

# AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

*Əlyazma hüququnda*

## **YERÜSTÜ ÇOXKANALLI ŞANVARI TELEVİZİYA YAYIM SİSTEMLƏRİNİN BURAXMA QABİLİYYƏTİNİN ARTIRILMASI**

İxtisas : 3325.01 – “Telekommunikasiya texnologiyası”

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: **İlham Dursun oğlu Əfəndiyev**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün  
təqdim olunmuş dissertasiyanın

### **AVTOREFERATI**

**BAKI – 2022**

Dissertasiya işi Azərbaycan Texniki Universitetində yerinə yetirilmişdir

Elmi rəhbər: texnika elmləri doktoru,  
professor İsa **Rahman oğlu Məmmədov**

Rəsmi Rəhbər: AMEA-nın haqiqi üzvü, texnika elmləri doktoru,  
opponentlər: professor Əli **Məmməd oğlu Abbasov**

texnika elmləri doktoru,  
professor Xəqani **İmran oğlu Abdullayev**

texnika elmləri namizədi  
Mikayıl **Hümbət oğlu Abbasov**

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Texniki Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.41 Dissertasiya Şurası

Dissertasiya Şurasının sədri:  
texnika elmləri doktoru, professor



**Şahin Əlicavad oğlu Qasimov**

Dissertasiya Şurasının elmi katibi  
texnika elmləri namizədi, dosenti

**Əlibəy Qara oğlu Fərhadov**

Elmi seminarın sədri:  
texnika elmləri doktoru, professor

**Bayram Qənimət oğlu İbrahimov**

## İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

**Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi.** Hər bir rabitə və ya yayım sisteminin buraxma qabiliyyəti, siqnal/maneə nisbəti və məlumatın ötürülmə dəqiqliyi öz aralarında sıx qarşılıqlı əlaqədə olan parametrlərdir. Hazırda yerüstü televiziya (TV) yayımı və paylayıcı şəbəkəsində öz yüksək sürəti və xidmətlərin yüksək inteqrasiyası ilə seçilən genişzolaqlı radiodaxilolma şəbəkələrinin bir tipi olan şanvari rabitə sistemlərindən geniş istifadə olunmaqdadır. Bu tip sistemlər adətən rabitə sistemlərinin «axırncı mil» problemini həll etmək üçün istifadə olunur. Bir sıra məlum üstünlükləri, digər rabitə xidmətləri ilə yanaşı, onların yerüstü TV yayım şəbəkəsinin son manqası olaraq istifadə olunmasına yol açmışdır.

Belə sistemlərin müxtəlif şəkildəyişmələri artıq istismar olunmaqdadır. Ümumi cəhətləri onları bir ad altında birləşdirməyə, tətbiq zamanı qarşıya çıxan elmi problemləri ümumiləşdirməyə və onların həlli yollarının da ümumi olmasını üzə çıxarmağa imkan verir.

Baxılan sistemlər ifrat yüksək tezliklərdə işləyir və onların siqnallarının spektri çox geniş, veriliş sürəti isə yüksək olur. Belə sistemlərin buraxma qabiliyyətinin artırılması maneə siqnallarının azaldılması ilə sıx bağlıdır. Burada tezliyin yüksək olması səbəbindən efirdə kənar maneələr yox dərəcəsindədir. Ona görə də sistemin özünün yaratdığı maneələrə (sistemdaxili maneələrə) önəm vermək çox vacibdir. Bundan başqa, siqnalın genişzolaqlı olması çarpaz maneələrin yaranmasına səbəb olur. Verici-qəbuledici traktı yaranan belə maneələr amplitud-amplitud (AM-AM) və amplitud-faz (AM-FM) keçidləri kimi özlərini göstərirlər. Bu tip maneələrin azaldılması da sistemin buraxma qabiliyyətinə ciddi təsir edir.

Yaranan sistemdaxili maneələr arasında şəbəkənin topologiyası ilə bağlı olan maneələr də önəmli yer tutur. Ona görə də şəbəkənin qurulması zamanı düzgün tezlik-ərazi planlaşdırılması, birbaşa və əks kanalda güclərin düzgün seçilməsi və idarə olunması da əhəmiyyət daşıyır. Modulyasiya üsulunun da stansiyaların təsir zonasına və deməli, yarana biləcək sistemdaxili maneələrin səviyyəsinə təsiri məlumdur. Ona görə də belə sistemlərdə modulyasiya üsulunun düzgün seçilməsi və istismar zamanı lazım gəldikdə dəyişdirilməsi buraxma qabiliyyətinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir edə bilər.

Bu qeyd olunanları əsas tutaraq əminliklə demək olar ki, dissertasiyanın mövzusu aktualdır.

**Tədqiqatın obyektı və predmeti.** Dissertasiya işində tədqiqatın obyektı yerüstü TV yayım və paylayıcı şəbəkəsinin son qovşağı («son mili») kimi işlədilən çoxkanallı genişzolaqlı şanvari radiodaxilolma şəbəkəsidir. Tədqiqatın predmeti yerüstü TV yayım və paylayıcı şəbəkəsinin son qovşağı kimi tətbiq edilən çoxkanallı genişzolaqlı şanvari radiodaxilolma sisteminin buraxma qabiliyyətinin artırılmasıdır.

**Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri.** İşin məqsədi TV yayım və paylayıcı şəbəkəsinin son qovşağı kimi tətbiq olunan şanvari çoxkanallı radiodaxilolma sistemlərində çarpaz və şəbəkənin topologiyası ilə əlaqədar olan maneələrin azaldılması yolu ilə buraxma qabiliyyətinin artırılmasıdır.

Bu məqsədin həyata keçirilməsi üçün aşağıdakı məsələlər qoyulmuş və həll olunmuşdur:

– TV yayım siqnallarının çoxkanallı verilişi zamanı yaranan maneələrin mənbələri sinifləşdirilmiş və bu maneələrin yaranma səbəbləri analiz olunmuşdur;

– çoxkanallı TV yayım siqnalının birölçülü statistik xarakteristikaları çıxarılmış və alınan nəticələr yerüstü TV yayım siqnalının oxşar xarakteristikaları ilə müqayisə olunmuşdur;

– genişzolaqlı TV yayım siqnalının qaçan dalğa lampası və tranzistor üzərində yığılmış güc gücləndiricilərinin amplitud xarakteristikaları nəzərə alınmaqla AM-AM tipli kombinasiya maneələrinin statistik xarakteristikaları çıxarılmışdır;

– genişzolaqlı güc gücləndiricisinin məlum faz-amplitud xarakteristikası əsasında AM-FM keçidləri nəticəsində yaranan kombinasiya maneələrinin hesablanması üçün riyazi ifadə çıxarılmışdır;

– TV yayım siqnalı QPSK (Quadrature Phase Shift Keying – Kvadratur faz modulyasiyası) modulyasiyası ilə verildikdə spektrə görə toplanmış çoxsaylı maneələrin təsiri şəraitində və fluktuasiya küyləri fonunda simvolların tək-tək koherent optimal qəbulu alqoritmi və müvafiq qəbulədicinin sxemi qurulmuşdur;

– LMDS (Local Multipoint Distribution System – Lokal çoxnöqtəli paylayıcı sistem) sisteminin birbaşa kanalında modulyasiya üsulunun siqnalın ölçülmüş gücü əsasında avtomatik dəyişdirilməsi sxemi qurulmuşdur;

– fluktuasiya küylərinin və ifrat genişzolaqlı maneələrin təsiri şəraitində abonent stansiyasından (AS) verilən pilot-siqnalın gücünün baza stansiyasında (BS) ölçülmə dəqiqliyinin buraxıla bilən səhvlər ehtimalından olan asılılığı çıxarılmışdır;

– Bakı şəhəri və Abşeron yarımadası misalında şanvari TV yayım şəbəkəsinin qurulması və parametrlərin seçilməsi və busterdən istifadə olunması prinsipləri əsaslandırılmışdır.

**Tədqiqat metodları.** İşdə nəzəri və təcrübi tədqiqat metodlarından istifadə olunmuşdur.

Nəzəri tədqiqatlarda siqnalların rəqəmli emalından, siqnalların çevrilməsi nəzəriyyəindən, optimal radioqəbul nəzəriyyəindən, informasiya nəzəriyyəindən, ehtimallar nəzəriyyəindən, riyazi statistikadan, diferensial və inteqral hesabından istifadə olunmuşdur.

Alınmış nəzəri nəticələrin yoxlanılması üçün ölkəmizin TV yayım və paylayıcı şəbəkəsi kimi kabel TV-nin paylayıcı şəbəkəsi seçilmiş və müvafiq təcrübi tədqiqatlar aparılmışdır. Kabel TV-nin paylayıcı şəbəkəsi olaraq «Connect TV» kabel yayımçısı operatorunun şəbəkəsindən istifadə edilmiş, baş stansiya kimi Bakı teleqülləsində, retranslyator olaraq Zığ stansiyasında yerləşdirilmiş MMDS (Multichannel Multipoint Distribution Sistem – Çoxkanallı çoxnöqtəli paylayıcı sistem) və LMDS stansiyaları tətbiq olunmuşdur.

Alınmış nəticələrin dürüslüyü həmçinin ədədi hesablamalar və istehsalat sınaqları ilə yoxlanılmışdır.

**Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar.** Müdafiyyə əsasən aşağıdakı müddəalar çıxarılır:

1. TV yayım siqnalının müxtəlif aktiv elementlər üzərində yığılmış genişzolaqlı güc gücləndiricilərinin müxtəlif rejimlərdəki amplitud xarakteristikalarında AM-AM tipli keçid maneələrinin, onların energetiki parametrlərinin hesablanması üçün olan riyazi ifadələr.

2. TV yayım siqnalının genişzolaqlı güc gücləndiricilərinin faz-amplitud xarakteristikaları əsasında AM-FM tipli keçid maneələrinin energetiki parametrlərinin hesablanması üçün olan riyazi ifadələr.

3. Alt daşıyıcıların səviyyələrinin seçilməsi yolu ilə qeyri-xətti təhriflərin aşağı salınması metodu və müvafiq hesablamalar üçün çıxarılmış riyazi ifadələr.

3. QPSK modulyasiyalı TV yayım siqnallarının spektrə görə toplanmış maneələrin təsiri və fluktuasiya küyləri fonunda optimal koherent qəbulu alqoritmi və optimal qəbulədicinin sxemi.

4. LMDS tipli şanvari TV yayım şəbəkəsində pilot-siqnalın ölçülmüş gücündən və ya siqnal/maneə nisbətindən asılı olaraq modulyasiya üsulunun adaptiv dəyişdirilməsi sxemi.

5. Bakı şəh. və Abşeron yarımadası ərazisində şənvari TV yayım şəbəkəsinin qurulması, parametrlərin seçilməsi prinsipləri və büsterdən istifadə olunması metodu.

**Tədqiqatın elmi yeniliyi.** Qoyulmuş məsələlərin həlli zamanı yeniliyi ilə fərqlənən əsasən aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

1. Genişzolaqlı qrup TV yayım siqnalının müxtəlif aktiv elementlər üzərində yığılmış güc gücləndiricilərinin müxtəlif rejimləri üçün AM-AM tipli keçid maneələrinin ikiölçülü ehtimal xarakteristikaları və AM-FM tipli keçid maneələrinin güclərinin hesablanması üçün riyazi ifadələr çıxarılmış, alt daşıyıcıların səviyyələrinin seçilməsi yolu ilə qeyri-xətti təhriflərin aşağı salınması təklif olunmuş və hesablanmışdır.

2. Çoxlu sayda spektrə görə toplanmış maneələrin təsiri şəraitində və fluktuasiya küyləri fonunda faz-amplitud modulyasiyalı TV yayım rəqəmli simvollarının tək-tək optimal koherent qəbul alqoritmi tərtib olunmuş və müvafiq qəbuledicinin sxemi qurulmuşdur.

3. LMDS sisteminin birbaşa kanalında BS-in radiovercisinin gücü ilə siqnalın modulyasiya üsulu arasında kompromisin adaptiv üsulla avtomatik seçilməsi sxemi tərtib olunmuş və bu məqsədlə AS-dən verilən pilot-siqnalın BS-in qəbuledicisinin xarakterik dövrələrinin çıxışında birölçülü statistik xarakteristikaları çıxarılmışdır.

4. LMDS sisteminin BS-nin radiovercində siqnalın modulyasiya üsulunun adaptiv dəyişdirilməsi zamanı siqnalın gücü və ya gücə görə siqnal/maneə nisbətinin ölçülmə dəqiqliyinin səhvlər ehtimalının buraxıla bilən qiymətindən asılılığı çıxarılmışdır.

5. Bakı şəh. və Abşeron yarımadası ərazisində şənvari TV yayım şəbəkəsinin əsas radiovercisinin və busterin tətbiqi metodu və parametrlərin seçilməsi üsulu əsaslandırılmışdır.

**Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti.** İşin praktiki əhəmiyyəti aşağıda göstərildiyi kimidir:

1. Efir-kabel tipli TV paylayıcı şəbəkəsinin aparılmış analizi şəbəkənin parametrlərinin əlverişli qiymətlərini seçməyə, xarakterik təhrifləri və onların mənbələrini üzə çıxarmağa və şəbəkənin əsas keyfiyyət göstəricilərini yaxşılaşdırmağa imkan verir.

2. AM-AM və AM-FM tipli çarpaz maneələrin səviyyəsinin azaldılması bütün genişzolaqlı rabitə sistemlərinin verici-qəbuledici traktlarında sistem daxili maneələri azaltmaq üçün istifadə oluna bilər.

3. Əks rabitə ilgəyi vasitəsilə verilən siqnalın gücünün və ya siqnal/maneə nisbətinin ölçülməsi yolu ilə BS-in radiovercisinin

gücünün tənzimlənməsi və ya modulyasiya üsulunun adaptiv dəyişdirilməsi birbaşa kanalda qarşılıqlı maneələrin minimuma endirilməsinə imkan verir.

Dissertasiya işində alınmış nəticələr efir-kabel TV paylayıcı şəbəkəsinin qurulmasında istifadə olunmuş və bu nəticələr əsasında ölkəmizdə ilk dəfə olaraq buster tətbiq olunmuşdur.

**Şəxsi töhfəsi.** Dissertasiya işində alınmış bütün nəticələr tədqiqatçının özünə məxsusdur. İşin nəticələri müəllifin ölkəmizdə və xarici elmi-texniki nəşrlərdə uzun illər ərzində çap olunmuş məqalələrində öz əksini tapmışdır.

**İşin aprotasiyası.** Dissertasiya işinin əsas elmi və praktiki nəticələri mütəmadi olaraq uzun illər ərzində Azərbaycan Respublikasının elmi-texniki konfranslarında, Beynəlxalq elmi-texniki konfranslarda (Bakı şəh., 1998, 2001, 2005, 2008, 2009, 2011 və 2021-ci illər; Moskva şəh., 2011, 2015-ci illər; Samara şəh. – 2016-cı il), Azərbaycan Texniki Universitetinin professor-müəllim heyətinin seminarlarında (2000...2014-cü illər) məruzə və müzakirə olunmuşdur.

**Əsərləri.** Dissertasiya işinin əsas nəticələri iyirmi üç elmi işdə öz əksini tapmışdır. Onlardan on biri Azərbaycan Respublikasının elmi nəşrlərində çap olunmuş məqalələr, biri «Электросвязь», biri «Т-Comm», biri «Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов» (hər üçü Moskva şəh.), biri «Телеспутник» (Sankt-Peterburq şəh.) jurnallarında çap olunan elmi məqalələr, yeddisi isə Beynəlxalq və Azərbaycan Respublikasının elmi-texniki konfranslarının materiallarıdır.

**Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilat.** Dissertasiya işi Azərbaycan Texniki Universitetində yerinə yetirilmişdir.

**İşin strukturu və həcmi.** Dissertasiya işi giriş, dörd fəsil, nəticələr, istifadə olunmuş ədəbiyyatlar siyahısı və əlavələr olmaqla A4 formatlı 158 səhifə kompüter mətnindən ibarət olub, özündə 27 şəkil, 7 cədvəl, 158 adda istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısı və 2 əlavəni birləşdirir. Giriş A4 formatlı 11 səhifə (işarələrin sayı 19508), I fəsil 24 səhifə (işarələrin sayı 30780), II fəsil 24 səhifə (işarələrin sayı 31298), III fəsil 36 səhifə (işarələrin sayı 41614), IV fəsil 28 səhifə (işarələrin sayı 37026), nəticə 4 səhifə (5350 işarə), “Əsas şərti işarələmələr” 3 səhifə (1739 işarə) olmaqla ümumilikdə dissertasiyanın əsas hissəsinin ümumi həcmi 130 səhifə (167315 işarə) təşkil edir.

## DİSSERTASIYANIN QISA MƏZMUNU

**Girişdə** mövzunun aktuallığı əsaslandırılmış, problemin nə yerdə olması analiz olunmuş, işin məqsədi və həll olunan məsələlər, dissertasiyada alınan əsas elmi nəticələr, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar göstərilmiş, işin praktiki əhəmiyyəti müəyyən olunmuş, çap olunmuş elmi məqalələr, işin aprobeiasiyası və dissertasiyanın strukturu haqqında məlumat verilmişdir.

Son illərdə ən yeni texnologiya sayılan MMDS, LMDS və MVDS (Multipoint Video Distribution System –Çoxnöqtəli video paylayıcı sistem) kimi sistemlərin məlum üstünlükləri rəbitədə «axırıncı mil» probleminin həllində onların geniş tətbiqinə yol açmışdır (cədvəl 1). Hazırda bu sistemlər ölkəmizin ərazisində efiir-kabel tipli kabel TV-nin paylayıcı şəbəkələrində tətbiq olunmaqdadır.

Dissertasiyanın «Yerüstü çoxkanallı şənvari televiziyaya yayım sistemlərinin buraxma qabiliyyətinin artırılması metodlarının kritik analizi» adlı **birinci fəsl**li TV yayım və paylayıcı şəbəkələrində tətbiq olunan genişzolaqlı radiodaxiloma şəbəkəsinin buraxma qabiliyyətinin və effektivliklərinin artırılması, burada baş verən xarakterik qeyri-xətti effektlərin azaldılması metodlarının analizinə həsr olunmuşdur. Cədvəl 1-dən görünür ki, baxılan sistemlərin müxtəlif variantları mövcuddur. Siqnallarının genişzolaqlı olması, şəbəkənin şənvari prinsip üzrə qurulması, ifrat yüksək tezlik diapazonunda işləmələri, yüksək inteqrasiyalı xidmətləri yerinə yetirmələri, bəlli çoxparametrlı modulyasiya üsullarından istifadə etmələri bu sistemlərin ümumi cəhətləridir. Bu oxşarlıqlar onların tətbiq zamanı yaranan problemlərin də ümumi olacağını deməyə əsas verir. Lakin soton radiusunun, işlədikləri tezliklərin müəyyən dərəcədə fərqli olması səbəblərindən bu sistemlər arasında müəyyən fərqlər də mövcuddur ki, onlar da sistemlərin tətbiqi zamanı nəzərə alınmalıdır (cədvəl 1-ə bax).

Bu fəsilə TV yayım və paylayıcı şəbəkələrində işlədilən biristiqamətli və ikiistiqamətli MMDS və LMDS tipli radioşəbəkələrin arxitekturası, paylayıcı şəbəkənin sinifləşdirilməsi, əsas məxsusi maneələrin mənbələri, BS-də işlədilən kanal tipli və çoxkanallı radiovericilərin xüsusiyyətləri, bu tip TV paylayıcı şəbəkə üzrə TV yayım siqnallarının verilişi zamanı yaranan qeyri-xətti maneələrin korreksiya olunması metodları təhlil olunmuşdur. Çoxkanallı şənvari sistemlərin kabel TV-nin paylayıcı şəbəkəsində tətbiqi imkanları tədqiq olunmuşdur.

Burada mövcud sistemlər arasında olan oxşarlıqlar və fərqlər, onların tətbiqi zamanı qarşıya çıxan elmi-texniki problemlər, bu problemlərin həllinin ümumi yolları göstərilmişdir (cədvəl 2).



## Cədvəl 1

### MMDS, LMDS və MVDS sistemlərinin əsas imkanları və üstünlükləri

| №.№ | MMDS  | LMDS  | MVDS  |
|-----|---|---|---|
| 1   | Veriliş sürəti yüksəkdir.   | Veriliş sürəti daha yüksəkdir.  | Veriliş sürəti çox yüksəkdir.   |
| 2   | Naqilsiz sistemdir və ona görə baha başa gələn kabellərin işlədilməsinə ehtiyac yoxdur.   | Naqilsiz sistemdir və ona görə baha başa gələn kabellərin işlədilməsinə ehtiyac yoxdur.   | Naqilsiz sistemdir və ona görə baha başa gələn kabellərin işlədilməsinə ehtiyac yoxdur.   |
| 3   | Verilənlərin məxfiliyi təmin oluna bilər.   | Verilənlərin məxfiliyi təmin oluna bilər.   | Verilənlərin məxfiliyi təmin oluna bilər.   |
| 4   | Qurulması operativ olaraq yerinə yetirilə bilər.  | Qurulması operativ olaraq yerinə yetirilə bilər.  | Qurulması operativ olaraq yerinə yetirilə bilər.  |
| 5   | Qiyət/istehsal nisbəti diqqətəlayiqdir. İstismar xərcləri çox kiçikdir.   | Şəbəkə çox qısa müddətə qurulur. Qiyəti ucuzdur. Böyük məsrəf sərf etmədən genişləndirilə və ya yığışdırıla bilər.                        | İlkin qurulması sadə, tez başa gələn və nisbətən ucuzdur. Böyük məsrəf sərf etmədən genişləndirilə və ya yığışdırıla bilər.               |
| 6   | Əlavə avadanlıq xərcləri işlətmədən abonentlərin yerini dəyişmək olur.  | Əlavə avadanlıq xərcləri işlətmədən abonentlərin yerini dəyişmək olur.  | Əlavə avadanlıq xərcləri işlətmədən abonentlərin yerini dəyişmək olur.  |
| 7   | Şəhər tikililəri ərazisində etibarlı qəbul zonasının operativ təmini məqsədilə passiv və aktiv retranslyatorlardan istifadə imkanı vardır | Şəhər tikililəri ərazisində etibarlı qəbul zonasının operativ təmini məqsədilə passiv və aktiv retranslyatorlardan istifadə imkanı vardır | Şəhər tikililəri ərazisində etibarlı qəbul zonasının operativ təmini məqsədilə passiv və aktiv retranslyatorlardan istifadə imkanı vardır |
| 8   | Çoxkanallı efir televiziya siqnalını qəbul etmək imkanı vardır.   | Çoxkanallı efir televiziya siqnalını qəbul etmək imkanı vardır.   | Çoxkanallı efir televiziya siqnalını qəbul etmək imkanı vardır.   |
| 9   | Ekoloji cəhətdən az təhlükəlidir, çünki tezliyi nisbətən yüksək olan zəif siqnalları işləyir.   | Ekoloji cəhətdən demək olar ki, təhlükəsizdir, çünki tezliyi yüksək olan zəif siqnalları işləyir.   | Ekoloji cəhətdən təhlükəsizdir, çünki tezliyi çox yüksək olan çox zəif siqnalları işləyir.  |
| 10  | “Ölü” zonalar az olur   | “Ölü” zonalar demək olar ki, olmur  | “Ölü” zonalar demək olar ki, olmur  |

**Şanvari genişzolaqlı radiodaxilolma şəbəkələrində yaranan  
əsas elmi-texniki problemlər və onların həllinin ümumi yolları**

| <b>№№</b> | <b>Problemin adı</b>                            | <b>Yaranan effekt və ya maneələr</b>  | <b>Görülməli olan elmi-texniki tədbirlərin ilkin versiyası</b>   |
|-----------|---|---|--|
| 1         | Aktiv elementdə baş verən qeyri-xətti proseslər | Amplitud-amplitud keçidləri   | Korreksiya dövrlərindən istifadə olunması, rejimin seçilməsi   |
|           |   | Amplitud-faz keçidləri  | Korreksiya dövrlərindən istifadə olunması, rejimin seçilməsi   |
|           |   | Digər intermodulyasiya maneələri  | Korreksiya dövrlərindən istifadə olunması, rejimin seçilməsi   |
|           |   | Zəif siqnalların güclü siqnallarla bloklanması  | Korreksiya dövrlərindən istifadə olunması, rejimin seçilməsi   |
|           |   | Gücləndirmə rejimində çıxış gücünün azalması  | Korreksiya dövrlərindən istifadə olunması, rejimin seçilməsi   |
| 2         | Çoxşüahlı qəbul şəraitinin yaranması            | Radioqəbuledicinin girişinə əks olunan dalğaların düşməsi                                     | Müdafiə intervalı hesabına radioqəbuledicinin girişinin bloklanması, əks olunmuş dalğaların gücündən istifadə olunması, daha təkmil qəbul metodlarının tətbiqi |
| 3         | Tezlik seçici sönmələrin yaranması              | Siqnalın müxtəlif tezlik təşkilətilərində sönmələrin və çökəkliklərin baş verməsi             | OFDM modulyasiyasının tətbiqi, tezlik təşkilətiləri üzrə korreksiyalar, daha təkmil qəbul metodlarının tətbiqi   |
| 4         | BS-in radiovericilərinin qarşılıqlı təsiri      | Birbaşa kanalda BS-lərin radiovericilərinin siqnalları arasında interferensiyaların yaranması | BS-in koordinatlarının seçilməsi, radiovericisinin gücünün seçilməsi, tənzimlənməsi, modulyasiya üsulunun dəyişdirilməsi                                       |

Bu fəsilə baxılan sistemlərdə intermodulyasiya maneələrinin yaranma səbəbləri izah olunmuşdur. Göstərilmişdir ki, qrup siqnalının işlənməsi zamanı əsasən elektron cihazlarının statik və dinamik xarakteristikalarının qeyri-xəttiliyi, onların reaktiv parametrlərinin, xüsusən, kollektor keçidinin tutumunun təsir edən cərəyandan qeyri-xətti asılılığı, həmçinin elektron cihazının giriş dövrəsində amplitud-faz konversiyasının olması nəticəsində qeyri-xətti təhriflər yaranır ki, onların aradan qaldırılması sistemin keyfiyyət göstəricilərinin yüksəlməsinə səbəb olur.

Burada dissertasiyanın tədqiqat obyektinin düzgün seçilməsi əsaslandırılmış və onun tədqiqinin vacibliyi göstərilmişdir. Adı çəkilən

elmi-texniki problemlər arasından ən aktual olanları seçilmiş, əsaslandırılmış və onların həllinin ümumi yolları göstərilmişdir. Bu fəsilə dissertasiyanın növbəti fəsillərində istifadə olunacaq riyazi aparat verilmiş, onun adekvat olması əsaslandırılmış, dissertasiyanın sonrakı fəsillərində həll olunacaq məsələlər qoyulmuş və əsaslandırılmışdır.

Dissertasiyanın “Genişzolaqlı siqnalların verilişi sistemlərinin verici-qəbuledici traktlarında yaranan kombinasiya maneələrinin azaldılması” adlı **ikinci fəslində** AM-AM və AM-FM tipli intermodulyasiya maneələrinin azaldılması istiqamətində elmi tədqiqatlar aparılmış və bu problem üzrə alınmış yeni elmi nəticələr öz əksini tapmışdır.

Xarakteristik funksiyadan istifadə etməklə və TV təsvirlərində parlaqlığın məlum paylanma qanunlarını nəzərə almaqla çoxkanallı TV yayım siqnalının əsas statistik parametrləri təyin olunmuş, həmin parametrlərin istifadə olunmasının məqsədi göstərilmişdir. TV təsvirlərində parlaqlığın tərs mütənasib qanunla paylandığı hal üçün çoxkanallı TV yayım siqnalının gərginliyinin xarakteristik funksiyası üçün riyazi ifadə çıxarılmışdır:

$$\theta_{1\Sigma}(v) = \frac{U_{maks}^N e^{-iNvU_{maks}\alpha_0} \left( \ln \frac{\alpha_0 + 1}{\alpha_0} + ivU_{maks} \right)^N}{\left( \ln \frac{\alpha_0 + 1}{\alpha_0} \right)^N}, \quad (1)$$

burada  $U_{maks}$  – təsvirlərdəki maksimal parlaqlığa uyğun olan gərginlik,  $N$  – proqramların sayı,  $\alpha_0$  – təsviri xarakterizə edən təcrübi yolla alınmış sabit kəmiyyətdir.

Daha sonra kumulyant funksiyadan istifadə etməklə çoxkanallı TV yayım cəm siqnalının riyazi gözləməsi və dispersiyası təyin olunmuş və yerüstü TV yayım siqnalının analogi parametrləri ilə müqayisə edilərək, xarakterik fərqlər aşkar olunmuşdur.

AM-AM tipli keçid maneələrinin öyrənilməsi məqsədilə müxtəlif aktiv elementlər üzərində olan gücləndiricilərin müxtəlif rejimlərində amplitud xarakteristikasının forması nəzərə alınmaqla çıxış təsadüfi prosesinin ikiölçülü ehtimal xarakteristikaları (korrelyasiya funksiyası və energetiki spektri) təyin olunmuşdur. Bu parametrlər yumşaq və sərt məhdudlama rejimləri üçün ayrı-ayrılıqda öyrənilmişdir. Amplitud xarakteristikası Nyuton binomu ilə aproksimasiya olunduqda sıranın

bütün cüt üzvlərinin sıfıra bərabər olduğunu bilərək və 5-ci və daha yüksək tərtibli qeyri-xətti məhsulların çox kiçik olmasını əsas tutaraq, girişə normal stasionar təsadüfi proses təsir etdikdə çıxış təsadüfi prosesinin korrelyasiya funksiyasının, energetiki spektrinin və kombinasiya maneələrinin  $P_k$  gücünün hesablanması üçün riyazi ifadə çıxarılmışdır:

$$P_k = 6a_3^2 \sigma^6 \sqrt{\frac{2\pi}{3}} \frac{1}{\sqrt{-R_S''(0)}}, \quad (2)$$

burada  $a_3$  – binomun 3-cü dərəcəli həddinin əmsalı,  $\sigma^2$  – giriş təsadüfi prosesinin dispersiyası,  $R_S''(0) > 0$  – onun korrelyasiya funksiyasının ikinci tərtib törəməsidir.

Faz-amplitud xarakteristikasının yarımkeçiricilər üçün verilmiş məlum ifadəsindən istifadə etməklə girişdəki təsadüfi prosesin amplitudu Reley qanunu ilə müəyyən olunduğu halda kombinasiya təşkilədicilərinin amplitudunun paylanma modeli çıxarılmış, onun əsasında çıxış təsadüfi prosesinin dispersiyası təyin olunmuşdur. AM-FM keçidləri nəticəsində yaranan kombinasiya maneələrinin gücünün hesablanması üçün riyazi ifadə çıxarılmışdır.

Bundan başqa, faz sürüşməsi sıçrayışları normal paylanmaya tabe olan faz fluktuasiyaları ilə toplandıqda alınan faz-amplitud xarakteristikası üçün də kombinasiya maneələrinin gücünün hesablanması üçün riyazi ifadə alınmışdır.

Bu fəsilə kanalın çıxışında siqnalın gücünün siqnal/maneə nisbətinin tələb olunan qiymətinə görə təyin olduğunu bilərək, keçid maneələrinin maksimum qiyməti müəyyən olunmuşdur. Burada çoxkanallı TV yayım siqnalının pik-faktoru üçün çıxarılmış ifadədən istifadə etməklə, alt daşıyıcıların keçid maneələrinin azaldılmasına imkan verən səviyyələrinin hesablanması üçün riyazi ifadə alınmışdır:

$$A_0 = \frac{2K_{pik} A_{maks0}}{\sqrt{\frac{\alpha\pi}{\arctg \alpha \omega_{maks}}}}, \quad (3)$$

burada  $A_{maks0}$  – parlaqlıq siqnalının effektiv qiyməti,  $\omega_{maks}$  – videosiqnalın maksimal bucaq tezliyi,  $\alpha = 4 \times 10^{-6} s$  – sabit kəmiyyət,  $K_{pik}$  - kanal siqnalının pik faktorudur.

Göstərilmişdir ki, alt daşıyıcılarının səviyyələrinin düzgün seçilməsi yolu ilə qrup siqnalının cəm gücünü və bu səbədən qeyri-xətti təhriflərin səviyyəsini azaltmaq olur.

Dissertasiyanın «Çoxkanallı şənvari TV yayım və paylayıcı şəbəkəsinin birbaşa kanalında radiovericinin gücünün və modulyasiyanın tipinin seçilməsi və adaptiv idarə olunması» adlı **üçüncü fəsl**li şənvari TV yayım və paylayıcı şəbəkəsi üzrə məlumatın verilmə dəqiqliyinin məlum qiymətində birbaşa kanalda modulyasiya üsulu ilə radiovericinin gücü arasında kompromisin seçilməsi və idarə olunmasına həsr olunmuşdur. Burada LMDS və MVDS (Multipoint Video Distribution System – Çoxnöqtəli video paylayıcı sistem) tipli sistemlərdə siqnalın qəbul məntəqəsindəki gücündən asılı olaraq maneədayanıqlığının buraxıla bilən hədd daxilində saxlanması üçün QPSK və M-QAM (Quadrature Amplitude Modulation –Kvadratur amplitud modulyasiyası) modulyasiyalarının birindən digərinə avtomatik keçilməsi məsələləri tədqiq olunmuşdur.

Məlumdur ki, potensial maneədayanıqlığı optimal radioqəbuledici tərəfindən təmin olunur. Belə radioqəbuledicilərin sxeminin qurulması üçün optimal qəbul alqoritmi qurulmalıdır. Bu məqsədlə qəbul şərtləri müəyyən olunmalıdır. Burada nəzərə alınmışdır ki, qeyri-xətti effektlər nəticəsində yaranan maneələr siqnalın tezliyinin kombinasiyalarıdır, ona görə də cəm maneələr kvaziharmonik sayıla və bunlar spektrə görə toplanmış maneələr qrupuna aid edilə bilərlər. Bu şərtləri nəzərə alaraq, baxılan rəqəmli siqnalın optimal radioqəbulu fluktuasiya küyləri fonunda və spektrə görə toplanmış maneələrin təsiri şəraitində ikili siqnalın fərqləndirilməsi alqoritminin tərtib olunmasına gətirilir.

Bu fəsildə potensial maneədayanıqlığının təmin olunması məqsədilə göstərilən qəbul şəraitində simvolların tək-tək optimal koherent qəbulu alqoritmi tərtib olunmuş və bu alqoritm əsasında həmin optimal qəbuledicinin ikikanallı sxemi qurulmuşdur. Radioqəbuledici sinfaz və kvadratur toplananların işlənməsi kanallarından ibarətdir. Alınmış radioqəbuledici müxtəlif ədəbiyyatlarda verilmiş oxşar optimal radioqəbuledicilərlə müqayisə olunaraq, oxşarlıqlar, fərqlər və baxılan radioqəbuledicinin üstünlükləri göstərilmişdir.

Qəbul olunan siqnalın minimal tələb olunan gücünü bilərək, radiovericinin gücünü və modulyasiyanın tipini seçməklə sistemin maneədayanıqlığını artırmaq mümkündür. Bu sahə üzrə olan müasir elmi-texniki ədəbiyyatlarda ən son variant olaraq LMDS sisteminin birbaşa kanalında bir-birindən fərqli iki çoxparametrlili modulyasiyanın

tətbiq olunması təklif olunmuşdur. Bu halda eyni bir BS-in çoxkanallı radiovericisində radiovericidən radioqəbulediciyə qədər olan məsafədən asılı olaraq iki tip modulyasiya tətbiq olunmuşdur. Daha uzaq abonentlər üçün QPSK modulyasiyası, daha yaxın abonentlər üçün isə M-QAM modulyasiyası işlədilmişdir.

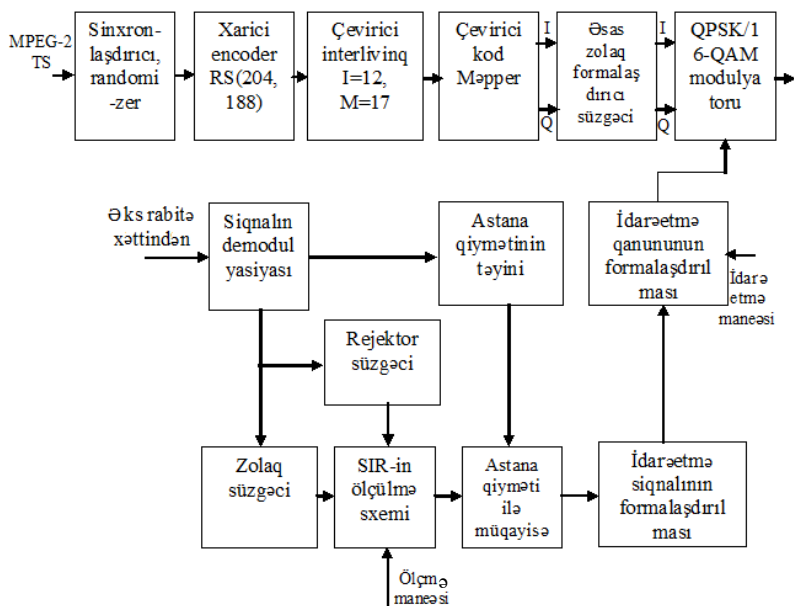
QPSK modulyasiyasında maneədayanıqlıq M-QAM modulyasiyasına nəzərən daha yüksəkdir. Deməli, daha uzaq radioqəbuledicilərin girişində siqnalın daha zəif olduğu nəzərdə tutulur və hesab olunur ki, maneədayanıqlığın sabit saxlanması məqsədilə uzaq abonentlər üçün daha böyük maneədayanıqlığı təmin edən modulyasiyanın tətbiqi məqsədəuyğun hesab olunmalıdır.

Lakin radiodalğaların fəzada yayılması zamanı baş verən sönmələr təsadüfi xarakter daşıyır. Ona görə də təkcə məsafəyə görə modulyasiya üsulunun seçilməsi dəqiq nəticə verməyə bilər. Yəni bu zaman qəbul məntəqəsində gücün hansı qiymətə malik olacağı və modulyasiya üsulunu dəyişməklə məlumatın verilmə dəqiqliyinin lazımı qiymətinin təmin olunacağı haqqında olan ehtimallar özünü doğrultmaya bilər. Bu səbəbdən tərəfimizdən gücün qəbul məntəqəsindəki qiymətinin operativ olaraq təyin olunması və BS-in radiovericisinin gücünün sabit saxlanması şərtlə maneədayanıqlığının tələb olunan qiymətinin təmin olunması təklif və tətbiq olunmuşdur.

Məqsədimiz LMDS tipli genişzolaqlı radiodaxilolma şəbəkəsinin birbaşa kanalında tələb olunan maneədayanıqlığının təmin olunması üçün BS-in çoxkanallı radiovericisinin kanalları üzrə gücün və müvafiq modulyasiya tipinin seçilməsi və cari sönmədən asılı olaraq bu parametrlərin elə tənzim olunmasıdır ki, bu zaman səhvlər ehtimalı tələb olunandan çox olmasın. Gücün tənzim olunması metodu yeni deyil və şanvari rabitədə bu metod çox geniş tətbiq olunur. Birbaşa və əks kanalda gücün tənzim olunmasının alqoritmləri və sxemləri ədəbiyyatlarda verilmişdir.

LMDS sisteminin “enmə xətti” strukturuna görə adi rəqəmli TV yayım sisteminin verici tərəfinin strukturundan əsasən çıxışda iki müxtəlif modulyatorun tətbiq olunması ilə fərqlənir. Lakin burada bir modulyasiya üsulundan digərinə keçid idarə olunmur, abonentlərin yerləşmə yerinə görə qabaqcadan müəyyən olunur. Bu isə artıq qeyd olunmuş səbəbdən əlverişli sayıla bilməz. Modulyasiya üsulunun dəyişdirilməsinin idarəetmə sxeminin siqnalına görə yerinə yetirilməsi məqsədilə məlum idarəetmə sxemlərindən daha əlverişli olanını seçmək lazımdır.

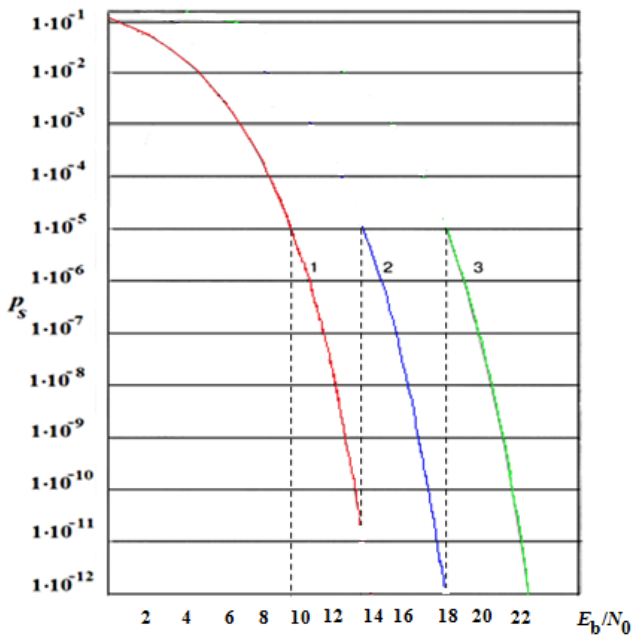
Rabitə nəzəriyyəsində idarəetmənin modelləri və metodları verilmişdir. İdarəetmə determinə olunmuş və ya stoxastik ola bilər. İdarə olunan obyektə, həm də ölçmə blokuna xarici maneələr təsir edir. Belə şəraitdə rabitə nəzəriyyəsində stoxastik idarəetmə sxemi təklif olunmuşdur. Burada idarə olunan sistemin verilmiş xarakteristikalarına, xarici maneələrin və ölçmə maneələrinin ehtimal xarakteristikalarına görə sistemin idarəetmə alqoritmi müəyyən olunur. (şəkil 1). 16-QAM-dan QPSK-ya və əksinə keçid əks rabitə dövrəsindən daxil olan siqnalın işlənməsindən alınmış nəticə əsasında həyata keçirilir. İdarəetmə sxemində pilot-siqnalın səviyyəsi və ya pilot-siqnal/küy nisbəti ölçülür. Əks rabitə dövrəsi vasitəsilə abonentdən daxil olan pilot-siqnal darzolaqlıdır və o, rejektor süzgəci vasitəsilə ayrıla bilər. Sonra zolaq süzgəci vasitəsilə siqnal və bu zolaqda olan küy ayrılaraq, siqnal/küy nisbətinin (SIR – Signal Interference Ratio) ölçülməsi dövrəsinə verilir. Bu dövrədə əvvəlcə cəm siqnaldan pilot-siqnal çıxılır, sonra isə siqnal/küy nisbəti ölçülür.



**Şəkil 1. LMDS sisteminin “enmə xətti”ndə modulyasiya üsulunun adaptiv idarə olunmasının struktur sxemi**

BS-in radiovericisinin gücünün sabit saxlanması şərtiə QPSK və M-QAM modulyasiyalarının birindən digərinə avtomatik keçilməsi zamanı optimal koherent qəbul zamanı səhvlər ehtimalının energetiki parametrdən asılılığı üçün ifadə çıxarılmış və müvafiq qrafik qurulmuşdur (şəkil 2). Qrafikdən aydın olur ki, bu metodun tətbiqi ilə BS-in radiovericisinin gücünün artırılmamasına baxmayaraq, səhvlər ehtimalı tələb olunan qiymətdən az olmur (bu halda energetiki parametr  $h_b^2 \geq 10$  olduqda  $p_s \leq 1 \cdot 10^{-5}$  -dir).

Radiodalğaların fəzada yayılması zamanı baş verən sönmələri qiymətləndirmək üçün məlum modeldən istifadə edilmiş və qəbul məntəqəsindəki güc hesablanmışdır. Ümumi sönməni  $L = L_{tr}L_2$  ilə göstəririk, burada  $L_{tr}$  – siqnalın yayılma trassı üzrə sönməsi,  $L_2$  – radioxətdə əlavə energetiki sönmələrdir.





Tərəfimizdən  $L < L_3$  olduqda 64-QAM modulyasiyasının,  $L_2 \geq L \geq L_3$  olduqda 16-QAM modulyasiyasının və  $L > L_2$  olduqda isə QPSK modulyasiyasının tətbiq olunmasını təklif və tətbiq olunmuşdur.

Bu metodun tətbiqi ilə sistemin energetiki effektivliyinin artması isbat olunmuşdur. Energetiki effektivliyə səhvlər ehtimalının buraxıla bilən qiyməti və  $M$ -QAM modulyasiyasının mövqələrinin sayı da təsir edir. Səhvlər ehtimalının buraxıla bilən qiyməti çox olduqda bu effektivlik daha böyük olur.  $M$ -QAM modulyasiyasının mövqələrinin sayının artması isə energetiki effektivliyin qiymətinin nisbətən azalmasına səbəb olur. Məs., 16-QAM-dan QPSK-ya keçilməsilə bu effektivliyin artması üçün aşağıdakı riyazi ifadə çıxarılmışdır:

$$\beta_i = \sum_{i=1}^{L_k} \left( p_{ji,1} + \frac{E_{bi,2} \tau_{si,1}}{E_{bi,1} \tau_{si,2}} (1 - p_{ji,1}) \right), \quad (4)$$

burada  $p_{ji,1}$  – ümumi sönmənin  $L > L_2$  olma ehtimalı,  $L_2$  – seçilmiş səhvlər ehtimalından asılı olaraq bir modulyasiya üsulundan digərinə

### **Şəkil 2. Modulyasiya üsulunun dəyişdirildiyi hal üçün səhvlər ehtimalının $E_b/N_0$ nisbətindən olan asılılığı**

keçidə uyğun olan ümumi sönmə,  $L_k$  – BS-in radiovericisinin kanallarının sayı,  $\tau_{si,1}$  və  $\tau_{si,2}$  – uyğun olaraq QPSK və 16-QAM modulyasiyalarında bir bitin davam etmə müddəti,  $E_{bi,1}$  və  $E_{bi,2}$  – uyğun olaraq QPSK və 16-QAM modulyasiyalarında bitin enerjisidir.

BS-in radiovericisinin gücünün tənzim olunması və ya modulyasiya üsulunun dəyişdirilməsi məqsədilə gücü ölçülməli olan pilot-siqnalın rabitə kanalı kimi turbulent mühitdən, habelə BS-in radioqəbuledicisinin gücləndiricisi və demodulyatorundan keçdiyi zaman parametrlərinin necə dəyişməsi tədqiq olunmuşdur.

Pilot-siqnalın gücünün və ya gücə görə siqnal/maneə nisbətinin ölçülmə dəqiqliyinin modulyasiya üsulunun adaptiv dəyişdirilməsi sxeminin işinə təsiri tədqiq olunmuşdur. Bu məqsədlə fluktuasiya küyləri fonunda və genişzolaqlı maneələrin təsiri halında QAM siqnallarının mövqələrinin sayının səhvlər ehtimalına təsiri energetiki parametrlin müxtəlif qiymətləri üçün hesablanmışdır.

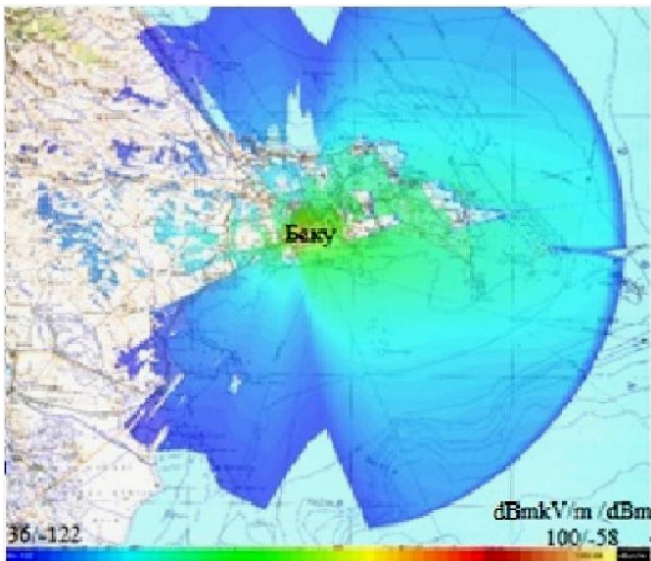
Göstərilmişdir ki, LMDS sistemində modulyasiya üsulunun adaptiv olaraq dəyişdirilməsi yerinə yetirilərsə, onda səhvlər ehtimalının buraxıla bilən qiyməti böyük olduqda siqnal/maneə nisbətinin nisbətən kiçik dəyişmələrində modulyasiya rejimi birindən digərinə – daha artıq maneədayanıqlı olana keçəcəkdir. Bu isə o, deməkdir ki, siqnal/maneə nisbətinin və ya siqnalın gücünün böyük olmayan ölçmə xətaləri da modulyasiya rejiminin dəyişməsinə səbəb ola bilər.

Dissertasiyanın **dördüncü fəsilində** MMDS, LMDS və MVDS tipli şanvari radiodaxilolma şəbəkələrinin tətbiqinin elmi-texniki problemləri tədqiq olunmuşdur. “Alınmış nəticələrin həqiqətə uyğunluğunun təcrübi əsaslandırılması. Çoxkanallı TV-nin Bakı şəhəri və Abşeron yarımadası ərazisində tətbiqinin əsas elmi-texniki problemləri” adlı bu fəsildə əsas radiovericinin gücünün təyin olunması məqsədilə radioqəbuledicinin girişində siqnalın tələb olunan gücünün hesablanması üçün riyazi ifadə çıxarılmışdır.

Dissertasiyanın əvvəlki fəsillərində baxılan tezlik diapazonunda rabitənin xüsusiyyətləri, genişzolaqlı siqnalın formalaşdırılması, ötürülməsi, işlənməsi zamanı yaranan, habelə şəbəkənin topologiyası ilə bağlı olan maneələrin azaldılması məsələləri tədqiq olunmuşdur. Lakin şəbəkənin qurulması elmi-texniki problem olaraq hər bir ərazi üçün ayrı-ayrılıqda müxtəlif faktorlar nəzərə alınmaqla yerinə yetirilməlidir. Baxılan şəbəkədə BS-lərin ərazi üzrə planlaşdırılması ilə yanaşı onların radiovericilərinin müvafiq gücləri də seçilməlidir. Bu fəsildə MMDS, LMDS və ya MVDS tipli şanvari şəbəkənin Bakı şəhəri və Abşeron yarımadası ərazisində qurulması məqsədilə əsas stansiyanın gücü təyin olunmuş, ərazinin relyefinin profili, antenmanın elektriki hündürlüyü və qüllənin dəniz səviyyəsindən olan hündürlüyü nəzərə alınmaqla antenmanın ekvivalent hündürlüyü hesablanmışdır. Kompüter proqramının köməyiylə onun əhatə zonasının diaqramı çıxarılmışdır (şək. 3). Alınmış diaqramdan aydın olur ki, Zığ və Qaraçuxur ərazisində elə sahələr var ki, bu sistemin siqnalının qəbulu ümumiyyətlə, mümkün deyil (xəritədə görünən ağ sahələr). Əsas vericinin gücünün artırılması ilə “ölü” nöqtələri aradan qaldırmaq mümkün olmur. Yarımadaanın relyefi elədir ki, burada böyük bir ərazini az sayda olan radiovericilər ilə əhatə etmək mümkün olmayacaqdır. Digər tərəfdən ərazinin kiçik güclü çoxsaylı BS-lərlə əhatə olunmasının da üstünlükləri bəllidir. Bunlardan ən vacibləri ekoloji təhlükəsizliyin və rabitənin hər hansı bir BS-dən asılı olmamasının təmin olunmasıdır.

Ona görə də müvafiq busterdən istifadə olunması təklif olunmuş, onun yerinin və avadanlıqlarının seçilməsi prinsipləri əsaslandırılmışdır (şək. 4).

Xidmət zonasında maneələr təsir etdikdə radiovericinin gücü



Şək.3. Əsas radiovericinin xidmət zonası



Şək. 4. Abşeron yarımadası ərazisində əsas radiovericinin və retranslyatorun yerləşməsi

siqnal/maneə nisbətinin tələb olunan qiymətinə görə hesablanmışdır. Bu zaman həm faydalı siqnalın, həm də maneə siqnalının səviyyələrinin fəzada yayılma zamanı loqarifmik-normal qanunla fluktuasiya etməsi qəbul edilmiş və gücə görə siqnal/maneə nisbəti üçün riyazi ifadə çıxarılmışdır:

$$w = \frac{P_s R_m^{k_m}}{P_m R_s^{k_s}} 10^{0,1(x_s - x_m)}, \quad (5)$$

burada  $k_s$  və  $k_m$  – uyğun olaraq məsafədən asılı olaraq siqnalın və maneənin sönmə sürətlərini xarakterizə edən əmsallar,  $R_s$  – qəbuledicidən faydalı siqnalın stansiyasına qədər olan məsafə,  $R_m$  – qəbuledicidən maneə yaradan stansiyaya qədər olan məsafə,  $P_s$  və  $P_m$  – uyğun olaraq siqnalın və maneənin gücü,  $x_s$  və  $x_m$  – uyğun olaraq faydalı siqnalın və maneənin fluktuasiya səviyyələrini müəyyən edən təsadüfi kəmiyyətlərdir.

Siqnal/maneə nisbəti üçün riyazi ifadə həm tək maneə təsir etdikdə, həm də çoxsaylı maneələr üçün çıxarılmışdır. Buradan aydın olur ki, BS-in radiovericisinin gücü həm də rabitə kanalında mövcud olan maneələrin gücündən asılıdır. Lakin radioqəbuledicinin girişində maneələrin cəm gücü ayrı-ayrı maneələrin güclərinin cəmi kimi tapıla bilməz. Cəm gücün necəhesablanması kanalın tipindən asılıdır. Məs., Qauss kanalında güclərin toplanması üçün Fenton metodundan istifadə oluna bilər. Bu metoda görə loqarifmik-normal qanunla paylanmış bir neçə təsadüfi prosesin cəmi yenə loqarifmik-normal qanuna tabe olur, lakin bu təsadüfi prosesin yeni statistik parametrləri Fenton metodu ilə hesablanmalıdır.

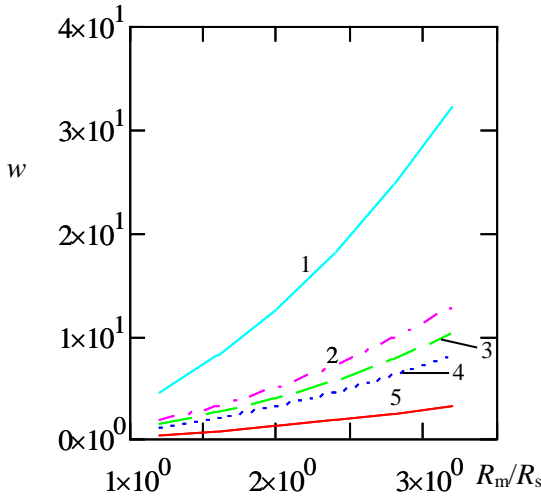
Belə olan halda qəbul məntəqəsində siqnal/maneə nisbətini hesablayan zaman (5) ifadəsində maneənin gücü əvəzinə maneələrin Fenton metodu ilə hesablanmış cəm gücünü yazmaq lazım gəlir.

Bircins şəbəkədə BS-lərin radiovericilərinin güclərinin bərabər olmasını nəzərə alaraq, (5) düsturundan istifadə etməklə  $w = f(R_m/R_s)$  asılılığı bircins şəbəkə üçün çıxarılmışdır (şəkil 5). Qrafiklərdən aydın olur ki, siqnal/maneə nisbətində həm qəbul məntəqəsindən siqnal və maneə mənbələrinə qədər olan məsafənin, həm məsafədən asılı olaraq siqnalın və maneənin sönmə sürətlərinin, həm də  $\gamma_1 = x_s - x_m$

fluktuasiya səviyyəsinin təsiri vardır.  $\gamma_1$  parametrinin qiyməti artdıqca siqnal/maneə nisbətinin də qiyməti artır. Siqnal/maneə nisbəti isə öz növbəsində maneənin məsafədən asılı olaraq sönmə sürətindən çox asılıdır.

Rabitə sistemlərinin üç effektivliyinin – informasiya, energetiki və spektral effektivliklərinin həm öz aralarında, həm də kanalın buraxma qabiliyyəti ilə onlar arasında analitik əlaqələrin olması dissertasiyanın birinci fəslində əsaslandırılmışdır.

Siqnalın gücü ilə energetiki parametr arasında olan məlum analitik ifadədən istifadə etsək, görərik ki, digər parametrlər dəyişmədikdə bu iki parametr bir-birinə ekvivalentdir. QPSK, 16-QAM və 64-QAM kimi üç modulyasiya üsulu tətbiq olunduqda və çevrilmiş



**Şək. 5.  $w = f(R_m/R_s)$  asılılığı:**

$k_s=k_m=2$ ; 1.  $\gamma_1 = -5$ ; 2.  $\gamma_1 = -1$ ;  
3.  $\gamma_1 = 0$ ; 4.  $\gamma_1 = 1$ ; 5.  $\gamma_1 = 5$ .

kodun sürəti  $5/6$  olduqda bu parametrləri hesablayaraq, cədvəl 3-ə yazırıq, burada  $\beta_t = P/N$  – tələb olunan siqnal/küy nisbəti,  $\beta_m$  – onun normallaşdırılmış qiyməti,  $\varepsilon_{efn}$  – spektral effektivliyin,  $i_n$  – informasiya effektivliyinin normallaşdırılmış qiymətləridir.

Parametrlərin artımını müəyyən etmək məqsədilə cədvəl 3-də parametrlərin qiymətləri minimal qiymətə görə normallaşdırılmışdır.

Baxılan kanalda buraxma qabiliyyətinin artımı  $\beta_m$  dəfə olmuşdur. Maneələr olan diskret kanalın buraxma qabiliyyəti veriliş sürətindən böyük olduqda elə kodlama işlətmək olur ki, bu kanal üzrə məlumatı çox kiçik səhvlər ehtimalı ilə ötürmək olsun.

QPSK modulyasiyasında tələb olunan buraxma qabiliyyətini  $C_n = \Delta f \log_2(1 + \beta_m P_1 / N)$  ifadəsi ilə hesablaya bilərik, burada  $P_1 / N$  – bu modulyasiya üçün siqnal/küy nisbətidir. QPSK modulyasiyası üçün  $p_s = 1 \cdot 10^{-5}$  olduqda  $\beta_m = 1$ -dir. Digər modulyasiya üsulları və  $p_s$ -in digər qiymətləri üçün  $P / N \gg 1$  olduqda tələb olunan buraxma qabiliyyətinin qiymətini eyni düsturla təxmini olaraq hesablaya bilərik. Məs.,  $p_s = 1 \cdot 10^{-5}$  və 16-QAM üçün tapırıq:

$C_{n2} = 1 + \frac{\log_2 \beta_{m2}}{C_{n1}} = 1 + \frac{0,54}{C_{n1}}$ . Eyni qayda ilə 64-QAM modulyasiyasında buraxma qabiliyyətinin  $C_n$  və informasiya effektivliyinin  $i_n$  normallaşdırılmış qiymətlərini hesablayaraq 3 cədvəlinə yazırıq.

**Cədvəl 3**

**Çoxkanallı TV sistemlərində effektivliklər və buraxma qabiliyyətinin qiymətləri**

|        | $\beta_m$     |               | $\varepsilon_{efn}$ |               | $C_n$                     |                           | $i_n$                              |                                    |
|--------|---------------|---------------|---------------------|---------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|        | $p_s=10^{-5}$ | $p_s=10^{-7}$ | $p_s=10^{-5}$       | $p_s=10^{-7}$ | $p_s=10^{-5}$             | $p_s=10^{-7}$             | $p_s=10^{-5}$                      | $p_s=10^{-7}$                      |
| QPSK   | 1             | 1,2           | 1                   | 1             | $C_{n1}$                  | $1 + \frac{0,26}{C_{n1}}$ | $1 / C_{n1}$                       | $\frac{C_{n1}}{0,26 + C_{n1}}$     |
| 16-QAM | 1,46          | 1,59          | 1,99                | 1,99          | $1 + \frac{0,54}{C_{n1}}$ | $1 + \frac{0,67}{C_{n1}}$ | $\frac{1,99C_{n1}}{0,54 + C_{n1}}$ | $\frac{1,99C_{n1}}{0,67 + C_{n1}}$ |
| 64-QAM | 1,85          | 1,99          | 2,99                | 2,99          | $1 + \frac{0,89}{C_{n1}}$ | $1 + \frac{0,99}{C_{n1}}$ | $\frac{2,99C_{n1}}{0,89 + C_{n1}}$ | $\frac{2,99C_{n1}}{0,99 + C_{n1}}$ |

Cədvəldən görünür ki, energetiki parametrlərin artırılması buraxma qabiliyyətinin artmasına səbəb olur. Aydın ki, QAM moduliyasında mövqelərin sayının artması ilə veriliş sürəti və deməli, spektral effektivlik artır. Cədvəldən aydın olur ki, hər iki halda  $P_1 / N$  nisbətinin artması tələb olunan buraxma qabiliyyətinin və deməli, informasiya effektivliyinin artmasına səbəb olsa da,  $p_s = 1 \cdot 10^{-7}$  olduqda bu artım daha böyükdür.

Əsas BS-lə Z1ğ qəsəbəsində yerləşmiş buster stansiyası arasında rabitə yaradılır. Bu əlavə trasdakı sönmələri müəyyən etmək tələb olunur. Məqsədımız qəbul məntəqəsində siqnalın gücünün (yəni trasdakı sönmələrin) ədədi qiymətini hesablamaq deyil. Siqnalın fəzada yayılması zamanı baş verən sönmələrin dəqiq hesablanması mürəkkəb məsələdir. Trassın tipi və sönmələri hesablamaq üçün ifadələr bəlli olduqda bu sönmələri müəyyən dəqiqliklə hesablamaq olar. Lakin bu modellər və ifadələr müxtəlifdir və onlardan uyğun olanın seçilməsi müəyyən araşdırmalar tələb edir.

Əslində bu trass qarışıq trass olub, bir hissəsi dəniz, bir hissəsi isə quru ərazidən keçir (şəkil 5-ə bax). Dəniz trassı kiçik, quru trass böyük, qarışıq trass isə aralıq sönmə yaradır. Baxılan trassın quru hissəsinin kiçik olduğunu nəzərə alaraq, onu dəniz trassı qrupuna aid edə bilərik. Bu halda ikişüalı modeldən istifadə olunur. Dəniz trassı dedikdə bütövlükdə dənizin üzərindən keçən trass nəzərdə tutulur. Belə traslar iki yerə bölünür: isti dəniz və soyuq dəniz trasları. Birinci tip traslara 23,50 en dairəsindən aşağı olan dənizlər, okeanlar və digər böyük su hövzələri daxildir. İkinci tip traslara isə 23,50 en dairəsindən yuxarı olan dənizlər, okeanlar və böyük su hövzələri aid edilir. Ona görə də baxılan trass, yəni Xəzər dənizi isti dəniz trassına aiddir. Belə traslar radiodalğaların yayılmasına müsbət təsir edir və böyük refraksiya yaradır. Ümumiyyətlə isə dəniz səthi dalğaların yayılması üçün dalğaötürən rolunu görür. Bu mülahizələr əsasında əsas radioverici-buster xəttində radio dalğalarının yayılması zamanı baş verən sönmələri hesablamaq üçün müvafiq ifadələr seçilmişdir.

Aparılan tədqiqatlar kabel TV-nin paylayıcı şəbəkəsində MMDS və ya LMDS tipli sistemlərin seçilməsinin məqsədəuyğun olduğunu təsdiq etsə də, şəbəkənin qurulması zamanı müxtəlif texniki tədbirlərin həyata keçirilməsinin vacib olduğunu da göstərdi. Belə ki, burada BS-in radiovericisinin gücünün seçilməsində yuxarıdan məhdudiyət

qoyulması birbaşa kanalda şəbəkənin topologiyası ilə bağlı olan maneələrin azaldılmasına yönəlmişdir.

**Nəticələrdə** dissertasiya işində alınmış əsas elmi nəticələr özünə yer almışdır. Onlardan ən əsasları aşağıdakılardır:

– adətən məlum üstünlüklərinə görə «axırıncı mil» üzrə rabitəni şanvari genişzolaqlı radiodaxilolma şəbəkəsindən istifadə etməklə tamamlayırlar. Bu tip sistemlərin müxtəlif variantları mövcud olsa da, siqnallarının genişzolaqlı olması, şanvari prinsip üzrə qurulmaları, ifrat yüksək tezlik diapazonunda işləmələri, yüksək inteqrasiyalı xidmətləri yerinə yetirmələri, bəlli çoxparametrlı modulyasiya üsullarından istifadə etmələri kimi ümumi cəhətləri tətbiq zamanı yaranan elmi problemlərin də ümumi olmasına gətirib çıxarır;

– yaranan qeyri-xətti təhriflər əsasən güclü tranzistorlarda baş verən fiziki proseslərin nəticəsidir və ona görə də qeyri-xətti təhriflərin mənbələrinə ciddi təsir etmək mümkün olmur. Lakin əlavə korreksiya sxemlərindən istifadə etməklə və gücləndiricinin rejimini və çoxkanallı TV yayım siqnalının alt daşıyıcılarının səviyyələrini düzgün seçməklə bu təhrifləri azaltmaq olur;

– çoxkanallı TV yayım siqnalının statistik parametrləri kanal siqnalının uyğun statistik parametrlərindən fərqli olur. Çoxkanallı TV yayım cəm siqnalının dispersiyasının qiyməti kanalların sayı ilə mütənasib olaraq artır;

– çoxkanallı TV yayım sistemlərində amplitud-faz modulyasiyası tətbiq olunduğundan burada qeyri-xətti təhriflərə daha sərt tələblər qoyulur. Gücləndiricinin amplitud xarakteristikası üstlü polinomla aproksimasiya olunduqda AM-AM tipli keçid maneələrinin gücü giriş siqnalının gücündən, giriş təsadüfi prosesinin korrelyasiya funksiyasının dəyişmə sürətindən və qeyri-xətti elementin xarakteristikasından asılı olur;

– LMDS tipli şəbəkənin birbaşa kanalında BS-in radiovericisinin gücü ilə modulyasiya üsulu arasında kompromisin axtarılması zamanı məlumatın ötürülmə dəqiqliyinin təmin olunması üçün siqnalın gücünün və ya siqnal/maneə nisbətinin ölçülmüş qiymətinə görə modulyasiyanın üsulunun seçilməsi və adaptiv tənzim olunması məqsədəuyğundur;

– LMDS sistemində BS-in radiovericisində siqnalın modulyasiya üsulunun adaptiv olaraq dəyişdirilməsi yerinə yetirildikdə və səhvlər ehtimalının buraxıla bilən qiymətinə yumşaq tələb qoyulduqda gücün və ya siqnal/maneə nisbətinin ölçülməsi sistemi ölçmə xətalırına qarşı



daha həssas olur. Belə ki, səhvlər ehtimalının buraxıla bilən qiyməti  $p_s = 0,16$  olduqda modulyasiya rejimi  $h_{b\Sigma}^2$ -in 1,6 dəfə artması ilə dəyişdiyi halda,  $p_s = 0,08$  olduqda bu dəyişmə  $h_{b\Sigma}^2$ -in 2,7 dəfə artımı zamanı baş verir;

– Bakı şəhəri və Abşeron yarımadası ərazisində genişzolaqlı naqilsiz radiodaxilolma şəbəkəsi qurulan zaman Bakı teleqülləsində yerləşdirilmiş MMDS-in əsas radiovericisinin gücünün əhəmiyyətli dərəcədə azaldılması və istiqamətlənmiş antennadan və Bakı buxtasından sağ tərəfdə seçilmiş bir ərazidə yerləşdirilmiş busterdən istifadə olunması məqsədəuyğundur.

**Əlavələrdə** LMDS sisteminin BS-inin radioqəbuledicisindəki siqnal/maneə nisbətini ölçən sxemin girişində pilot siqnalın amplitudunun paylanma qanunu təyin olunmuşdur. Bu paylanma qanunu demodulyatorun ilkin pilləsi darzolaqlı süzgəc olduğu hal üçün çıxarılmışdır.

Dissertasiyanın əsas nəticələri aşağıdakı elmi işlərdə öz əksini tapmışdır:

1. Мамедов И.Р., Эфендиев И.Д. Определение уровней оценки квантования неподвижных телевизионных изображений // Ученые записки АзТУ, 1998, №2, с. 103-106.

2. Əhədov İ.C., Abdullayev Q., Abbasov M.H., Əfəndiyev İ.D. Respublikamızın müstəqilliyi dövründə radio-televiziya yayımının və peyk rabitəsinin inkişafı / Müstəqil rabitənin bu günü və gələcəyi devizi altında ETK-nın materialları, Bakı, 2001, s.95-106 səh.

3. Ахадов И.Д., Аббасов М.Г., Эфендиев И.Д. Перспективы внедрения цифрового телевидения в Азербайджане // Телеспутник, 2005, № 2, 62-63 с.

4. Мамедов И.Р., Эфендиев И.Д. Системы сотового телевидения: преимущества, недостатки, проблемы внедрения / Материалы научн. конф. проф.-препод. состава и асп., посвящ. 55-летию образования АзТУ, г. Баку, 2005, II часть, с. 26-28.

5. Əhədov İ.C., Abbasov M.H., Əfəndiyev İ.D. Televiziyada ölçmələr və nəzarət (dərs vəsaiti). – Bakı: Novruz-94, 2005, 128 səh.

6. Мамедов И.Р., Эфендиев И.Д. Уменьшение нелинейных эффектов в многоканальных системах ТВ вещания// Ученые записки АзТУ, 2006, №2, с. 64-66.

7. Мамедов И.Р., Эфендиев И.Д. Основные характеристики группового сигнала многоканального ТВ вещания// Известия Азерб. Национ. Аерокосмич. Агентства «Физико-технические проблемы дистанционного зондирования Земли», 2008, т.11, №1(11), с. 28-32.

8. Шарифов А.М. Эфендиев И.Д. Некоторые проблемы обеспечения уверенного приема сигналов цифрового ТВ вещания на Апшеронском полуострове/ Труды НТК «Современные проблемы обучения в технич. ВУЗ-ах», посвященная 85-му юбилею Г.А. Алиева, г.Баку, 2008, с. 363-364.

9. Мамедов И.Р., Велиев М. А., Эфендиев И.Д. Когерентный оптимальный прием QAM сигналов на фоне сосредоточенных помех и флуктуационного шума / Труды междунарозн. конф. «Научно-технический прогресс и совр. авиация», г. Баку, 2009, т.1, с. 41-44.

10. Мамедов И.Р., Эфендиев И.Д. Построение схемы оптимального радиоприема сигналов многоканального телевидения// Ученые записки АЗТУ, 2009, №1, с.27-30.

11. Мамедов И.Р., Эфендиев И.Д. Вопросы определения мощности искажения типа АМ-АМ переходов / Труды 19-й Международной НТК «Современные телевидение и радиоэлектроника», г. Москва, 2011, с. 329-332.

12. Мамедов И.Р., Эфендиев И.Д. Мощность искажения типа АМ-ФМ переходов, возникающих при передаче широкополосных сигналов // Ученые записки АЗТУ, 2011, №2, с. 42-48.

13. Мамедов И.Р., Эфендиев И.Д. Многоканальное телевизионное вещание: Формирование, передача и описание сигнала / Труды 23-й Международной НТК «Современные телевидение и радиоэлектроника», г. Москва, 2015, с. 37-40.

14. Əfəndiyev İ.D. Bakı şəhəri və Abşeron yarımadası ərazisində çoxkanallı TV paylayıcı şəbəkəsinin əhatə dairəsinin genişləndirilməsi// Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Məcmuələri, 2016, cild 18, № 3, s.138-141.

15. Мамедов И.Р., Эфендиев И.Д. Особенности применения многоканального ТВ в г. Баку и на Апшеронском полуострове//Электросвязь, 2016, №12, с. 55-59.

16. Мамедов И.Р., Эфендиев И.Д. Адаптивный метод выбора вида модуляции в беспроводных системах широкополосного ра-

диодоступа//Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов, 2016, №3, с. 40-43.

17. Məmmədov İ.R., Əfəndiyev İ.D. LMDS sistemində modulyasiya üsulunun dəyişdirilməsinin sistemin maneədayanıqlığına və energetiki effektivliyinə təsiri// AzTU-nun Elmi Əsərləri 2017, №1, s. 106-109.

18. Məmmədov İ.R., Əfəndiyev İ.D. LMDS sisteminin birbaşa kanalında modulyasiya üsulunun adaptiv olaraq dəyişdirilməsi//AzTU-nun Elmi Əsərləri 2017, №4, s.81-86.

19. Məmmədov İ.R., Əfəndiyev İ.D. LMDS sisteminin “enmə xətti” üzrə modulyasiya üsulunun dəyişdirilməsi zamanı energetik effektivliyin artırılması// Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Məcmuələri, 2017, cild 19, № 3, s.20-24.

20. Məmmədov İ.R., Əfəndiyev İ.D. LMDS sisteminin əks rabitə kanalında idarəetmə signalının ehtimal xarakteristikalarının təyini// Azərb. Milli Aerokosmik Agentliyinin xəbərləri, 2017, cild 20, № 4, s.54-59.

21. Мамедов И.Р., Эфендиев И.Д. О соотношениях между мощностью, количеством позиций М-QAM и верностью передачи в системах широкополосного радиодоступа//Т-Comm, 2018, том 2, № 1, с. 27-31.

22. Məmmədov İ.R., Əfəndiyev İ.D. Yerüstü çoxkanallı şanvari televiziya yayım sistemlərinin buraxma qabiliyyətinin artırılması”Texniki və təbiət elmlərinin innovativ inkişaf perspektivləri” Beyn. elmi-texniki konfransının materialları, Bakı şəh., 2021, s. 138-145.

23. Əfəndiyev İ.D. Bakı şəhəri və Abşeron yarımadası ərazisində kabel televiziya paylayıcı şəbəkəsinin əsas radiovericisinin gücünün təyin olunması//Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Məcmuələri, 2021, cild 23, № 4, s.1-5.

Dissertasiyanın müdafiəsi 24 iyun 2022-ci il tarixində saat 11-00 -da Azərbaycan Texniki Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.41 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: H.Cavid prospekti 25, Bakı, Azərbaycan, AZ 1073, Azərbaycan Texniki Universiteti.

Dissertasiya işi ilə Azərbaycan Texniki Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya işi və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Texniki Universitetinin rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 23.05.2022-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.



Çapa imzalanıb: 28.02.2022  
Kağızın formatı: A5  
Həcm: 76000  
Tiraj: 10



