

TV PROQRAMLARININ PAYLAYICI ŞƏBƏKƏSİNİN KEYFİYYƏTİNİN TƏCRÜBİ OLARAQ QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

Məmmədov İ.R., İsmayılov Z.Ə.

*Azərbaycan Texniki Universiteti
AZ 1029, Bakı ş. H.Cavid pr., 25*

Xülasə. *Məqalədə TV proqramlarının paylayıcı şəbəkəsinin xarakterik nöqtələrində parametrlərin təcrübi olaraq ölçülməsi yolu ilə şəbəkənin keyfiyyət göstəricilərinin qiymətləndirilməsi məsələlərinə baxılmışdır. Parametrlərin ölçülməsinin ənənəvi sxemindən istifadə edilmiş və ölçmə aparılan məntəqələr və parametrlər seçilmişdir. Kod sürətinin, müdafiə intervalının, kanalın tezlik buraxma zolağının və kvantlama səviyyələrinin müxtəlif qiymətləri üçün ölçülmüş parametrlərin cədvəli tərtib olunmuşdur.*

Abstract. *In this paper the estimation questions of the TV programs distribution network quality by the experimental measurements of parameters in characteristic points of the network are considered. The traditional scheme for measuring parameters has been used and points and parameters have been chosen for the measurement. The corresponding table of measured parameters has been compiled for different values of the code rate, protective interval, channel band and number of quantization levels.*

Аннотация. *В статье рассмотрены вопросы оценки качества сети распределения ТВ программ путем экспериментальных измерений параметров в характерных точках сети. Использована традиционная схема измерения параметров, выбраны точки и параметры для измерения. Составлена соответствующая таблица измеренных параметров при различных значениях кодовой скорости, защитного интервала, полосы канала и количества уровней оценки квантования.*

Açar sözlər: *TV yayım signalı, paylayıcı şəbəkə, ölçmə parametrləri, təcrübi qiymətləndirmə, kod sürəti, energetik nisbətlər*

Key words: *TV broadcasting signal, distribution network, measuring parameters, experimental estimation, code rate, power ratio*

Ключевые слова: *сигнал ТВ вещания, сеть распределения, параметры измерения, экспериментальная оценка, кодовая скорость, энергетические отношения*

Məsələnin qoyuluşu. Yerüstü televiziya (TV) yayım siqnalları retranslyatorlara adətən TV proqramlarının paylayıcı şəbəkəsi vasitəsilə çatdırılır. Çox zaman paylayıcı şəbəkə kimi çoxkanallı rabitə sistemlərindən istifadə olunur. TV proqramlarının paylayıcı şəbəkəsinin analizi göstərir ki, hazırda yüksək ierarxiyalı rabitə xətlərində TV yayım siqnallarının müxtəlif mənbələrdən daxil olunan siqnallarla birgə çoxkanallı verilişi həyata keçirilir. İnformasiyanın rəqəmli veriliş sistemlərində müxtəlif mənbələrin siqnalları birləşdirilərək, bir rəqəmli sel yaradılır. Burada siqnalların formalaşdırılması, çevrilməsi, regenerasiyası və verilişi həyata keçirilir. O cümlədən, proqramlı TV mərkəzindən daxil olan TV yayım siqnalı üzərində də müxtəlif çevirmələr aparılır. Standarta uyğun rəqəmli TV yayım siqnalının formalaşdırılması məqsədlə videosiqnal üzərində aparılan əməliyyatlar ayardıcılığı videosiqnalın kodlanması adlanır. Videosiqnalın kompressiyasını həyata keçirmək üçün müxtəlif alqoritmlər tətbiq oluna bilər. Aparılan çevirmələrin hər biri müxtəlif təhriflərlə müşayiət olunur. Baş vermiş təhriflərin azaldılmasının illər uzununu tədqiq olunmasına baxmayaraq, yeni TV yayım sistemlərinin və həm də onların yeni standartlarının tətbiqi, TV yayımında çoxfunksiyalılığın daha da genişlənməsi o nəticəyə gəlməyə imkan verir ki, müasir paylayıcı şəbəkələrin parametrlərinin yaxşılaşdırılması imkanlarının araşdırılmasına ehtiyac vardır.

TV yayım siqnallarının paylayıcı şəbəkəsinin müvafiq parametrləri seçilməli və istismar müddətində bu parametrlərin qiyməti operativ olaraq təyin və lazım gəldikdə tənzim olunmalıdır. Baş verən təhriflərin bəziləri məntəqədən-məntəqəyə toplanır. Ona görə də bu tip təhriflər ölçülməli və xüsusən böyük uzunluqlu rabitə xəttində qəbul-veriliş məntəqələrinin sayı çox olduqda onların kompensasiyası aparılmalıdır.

Məqalənin məqsədi rəqəmli TV yayım siqnallarının paylayıcı şəbəkəsinin keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi üçün energetiki nisbətlərin ölçülməsidir. Energetiki nisbətlər olaraq TV təsvir siqnalının daşıyıcısının P_d gücünün küylərin P_N gücünə və bir bitin E_b enerjisinin küylərin N_0 intensivliyinə nisbətləri başa düşülür. Bu məqsədin həyata keçirilməsi üçün aşağıdakı məsələlər qoyulmuş və həll olunmuşdur:

- TV yayım siqnallarının çoxkanallı verilişi zamanı yaranan maneələrin mənbələri və yaranma səbəbləri araşdırılmış;

- nəzəri nəticələrin yoxlanılması üçün ölkəmizin TV yayım siqnallarının rəqəmli paylayıcı şəbəkəsi olan yerüstü rabitə sistemi üzrə təcrübə tədqiqatları aparılmışdır. Alınmış nəticələrin dürüstlüyü ədədi hesablamalar və istehsalat sınaqları ilə yoxlanılmışdır.

Təcrübənin şərtləri. Təcrübələr zamanı həm elektrik ölçmələr, həm də subyektiv qiymətləndirmələr vasitəsilə əsaslandırılmalar aparılmışdır.

Aparılan ölçmələrlə təsvirin qiymətləndirilməsi arasında zəif korrelyasiya olması və hətta ayrı-ayrı hallarda adekvat olmaması artıq müəyyən olunmuşdur. Bundan başda, qiymətləndirmə təsvirlərdən asılı olaraq kəskin dəyişir.

TV yayım siqnallarının müasir rəqəmli paylayıcı şəbəkə ilə verilişi zamanı kanalın girişinə həm analoq, həm də rəqəm formalı siqnallar müxtəlif proqram mənbələrindən daxil ola bilər. Bu halda rəqəmli TV sisteminin təhriflərinə, həm də verici tərəfdə TV yayım siqnallarının analoq-rəqəm və qəbuledici tərəfdə isə bu siqnalın rəqəm-analoq çevrilməsindən yaranan təhriflər də əlavə olunur. Analıq TV yayım siqnalının parlaqlıq və rəng siqnallarına ayrılması zamanı yaranan diskretləşmə səhvləri də bu çevricilərə xasdır. Çevirmələrin keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi üçün amplitud-tezlik xarakteristikası, qrup-zaman gecikməsi, diferensial gücləndirmə, 2T impulslarında \bar{K} -faktoru, parlaqlıq və rəng siqnallarında qeyri-xətti təhriflər ölçülməlidir [1-2].

Beləliklə, rəqəmli TV yayımında olan bəzi təhriflər analog TV yayımındakı ilə eynidir, bəziləri isə siqnalın analog-rəqəm və ya rəqəm-analog çevrilmələri və rəqəmli siqnalın rabitə sistemi ilə verilişindən yarandığından yalnız rəqəmli TV yayımına xasdır.

Təsvirlərin keyfiyyətinin subyektiv qiymətləndirilməsi zamanı siqnal mənbəyi olaraq sınaq siqnalları generatoru və ya test cədvəli generatorundan istifadə oluna bilər. Müvafiq siqnallar rəqəmli TV traktı üzrə ayrıca olaraq və ya telefon kanallarının siqnalları ilə birlikdə çoxkanallı rabitə sistemi üzrə verilir.

Ölçmə aparmaq üçün rəqəmli TV paylayıcı şəbəkələrində nəzarət işinin həyata keçirilməsinin ədəbiyyatlardan məlum olan göstərici sxemindən və burada göstərilən məlum metodlardan istifadə edək (şəkil 1.) [4]. Bu sxemdə videosiqnalın məlumat mənbəyindən rəqəmli TV qəbuledicisinə qədər olan yolu və paylayıcı şəbəkədə ölçmə aparılmalı olan nöqtələr, siqnal mənbələri və ölçmə cihazları göstərilmişdir. Göründüyü kimi ölçmə üçün MPEG-in (Moving Picture Expert Group – Hərəkətli şəkillər üzrə ekspert qrupu) analizatoru və monitorundan, şəbəkə analizatoru və ya siqnal monitorundan, siqnal mənbəyi olaraq TV verici kamerasından və ya MPEG nəqliyyat seli generatorundan istifadə oluna bilər. Ölçmələr nəqliyyat multipleksorunun girişində, yüksək tezlik (YT) modulyatorunun çıxışında, xətti traktın çıxışında, YT demodulyatorunun çıxışında aparıla bilər. Bizim təcrübələr zamanı ölçmələr nəqliyyat multipleksorunun girişində (1 nöqtəsi) və YT demodulyatorunun çıxışında (5 nöqtəsi) aparılmışdır. Proqram mənbəyi olaraq verici kameradan istifadə olunmuşdur.

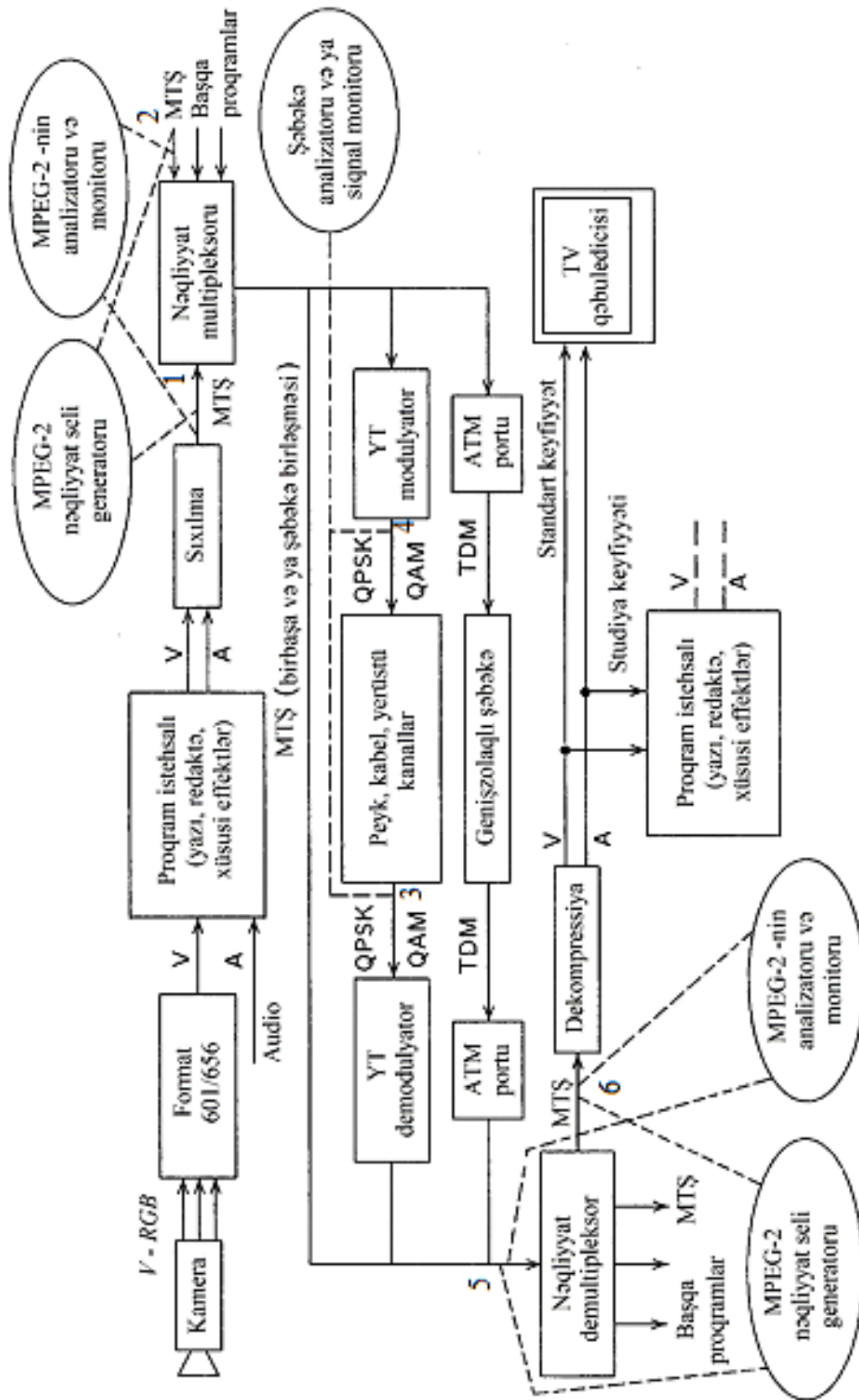
Rəqəmli TV yayım siqnallarının rabitə kanalı ilə verilməsi zamanı yaranan məxsusi maneələrin operativ təyin olunması. Rəqəmli TV yayımında videosiqnalın kompressiyası (sıxılması) üçün tətbiq olunan MPEG, DV (Digital Video – Rəqəmli video) və b. alqoritmlər ilkin təsvir siqnalında məxsusi təhriflər yaradırlar. Daxil edilən bu təhriflər bitlər üzrə səhvlər, makroblokda olan səhvlər, ümumi vektor səhvləri, sahələrin düşüb itmələri və ya təkrarlanması, "yalan" sinxronlaşma, dekoderdə taktların pozulması, zaman fluktuasiyaları ("jitter") və b. şəkildə özlərini göstərirlər [2-4].

Rəqəmli TV paylayıcı şəbəkəsinin parametrlərinə nəzarətin öz spesifik xüsusiyyətləri məlumdur [4-5]. Videoməlumatın paylayıcı şəbəkə ilə verildiyi zaman sıxılması əməliyyatı öz mürəkkəb qeyri-xəttiliyi ilə fərqlənir. Təsvirin subyektiv keyfiyyəti verilən sükətdən və deməli, zamandan çox asılı olur. Bundan başqa, paylayıcı şəbəkə ilə nəqliyyat seli verilir və analizatorun köməyi ilə bu selin parametrləri ölçülə bilər [2, 4]. Paylayıcı şəbəkə üzrə nəzarət işi aparılan zaman bu xüsusiyyətlər nəzərə alınmalıdır.

Ədəbiyyatlarda rəqəmli TV paylayıcı şəbəkələrində nəzarət işinin həyata keçirilməsinin üç xarakterik mərhələsi göstərilmişdir [4]:

- rəqəmli TV paylayıcı şəbəkəsində tətbiq olunan avadanlıqların parametrləri seçilməli;
- seçilmiş parametrlərə nəzarət metodları işlənməli;
- ölçmə avadanlığı seçilməlidir.

Nəqliyyat selinin seçilmiş parametrlərinin və kanal avadanlıqlarının keyfiyyət göstəricilərinin ölçülməsi kimi iki qrup ölçməni bir-birindən fərqləndirmək vacibdir. DVB-T (Digital Video Broadcasting- Terrestrial – Rəqəmli video yayımı – yerüstü) sistemi üçün nəqliyyat selinin əsas ölçülməli parametrləri bitlərin səhvlər nisbəti BER (Bit Error Ratio – Bitlər üzrə səhvlər nisbəti), siqnal/küy nisbəti və kvadratur siqnalların keyfiyyətidir [2, 4].



Şəkil 1. Rəqəmlı TV proqramlarının veriliş kanalları şəbəkəsinin parametrlərinin yoxlanılmasının xarakterik nöqtələri

DVB-T sistemində kriterilərin qiymətləndirilməsi çox vacibdir. Bu sistemdə keyfiyyətin azalma astanası kriteriyası daxil edilmişdir [2]. Burada kvazisəhvsiz qəbul (QEF – Quasi-error-free) kriteriyası vardır ki, bu kriteriyaya görə ekrandakı təsvirdə hər saatda bir səhv baş verə bilər. Bu halda RS dekoderinin çıxışında BER= 10^{-11} olur. Cihaz ölçmələrində Viterbi dekoderinin çıxışında (yəni RS dekoderinin girişində) BER = $2 \cdot 10^{-4}$ -dən pis olmamalıdır. TOV – təsvirdə çoxsaylı səhvləri göstərir.

Parametrlərin müqayisəsi vasitəsilə proqramların paylayıcı şəbəkəsinin təcrübi olaraq qiymətləndirilməsi. Əgər əvvəlki verilənlər çoxluğu analiz olunduqdan sonra sonrakı parametrlər həmişə dəqiqləşdirilir və düzəldilsə, onda planlaşdırma prosesi iterativ olur. Rəqəmli TV yayım sisteminin seçilməsi iterativ xarakter daşıyır və aşağıdakı üç faza üzrə yerinə yetirilə bilər: 1. İlkin qiymətləndirmə. 2. Daha dəqiq qiymətləndirmə. 3. Kommersiya və istismar faktorlarının qiymətləndirilməsi.

Sistem ilkin olaraq seçildikdən sonra onun parametrləri, yəni bu sistemi əks etdirən hər hansı variant qiymətləndirilə bilər. Radiorele xətti (RRX) stansiyası olaraq “NEC” şirkətinin “Iposolinc” verici-qəbuledici stansiyasından istifadə olunmuşdur. Cədvəl 1-də modulyasiya parametrləri verilmişdir. Eyni bir kanalda QPSK (Quadrature Phase Shift Keying – Kvadratur faz manipulyasiyası) üçün tələb siqnal/küy nisbəti 64-QAM (Quadrature amplitude modulation – Kvadratur amplitud modulyasiyası) üçün olan siqnal/küy nisbətindən təxminən 5 dəfə artıqdır.

Bundan başqa, kanaldan asılı olaraq bu nisbət bir-birindən fərqli olur. Onun ən kiçik qiyməti Qauss kanalı, ən yuxarı qiyməti isə Reley kanalı üçün təsbit olunmuşdur. Rays kanalı isə bu iki kanal arasında orta mövqə tutur. Təcrübi olaraq tədqiq olunan kanal (Bakı-Ələt RRX xətti) açıq traslar qrupuna və AAQK (Additiv Ağ Qauss Küyləri) kanalına aid edilə bilər.

Bu kanal üçün P_d / P_N nisbətinin buraxıla bilən qiymətlərinin diapazonu məlumdur. Bu qiymətlər kanal kodlanması, faza küyləri, kvantlama küyləri və intermodulyasiya məhsullarının səviyyəsindən asılı olur.

Cədvəl 1.

RRX stansiyasının modulyasiya parametrləri

№	Parametrin adı	Parametrin tipi və qiyməti
1.	Xidmət zonası	Bakı-Ələt RRX
2.	Daxilolma metodu	CDMA (Code division multiple access – Koda görə bölünməli çoxstansiyalı giriş)
3.	Modulyasiyanın tipi	256-QAM, 128-QAM, 64-QAM, QPSK
4.	FEC (Forward Error Correction – Səhvlərin qabaqcadan korreksiyası)	3/4
5.	Veriliş sürəti	150...300 Mbit/s
5.	Dupleksin tipi	Tam
6.	Tezlik diapazonu	3,5 QHs; 5,8 QHs
7.	Tezlik torunun addımı	2,5 MHs
8.	Tezlik zolağı	8,0 MHs
9.	Veriliş və qəbul arasında tezlik fərqi	100 kHs
10.	Aralıq tezlik	70 MHs

Sistemin keyfiyyət göstəricilərinin qiymətləndirilməsi məqsədi ilə bitin enerjisinin küyün spektral sıxlığına nisbətindən istifadə olunması daha əlverişlidir [2]:

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{P_d}{P_N} - 10 \lg \left(\frac{R_b}{\Delta f} \right),$$

burada R_b -veriliş sürəti, Δf – buraxma zolağıdır. Küyün gücü ilə bir bitin davam etmə müddəti T_b arasında aşağıdakı analitik əlaqə mövcuddur [2]: $P_N = \frac{N_0}{2T_b}$.

Ölçmə üçün “Promax” tipli analizator və DVB-T ölçmə radioqəbuledicisindən istifadə edilmişdir. Sıqnalın gücü yüksək tezlik çeviricisinin girşində ölçülmüş və nominal tezlik zolağı üzrə qiymətləndirilmişdir. Alt daşıyıcılar söndürülərək analizator vasitəsilə küylərin gücü ölçülmüşdür.

Təcrübə zamanı müdafiə intervalı GI (Guard interval), kod sürəti R , kvantlamanın qiymətləndirmə səviyyələrinin sayı L və veriliş sürətinin qiymətləri seçilmişdir. Cədvəl 2-də seçilmiş qiymətlər və alınmış nəticələr verilmişdir.

Cədvəl 2

DVB-T sistemində AAQK kanalı üzrə siqnal / maneə nisbətinin qiymətləri

Sistemin parametrləri	Astananın forması	E_b/N_0 nisbətinin qiymətləri		P_d/P_N nisbətinin qiymətləri	
		Tələb olunan	Təcrübi	Tələb olunan	Təcrübi
DVB-T $\Delta f=8$ MHs; $R=2/3$; $GI=1/32$; $L=256$	TOV	10,4 dB	12,5 dB	15,19 dB	17,89 dB
	QEF	11,7 dB	13,9 dB	16,49 dB	19,29 dB
DVB-T $\Delta f=8$ MHs; $R=2/3$; $GI=1/32$; $L=16$	TOV	11,4 dB	13,3 dB	16,19 dB	19,09 dB
	QEF	12,7 dB	14,8 dB	17,49 dB	20,59 dB

Cədvəldən görünür ki, QEF-in tələb olunan qiyməti TOV-nin uyğun qiymətindən 1,3 dB artıq olmalıdır. Eksperimənlər zamanı fərqi bir qədər artıq olduđu müşahidə olunmuşdur. Bundan başqa, kvantlamanın qiymətləndirmə səviyyələrinin sayı L -in 256-dan 16-ya dəyişdirilməsilə E_b / N_0 nisbətinin təxminən 0,8 dB, P_d / P_N nisbətinin isə 1,2 dB artması müşahidə olunmuşdur. Bu nisbətlərin dəyişməsinə səbəb olan yuxarıda adları qeyd olunan faktorların olduđunu nəzərə alaraq, əsas səbəb kimi kvantlama küylərini göstərə bilməsək də, onların payının az olmadığını açıq-aydın görmək olur. Belə ki, çoxsaylı eksperimentlər zamanı qalan bütün parametrlər sabit saxlanmışdır.

Nəticə. TV yayım proqramlarının paylayıcı şəbəkəsinin aparılmış analizi şəbəkənin parametrlərinin əlverişli qiymətlərini seçməyə, qeyri-xətti təhriflərin mənbələrini üzə çıxarmağa, şəbəkənin əsas keyfiyyət göstəricilərini yaxşılaşdırmağa imkan verir.

QEF-in tələb olunan qiyməti TOV-nin uyğun qiymətindən 1,3 dB artıq olmalıdır. Baxılan trasdakı təcrübələr zamanı fərqi bir qədər artıq olduđu müşahidə olunmuşdur.

Ədəbiyyat

1. Временные нормы на тракт передачи сигналов цифрового вещательного телевидения, звенья тракта и измерительные сигналы. М.: 2002, 40с.
2. Зубарев Ю.Б., Кривошеев М.И., Красносельский И.Н. Цифровое телевизионное вещание. Основы, методы, системы. М.: НИИР, 2001, 568 с.
3. Stephens R. Analyzing Jitter at High Data Rates // IEEE Optical Communications, 2004, February, pp.56-60.
4. Телевидение / Под ред. В.Е. Джаконии. М.: Горячая линия Телеком, 2007, 640 с.
5. Серов А.В. Эфирное цифровое телевидение DVB-T/H. С.Пб.: БХВ-Петербург, 2010, 464 с.

Təvsiyyə edib: t.e.d., prof. **Z.Z. Şərifov**