TV TIZIMLARIDA DVB-T2 SIGNALLARINI O‘LCHASH

Yarmuxamedov Alisher Agbarovich
Toshkent davlat texnika universiteti, “Radiotexnik qurilmalar va tizimlar” kafedrasi v.v.b. professori
yarmukhammedov@tdtu.uz
Bo‘riyev Ulash
Toshkent davlat texnika universiteti, “Radiotexnik qurilmalar va tizimlar” kafedrasi assistenti
boriyev.ulash@tdtu.uz

Annotatsiya

Ushbu tezisda raqamli televideniye tizimlarida qo‘llaniladigan DVB-T2 yer usti va DVB-S/S2 sun’iy yo‘ldosh signallarini o‘lchash usullari hamda ularning sifatini baholash mezonlari ko‘rib chiqiladi. Signal darajasi, modulyatsiya xatoliklari nisbati (MER), bit xatoliklari koeffitsiyenti (BXK) va aloqa zaxirasining ahamiyati yoritiladi. Shuningdek, zamonaviy o‘lchash asboblarining imkoniyatlari, spektr analizatorlaridan foydalanish, tashqi interferensiyalarni aniqlash va kanal kuchaytirgichlarini sozlash masalalari tahlil qilinadi. Ishning maqsadi raqamli televizion signallarni ishonchli qabul qilish uchun zarur texnik ko‘rsatkichlarni aniqlash va o‘lchash natijalarini to‘g‘ri talqin qilishdan iborat.

Kalit so‘zlar: raqamli televideniye, DVB-T2, DVB-S, DVB-S2, signal darajasi, modulyatsiya xatoliklari nisbati, bit xatoliklari koeffitsiyenti, aloqa zaxirasi, COFDM, QAM, spektr analizatori, interferensiya, kanal kuchaytirgichi.

Kirish

Raqamli televideniye axborotni yuqori sifatda uzatish, ko‘plab televizion dasturlarni cheklangan chastota resurslarida joylashtirish va uzatish tizimlaridan samarali foydalanish imkonini beradi. Biroq televizor ekranida tasvirning ravon namoyish etilishi faqat uzatilayotgan signal kuchiga emas, balki uning shovqinlar va boshqa buzilishlarga chidamliligiga ham bog‘liq. DVB-T2 standarti raqamli televizion signallarni yer usti uzatkichlari orqali, DVB-S va DVB-S2 standartlari esa sun’iy yo‘ldosh aloqa tizimlari orqali uzatishda qo‘llaniladi. Ushbu tizimlarning uzatish muhiti va modulyatsiya usullari farq qilsa-da, ularning barchasida qabul qilinayotgan signal parametrlarini nazorat qilish muhimdir. [1, 5]. Amaliyotda signal darajasi yetarli bo‘lishiga qaramay, tasvirning muzlashi, mozaik ko‘rinishdagi nuqsonlar yoki ayrim kanallarning yo‘qolishi kuzatilishi mumkin. Bunga shovqinlar, chastotaviy interferensiya, kabeldagi yo‘qotishlar, antennaning noto‘g‘ri yo‘naltirilishi yoki tizim elementlarining nomuvofiq ishlashi sabab bo‘lishi mumkin. Shu sababli signal darajasini modulyatsiya xatoliklari nisbati, bit xatoliklari koeffitsiyenti va aloqa zaxirasi kabi ko‘rsatkichlar bilan birgalikda baholash zarur. Ishning maqsadi DVB-T2 va DVB-S/S2 signallarini o‘lchashning asosiy usullarini yoritish hamda ularning texnik ko‘rsatkichlarini kompleks baholashning ahamiyatini ko‘rsatishdan iborat.

DVB-T2 va DVB-S/S2 signallarini o‘lchash

1. Signal darajasi

Raqamli televizion signallarni tekshirishda dastlab radiochastota (RCH) signalining darajasi o‘lchanadi. U odatda dBμV birligida ifodalanib, qabul qilgich kirishidagi signal kuchlanish darajasini tavsiflaydi. DVB-T2 tizimida COFDM texnologiyasi qo‘llanadi: axborot ko‘plab o‘zaro ortogonal tashuvchilar orqali uzatiladi. Signal darajasini to‘g‘ri aniqlash uchun o‘lchash asbobi butun kanal bo‘yicha quvvatni hisobga olishi kerak. Kanal kengligi uzatish rejasiga bog‘liq bo‘lib, amaliyotda 7 yoki

© 2026 London International Monthly Conference on Multidisciplinary Research and Innovation. All Rights Reserved.

8 MHz qiymatlari uchraydi. [4, 5]. DVB-S/S2 tizimlarida signal sun'iy yo'ldosh antennasi, past shovqinli blok-konvertor (LNB) va koaksial kabel orqali qabul qilgichga uzatiladi. O'lchashda signal darajasi bilan birga chastota, transponder parametrlari va qabul qilish sifatiga ta'sir qiluvchi boshqa ko'rsatkichlar ham tekshiriladi. Signal darajasining yuqori bo'lishi har doim ham signal sifati yaxshi ekanini anglatmaydi: kuchli interferensiya mavjud bo'lsa, daraja yetarli ko'rinsa-da, raqamli ma'lumotni to'g'ri tiklash qiyinlashishi mumkin. [2, 3, 4].

2. MER - modulyatsiya xatoliklari nisbati

MER (Modulation Error Ratio) raqamli modulyatsiyalangan signalning ideal modulyatsiya holatidan qanchalik farq qilishini tavsiflaydi va odatda dB da ifodalanadi. Boshqa shartlar teng bo'lganda, MER yuqori bo'lishi signalning modulyatsiya sifati yaxshiroq ekanini bildiradi. Ushbu ko'rsatkich shovqinlar, fazaviy va amplitudaviy buzilishlar hamda boshqa omillar ta'sirini baholashga yordam beradi. [4].

Taqdim etilgan texnik ma'lumotlarda DVB-T2 tizimining 256-QAM modulyatsiyasi uchun FEC 3/4 rejimida minimal MER 26,5 dB, odatiy qiymat 29,5 dB; FEC 5/6 rejimida esa mos ravishda 28,5 dB va 31,5 dB sifatida keltirilgan. Amaldagi chegaralar uzatish rejimi va qabul qilish sharoitiga qarab tekshirilishi lozim.

3. BER - bit xatoliklari koeffitsiyenti

BER (Bit Error Rate) qabul qilingan bitlar orasida xato bo'lgan bitlar ulushini ifodalaydi. Ushbu ko'rsatkich DVB-T2 va DVB-S/S2 tizimlarida raqamli axborot uzatish ishonchliligini baholash uchun ishlatiladi. Bit xatoliklari koeffitsiyenti qancha kichik bo'lsa, qabul qilingan bitlar oqimidagi xatolar ulushi shuncha kam bo'ladi. [4].

BXT quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$BXK = N_{err} / N_{total}$

Bu yerda N_{err} — xato qabul qilingan bitlar soni, N_{total} — tekshirilgan jami bitlar soni. Masalan, 1 000 000 ta bitdan 100 tasi xato qabul qilingan bo'lsa, $BXK = 100 / 1\,000\,000 = 10^{-4}$ bo'ladi.

DVB-T2 va DVB-S2 tizimlarida xatolarni tuzatish kodlari ishlatilgani sababli, o'lchash asbobi bit xatoliklari koeffitsiyentini xatolarni tuzatishdan oldingi va keyingi bosqichlar uchun alohida ko'rsatishi mumkin: [1, 3, 4]

$BXK_{pre} = N_{err,pre} / N_{total,pre}$

$BXK_{post} = N_{err,post} / N_{total,post}$

Bu yerda BXK_{pre} — xatolarni tuzatishdan oldingi, BXK_{post} esa dekodlash va xatolarni tuzatishdan keyingi bit xatoliklari koeffitsiyenti. Ushbu ko'rsatkichlarning aniq ta'rifi va o'lchash nuqtasi foydalanilayotgan standart hamda o'lchash asbobiga bog'liq. Shuning uchun natijalarni solishtirishda bit xatoliklari koeffitsiyentining qaysi bosqichda o'lchangani ko'rsatilishi kerak. Bit xatoliklari koeffitsiyenti qiymati modulyatsiya xatoliklari nisbati va radiochastota signal darajasi bilan birgalikda tahlil qilinsa, qabul sifati haqida to'liqroq xulosa chiqarish mumkin.

4. Aloqa zaxirasi (Link Margin)

Aloqa zaxirasi qabul qilinayotgan signalning ishonchli ishlash uchun zarur minimal chegaradan qanchalik yuqori ekanini ifodalaydi. Zaxira katta bo'lsa, tizim shovqinlar, interferensiya va boshqa tashqi omillar ta'siriga nisbatan bardoshliroq bo'ladi. Zaxira kichik bo'lsa, ob-havo o'zgarishi, antenna holatining siljishi yoki tashqi radiochastota ta'siri qabul qilishni izdan chiqarishi mumkin.[4, 5]. Sun'iy yo'ldosh televideniyesida kuchli yog'ingarchilik signalni susaytirishi mumkin; yer usti televideniyesida esa ko'p nurli tarqalish, to'siqlar va tashqi radiochastota manbalari muhim omillardir. Aloqa zaxirasi aniq

© 2026 London International Monthly Conference on Multidisciplinary Research and Innovation. All Rights Reserved.

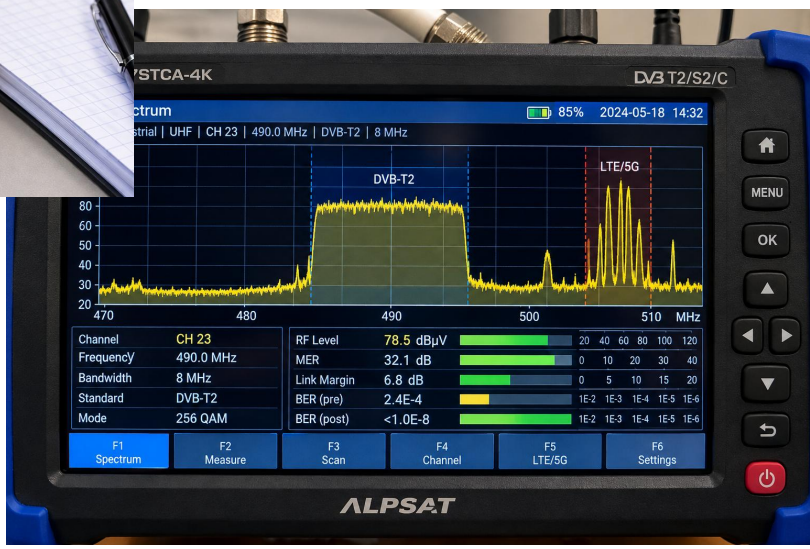
o‘lchash asbobi va qabul qilish rejimida belgilangan sifat chegarasiga nisbatan baholanishi kerak; uni faqat modulyatsiya xatoliklari nisbati qiymatining o‘zi bilan tenglashtirib bo‘lmaydi.

5. O‘lchash asboblari va spektr tahlili

Oddiy indikatorlar signal mavjudligi yoki taxminiy darajasini ko‘rsatadi. Professional o‘lchash asboblari esa radiochastota darajasi, modulyatsiya xatoliklari nisbati, bit xatoliklari koeffitsiyenti va aloqa zaxirasini aniqlashi, chastota spektrini tahlil qilishi hamda natijalarni saqlashi mumkin. Spektr analizatori foydali signal bilan birga qabul qilishga xalaqit beruvchi tashqi radiochastota manbalarini aniqlashga yordam beradi. Muayyan chastota sharoitlarida LTE yoki 5G signallari televizion qabul qilish tizimiga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. [4].



1-rasm. DVB-T2 va DVB-S/S2 signallarini o‘lchash asbobi ekranining ko‘rinishi.



2-rasm. Raqamli televideniye signalini spektr va modulyatsiya ko‘rsatkichlari bo‘yicha tekshirishning ko‘rinishi.

Asbob tanlashda DVB-T2 va DVB-S/S2 standartlarini qo‘llab-quvvatlashi, o‘lchash diapazoni va aniqligi, spektr analizatori, natijalarni eksport qilish imkoniyati, batareya sig‘imi hamda kalibrlash hujjatlari hisobga olinadi. Kalibrlash sertifikati o‘lchash natijalarining etalonlarga bog‘liqligini baholashga yordam beradi, ammo barcha o‘lchovlar mutlaq xatosizligini kafolatlamaydi.

6. Kanal kuchaytirgichlarini sozlash

Jamoaviy antenna tizimlarida kanal kuchaytirgichlari televizion multiplekslar signal darajasini moslashtirish uchun ishlatiladi. Signalni dastlab antenna chiqishida, so‘ng kuchaytirgich chiqishida o‘lchash tavsiya etiladi. Har bir multipleks uchun radiochastota darajasi va modulyatsiya xatoliklari nisbati, imkoniyat bo‘lsa bit xatoliklari koeffitsiyenti ham qayd etiladi. Natijalarni taqqoslash kuchaytirgich signalni kerakli darajada kuchaytirayotganini yoki qo‘shimcha buzilishlar kiritayotganini aniqlashga yordam beradi. [4]. Kuchaytirishni haddan tashqari oshirish qurilmalarning chiziqli ishlash

© 2026 London International Monthly Conference on Multidisciplinary Research and Innovation. All Rights Reserved.

rejimini buzib, signal sifatini yomonlashtirishi mumkin. Shu sababli sozlashda signal darajasi bilan birga modulyatsiya xatoliklari nisbati va bit xatoliklari koeffitsiyenti ham nazorat qilinishi, kabel hamda ulagichlar holati tekshirilishi lozim.



3-rasm. PROFINO REVOLUTION 6711 turidagi kanal kuchaytirgichi va signal o‘lchagich bilan ishlashning ko‘rinishi.

3. Natijalar va ularning tahlili

Jadvallardagi natijalar DVB-T2 va DVB-S/S2 tizimlarida modulyatsiya hamda FEC (Forward Error Correction) rejimining signal sifatini baholashdagi ahamiyatini ko‘rsatadi. Modulyatsiya xatoliklari nisbati modulyatsiyalangan signalning ideal holatdan og‘ishini tavsiflaydi; boshqa shartlar teng bo‘lganda, modulyatsiya xatoliklari nisbati qiymatining yuqoriligi qabul sifatining yaxshiroq ekanini bildiradi. Quyidagi tahlil taqdim etilgan ikki jadvaldagi aniq sonli ma’lumotlarga asoslanadi.[1, 5].

1-jadvaldagi DVB-T2, 256-QAM rejimida FEC 2/3 uchun minimal MER 25 dB, odatiy qiymat 28 dB; FEC 3/4 uchun mos ravishda 26,5 va 29,5 dB; FEC 5/6 uchun esa 28,5 va 31,5 dB ni tashkil etadi. Demak, jadvaldagi rejimlar ichida FEC 5/6 uchun minimal modulyatsiya xatoliklari nisbati talabi eng yuqori. Har bir rejimda minimal va odatiy modulyatsiya xatoliklari nisbati o‘rtasidagi farq 3 dB. Aloqa zaxirasi (Link Margin) uchun jadvalda minimal 3 dB va odatiy 6 dB qiymatlari berilgan.

1-jadval. DVB-T2, 256-QAM uchun MXN va aloqa zaxirasi qiymatlari

Ko‘rsatkich	FEC 2/3	FEC 3/4	FEC 5/6	Link Margin
Minimal MER, dB	25,0	26,5	28,5	Minimal: 3 dB
Odatiy MER, dB	28,0	29,5	31,5	Odatiy: 6 dB

2-jadvalga ko‘ra, DVB-S tizimining QPSK modulyatsiyasida FEC 2/3, 3/4 va 5/6 rejimlari uchun minimal modulyatsiya xatoliklari nisbati mos ravishda 9, 10 va 11 dB, odatiy modulyatsiya xatoliklari

© 2026 London International Monthly Conference on Multidisciplinary Research and Innovation. All Rights Reserved.

nisbati esa 12, 13 va 14 dB. DVB-S2 tizimining 8PSK modulyatsiyasida minimal Modulyatsiya xatoliklari nisbati qiymatlari 11, 12 va 13 dB, odatiy qiymatlar esa 14, 15 va 16 dB. Shunday qilib, jadvaldagi har bir mos FEC rejimida DVB-S2/8PSK modulyatsiya xatoliklari nisbati qiymatlari DVB-S/QPSK qiymatlaridan 2 dB yuqori.

2-jadval. DVB-S/QPSK va DVB-S2/8PSK uchun MXN hamda aloqa zaxirasi qiymatlari

Tizim / modulyatsiya	Ko‘rsatkich	FEC 2/3	FEC 3/4	FEC 5/6	Link Margin
DVB-S / QPSK	Minimal MXN, dB	9	10	11	Minimal: 3 dB
DVB-S / QPSK	Odatiy MXN, dB	12	13	14	Odatiy: 6 dB
DVB-S2 / 8PSK	Minimal MXN, dB	11	12	13	Minimal: 3 dB
DVB-S2 / 8PSK	Odatiy MXN, dB	14	15	16	Odatiy: 6 dB

Xulosa

DVB-T2 va DVB-S/S2 tizimlarida televizion signal sifatini ta’minlash faqat kuchli signalni qabul qilish bilan cheklanmaydi. Barqaror ishlash signalning modulyatsiya sifati, xatolarni tuzatish imkoniyati, tashqi interferensiyalarga chidamliligi va butun qabul qilish tizimining texnik holatiga bog‘liq. Radiochastota darajasi signalning qabul qilgichga yetib kelish holatini ko‘rsatsa, MER modulyatsiya sifatini, bit xatoliklari koeffitsiyenti esa axborotning qanchalik xatosiz qabul qilinayotganini baholaydi. Aloqa zaxirasi tizimning signal yomonlashishiga nisbatan bardoshliligini aniqlashga yordam beradi. Ushbu ko‘rsatkichlarni birgalikda tahlil qilish signal sifatidagi muammolarni aniqlash va ularning sabablarini bartaraf etish uchun muhimdir. Zamonaviy o‘lchash asboblari signal darajasi va sifatini nazorat qilish, chastota spektrini tekshirish, interferensiya manbalarini aniqlash hamda kanal kuchaytirgichlarining ishlashini baholash imkonini beradi. Shu bilan birga, to‘g‘ri o‘lchash metodikasi va olingan natijalarni standart hamda ish rejimi bilan solishtirish muhim ahamiyatga ega. Raqamli televideniye tizimlarida ishonchli qabul qilishning asosiy sharti signalni shunchaki kuchaytirish emas, balki uning sifatini o‘lchash, natijalarni to‘g‘ri tahlil qilish va butun uzatish-qabul qilish zanjirini muvofiqlashtirishdir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. ETSI. Digital Video Broadcasting (DVB): Frame Structure, Channel Coding and Modulation for a Second Generation Digital Terrestrial Television Broadcasting System (DVB-T2). ETSI EN 302 755, European Telecommunications Standards Institute. (2015).
2. ETSI. Digital Video Broadcasting (DVB): Framing Structure, Channel Coding and Modulation for 11/12 GHz Satellite Services (DVB-S). ETSI EN 300 421, European Telecommunications Standards Institute (1997).
3. ETSI. Digital Video Broadcasting (DVB): Second Generation Framing Structure, Channel Coding and Modulation Systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and Other Broadband Satellite Applications (DVB-S2). ETSI EN 302 307-1, European Telecommunications Standards Institute (2014).
4. ETSI. Digital Video Broadcasting (DVB): Measurement Guidelines for DVB Systems. ETSI TR 101 290, European Telecommunications Standards Institute (2020).
5. ITU-R. Characteristics of a Reference Receiving System for Frequency Planning of Digital Terrestrial Television Systems. Recommendation ITU-R BT.2036-4, International Telecommunication Union (2021).

© 2026 London International Monthly Conference on Multidisciplinary Research and Innovation. All Rights Reserved.