-izolyator tutashuv chegarasida sodir bo'lishi mumkin. Sathi notekis bo'lgan o'tkazgichlar tojlanish hodisasiga ko'proq moyil bo'ladi, chunki sirt notekisligi elektr maydonining mahalliy kuchlanish zichligini oshirib, dielektrik yorilish kuchlanishining qiymatini kamaytiradi. Tojlanish hodisasi odatda ko'rinadigan binafsha rang nur (mikroyoylar ko'rinishida) bilan namoyon bo'ladi hamda o'ziga xos shovqin "shitirlash" va "g'ichirlash" tovushlari orqali aniqlanishi mumkin [3,4].



### Materiallar va metodlar (Methods and materials)

Tojlanish hodisasi izolyatsiya tizimining ishonchligini pasaytiradi, izolyatsiya materialining degredatsiyasiga olib keladi va dielektrik teshilish natijasida butun tizimning ishdan chiqishiga sabab bo'ladi. Elektr tarmoqlaridagi isroflarni aniqlash va tahlil qilishda bir nechta kattaliklarni inobatga olish ko'zda tutilmoqda. Tojlanish yo'qotishlari quvvatning birligiga tushadigan yo'qotishlar va hisoblash davridagi turli ob-havo sharoitlarining davomiyligi ma'lumotlariga asoslanadi. Shu bilan birga, yaxshi ob-havo davrlari (tojlanish yo'qotishlarini hisoblash maqsadida) nisbatan namlik 100% dan kam bo'lgan va muz qoplama mavjud bo'lgan davrlar sifatida hisoblanadi. Ushbu tadqiqotning ahamiyati shundaki, yuqori kuchlanishli uzatish liniyalarida tojlanish jarayoniga xos parametrlarning elektr quvvat yo'qotishlariga salbiy ta'siri mavjud bo'lib, bu holat ularni chuqur tahlil qilish va kamaytirish chora-tadbirlarini ishlab chiqishni zarur qiladi. Yuqori sifatli izolyatsiyaga ega va xizmat ko'rsatish jihatidan mukammal tarzda loyihalashtirilgan yer osti yuqori kuchlanishli uzatish liniyalari tojlanish hodisasi natijasida yuzaga keladigan energiya yo'qotishlarini bartaraf etishga yordam beradi. Tojlanish hodisasining ayrim ijobiy jihatlaridan biri shundaki, ushbu jarayon davomida hosil bo'ladigan tovush to'liqlari yuqori aniqlikdagi akustik karnay (audio dinamik) tizimlarini yaratishda qo'llanilishi mumkin. Bundan tashqari, tovush hosil qilish uchun harakatlanuvchi massaning mavjud emasligi natijasida tizimning o'tkinchi jarayonlarga javob berish tezligi yaxshilanadi. Loyiha qilinayotgan amaliyotda hozirgi vaqtgacha yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalaridagi tojlanish natijasidagi o'rtacha quvvat yo'qotishlari kuzatilmogda. Ko'pincha tarmoqning ma'lum ish rejimida aktiv quvvatning tojlanishdagi yo'qotishlarini hisobga olish uchun o'rtacha yillik qiymatlar qo'llaniladi, ular turli qo'llanmalar tavsiyalariga muvofiq olindi. Boshqariladigan tojlanish razryadi filtrlash jarayonlarida hamda ishlab chiqarish texnologiyalarida qo'llanilishi mumkin [5, 6]. Yog'ingarchilik intensivligi 1 mm/soat bo'lgan holatda 500 kV kuchlanishli havo elektr uzatish liniyasi o'tuvchi hududda yomg'ir davomiyligi yiliga 401 soatni tashkil etadi. Intellektual elektr tarmoqlarini yaratish ularning holatini to'liq va maqsadga yo'naltirilgan monitoringisiz bajarish imkoni mavjud emas. Elektr energetika tarmoqlarini boshqarishning asosiy maqsadi energiyani tejash va elektr ta'minotining ishonchligini ta'minlashdan iborat. Energiya tejash masalasini hal etishning samarali yo'llaridan biri elektr energetika tizimlarining ish rejimlarini kuchlanish va reaktiv quvvat koeffitsiyentlari bo'yicha optimallashtirishdir. Shu sababli, energiya tizimi tugunlaridagi optimal kuchlanish darajasi tojlanish yo'qotishlari bilan yuklama yo'qotishlarining o'zaro nisbatiga bog'liq bo'ladi. Yaxshi ob-havo sharoitida yuklama yo'qotishlari tojlanish yo'qotishlariga nisbatan ustun bo'lsa, yomon ob-havo (qor, yomg'ir, muzlamalar)da tojlanish yo'qotishlari 1–2 martaga ortishi mumkin. Yuqorida ko'rib chiqilayotgan liniya uchun yaxshi ob-havo sharoitidagi tojlanish yo'qotishlari 1200 kVt ni tashkil etadi. Tojlanish yo'qotishlarini aniqlashdagi elektr jihozlaridagi xatolikning maksimal qiymati 229 kVt bo'lib, bu yaxshi ob-havoda tojlanish natijasidagi quvvat yo'qotish qiymatining 19 % ni tashkil etadi.

Teshilishning kritik kuchlanishi ( $U_0$ ) -bu havo izolyatsiyasida elektr maydon kuchlanishi ortishi yoki havo molekullari ionlashib, tojlanish boshlanadigan eng past kuchlanish qiymatidir. Shuningdek, bu kuchlanish qiymati havo muhitining dielektrik mustahkamligini yengib o'tuvchi chegaraviy nuqtani bildiradi. Peek formulasi orqali kritik kuchlanish quyidagicha aniqlanadi:

$$U_0 = g m_0 \cdot r \delta \left( 1 + \frac{0.3}{\sqrt{r\delta}} \right) \ln \left( \frac{D}{r} \right) \quad (1)$$

Bu yerda:  $U_0$  – teshilishning kritik kuchlanish (kV),  $g$  – notekislik koeffitsiyenti,  $m_0$  – sirt holatini hisobga oluvchi koeffitsiyenti,  $r$  – o'tkazgich radiusi (sm),  $D$  – o'tkazgichlar orasidagi masofa (sm)  $\delta$ -havo zichligini tuzatish koeffitsiyenti.

Agar liniya kuchlanishi  $U < U_0$  bo'lsa – havo dielektrik sifatida barqaror, tojlanish yuz bermaydi.

Agar  $U \geq U_0$  bo'lsa – havo ionlashib, tojlanish hodisasi boshlanadi.

Shu sababli, teshilishning kritik kuchlanishi – elektr uzatish liniyalari, izolyatsiyasi tizimlari va tojlanish yo'qotishlarini hisoblashda asosiy chegaraviy parametr hisoblanadi. Ko'rinadigan tojlanish boshlanish kuchlanishi ( $U_u$ )-bu o'tkazgich atrofida havo ionlashuvi natijasida hosil bo'ladigan tojlanish hodisasi ko'z bilan ko'rinadigan darajaga yetadigan eng past kuchlanish qiymatidir. Bu kuchlanish qiymati teshilishning kritik kuchlanishidan ( $U_0$ ) biroz yuqori bo'ladi, chunki ko'rinadigan yorug'lik effekti (ionlarning qayta birikishi natijasida) faqat kuchliroq elektr maydonlarda paydo bo'ladi [7, 8].

$$U_u = g_v m_0 \cdot r \delta 21.1 \left( 1 + \frac{0.3}{\sqrt{r\delta}} \right) \ln \left( \frac{D}{r} \right) \quad (2)$$



Bu yerda:  $U_u$  – ko‘rinadigan tojlanish boshlanish kuchlanish (kV),  $g_v$  – notekislik koeffitsiyenti,  $m_0$  – sirt holatini hisobga oluvchi koeffitsiyenti,  $r$  – o‘tkazgich radiusi (sm),  $D$  – o‘tkazgichlar orasidagi masofa (sm),  $\delta$  – havo zichligini tuzatish koeffitsiyenti. Tojlanish kritik kuchlanishi ( $U_0$ ) – ionlashish boshlanish nuqtasi, ko‘rinadigan tojlanish kuchlanishi ( $U_u$ ) – tojlanish yorug‘ligi sezadigan bosqich hisoblanadi. Odatda  $U_u \approx 1.1 \div 1.3 U_0$  ga teng bo‘ladi.

Odatdagi ob-havo sharoitidagi tojlanish quvvat yo‘qotilishi taxminan quyidagicha ifodalanadi:

$$P_f = 242.5 \times 10^{-5} \times (f + 25) \times \sqrt{\frac{r}{D}} \times (U_m - U_0)^2 \quad [\text{kW/km}] \quad (3)$$

bu yerda:  $P_f$  – odatdagi sharoitdagi tojlanish yo‘qotilishi,  $f$  – chastota (hz),  $r$  – o‘tkazgich radiusi (sm),  $D$  – o‘tkazgichlar orasidagi masofa (sm),  $U_m$  – maksimal faza kuchlanish (kV, maksimal qiymat),  $U_0$  – tojlanish boshlanish kuchlanish (kV).

Tojlanish hodisasining parametrlarini quyidagi 1-jadvalda keltiramiz.

**Jadval 1.** Tojlanish jarayonining fizik-parametrik omillarining elektr uzatish liniyalarida quvvat yo‘qotilishiga ko‘rsatadigan ta‘siri

**Table 1.** Analysis of the impact of physical and parametric factors of the corona process on power losses in transmission lines

Parametr	Ta‘sir yo‘nalishi	Izoh
Havo namligi	Kamayadi	Namlik past bo‘lsa, tojlanish kechroq boshlanadi
Bosim	Oshsa, yo‘qotish kamayadi	Yuqori bosimda ionlanish uchun ko‘proq kuchlanish kerak bo‘ladi
Harorat	Oshsa, yo‘qotish ortadi	Harorat oshganda havo zichligi kamayadi
Chastota	Oshsa, yo‘qotish ortadi	Tez o‘zgaruvchi maydonlarda ko‘proq energiya sarflanadi

## 2. Natijalar va muhokama (Results and discussion)

Tojlanishdagi quvvat yo‘qotilishi havo zichligini tuzatish koeffitsiyentiga bog‘liq bo‘ladi va bu koeffitsiyent qiymati qancha yuqori bo‘lsa, tojlanish yo‘qotilishi shuncha kichik bo‘ladi. Past bosim va yuqori harorat sharoitida teshilishning kritik kuchlanishi qiymati kamayadi hamda tojlanish hodisasi va unga bog‘liq yo‘qotishlar ustunlik qiladi. Ko‘rinadigan tojlanish boshlanish kuchlanishi teshilishning kritik kuchlanishidan yuqori bo‘ladi, chunki uning hosil bo‘lish jarayoni ionlanish va elektronlarning qo‘zg‘algan holatga o‘tishini o‘z ichiga oladi. Ushbu qo‘zg‘alish jarayoni zaryadlanish natijasida yorug‘lik va boshqa elektromagnit to‘lqinlarning hosil bo‘lishiga olib keladi. O‘tkazgich radiusi ham ko‘rinadigan tojlanish kuchlanishiga, ham teshilishning kritik kuchlanishiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri proporsionaldir. Bulutli yoki yomon atmosfera ob-havo sharoitlarida, masalan, qor yog‘ishi, yomg‘ir yoki bo‘ronli sharoitlarda, buzuvchi kritik kuchlanish kamayadi va tojlanish effektlari ortadi. Havo liniyalarida tojlanish natijasida aktiv quvvat yo‘qotishlarini hisoblashda ob-havo ma‘lumotlaridan to‘g‘ri foydalanish juda murakkab vazifa hisoblanadi. Energiya tizimini umumiy holda tahlil qilishda mazkur hududning barcha liniyalaridagi yo‘qotishlarni hisobga olish zarur. Shu bois, energiya tizimi tugunlarida optimal kuchlanish darajalarini hisoblashda ko‘rib chiqilayotgan energiya hududining barcha uzatish liniyalari bo‘yicha tojlanish yo‘qotishlari va yuklanish yo‘qotishlari hisobga olinishi lozim. Liniyalarda tojlanish yo‘qotishlari minimal bo‘lgan holatda, ya‘ni hududda yaxshi ob-havo kuzatilsa, tarmoqda kuchlanishni oshirish maqsadga muvofiq bo‘lib, bu tarmoqda quvvat yo‘qotishlarini sezilarli darajada 7,5 MVt ga, ya‘ni umumiy yo‘qotishlarning 5,1 % ga kamaytirish samarasini beradi. Shuningdek, agar shuntli reaktor o‘rniga boshqariluvchi shuntli reaktor o‘rnatilganida, rejimni optimallashtirish samarasi yana 6,5 % ga oshib, 8 MVt qiymatiga yetar edi. Kuchlanishni tartibga solish orqali liniyada rejimni optimallashtirish hisob-kitoblari, kuchlanish chegaralari hisobga olinmagan holda, quyidagilarni ko‘rsatdi: Agar liniya yaxshi ob-havo sharoitida bo‘lsa, tojlanishdagi yo‘qotishlar eng kam bo‘lib, liniyaning optimal kuchlanishi ekspluatatsiya kuchlanishidan ancha yuqori, ya‘ni 1,2–1,25 marta ko‘p bo‘ladi. Agar liniya yomon ob-havo sharoitida bo‘lsa, tojlanishdagi yo‘qotishlar katta bo‘ladi va liniyaning optimal kuchlanishi ekspluatatsiya kuchlanishidan ancha past, ya‘ni 0,5–0,85 martaga teng bo‘ladi. Buning asosiy sabablaridan biri ob-havo sharoitlarini aniqlashdagi aniqlik va ushbu tahlilni uzoq masofali havo liniyalarini hisoblashda qo‘llashdagi murakkablikdir. O‘zbekistonda havo liniyalarida tojlanish natijasida elektr energiyasi yo‘qotishlari va shovqinlarni hisobga olish bo‘yicha tavsiyalar tabiiy sinovlar va eksperimental ma‘lumotlar asosida ishlab chiqilgan. Ularning o‘rtacha qiymatlari elektr tarmoqlari orqali energiya uzatishdagi iste‘mol normativlarini belgilash va asoslash bo‘yicha amaldagi yo‘riqnomada keltirilgan. Ushbu normativ hujjatga ko‘ra, havo liniyalarida tojlanish natijasida



birlikiga nisbatan aktiv quvvat yo'qotishlari, tuzilishining o'rtacha qiymatlar bo'yicha, ob-havo sharoitlariga qarab aniqlanadi [9, 10].

**Jadval 2.** O'tkazgich tuzilishining o'rtacha qiymatlar bo'yicha havo liniyalarida tojlanish natijasida aktiv quvvat yo'qotishlari

**Table 2.** Active power losses due to corona in overhead lines based on average phase configuration values

Nominal kuchlanish (kV)	Havo elektr uzatish liniyasidagi turli xil ob-havo sharoitida tojlanish hisobiga to'g'ri keladigan solishtirma quvvat isrofi kVt/km			
	Yaxshi ob-havoda	Quruq qorli havoda	Yomg'ir	O'ta sovuqda
750	4.20	16.55	60	122.5
500	2.30	8.80	29	76
330	0.90	3.90	13	28.8
220	0.30	1.10	3	12
110	0.03	0.12	0.35	1.2

**Jadval 3.** Tayanch turlari va o'tkazgich turlari kombinatsiyalari, qaysi holatlarda tojlanish natijasidagi aktiv quvvat yo'qotishlari yuzaga kelishi.

**Table 3.** Types of towers and combinations of conductor brands, conditions under which active power losses due to corona occur.

Tayanch turi	O'tkazgichning turi
P 110-1	AP-70, AP-95, AP-120
PB 110-1	AP-70, AP-95, AP-120, AP-150
PB 110-3	AP-70, AP-95, AP-120, AP-150
PB 110-5	AP-70, AP-95, AP-120

### 3. Xulosa (Conclusion)

Tojlanish effektidan kelib chiqadigan aktiv quvvat yo'qotishlarini hisoblash usullari va algoritmlari ishlab chiqildi, ular elektr energiyasi yo'qotishlarini texnik va hisoblash ma'lumotlari asosida tahlil qilish va normaga keltirish imkonini beradi. Tojlanish effektidan kelib chiqadigan aktiv quvvat yo'qotishlarining o'ziga xos qiymatlarini hisoblash natijalarini tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, 110 kV kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalarida ularni hisobga olish ham takomillashgan parametrlar bo'yicha amalga oshirilishi zarur. Ba'zi havo elektr uzatish liniyalari parametrlari (masalan, AP-240 o'tkazgich turi uchun) hisobga olinmasligi mumkin. 500 kV yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalari uchun yuklanishdan kelib chiqadigan yo'qotishlarni aniqlashdagi elektr jihozlaridagi xatolikni hisoblash natijalari shuni ko'rsatadiki, yuklanish yo'qotishlarini hisoblashda eng katta xatolikni o'tkazgichning haroratini aniqlashdagi xatolik tashkil qiladi. Ushbu xatolikning umumiy yuklanish yo'qotishlariga nisbati 4 % ni tashkil etadi.

Elektr taminoti tizimining samaradorligi, ishonchli va uzilishsiz ishlashi asosan elektr energiyasi va quvvat yo'qotishlarining darajasi va miqdoriga bog'liq. Elektr energiyasini ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash jarayonida doimo ma'lum miqdorda yo'qotishga uchraydigan resurs hisoblanadi. 220 kV kuchlanishli havo elektr uzatish liniyasida tojlanish jarayonidagi quvvat yo'qotishlari aktiv quvvat yo'qotilishi ( $P_k$ , kVt/km), energiyaning sababsiz elektromagnit nurlanishga aylanishi, reaktiv quvvat komponentalari, liniya samaradorligini pasaytiruvchi kichik parametrlar, shovqin va raditovush kommunikatsiya tizimlariga ta'siri, sirt degredatsiyasi o'tkazgich korroziyasi va eskirish tezlashishi kabi asosiy shakllarda namoyon bo'ladi. Energiya yo'qotishlariga liniya uzunligi va o'tkazgich qarshiligi, tarmoq yuklamasining nosimmetriya darajasi, transformator va uskunalarning texnik holati, izolyatsiyaning eskirishi va kontakt qarshiliklari, tashqi muhit harorati va namlik sharoiti, yuqori garmonik buzilishlar va elektromagnit nurlanishlar ta'sir qiladi. Energiya yo'qotishlarini kamaytirishning ilmiy asoslari elektr tizimlarining rejimi va konfiguratsiyasini optimallashtirishga borib taqaladi. Bu jarayon quvvat oqimini muvozanatli taqsimlash, yuklama nosimmetriyasini kamaytirish, reaktiv quvvatni kompensatsiyalash hamda yuqori samarador materiallardan foydalanish orqali amalga oshiriladi. Elektr energiyasi yo'qotishlarini kamaytirish nafaqat iqtisodiy samaradorlikni ta'minlaydi, balki ekologik holatni yaxshilaydi, chunki kam energiya sarfi kam uglerod isrofi deganidir. Shu bois, elektr energiyasi yo'qotishlarining tarkibiy xususiyatlarini va ularga ta'sir etuvchi omillarni chuqur ilmiy tahlil qilish energetika tizimlarini barqaror va samarali rivojlantirishning asosiy shartlaridan biri sanaladi. Bosqichma-bosqich olib



borilgan baholashlar shuni ko'rsatadiki, elektr energiyasi yo'qotishlari sutkalik va mavsumiy xarakterga ega bo'lib, yuklamalar vaqt bo'yicha o'zgarib turadi. Shuning uchun mazkur yo'qotishlarni xisoblashda aynan aniq ko'rsatilgan vaytdagi olingan yuklamalar qiymatlari aniq yechim berish mumkin. Yuqoridagilarga asoslanib, yo'qotishlar tok kvadratiga proporsional bo'lgani uchun, kuchlanishni oshirish orqali tokni kamaytirish energiya samaradorligini oshiradi. Shuning uchun elektr energiyasini uzoq masofalarga uzatishda 110 kV, 220 kV va undan yuqori darajalar qo'llaniladi.

## ADABIYOTLAR

1. Мировые запасы природных ресурсов: на сколько лет Земле хватит полезных ископаемых? [Электронный ресурс]: URL: <https://lindeal.com/trends/mirovye-zapasy-prirodnikh-resursovna-skolko-let-zemle-khvatit-poleznykh-iskopaemykh> (дата обращения: 21.05.2023).
2. World Energy Council. 2014. Global Energy Transitions. Дата обращения: 16 октября 2021. Архивировано 14 декабря 2017 года.
3. Аллаев К.Р. Электроэнергетика Узбекистана и мира. –Ташкент: Фан ва технология. 2009. - 463 с.
4. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан № 204 «О дополнительных мерах по внедрению рыночных механизмов в топливно-энергетической сфере» от 16.04.2024 г.
5. Сытдыков Р.А. Управление спросом на электроэнергию и режимы электроэнергетических систем //Энергия ва ресурс тежаш муаммолари, 2009. № 3-4. - С. 42-47.
6. Re-powering markets. Market design and regulation during the transition to low-carbon power systems (англ.). Международное энергетическое агентство (март 2016). Дата обращения: 24 мая 2017. Архивировано из оригинала 21 июня 2017 года.
7. Charles Goldman, Michael Reid, Roger Levy, and Alison Silverstein. National Action Plan for Energy Efficiency (2010). Coordination of Energy Efficiency and Demand Response (англ.). epa.gov (2010). Дата обращения: 23 мая 2017. Архивировано 9 мая 2017 г.
8. European Union Electricity Market Glossary. Demand Side Response Aggregator (DSR Aggregator). emissions-euets.com (16 июня 2017). Дата обращения: 28 апреля 2017. Архивировано 20 февраля 2017 года.
9. Концепция функционирования агрегаторов распределенных энергетических ресурсов в составе Единой энергетической системы России. Агрегаторы управления спросом на электроэнергию. –М.:АО «СО ЕЭС». 2018, май.
10. Аллаев К.Р. Современная энергетика и перспективы её развития /под ред. Салимова А.У. – Т.: Fan va texnologiyalar nashriyot-manbaa uyi, 2021. – 952 с.

## REFERENCES

1. World reserves of natural resources: how many years will the Earth have enough minerals? [Electronic resource]: URL: <https://lindeal.com/trends/mirovye-zapasy-prirodnikh-resursovna-skolko-let-zemle-khvatit-poleznykh-iskopaemykh> (date of access: 21.05.2023).
2. World Energy Council. 2014. Global Energy Transitions. Date of access: October 16, 2021. Archived December 14, 2017.
3. Allaev K.R. Electric power industry of Uzbekistan and the world. - Tashkent: Fan va technology. 2009. - 463 p.
4. Resolution of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan №. 204 "On Additional Measures for the Implementation of Market Mechanisms in the Fuel and Energy Sector" dated 16.04.2024
5. Sitdikov R.A. Electricity Demand Response and Electric Power System Modes //Energy and Energy Resources, 2009. №. 3-4. - P. 42-47.
6. Re-powering markets. Market design and regulation during the transition to low-carbon power systems. International Energy Agency (March 2016). Archived from the original on 21 June 2017.
7. Charles Goldman, Michael Reid, Roger Levy, and Alison Silverstein. National Action Plan for Energy Efficiency (2010). Coordination of Energy Efficiency and Demand Response. epa.gov (2010). Date of access: 23 May 2017. Archived from the original on 9 May 2017.
8. European Union Electricity Market Glossary. Demand Side Response Aggregator (DSR Aggregator). emissions-euets.com (16 June 2017). Date of access: 28 April 2017. Archived from the original on 20 February 2017.
9. The concept of functioning of distributed energy resource aggregators as part of the Unified Energy System of Russia. Electricity demand management aggregators.-M.:JSC"SOUES". 2018, May.
10. Allaev K.R. Modern energy and prospects for its development / edited by Salimov A.U. – Т.: Fan va texnologiyalar nashriyot-manbaa uyi, 2021. – 952 p.