

“ANTENA TIZIMLARI VA MIMO TEXNOLOGIYALARI

O'qituvchi: **Dalibekov Lochinbek**

Annotatsiya: Ushbu maqolada antena tizimlarining asosiy turlari, ularning ishlash prinsiplari hamda simsiz aloqa tizimlaridagi o'rni yoritiladi. Shuningdek, MIMO (Multiple Input Multiple Output) texnologiyasining mohiyati, ma'lumot uzatish tezligini oshirish va signal ishonchliligini ta'minlashdagi ahamiyati bayon etiladi. Annotatsiyada MIMO texnologiyasida bir nechta uzatuvchi va qabul qiluvchi antenalardan foydalanish orqali spektral samaradorlikni oshirish, shovqin va so'nishni kamaytirish mexanizmlari tahlil qilinadi. Antena tizimlari va MIMO texnologiyalari zamonaviy mobil aloqa, Wi-Fi va 5G tarmoqlarining muhim tarkibiy qismi sifatida ko'rib chiqiladi.

Аннотация: В данной статье рассматриваются основные типы антенных систем, принципы их работы и роль в беспроводных системах связи. Также описывается сущность технологии MIMO (Multiple Input Multiple Output), её важность для повышения скорости передачи данных и обеспечения надежности сигнала. В аннотации анализируются механизмы повышения спектральной эффективности, снижения шума и уменьшения затухания за счет использования нескольких передающих и приемных антенн в технологии MIMO. Антенные системы и технологии MIMO рассматриваются как важный компонент современных сетей мобильной связи, Wi-Fi и 5G..

Annotation: This article discusses the main types of antenna systems, their operating principles, and their role in wireless communication systems. It also describes the essence of MIMO (Multiple Input Multiple Output) technology, its importance in increasing data transfer rates and ensuring signal reliability. The abstract analyzes the mechanisms for increasing spectral efficiency, reducing noise, and reducing attenuation by using multiple transmitting and receiving antennas in MIMO technology. Antenna systems and MIMO technologies are considered as an important component of modern mobile communications, Wi-Fi, and 5G networks.

Kalit soʻzlar: Antena tizimlari, simsiz aloqa, MIMO, Multiple Input Multiple Output, signal uzatish, spektral samaradorlik, shovqinga chidamlilik, koʻp antenali tizimlar, 5G, Wi-Fi.

MIMO (Multiple Input Multiple Output) texnologiyasi uzatuvchi va qabul qiluvchida mos ravishda bir nechta uzatish va qabul qiluvchi antennalardan foydalanadi, bu esa signallarni ushbu antennalar orqali uzatish va qabul qilish imkonini beradi, ma'lumotlarni uzatish uchun uzatuvchi va qabul qiluvchi o'rtasida bir nechta kanallarni yaratadi.

MIMO texnologiyasining mohiyati xilma-xillikni (fazoviy xilma-xillik) va multiplekslashning daromadini (fazoviy multiplekslash) ta'minlash uchun bir nechta antennalardan foydalanishdir. Birinchisi tizim uzatish ishonchliligini ta'minlaydi, ikkinchisi esa tizimni uzatish tezligini oshiradi.

Fazoviy xilma-xillik, asosan, qabul qiluvchiga axborot belgilarining bir nechta, mustaqil ravishda o'chirilgan nusxalarini taqdim etadi, bu chuqur signal yo'qolishi ehtimolini kamaytiradi, shu bilan tizim ish faoliyatini yaxshilaydi va uzatish ishonchliligi va mustahkamligini oshiradi. MIMO tizimida pasayish har bir uzatish va qabul qilish antennalari juftligi uchun mustaqildir. Shunday qilib, MIMO kanalini bir nechta parallel fazoviy kichik kanallar sifatida ko'rish mumkin. Fazoviy multiplekslash kanal sig'imini sezilarli darajada oshiradigan ushbu bir nechta mustaqil, parallel yo'llar bo'ylab turli ma'lumotlarni uzatishni o'z ichiga oladi. Nazariy jihatdan, MIMO tizimining kanal sig'imi uzatuvchi va qabul qiluvchi antennalar soniga qarab chiziqli ravishda oshishi mumkin.

MIMO texnologiyasi fazoviy xilma-xillikni ham, fazoviy multiplekslashni ham ta'minlaydi, biroq ikkalasi o'rtasida o'zaro kelishuv mavjud. MIMO tizimida xilma-xillik va multiplekslash rejimlaridan to'g'ri foydalanish orqali tizim daromadini maksimal darajaga ko'tarish, mavjud spektr resurslaridan to'liq foydalangan holda ishonchlilik va samaradorlikni oshirish mumkin. Bu transmitterda ham, qabul qiluvchida ham ishlov berishning murakkabligi oshishiga olib keladi.

MIMO texnologiyasi va MANET texnologiyasi hozirgi simsiz aloqa tizimlarining asosiy texnologiyalaridan ikkitasi bo'lib, ko'plab simsiz aloqa tizimlari tomonidan qabul

qilinadi. MIMO (inglizchada Multiple Input Multiple Output) – bu koʻp kirish va koʻp chiqishga ega boʻlgan texnologiyadir. Bu texnologiya signalni fazoviy kodlashtirish prinsipiga asoslangan. Signalni uzatish va qabul qilish N uzatuvchi va M qabul qiluvchi antennalar hisobiga amalga oshiriladi. Shuning hisobiga kanal oʻtkazish qobiliyati kengayadi. MIMO tenologiyasining umumiy strukturasi 3.1- rasmda koʻrsatilgan.

Endi esa MIMO tenologiyasining tarixiga toʻxtalib oʻtsak. MIMO tenologiyasini ishlatish boʻyicha birinchi patentni, Bell Laboratories kompaniyasining xodimi Djek Vinter (Jack Winters) 1984 yil olgan. Djek Vinterning tadqiqotlarini davom etkazgan holda Bell Laboratories kompaniyasining yana bir xodimi Jek Salz (Jack Salz) 1985 yili MIMO 44 tenologiyasi haqida birinchi maqolani yozdi va chop ettirdi. MIMO tenologiyasining ishlashi va rivoji uchun Bell Laboratories va boshqa kompaniyalarning xodimlari 1995 yilgacha ish olib borishdi. 1996 yil Greg Raley (Greg Raleigh) va Djerol Dj. Foshinilar MIMO tenologiyasining mukammallashgan variantini ishlab chiqishdi. Yaʼni Greg Raley MIMO tenologiyasiga OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing – ortogonal tashuvchilar yordamida multipleksorlash) multipleksorlashni tadbiq qilgan birinchi inson hisoblanadi va Airgo Networks kompaniyasi homiyligida MIMO-chiptarmoq yaratdi. [6] MIMO tenologiyasi ustida tinimsiz olib borilgan ishlar natijasida, signallarni kodlashtirishning bir necha usullari paydo boʻldi. Ular qoʻyidagilar: fazo-vaqt, fazo-chastota va fazo-polyarizatsiya kodlash usullari. Oddiy MIMO antennalari ikkita nesimmetrik antenna (vibrator)dan iboratdir. Bu ikki antenna bir-biridan $\pm 45^\circ$ burchak ostida joylashtirilgan. Bunday burchak polyarizatsiyada ikki kanal ham bir xildir. Bu esa har xil polyarizatsiyada maʼlumot uzatilishini taʼminlaydi va kanallar oʻtkazish qobiliyati oshiradi. Umuman olganda 2 xil polyarizatsiyada nurlatadigan barcha nurlatgichlarni MIMO texnologiyasi desak adashmaymiz. MIMO texnologiyasi simsiz tarmoqlardan IEEE 802.11n (Elektronika va 45 Elektrotehnika Injenerlari Instituti (Institute of Electrical and Electronic Engineers)) standartida, yaʼni WI-FI tarmoqlarida, mobil aloqada esa WiMAX , va LTE tarmoqlarida koʻproq ishlatilmoqda. [20] MIMO texnologiyasida interferensiya hodisasi asosiy rol oʻynaydi. Interferensiya bu muhitda tarqalayotgan bir necha toʻlqinlarning amplitudasi bir xil tushib, bir-birini koʻchaytirishi va susaytirish hodisasi. Interfrensiya hodisasini qoʻyidagicha tasavvur qilishimiz mumkin. MIMO

tizimining N uzatuvchi va M qabul qiluvchi antenna (element)larini koʻrib chiqamiz. Bu erda m -uzatuvchi element va n -qabul qiluvchi element ham kompleks kanal koeffesienti bilan tavsiflanadi. Bu koeffesient $N \times M$ oʻlchamdagi H matrisa keltirib chiqaradi. Signalning koʻp nurlanib tarqalish xususiyatiga binoan vaqt mobaynida qiymatlar oʻzgarib turadi.

MIMO tizimining qabulida signalni qayta ishlash algoritmini qoʻyidagilarga boʻlishimiz mumkin: - maksimal xaqiqatga oʻxshashlik algoritm usuli (ML, Maximum Likelihood); - minimal oʻrtakvadratli ogʻish algoritm usuli; - nolga jadallashtirilgan algoritm usuli (zero forcing, ZF) Undan tashqari signallarni kodlash/dekodlashda ortogonal va noortogonal usullari qoʻllaniladi. Minimal oʻrtakvadratli ogʻish algoritm usuli qabul qilingan signalni dekodlashda qoʻyidagi formuladan foydalanadi: Nolga jadallashtirilgan algoritm usuli qabul qilingan signalni dekodlashda qoʻyidagi formuladan foydalanadi: Maksimal xaqiqatga oʻxshashlik algoritm usulida usuli qabul qilingan signalni dekodlash 2 etapdan iborat: 1-etap, “yumshoq” dekodlash, qabul qilingan simvolni lardan biriga aylantirish. Bu erda, K - manipulyasiya karraligi (kratnost). 2-etap, “qattiq” dekodlash, minimal Xemming masofasini aniqlab, oxirgi qarorni chiqarish.[6] 48 3. MIMO texnologiyasining ishlash prinsiplari va imkoniyatlari. MIMO texnologiyasining ishlash prinsipini tushunish uchun radio toʻlqinlarning tarqalish xususiyatini koʻrib chiqishimiz shart. 100 MGs dan yuqori chastota diapazonida yotuvchi radio toʻlqinlar oʻzlarini yorugʻlik nurlariday tutishadi. Radio toʻlqinlar muhitda tarqalayotganda, oldilaridan toʻsiq chiqib qolsa, toʻsiqning materialiga bogʻliq holda, bir qismi yutiladi, bir qismi orasidan teshib oʻtadi va yana bir qismi esa aks etadi (qaytadi).

Qaytgan va teshib oʻtgan radiotoʻlqinlar oʻzining tarqalish muhitida yoʻnalishini oʻzgartiradi. Signallarning oʻzlari esa yana boshqa bir necha radio toʻlqinlarga boʻlinib ketadi. Har xil toʻsiqlarga uchrab tarqalayotgan bir nechta radio toʻlqinlarning ayrimlarigina qabul qiluvchi qurilmagacha etib kelishadi. Turli muxitdan va turli masofalarni bosib oʻtgan signallar oʻzlarining turli xildagi ushlanib qolish vaqtlariga egadir. Shaharlarda binolar zich joylashgani uchun abonent stansiyasi (MS) va bazaviy stansiya (BTS) bir-birini doim ham toʻgʻridan-toʻgʻri koʻravermaydi. Bunday hollarda esa, aloqani hosil qilish uchun signallarni etib kelishi toʻlqinlarning toʻsiqlardan akslanib

etib kelishi hisobiga amalga oshiriladi. Bu esa yuqorida aytib oʻtganimizdek, koʻp marta akslanish natijasida, boshlangʻich signalni butunligicha qabul qilishimiz qiyin kechadi va albatta kechikib keladi. Bundan tashqari abonent stansiya (MS) lari joyini oʻzgartirib turishi esa bu jarayonni yanada qiyinlashtiradi. Shuning uchun simsiz aloqa vositalaridagi asosiy muammo bu – signallarning koʻp nurli boʻlib tarqalishidir. Signallarning koʻp nurli boʻlib tarqalishini biz muammo deyapmiz, xaqiqatda xam shundaymi? Bunga hozir aniqlik kiritib olamiz. Signallarning koʻp nurli boʻlib tarqalishini oldini olishning asosiy usullaridan biri, bu - Receive Diversity, yaʼni tarqalma qabul. Bunda signalni qabul qilish uchun, bir-biridan maʼlum uzoqlikda joylashgan bir nechta antennalardan foydalaniladi. Demak, qabul qiluvchi bir emas bir nechta boshlangʻich signalning nusxalarini qabul qiladi. Yoki antennalarning biri qabul qila olmasa, ikkinchisida qabul qilish imkoni boʻlishi mumkin. Undan tashqari birinchi antennaga qarama- 50 qarshi fazada kelgan signal, ikkinchi antennaga sinfaz holda kelishi mumkin. Bu texnologiyani Single Input Multiple Output (SIMO) deyishimiz mumkin. Single Input Multiple Output (SIMO) - bu bir chiqish va koʻp kirish texnologiyasidir. Agar bir chiqish va bir kirish boʻlsa, u holda, Single Input Single Output (SISO). Agarda koʻp chiqish va bir kirish boʻlsa, u holda, Multiple Input Single Output (MISO). Oxirgi oʻn yillikda MIMO texnologiyasi yordamida simsiz aloqa tizimlari oʻzlarining maʼlumot oʻtkazish qobiliyatini anchagacha oshirib olishdi. Bunga misol qilib, WiFi 802.11n standartini olishimiz mumkin. Yaʼni bu standart, hozirda 300 Mbit/s tezlikni koʻtara oladi. Agar undan oldingi 802.11g standart olsak, 50 Mbit/s tezlikni koʻtara olgan. WiMAX 802.16e standartida MIMO texnologiyasi yordamida 40 Mbit/s tezlikga erisha oladi. Lekin bunda MIMO 2x2 konfiguratsiyasi ishlatilgan. WiMAX 802.16m standartida esa, MIMO 4x4 konfiguratsiyasi ishlatilishi koʻzda tutilgan. Bu esa maʼlumot uzatish tezligini yana 2 barobar oshishiga olib keladi. MIMO texnologiyasi mobil aloqaning 3-avlodidan boshlab qoʻllanila boshladi. MIMO texnologiyasi HSPA bilan birgalikda 20Mbit/s maʼlumot uzatish tezligiga va HSPA+ bilan birgalikda esa 40Mbit/s maʼlumot uzatish tezligiga eishdi. Lekin mobil aloqaning 3-avlodida MIMO keng qoʻllanilmadi. MIMO texnologiyasining 8x8 konfiguratsiyasini 4G mobil aloqa avlodida ishlatish koʻzda tutilmoqda. Bu esa maʼlumot uzatish tezligini 300 Mbit/s dan yuqori tezliklarni berishi demakdir. MIMO texnologiyasini 5G mobil aloqa

avlodiga tadbiq qilsak, ya'ni hozirgi kunda 5G mobil aloqa avlodi ustida ish olib borilmoqda. Olimlarning fikricha 5G mobil aloqa alodiga, MIMO texnologiyasi tadbiq qilinsa, ma'lumot uzatish tezligi 1 Gbit/s dan yuqori tezliklarni berishi kutilmoqda. Hozirgi kunda MIMO texnologiyasining 64x64 konfiguratsiyasi ustida ish olib borilmoqda. Bu esa kelajakda MIMO texnologiyasining imkoniyatlarini yanada ochadi demakdir. MIMO texnologiyasini mobil aloqa avlodlariga tadbiq etib, solishtirma taqqosiy jadval hosil qildim. Ushbu bitiruv malakaviy ishimda MIMO texnologiyasini o'rgandim va ushbu texnologiyaning barcha imkoniyatlarini tadqiq qildim. Olgan bilimlarimga asosan tahlil qildim. Xulosa qilib shuni aytishim mumkinki, MIMO texnologiyasi bu kelajak texnologiyasi. Simsiz uzatish tizimlari, jumladan mobil aloqa bu texnologiya bilan yanada rivojlanadi.

Barcha sohalarda elektr energiyasidan keng ko'lamda foydalanish yo'lga qo'yilganligi sababi elektr toki ta'sirida ro'y berishi mumkin bo'lgan baxtsiz hodisalar va ulardan saqlanish masalalari muhim masalalar qatoriga kirib bormoqda. Elektr toki ta'sirining yeng xavfli tomoni shundaki, bu xavfni oldindan sezish imkoni yo'q. Shuning uchun ham elektr toki xavfiga qarshi tashkiliy va texnik chora tadbirlar belgilash, to'siq vositalari bilan ta'minlash, shaxsiy va kollektiv muhofaza tizimlarini o'rnatish nihoyatda muhim. Umuman elektr toki ta'siri faqat birgina biologik ta'sir bilan chegaralanib qolmasdan, balki elektr yoyi ta'siri, magnit maydoni ta'siri va statik elektr ta'sirlariga bo'linadiki, ularni bilish har bir kishi uchun kerakli va zaruriy ma'lumotlar jumlasiga kiradi. [4] 2. Elektr tokining inson organizmiga ta'siri Elektr tokidan inson organizmida termik ya'ni issiqlik, elektrolitik va biologik ta'sir kuzatiladi. Elektr tokining termik ta'siri inson tanasining ba'zi uchastkalarida kuyish, qon tomirlari, nerv va xujayralarning qizishi sifatida kuzatiladi. Elektrolitik ta'sir esa, qon tarkibidagi yoki xujayralar tarkibidagi tuzlarning parchalanishi natijasida qonning fizik va kimyoviy xususiyatlarini o'zgarishiga olib keladigan holat tushuniladi. Bunda elektr toki markaziy nerv sistemasi va yurak sistemasini kesib o'tmasdan tananing ba'zi bir uchastkalaridagina ta'sir ko'rsatishda ro'y beradi. Elektr tokining biologik ta'siri bu tirik organizm uchun xos bo'lgan xususiyat hisoblanadi. Bu ta'sir natijasida inson organizmidagi tirik xujayralar muskullarning keskin qisqarishi natijasida to'liqinlanadi, bu asosan organizmdagi bioelektrik jarayonlarning

buzilishi natijasida roʻy beradi. Yaʼni inson organizmi asosan bioelektrik toklar yordamida boshqariladi. Bunga tashqi muhitdan yuqori kuchlanishdagi elektr tokining taʼsiri, bu biotoklar rejimini buzib yuboradi va 56 buning natijasi sifatida inson organizmida tok urish hodisasi vujudga keladi. Yaʼni boshqarilmay qolgan organizmda hayot faoliyatining baʼzi bir funksiyalari bajarilmay qoladi: nafas olish tizimlarida ishlarning buzilishi, qon aylanish sistemasining ishlamay qolishi va hk. Elektr tokining inson organizmida taʼsirining xilma-xilligidan kelib chiqib, umuman elektr taʼsirini 2 guruhga boʻlib qarash mumkin: mahalliy elektr taʼsiri va tok urishi. Mahalliy elektr taʼsiriga elektr taʼsiri natijasida kuyib qolish, elektr belgilari hosil boʻlishi, terining metallashib qolishi hollarini koʻrsatish mumkin. Elektr taʼsiridan kuyish, asosan organizm bilan elektr oʻtkazgich oʻrtasida volta yoyi hosil boʻlganda sodir boʻladi. Elektr oʻtkazgichdagi kuchlanishinig taʼsiriga qarab bunday kuyish turlicha boʻlishi umukin. Yengili faqat yalligʻlanish bilan chegaralanishi, oʻrtacha ogʻirlikdagi kuyish pufakchalar hosil boʻlishi va ogʻir kuyish - xujayra va terilarning koʻmirga aylanishi bilan oʻtib, ogʻir asoratlarga olib kelishi mumkin. Elektr belgilari-bu terining ustki qismida aniq kulrang yoki och-sargʻish rangli 1-5 mm diametrdagi belgi paydo boʻlishi bilan ifodalanadi. Bunday belgilar odatda xavfli emas. Terining metallashib qolishi ham odatda erib mayda zarrachalarga parchalanib ketgan metall teri ichiga kirib qoladi. Bu holat ham elektr yoyi hosil boʻlganda roʻy beradi. Maʼlum vaqt oʻtgandan keyin bu teri koʻchib tushib ketadi va hech qanday asorat qoldirmaydi. [14] Elektr urishi (yoki tok urishi deb ham yuritiladi) toʻrt darajaga boʻlib qaraladi. I-muskullar keskin qisqarishi natijasida odam taʼsiridan chiqib ketadi va hushini yoʻqotmaydi. II- muskullar keskin qisqarishi natijasida odam hushini yoʻqotadi, ammo yurak va nafas olish faoliyati ishlab turadi. III-hushini yoʻqotib, nafas olish tizimi yoki yurak urishi toʻxtab qoladi. IV-klinik oʻlim holati, bunda insonda hech qanday hayot alomatlari koʻrinmay qoladi. Klinik oʻlim holati bu hayot bilan oʻlim orasidagi maʼlum oraliq boʻlib, 57 maʼlum vaqtgacha inson ichki imkoniyatlar hisobiga yashab turadi. Bu vaqtda unda hayot belgilari: yaʼni nafas olish, qon aylanish boʻlmaydi, tashqi taʼsirlarga farqsiz boʻladi, ogʻriq sezmaydi, koʻz qorachigʻi kengaygan va yorugʻlikni sezmaydi. Ammo bu davrda hali undagi hayot butunlay soʻnmagan, xujayralarda maʼlum modda almashinuv jarayonlari davom etadi va bu organizmning minimal hayot faoliyatini davom ettirishga yetarli boʻladi, shuning uchun

tashqi taʼsir natijasida hayot faoliyatini yoʻqotgan organizmning baʼzi bir qismlarini tiklash natijasida uni hayotga qaytarish imkoniyati bor. Klinik oʻlim holati 5-8 minut davom etadi. Hech qanday yordam boʻlmagan taqdirda eng oldin bosh miya qobigʻidagi xujayralar parchalanadi va klinik oʻlim holati biologik oʻlim holatiga oʻtadi. Biologik oʻlim – qaytarib boʻlmaydigan jarayon boʻlib, organizmdagi biologik jarayonlar butunlay toʻxtashi bilan xarakterlanadi, shuningdek organizmdagi oqsil strukturalari parchalanadi. Bu klinik oʻlim vaqti tugagandan keyin roʻy beradi. Inson organizmining qarshiligi teri qalinligi va ichki organlar qarshiliklari yigʻindisi sifatida olinadi. Teri asosan quruq va oʻlik xujayralarning qattiq qatlamlaridan tashkil topganligi sababli katta qarshilikka ega va u umuman inson organizmining qarshiligini ifodalaydi. Organizm ichki organlarining qarshiligi uncha katta emas.

Xulosa

Aytilganlarni hisobga olgan holda umuman texnik hisoblar uchun inson organizmi qarshiligi 1000 Om deb qabul qilingan. Inson organizmi orqali oqib oʻtgan tokning miqdori uning asoratini belgalaydi, yaʼni oqib oʻtgan tok qancha katta boʻlsa, uning asorati ham shuncha katta boʻladi. Inson organizmi orqali 50 Gs li sanoat elektr tokining 0,6-1,5 mA oqib oʻtsa, buni u sezadi va bu miqdordagi tok sezish chegarasidagi elektr toki deb ataladi. Agar inson organizmi orqali oqib oʻtgan tokning miqdori 10-15 mA ga yetsa, unda 58 organizmdagi muskullar tartibsiz qisqarib, inson oʻz organizmi qismlarini boshqarish qobiliyatidan mahrum boʻladi, yaʼni elektr toki boʻlgan simni ushlab turgan boʻlsa, panjalarini ocha olmaydi, shuningdek unga taʼsir koʻrsatayotgan elektr simini olib tashlay olmaydi. Bunday tok chegara miqdordagi ushlab qoluvchi tok deyiladi.[17] Agar tok miqdori 20-25 mA ga yetsa, unda tok taʼsiri koʻkrak qafasiga taʼsir koʻrsatadi, buning natijasida nafas olish qiyinlashadi. Agar tok taʼsiri uzoq vaqt davom etsa, yaʼni bir necha minutga choʻzilsa, unda nafas olishning toʻxtab qolishi natijasida oʻlish mumkin. Taʼsir qiluvchi tok miqdori 100 mA va undan ortiq boʻla, bunday tok yurak muskullariga taʼsir koʻrsatadi va yurakning ishlash ritmi buziladi, natijada qon aylanish sistemasi butunlay ishdan chiqadi va bu holat ham oʻlimga olib keladi. Inson organizmi orqali oqib oʻtgan tokning davomiyligi ham alohida ahamiyatga ega, chunki tok taʼsiri uzoq davom etsa, unda inson organizmining tok oʻtkazuvchanligi orta boradi va tokning zarali taʼsiri organizmga

yigʻila borishi natijasida asorat ogʻirlasha boradi. Tokning turi va chastotasi ham zararli taʼsir koʻrsatishda muhim rol oʻynaydi. Eng zararli tok 20-100 Gs atrofida elektr toki hisoblanadi. Chastotasi 20 Gs dan kichik va 100 Gs dan katta toklarning taʼsir darajasi kamayadi.

Adabiyotlar roʻyxati

1. Oʻzbekiston Respublikasi Prezidenti I. A. Karimovning mamlakatimizni 2014-yilda ijtimoiy-iqtisodiy rivojlantirish yakunlari va 2015-yilga moʻljallangan iqtisodiy dasturning eng muhim ustuvor yoʻnalishlariga bagʻishlangan Vazirlar Mahkamasining majlisidagi maʼruzasi 19.01.2015-yil
2. I.A.Karimov Oʻzbekiston XXI – asr boʻsagʻasida: xavfsizlikka tahdid, barqarorlik shartlari va taraqqiyot kafolatlari. Toshkent. 1997 y.
3. Oʻzbekiston Respublikasi Radio chastota spektri toʻgʻrisidagi qonun 25.12.1998-yil №725-1.
4. Oʻzbekiston Respublikasi Vazirlar mahkamasining “Oʻzbekiston Respublikasi aholini FV lardan muhofaza qilishga tayyorlash tartibi toʻgʻrisida”gi 1998 yil 7-oktyabrdagi 427-sonli qarori.
5. Гольдштейн Б. С., Соколов Н. А., Яновский Г. Г. - Сети связи, 2010.
6. Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Юрчук А.Б. - Сети мобильной связи LTE. Технологии и архитектура [2010, DjVu, RUS]
7. V.N. Gordienko, M.S. Tveretskiy. “Mnogokanalniye telekommunikacionniye sistemi”. Moskva. Goryachaya liniya-Telekom 2005.
8. “Sifroviye i analogoviye sistemi peredachi”. Pod redaktsiey V.I. Ivanova. Moskva. Goryachaya liniya-Telekom. 2003.