

İNFORMASIYA-ÖLÇMƏ SİSTEMLƏRİ **ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ**

İ.R.Məmmədov, Z.Ə.İsmayılov (Azərbaycan Texniki Universiteti),
E.İ.Muradzadə (Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti)

TV YAYIM PARLAQLIQ SİQNALININ KVANTLANMASI ZAMANI **YARANAN İFRAT YÜKLƏNMƏ KÜYLƏRİNİN SƏVIYYƏSİNİN** **QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ**

Giriş. Kvantlayıcının xarakteristikasını üç hissəyə bölmək olar. Birinci hissə zəif siqnallar hissəsi, ikinci hissə kvantlamanın icazə verilən dinamik diapazonu, üçüncü hissə isə siqnalın kvantlamanın icazə verilən dinamik diapazonundan böyük olduğu hissədir [1,2]. Kvantlayıcının girişinə verilən siqnalın səviyyəsi birinci kvantlama addımından kiçikdirsə, onda kvantlanan siqnal kvantlayıcının kiçik siqnallar hissəsinə aid edilir. Bu halda da küylər yarana bilər. Kvantlayıcının girişinə səviyyəsi birinci kvantlama addımından kiçik olan siqnal verildikdə, kvantlayıcının xarakteristikasının sıfır nöqtəsinin seçilməsindən asılı olaraq onun çıxışında ya sıfır, ya da kvantlamanın birinci qiymətləndirmə səviyyəsinə uyğun diskret hesablar formalaşdırılır. Bundan başqa kvantlayıcının girişinə siqnal verilmədikdə belə, onun çıxışında kvantlamanın birinci qiymətləndirmə səviyyəsinə uyğun diskret hesablar yarana bilər. Bu hesablar istilik küyləri, qida şəbəkəsinin yaratdığı alçaq tezlikli fon və ya bu fonun harmonikalarının təsirindən yarana bilər. Kvantlayıcının işçi nöqtəsinin qeyri-stabilliyi, giriş siqnalına görə sıfırın dreyfi (psfometrik küylər), diskretləşdirmə momentlərinin fluktuasiyası siqnalın səviyyəsi birinci kvantlama astanasından kiçik olduğu halda, kvantlayıcının çıxışında birinci qiymətləndirmə səviyyəsinə uyğun diskret hesabların yaranmasına gətirən səbəblərdir [3].

Kvantlayıcının girişinə icazə verilən kvantlama diapazonuna uyğun siqnal verildikdə, onun çıxışında kvantlanmış siqnal formalaşdırılır və bu zaman kvantlama küyləri yaranır [1, 4]. Kvantlama küylərinin gücü siqnalın maksimal səviyyəsi U_{maks} , kvantlama səviyyələrinin sayı N , kvantlama şkalası və siqnalın ehtimal sıxlığından asılıdır.

Kvantlayıcının girişinə onun maksimal icazə verilən səviyyəsindən böyük dinamik diapazona malik siqnal verildikdə, yuxarıda qeyd olunan küylərdən başqa ifrat yüklənmə (məhdudlama) küyləri yaranır. Siqnalların kvantlanması zamanı bu küyləri minimuma endirməyə çalışırlar.

Məsələnin qoyuluşu. İfrat yüklənmə küyləri kvantlama küyləri ilə toplanaraq cəm kvantlama küyləri yaradır ki, bu da siqnalın analoq-rəqəm çevrilməsi zamanı küylərin səviyyəsinin artmasına səbəb olur. Məlumdur ki, kvantlama küyləri və ifrat yüklənmə küyləri qabaqcadan bəlli olan qeyri-xətti təhriflər sırasına aid edilir. İfrat yüklənmə küyləri həm də siqnalın təhrif olunmasına səbəb olur. Hər iki tip küylərin gücünün hesablanması üçün ümumi ifadələr ədəbiyyatlarda verilmişdir [1, 3, 5, 6]. Lakin nəzərə almaq lazımdır ki, kvantlanan siqnal təsadüfi proses sayılır və ona görə də hər iki tip küylərin təyin olunması bu təsadüfi prosesin paylanma qanunundan asılı olur.

Kvantlanan siqnalın səviyyəsi kvantlayıcının icazə verilən kvantlama oblasti daxilində olduqda, məhdudlama baş vermir. İfrat yüklənmə küylərinin gücü giriş siqnalının paylanma qanunundan və kvantlama şkalasından, məhdudlama əmsalından və kvantlayıcının maksimal icazə verilən kvantlama səviyyəsindən asılıdır [1, 7, 8, 9].

Hesablamalar göstərmişdir ki, məhdudlama əmsalının qiyməti artdıqca, ifrat yüklənmə küylərinin gücü də artır [5]. Lakin yaranan kvantlama və ifrat yüklənmə küylərinin hansının gücünün daha böyük olması təyin olunmalıdır. Bunu müəyyənləşdirmək üçün bəzi ədəbiyyatlarda bu güclər təyin olunmuş və onların nisbəti hesablanmışdır [9].

Müasir TV yayımında TV mərkəzindən daxil olan analoq siqnal müxtəlif bəlli alqoritmlər üzrə işlənərək rəqəmli TV yayım siqnalına çevrilir. Belə alqoritmlərin hər birində əvvəlcə analoq TV yayım siqnalının analoq-rəqəm çevrilməsi həyata keçirilir [6, 10, 11, 12]. Siqnalın kvantlanması onun analoq-rəqəm çevrilməsi zamanı aparılan üç məlum əməliyyatlardan biridir. Burada parlaqlıq və rəng-fərq siqnalının ayrı-ayrılıqda kvantlanması həyata keçirilir. İnsan gözü üçün psixovizual qabiliyyətinin tədqiqi göstərmişdir ki, canlandırılmış təsvirlərdə parlaqlıq siqnalında baş verən təhriflər nəticəsində yaranan dəyişikliklər rənglilik siqnalında baş verən təhriflərin yaratdığı dəyişikliklərlə müqayisədə insan gözü tərəfindən daha az aşkar oluna bilər [1]. Ona görə də tərəfimizdən kvantlama və ifrat yüklənmə küyləri TV yayım parlaqlıq siqnalı üçün təyin olunmuşdur [1, 2]. TV yayım parlaqlıq siqnalı loqarifmik şkala üzrə kvantlanır.

Hesablamalar göstərmişdir ki, TV yayım parlaqlıq siqnalının müxtəlif paylanma qanunlarında ifrat yüklənmə küylərinin gücü məhdudlama əmsalının qiyməti artdıqca kvantlama küylərinin gücünə nəzərən çox artır [2]. Bunun qarşısını almaq üçün tərəfimizdən kvantlanan siqnalın dinamik diapazonunun kompressiyası tətbiq edilmiş və ifrat yüklənmə küylərinin gücü minimuma endirilmişdir [1, 4]. Lakin qeyd etmək lazımdır ki, hətta parlaqlıq siqnalının da kiçik dəyişmələri insan gözü tərəfindən aşkar oluna bilər və ona görə də siqnalın belə kiçik artıqlığı halında onun dinamik diapazonunun kompressiya olunmasına ehtiyac qalmır. Bu məqsədlə TV yayım parlaqlıq siqnalının aşkar oluna bilən minimal buraxılan səviyyəsinin təyin olunması maraqlıdır.

Məqalənin məqsədi TV yayım parlaqlıq siqnalının analoq-rəqəm çevrilməsi zamanı yaranan ifrat yüklənmə küylərinin buraxıla bilən həddinin insan gözü tərəfindən aşkar oluna bilən parlaqlıq dəyişmələrinə görə təyin olunmasıdır.

Məsələnin həlli. Kvantlama və ifrat yüklənmə küyləri öz energetiki spektri, gücü və ya gərginliyin cari qiyməti ilə kvantlanmış qiyməti arasındakı fərqlə ifadə oluna bilər. Burada ifrat yüklənmə küylərinin buraxıla bilən səviyyəsi onların gücünə görə müəyyən edilmişdir. Ona görə də TV yayım parlaqlıq siqnalının insan gözü tərəfindən aşkar oluna bilən minimal buraxılan həddində olan gərginliyin 1 Om müqavimətində yaratdığı güclə ifrat yüklənmə küylərinin minimal gücü arasında aşağıdakı məhdudlayıcı şərti qoyulmuşdur:

$$\Delta U_{bur}^2 \geq \overline{P}_{mh}(u_{gir}). \quad (1)$$

Burada u_{gir} – giriş siqnalının cari qiyməti, ΔU_{bur} – parlaqlıq siqnalının insan gözü tərəfindən aşkar oluna bilən minimal buraxılan gərginlik, $\overline{P}_{mh}(u_{gir})$ – ifrat yüklənmə küylərinin gücünün orta qiymətidir.

Parlaqlıq siqnalının dəyişmələrinin insan gözü tərəfindən aşkar olunması tədqiq olunmuşdur. Ən sadə hal təsvirini Veber-Faxner qanununun doğru olduğu oblastda müşahidə olunmuşdur. Bu halda gözün kontrast həssaslığı $\delta = 0,2, \dots, 0,05$ sabit olur [13]. Lakin təsvirin müşahidə olunduğu mürəkkəb şəraitdə parlaqlıq siqnalının insan gözü tərəfindən aşkar oluna bilən minimal buraxılan gərginlik dəyişməsi bir çox faktorlardan asılı olur. Tərəfimizdən həmin gərginliyin təyin olunması üçün riyazi ifadə alınmışdır [1]:

$$\Delta U_{bur} = \frac{U \left(\exp \left(0,023 \prod_{i=1}^6 f_i \right) - 1 \right)}{\gamma}. \quad (2)$$

Burada γ – verici borunun işıq xarakteristikasının “qamma” əmsalı, U – parlaqlıq siqnalı gərginliyinin cari qiyməti, f_i – parlaqlıq siqnalı gərginliyinin dəyişməsinin insan gözü tərəfindən aşkar olunmasını şərtləndirən i -ci faktordur.

Siqnalın səviyyəsi maksimal icazə verilən kvantlama səviyyəsindən artıq olduqda əlavə olaraq ifrat yüklənmə küyləri yaranır. Unipolyar siqnal üçün ifrat yüklənmə küylərinin orta qiyməti aşağıdakı məlum ifadə ilə hesablanıla bilər [1, 4].

$$\overline{P}_{mh}(u_{gir}) = \frac{U_{maks}^2}{U_{kvmaks}^2} \int_{U_{kvmaks}}^{U_{maks}} (u_{gir} - U_{maks})^2 w(u_{gir}) du_{gir}. \quad (3)$$

Burada $w(u_{gir})$ – giriş siqnalının amplitudunun ehtimal sıxlığı, U_{maks} – kvantlanan siqnalın gərginliyinin maksimal səviyyəsi, U_{kvmaks} – kvantlayıcının maksimal icazə verilən kvantlama səviyyəsidir.

Tərəfimizdən TV yayım parlaqlıq siqnalının müxtəlif paylanma qanunları üçün analoq-rəqəm çevrilməsi zamanı yaranan biləcəklə ifrat yüklənmə küylərinin gücünün hesablanması üçün ifadələr alınmışdır [1,2].

TV yayım parlaqlıq siqnalının səviyyəsinin paylanma qanunları ədəbiyyatlarda verilmişdir [1]. Tutaq ki, parlaqlıq siqnalının amplitudunun paylanması eksponensial düşən qanuna tabedir [1, 5]:

$$w(u_{gir}) = \frac{\gamma U_{gir}^{\gamma-1}}{C U_{or}^{\gamma}} \exp \left(-\frac{u_{gir}}{U_{or}} \right). \quad (4)$$

Burada C – mütənəsiblik əmsalı, U_{or} – parlaqlıq siqnalı gərginliyinin orta qiymətidir.

Bu ifadəni (3) düsturunda nəzərə alsaq,

$$\overline{P}_{mh}(u_{gir}) = -e^{-\frac{U_{maks}}{U_{or}}} \left(U_{maks}^2 + 2U_{maks}U_{or} + 2U_{or}^2 - 2\frac{U_{kvmaks}^2}{K_U} - 2\frac{U_{maks}U_{or}}{K_U} + \frac{U_{maks}^2}{K_U^2} \right) + 2U_{or}^2 e^{\frac{U_{kvmaks}}{U_{or}}}. \quad (5)$$

Burada $K_U = \frac{U_{maks}}{U_{kv maks}}$ – kvantlanan siqnalın gərginliyinin maksimal səviyyəsinin

kvantlayıcının maksimal icazə verilən kvantlama səviyyəsinə nisbətidir (məhdudlama əmsəlidir).

Təcrübələrlə müəyyən olunmuşdur ki, TV yayım parlaqlıq siqnalının dəyişməsi daha çox parlaqlığın minimal səviyyədə olduğu hissələrdə insan gözü tərəfindən aşkar oluna bilər [1]. Digər tərəfdən ifrat yüklənmə küyləri yalnız $U > U_{kv maks}$ qiymətlərində yaranır. Ona görə də (5) ifadəsində $U = U_{kv maks}$ qəbul edərək verici borunun xətti işıq xarakteristikası üçün (1) və (2) ifadələrindən alırıq:

$$U_{maks}^2 \left(\exp \left(0,023 \prod_{i=1}^6 f_i \right) - 1 \right)^2 \geq -e^{-\frac{U_{maks}}{U_{or}}} \left(U_{maks}^2 + 2U_{maks}U_{or} + 2U_{or}^2 - 2\frac{U_{kv maks}^2}{K_U} - 2\frac{U_{maks}U_{or}}{K_U} + \frac{U_{maks}^2}{K_U^2} \right) + 2U_{or}^2 e^{-\frac{U_{kv maks}}{U_{or}}} \quad (6)$$

TV yayım təsvirlərinin bir qisminə parlaqlığın paylanması tərs mütənəsb qanunla təyin olunur. Bu zaman “ışıq-siqnal” çeviricisinin girişində parlaqlıq siqnalı gərginliyinin paylanması belə təyin olunur [1, 5]:

$$w(u_{gir}) = \frac{\gamma}{\alpha_0} \frac{u_{gir}^{\gamma-1}}{\ln \frac{\alpha_0 + 1}{\alpha_0} u_{gir}^\gamma + \alpha_0 U_{maks}^\gamma} \quad (7)$$

Burada α_0 – qiyməti təcrübi yollarla tapılan sabit kəmiyyətdir.

(6) ifadəsini (3)-də nəzərə alsaq, ifrat yüklənmə küylərinin gücünün orta qiymətini hesablamaq üçün aşağıdakı ifadə alınır.

$$\overline{P_{mh}}(u_{gir}) = \frac{U_{maks}^2}{K_U^2 \ln \frac{\alpha_0 + 1}{\alpha_0}} \left[\frac{K_U^2 - 1}{2} - (2 + \alpha_0 K_U)(K_U - 1) + (1 + \alpha_0 K_U)^2 \ln \frac{1 + \alpha_0}{1/K_U + \alpha_0} \right] \quad (8)$$

Yuxarıdakı şərtlər daxilində (2) və (8) ifadələrindən ifrat yüklənmə küylərinin buraxıla bilən qiyməti üçün aşağıdakı bərabərsizliyi alırıq:

$$U_{maks}^2 \left(\exp \left(0,023 \prod_{i=1}^6 f_i \right) - 1 \right)^2 \geq \frac{U_{maks}^2}{K_U^2 \ln \frac{\alpha_0 + 1}{\alpha_0}} \left[\frac{K_U^2 - 1}{2} - (2 + \alpha_0 K_U)(K_U - 1) + (1 + \alpha_0 K_U)^2 \ln \frac{1 + \alpha_0}{1/K_U + \alpha_0} \right] \quad (9)$$

TV yayım parlaqlıq siqnalının dəyişməsinin minimal buraxıla bilən qiymətinə təsir edən faktorlar sırasına adaptasiyanın parlaqlığının fonun parlaqlığına nisbəti u ,

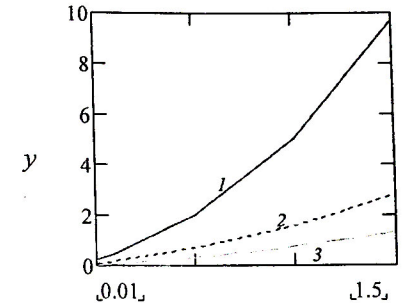
fluktuasiya küyləri, maneələr, insan gözünün ətaləti τ_u , təsvir elementinin açılış bucağı β , parlaqlığın astana dəyişməsinin aşkar olunması ehtimalı x_p daxildir. Ona görə də bu faktorların təsiri ayrı-ayrılıqda tədqiq olunmalıdır.

Şəkilə ifrat yüklənmə küylərinin gücünün buraxıla bilən qiymətinin fluktuasiya küylərinin effektiv qiymətindən asılılığı $y = f(x)$ verilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi fluktuasiya küylərinin effektiv qiymətinin artması ilə ifrat yüklənmə küylərinin buraxıla bilən qiyməti artır. Lakin fluktuasiya küylərinin effektiv qiymətinin sıfıra yaxın olan qiymətlərində ifrat yüklənmə küylərinin buraxıla bilən qiymətinə çox sət tələb qoyulur.

Aydındır ki, fluktuasiya küyləri praktiki olaraq sıfır qiymətini almır, o, həmişə müəyyən hədd daxilində olur. Fluktuasiya küyləri artdıqca, onlar ifrat yüklənmə küylərini daha çox maskalayır.

Nəticə. TV yayım siqnalının analoq-rəqəm çevrilməsi zamanı yaranan ifrat yüklənmə küylərinin səviyyəsi bir tərəfdən siqnal/küy nisbətinin buraxıla bilən qiymətilə, digər tərəfdən parlaqlıq siqnalında baş verən dəyişmələrin insan gözü tərəfindən aşkar oluna bilən səviyyəsi ilə məhdudlanır. Bu dəyişmələrin insan gözü tərəfindən aşkar olunması bir çox faktorlardan asılıdır.

Fluktuasiya küylərinin effektiv qiymətinin artması ilə ifrat yüklənmə küylərinin buraxıla bilən qiymətinə yumşaq tələb qoyulur. Bunun səbəbi ifrat yüklənmə küylərinin fluktuasiya küyləri tərəfindən maskalanmasıdır.



Şəkil. Məhdudlama küylərinin buraxıla bilən qiymətinin fluktuasiya küylərinin effektiv qiymətindən asılılığı:

1. $u=0,2$; $\tau_u=50\text{ms}$; $\beta=5^\circ$; $x_p=0,5$.
2. $u=0$; $\tau_u=100\text{ms}$; $\beta=5^\circ$; $x_p=1$.
3. $u=0,3$; $\tau_u=50\text{ms}$; $\beta=5^\circ$; $x_p=1$.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Мамедов И.Р., Асадов И.Д., Шарифов А.М., Аббасов М.Г. Цифровое телевидение: Формирование и передача сигнала (монография). Баку: Азернешр, 2010. - 150 с.
2. Мəmmədov İ.Р., İsmayılov Z.Ə. TV yayım parlaqlıq siqnalının analoq-rəqəm çevrilməsi zamanı yaranan məhdudlama küylərinin siqnal/maneə nisbətinə təsiri // Azərbaycan Milli Aerokosmik Agentliyinin Xəbərləri, 2014, cild 17, №4 (17), s. 44-48.
3. Misra V., Goyal V.K., Varshney L.R. Distributed Scalar Quantization for Computing: High-Resolution Analysis and Extensions // IEEE Transactions on Information Theory, 2011, v. 57, No 8, August, pp. 5298 - 5325.
4. Мамедов И.Р., Исмаилов З.А. Мощность шума ограничения при передаче сигналов ТВ вещания по цифровым системам связи / Труды 21-ой Международной НТК «Современные телевидение и радиоэлектроника», Москва, 2013, с.45-48.
5. Мамедов И.Р., Исмаилов З.А., Мурадзаде Е.И. Расчет отношения шумов квантования и ограничения, возникающие при квантовании сигналов ТВ вещания // Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов, 2021, №3, с.20-25.

6. Мамедов И.Р., Исмаилов З.А. Уменьшение шума ограничения при аналого-цифровом преобразовании сигнала яркости ТВ вещания // Международный НТС «Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов в инфокоммуникациях: «Синхроинфо 2012», г. Йошкар-Ола, 2012, с.22-24.

7. Серов А.В. Эфирное цифровое телевидение DVB-T/H. СПб.:БХВ-Петербург, 2010. - 464 с.

8. Monet P., Dubois. Block Adaptive Quantization of Images // IEEE Transaction on Communication, 1993, v. 41, No 2, p. 303-306.

9. Məmmədov İ.R., İsmayılov Z.Ə. TV yayım siqnallarının kvantlanması zamanı yaranan kvantlama və məhdudlama küyləri nisbətinin hesablanması // Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Məcmuələri, 2020, cild 22, № 1-2, s. 16-21.

10. Зубарев Ю.Б., Кривошеев М.И., Красносельский И.Н. Цифровое телевизионное вещание. Основы, методы, системы. М.:НИИР, 2001. - 568 с.

11. Rabeie P., Namgoong W., Al-Dhahir N. On the Performance of OFDM-Based Amplify-and-Forward Relay Networks in the Presence of Phase Noise // IEEE Transactions on Communications, 2011, v. 59, May, No 5, pp. 1458-1466.

12. Chen H., Chen W., Chung C. Spectrally Precoded OFDM and OFDMA with Cyclic Prefix and Unconstrained Guard Ratios // IEEE Transactions on Wireless Communications, 2011, v. 10, May, No 5, pp. 1211-1215.

13. Телевидение / Под ред. В.Е. Джаконии. М.: Радио и связь, 2000. - 640с.

I.R.Mammadov, Z.A.Ismailov, E.I.Muradzada

Оценка уровня шумов сверх перегрузки, при квантовании яркостных сигналов телевидения

Резюме

Определено условие для допустимого уровня шумов ограничения с точки зрения допустимого уровня изменения яркостного сигнала телевизионного вещания, которое может быть обнаружено глазом наблюдателя.

Получены аналитические выражения для расчета среднего значения мощности шума ограничения, когда распределение яркости на изображениях телевизионных программ определяется по экспоненциально падающей и обратно пропорциональной модели и при применении логарифмической шкалы квантования.

Построен график зависимости допустимого значения шумов ограничения от действующего значения флуктуационных шумов.

I.R.Mammadov, Z.A.Ismailov, E.I.Muradzada

Estimation of the noise level in excess of overload during quantizing the brightness signals of television broadcasting

Abstract

The condition that the permissible level of restriction noise is limited by the level of changes in the TV broadcast luminance signal that can be observed by the human eye is determined.

Analytical expressions were obtained to calculate the mean value of the restriction noise power, when the distribution of brightness on the images of TV programs is determined by exponentially decreasing model and inversely proportional quantization model and the logarithmic scale is applied.

A dependence graph of the allowable value of restriction noises on the effective value of fluctuation noises is constructed.