

RADIOTO'LQINLARNING TARQALISH XUSUSIYATLARI

G'ulomov Farruxbek
L.Dalibekov

Farg'ona davlat texnika universiteti

E-mail: gulomovfarruxbek09@gmail.com

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19907843>

Annotatsiya: Ushbu maqolada radioto'lqinlarning turli muhitlarda (atmosfera, ionosfera, yer yuzasi) tarqalish qonuniyatlari va fizik mexanizmlariga bag'ishlangan. Unda radioto'lqinlarning asosiy tarqalish turlari – yer to'lqinlari, fazoviy (ionosferadan qaytuvchi) to'lqinlar va to'g'ri ko'rinishdagi to'lqinlar tahlil qilinadi. Diffraksiya, refraksiya, interferensiya va polyarizatsiya kabi hodisalarning radioaloqa masofasi va sifatiga ta'siri ko'rib chiqiladi. Alohida e'tibor ionosferaning tuzilishi, kritik chastota, maksimal qo'llaniladigan chastota (MUF) va absorbsiya jarayonlariga qaratiladi. Shuningdek, troposferada radioto'lqinlarning sinishi, sochilishi va zaiflashuvi, shuningdek, meteo-sharoitlarning (namlik, bosim, harorat) tarqalishga ta'siri yoritiladi. Annotatsiya radioaloqa tizimlarini loyihalash, televideniye, mobil aloqa, radar va sun'iy yo'ldosh tizimlari uchun muhim bo'lgan amaliy tavsiyalar bilan yakunlanadi.

Kalit so'zlar : radioto'lqinlar, tarqalish turlari (yer to'lqinlari, fazoviy to'lqinlar, to'g'ri ko'rinish to'lqinlari), ionosfera, troposfera, diffraksiya, refraksiya

Kirish

Radioto'lqinlar elektromagnit spektrning 3 GGs gacha (ba'zi tasniflarda 300 GGs gacha) bo'lgan chastota oralig'idagi tebranishlardir. Ular simsiz aloqa, eshittirish, radar, navigatsiya va kosmik tizimlarning asosini tashkil etadi. Radioto'lqinlarning tarqalishi – to'lqin energiyasining manbadan qabul qilgichgacha bo'lgan muhitda (atmosfera, ionosfera, yer yuzasi) targalish jarayonidir. Bu jarayon fizikaning muhim bo'limi bo'lib, uning qonuniyatlarini bilish aloqa tizimlarini loyihalash, radioaloqa masofasini hisoblash va interferensiyalarni bartaraf etish imkonini beradi.

Radioto'lqinlarning asosiy tarqalish turlari

Tarqalish usuliga qarab radioto'lqinlar uch turga bo'linadi:

Yer to'lqinlari (sirtqi to'lqinlar) – yer yuzasi bo'ylab tarqaladi. Asosan uzun (LW) va o'rta (MW) to'lqinlar uchun xos. Yer sirtining o'tkazuvchanligi va relyefi ularning zaiflashuviga kuchli ta'sir qiladi. Dengiz yuzasida quruqlikka nisbatan kamroq so'nadi.

Fazoviy (ionosfera) to'lqinlari – ionosferadan bir yoki bir necha marta qaytib, yer sirtiga tushadi. Qisqa to'lqinlar (3–30 MGs) asosan shu usulda uzoq masofalarga (minglab km) tarqaladi. Ionosferaning kun-tun, quyosh faolligi va mavsumga bog'liq o'zgarishi aloqa sifatini keskin o'zgartiradi.

To'g'ri ko'rinish to'lqinlari – manba va qabul qilgich o'rtasida to'siqsiz, bevosita tarqaladi. Ultra-qisqa to'lqinlar (VHF, UHF va undan yuqori) va mikroto'lqinlar uchun xos. Tarqalish masofasi odatda optik ko'rinish chegarasi bilan cheklanadi, biroq troposferadagi refraksiya tufayli bir oz uzoqroq bo'lishi mumkin.

Tarqalishga ta'sir etuvchi fizik hodisalar

Diffraksiya – to'lqinning to'siq (tog', bino) orqasiga egilishi. Uzun to'lqinlarda kuchliroq namoyon bo'ladi, shuning uchun LW va MW to'lqinlar tepalik orqasida ham qabul qilinishi mumkin.

Refraksiya – to‘lqin yo‘nalishining muhit sindirish ko‘rsatkichi o‘zgarishi tufayli egilishi. Troposferada havo zichligi, harorat va namlikning balandlik bilan o‘zgarishi natijasida radioto‘lqinlar Yer atrofida egilib, ufqdan oshib ketishi mumkin.

Interferensiya – bir necha yo‘l bilan kelgan to‘lqinlarning qo‘shilishi natijasida signal kuchayishi yoki susayishi. Ionosferadan qaytgan va yer yuzasi bo‘ylab kelgan to‘lqinlar o‘zaro interferensiyalanib, so‘nish (fading) effektini yuzaga keltiradi.

Polyarizatsiya – elektr maydon vektorining tebranish yo‘nalishi. Gorizontaal va vertikal polyarizatsiya mavjud. Ionosferadan qaytishda polyarizatsiya o‘zgaradi (Faraday effekti), bu qabul qilishda hisobga olinishi kerak.

Ionosferaning roli

Ionosfera – Yer atmosferasining 60–1000 km balandliklardagi qatlami bo‘lib, unda quyosh ultrabinafsha va rentgen nurlari ta‘sirida gaz molekulari ionlashgan. Ionosfera D, E, F1 va F2 qatlamlaridan iborat. Radioto‘lqinlar ionosferada plazma muhitda tarqaladi. Har bir chastota uchun kritik chastota – vertikal yo‘nalishda ionosferadan qaytib tushadigan eng yuqori chastota. Undan yuqori chastotali to‘lqinlar ionosferadan o‘tib ketadi (masalan, VHF va yuqoriroq). Uzoq masofali aloqa uchun maksimal qo‘llaniladigan chastota (MUF) tushunchasi ishlatiladi – berilgan masofa va vaqtda ionosferadan qaytib yetadigan eng yuqori chastota. MUF kunduzi yuqori, kechasi esa past bo‘ladi.

Absorbsiya (yutilish) – to‘lqin energiyasining ionosferadagi erkin elektronlar va neytral zarralar bilan to‘qnashuvi natijasida issiqlikka aylanishi. Eng kuchli yutilish D qatlamida kuzatiladi, ayniqsa kunduzi. Shu sababli o‘rta va qisqa to‘lqinlar kunduzi yomonroq eshitiladi.

Troposferaning ta‘siri

Troposfera (0–12 km balandlik) radioto‘lqinlarning tarqalishiga quyidagi jihatlardan ta‘sir qiladi:

Sinish – harorat va bosim gradienti tufayli to‘lqin traektoriyasining egilishi. Normal sharoitda radioto‘lqinlar Yer sirtiga egilib, ufqdan 15–20% uzoqroqqa yetadi.

Sochilish – turbulentslik va meteorologik geterogenliklar (yomg‘ir, qor, tuman) to‘lqinlarni mayda zarralarda sochadi. Bu ultra-qisqa to‘lqinlarning zaiflashuviga sabab bo‘ladi.

Meteo-sharoitlar – namlik, bosim, harorat o‘zgarishi sindirish ko‘rsatkichini o‘zgartiradi. Masalan, harorat inversiyasi (sovuq havo ustida issiq havo) to‘lqin o‘tkazgich – “troposferik kanal” hosil qilib, to‘lqinlarning g‘ayrioddiy uzoqqa tarqalishiga olib kelishi mumkin.

Chastotaning tarqalish xususiyatlariga ta‘siri

Chastota diapazoni	Asosiy tarqalish usuli	Xususiyatlari
ULF, VLF (3–30 kGs)	Yer–ionosfera to‘lqin o‘tkazgichi	Juda uzoq masofa (global), past axborot tezligi
LW (30–300 kGs)	Yer to‘lqini	Minglab km, diffraksiya kuchli, kechayu-kunduz barqaror
MW (300 kGs – 3 MGs)	Yer va ionosfera to‘lqini	Kechasi uzoq masofa, kunduzi qisqa
SW (3–30 MGs)	Ionosfera (fazoviy)	Uzoq masofa, kuchli kunlik va mavsumiy o‘zgarish

VHF (30–300 MGs)	To‘g‘ri ko‘rinish + troposferik	Chiziq bo‘ylab, refraksiya hisobiga ufqdan oshadi
UHF va yuqori (300 MGs – 3 GGs)	To‘g‘ri ko‘rinish	Optik ko‘rinish, yog‘ingarchilikda zaiflashuv

Radioto‘lqinlarning zaiflashuvi va sochilishi

Tarqalish jarayonida signal kuchi ikki sababdan kamayadi:

Geometrik zaiflashuv – masofa kvadratiga teskari proporsional (sferik to‘lqin).

Muhitdagi yutilish – ionosferadagi (D qatlami), troposferadagi (kislород va suv bug‘lari rezonansi, ayniqsa 22 GGs va 60 GGs atrofida) va yog‘ingarchilikdagi yutilish.

Sochilish hodisasi (Rayleigh va Mie sochilishi) asosan UHF va mikroto‘lqinlarda yomg‘ir, do‘l, tuman paytida kuzatiladi va aloqa sifatini pasaytiradi.

Xulosa

Radioto‘lqinlarning tarqalish xususiyatlari ularning chastotasi, muhit parametrlari (ionosfera, troposfera, yer yuzasi) va vaqt-makon omillari bilan murakkab bog‘langan. Uzun to‘lqinlar diffraksiya va yer–ionosfera to‘lqin o‘tkazgichi hisobiga barqaror, ammo past ma‘lumot uzatish tezligiga ega. Qisqa to‘lqinlar ionosferadan qaytib uzoq masofalarga yetadi, biroq ularning aloqasi kun, mavsum va quyosh faolligiga kuchli bog‘liq. Ultra-qisqa va mikroto‘lqinlar asosan to‘g‘ri ko‘rinishda tarqaladi, ular katta o‘tkazuvchanlikni ta‘minlaydi, ammo relyef va meteo-sharoitlar ularga sezilarli ta‘sir ko‘rsatadi. Zamonaviy telekommunikatsiya (5G/6G, sun‘iy yo‘ldosh aloqasi, Internet of Things) yangi diapazonlar va tarqalish modellarini talab qiladi, shu sababli radioto‘lqinlarning tarqalish fizikasini o‘rganish dolzarb ilmiy va amaliy vazifa bo‘lib qolmoqda.

Adabiyotlar, References, Литературы:

1. Collin, R. E. (1985). Antennas and radiowave propagation. McGraw-Hill series in electrical engineering. New York: McGraw-Hill. (xii, 508 b.)
2. Davies, K. (1965). Ionospheric radio propagation. Washington, D.C.: U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards. (xiv, 470 b.)
3. Davies, K. (1990). Ionospheric radio. IEE electromagnetic waves series. London: P. Peregrinus on behalf of the Institution of Electrical Engineers. (600 b.)
4. Levis, C. A., Johnson, J. T. & Teixeira, F. L. (2010). Radiowave propagation: Physics and applications. Hoboken, NJ: Wiley. (Yer troposferasi va ionosferasida elektromagnit to‘lqin tarqalishining fizik mexanizmlariga bag‘ishlangan.)
5. Ghasemi, A. (2012). Propagation engineering in wireless communications. (Troposfera va ionosferada radioaloqa, quruqlikdagi mobil radioaloqa tarqalishi kabi amaliy masalalarni qamrab oladi.)