

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ

AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

MUSAYEV AYXAN VƏZİR oğlu

HÜMBƏTOV ƏZİZ RASİM oğlu

GÜLHÜSEYNOVA ÇİNARƏ CÖVDƏT qızı

**RADİOELEKTRON VASİTƏLƏRİNDƏ ELEKTROMAQNİT
BİRGƏLİYİNİN XARAKTERİSTİKALARININ MODELLEŞDİRİLMƏSİ**

mövzusunda

MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI

**İxtisas: 060627-“Elektronika, telekommunikasiya və radiotexnika mühəndisliyi”
060632-“İnformasiya texnologiyaları və sistemləri mühəndisliyi”**

**İxtisaslaşma: “Telekommunikasiya sistemlərinin informasiya təhlükəsizliyi”
“İnformasiya texnologiyaları və telekommunikasiya sistemləri”**

Elmi rəhbər:

f.r.e.n., dos. N.M.Şükürov

BAKİ - 2023

MÜNDƏRİCAT

GİRİŞ	4
1. Titul vərəqi (Musayev Ayxan Vəzir oğlu)	7
I FƏSİL. ELEKTROMAQNİT BİRGƏLİYİNİN XARAKTERİSTİKALARININ EKSPERİMENTAL TƏDQIQI VƏ MODELLEŞDİRMƏ ÜSULLARI	8
1.1. Eksperimental tədqiqatların əsas məsələləri.....	8
1.2. Elektromaqnit birgəliyinin xarakteristikalarının ölçmə üsulları.....	Error! Bookmark not defined.
1.3. Modelləşdirmə üsulları.....	Error! Bookmark not defined.
1.4. Sənaye maneəsinin ölçmə üsulları.....	22
2. Titul vərəqi (Hümbətov Əziz Rasim oğlu)	Error! Bookmark not defined.
II FƏSİL. ELEKTROMAQNİT BİRGƏLİYƏ TƏSİR EDƏN RADIOVERİCİ QURĞULARIN PARAMETRLƏRİNİN ÖLÇÜLMƏSİ	30
2.1. Radioverici qurğuların parametrlərinin ölçmə xüsusiyyətləri.....	30
2.2. Radioverici qurğularda yan şüalanmaların ölçülməsi	32
2.3. Zolaqxarici şüalanmaların parametrlərinin ölçülməsi.....	39
2.4. EMB parametrləri baxımından antenalara olan tələblər	42
3. Titul vərəqi (Gülhüseynova Çinarə Cövdət qızı)	48
III FƏSİL. ELEKTROMAQNİT BİRGƏLİYƏ TƏSİR EDƏN RADIOQƏBULEDİCİ QURĞULARIN PARAMETRLƏRİNİN ÖLÇÜLMƏSİ	49
3.1. Radioqəbuledici qurğuların ölçmə xüsusiyyətləri.....	49
3.2. Radioqəbuledici qurğuların parametrlərinin ölçmə üsulları	56
Nəticə	68
İstifadə olunmuş ədəbiyyatların siyahısı	69

İXTİSARLARIN SİYAHISI

EMB - Elektromaqnit Birgəlik

YŞ - Yan şüalanma

MD - Maneə detektoru

MM - Maneə mənbəyi

NTS - Normativ-texniki sənədlər

REQ- radioelektron qurğu

RQQ - Radioqəbuledici qurğu

RVQ - Radioverici qurğu

YQK - Yan qəbul kanalı

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı. Radioelektron qurğuların birgə fəaliyyətinin təmin edilməsi texnologiyanın ən aktual problemlərindən biridir, çünki elektrotexnika və radioelektronikanın davam edən inkişaf prosesi yeni vasitələrin istifadəsinin nəticələrinin onların birgə istismarı şərtlərindən asılılığını artırır. Elektromaqnit birgəliyi sınaqlarının təşkilində əsas məsələlərdən biri avadanlıqların seçilməsi və onun metroloji təminatıdır. Radioelektron qurğuların elektromaqnit birgəliyi problemi texnologiyanın təcili ehtiyaclarından yaranıb və hazırda radioelektronikanın ən mühüm problemlərindən birinə çevrilib.

Elektrik və radioelektron qurğuların (REQ) geniş tətbiqi ətraf mühitdə onların yaratdığı elektromaqnit sahələrinin səviyyəsinin artmasına səbəb olur. Bu sahələr digər oxşar cihazlara maneə yaradaraq, onların işləmə şərtlərini pisləşdirir və istifadə səmərəliliyini azaldır. Texnologiyanın bu sahəsindəki inkişaf onun kəmiyyət artımı nəticəsində yaranan mənfi hadisələrlə getdikcə daha çox məhdudlaşdırılır. Gələcək tərəqqi bu tendensiyanın aradan qaldırılmasını, yəni müxtəlif vasitələrin birgə fəaliyyətinin təmin edilməsindən ibarət olan yeni keyfiyyət səviyyəsində inkişafı tələb edir. Müxtəlif radio, elektron və elektrik avadanlıqlarının eyni vaxtda və birgə işləməsinin təmin etmək üçün nəzərdə tutulmuş radioelektronikanın yeni sahəsi radioelektron avadanlıqların elektromaqnit birgəliyi (EMB) adlanır.

EMB problemini daha da gücləndirən ən əhəmiyyətli səbəblər bunlardır:

- eyni vaxtda işləyən radiotexniki qurğuların, xüsusən də mobil obyektlərdə quraşdırılanların ümumi sayı artır;
- radio vericilərin gücü artır, bəzi növ radio avadanlıqları üçün onların gücü onlarla meqavata çatır;
- bir çox müasir radio qurğularının istifadə etdiyi tezlik diapazonları genişlənir;
- radiotezlik diapazonunun yüklənməsi, onun bir çox hissəsinin artıq çox yüklənməsinə baxmayaraq, artır;

Elektromaqnit dalğaları radio və televiziya rabitəsi, radiolokasiya, radionaviqasiya, uçuş aparatları və nəqliyyat sektorunda geniş istifadə olunur. Son zamanlar tibb, kimya, geologiya, metrologiya, astronomik, peyk və mobil rabitədə tətbiq olunur. Aydın oldu ki, EMB-nin şərtlərini nəzərə almadan REQ-i müxtəlif məqsədlər üçün layihələndirmək, yaratmaq və istismar etmək mümkün deyil. Radioelektronika sahəsində hər bir mütəxəssis REQ-də EMB-nin təmin edilməsi prinsiplərini bilməli və bu biliklərdən təcrübədə istifadə etməlidir.

Günümüzdə EMB, daha həssas məsələyə çevrilib. Hərbi sahələrdən tutmuş aerokosmik texnologiyalara, tibbdən sənaye tətbiqlərinə və ya avtomobil sektoruna qədər hər sektor EMB tələblərinə uyğun olmalıdır.

Radioelektron vasitələrində elektromaqnit birgəliyinin xarakteristikalarının modelləşdirilməsi, eləcə də bu qurğuların texniki və istismar xarakteristikalarının yaxşılaşdırılması üçün müasir ədədi modelləşdirmə üsullarının işlənilib hazırlanması, tədqiqi və təkmilləşdirilməsi aktual məsələlərdən biri kimi telekommunikasiyanın qarşısında durur.

İşin məqsədi. Dissertasiya işinin məqsədi radioelektron vasitələrində elektromaqnit birgəliyinin xarakteristikalarının modelləşdirilməsi üçün mövcud olan üsulları müqayisə edərək, elektromaqnit birgəliyinin təsir dairəsində olan radioverici və radioqəbuledici qurğuların parametrlərinin hesablanması üçün modelin işlənilib hazırlanmasından ibarətdir.

Tədqiqatın predmeti. Dissertasiya işinin predmetində elektromaqnit birgəliyinin xarakteristikalarının eksperimental tədqiqi və modelləşdirmə üsulları dayanır.

Tədqiqat obyektı. Dissertasiya işində tədqiqat obyektı radioverici və radioqəbuledici qurğulardır.

İşin elmi yeniliyi. Radioelektron vasitələrin elektromaqnit birgəliyinin xarakteristikalarının modelləşdirilməsi üçün riyazi model işlənilib hazırlanmış və bu modelin köməyilə elektromaqnit birgəliyinə təsir edən sənaye maneələrinin səviyyəsi müəyyən olunmuşdur.

İşin təcrübi əhəmiyyəti. Görülən işlərin təcrübi əhəmiyyəti radioelektron

vasitələrinin elektromaqnit birgəliyinin təhlili, qiymətləndirilməsi, təmin edilməsi və daimi monitorinqi üçün modelin yaradılmasından ibarətdir ki, bu da elektromaqnit birgəliyinin miqdarını və vaxtını əhəmiyyətli dərəcədə azaltmağa imkan verir ki, nəticədə işin dəyərini həmiyyətli dərəcədə azladacaq və keyfiyyətini təmin edəcəkdir.

İşin aprobasiyası. Magistr dissertasiyasının işlənməsi Azərbaycan Texniki Universitetində, Azərbaycan xalqının ümummilli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 100-cü ildönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların "Mütərəqqi texnologiyalar və innovasiyalar" mövzusunda VII Respublika elmi-texniki konfransında çap olunmuş məqalələrdən ibarətdir.

İşin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi girişdən, 3 fəsildən, 21 şəkildən, nəticədən və 23 sayda ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. İşin ümumi həcmi 71 səhifədir.

Girişdə dissertasiya işinin aktuallığı, işin məqsədi, elmi yeniliyi qeyd olunmuşdur. İstifadə edilən üsul və vasitələr, tədqiqat metodları və s. göstərilmişdir. Bu sahə ilə bağlı bir sıra statistik məlumatlar qeyd olunmuşdur. Təcrübi dəyər və işin həcmi və ümumi sturuktur haqqında məlumat verilmişdir.

Birinci fəsildə radioelektron vasitələrində elektromaqnit birgəliyi haqqında ümumi məlumatlar verilmiş, eləcə də elektromaqnit birgəliyinin eksperimental tədqiqi, modelləşdirmə üsulları, ölçmə üsulları təhlil edilmiş və araşdırılmışdır.

İkinci fəsildə elektromaqnit birgəliyə təsir edən radioverici qurğuların parametrlərinin ölçmə xüsusiyyətləri, radioverici qurğularda yan şüalanmaların ölçülməsi və zolaqxarici şüalanmaların parametrlərinin ölçülməsi tədqiq edilmişdir.

Üçüncü fəsildə elektromaqnit birgəliyə təsir edən radioqəbuledici qurğuların ölçmə xüsusiyyətləri eləcə də radioqəbuledici qurğuların parametrlərinin ölçmə üsulları tədqiq edilmiş və müqayisəli analiz olunmuşdur.

Dissertasiya işinin nəticə hissəsində alınan yeni elmi müddəalar öz əksini tapmışdır.

Dissertasiya işinin sonunda isə tədqiqatın istinad olunduğu ədəbiyyat siyahısı eləcə də informasiya bazası kimi internet resursları qeyd olunmuşdur.

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ

AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

MUSAYEV AYXAN VƏZİR oğlu

**RADİOELEKTRON VASİTƏLƏRİNDƏ ELEKTROMAQNİT
BİRGƏLİYİNİN XARAKTERİSTİKALARININ MODELLEŞDİRİLMƏSİ**

mövzusunda

MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI

İxtisas: 060627-“Elektronika, telekommunikasiya və radiotexnika mühəndisliyi”

İxtisaslaşma: “Telekommunikasiya sistemlərinin informasiya təhlükəsizliyi”

Elmi rəhbər:

f.r.e.n., dos. N.M.Şükürov

BAKI - 2023

**I FƏSİL. ELEKTROMAQNİT BİRGƏLİYİNİN
XARAKTERİSTİKALARININ EKSPERİMENTAL TƏDQIQI VƏ
MODELLƏŞDİRMƏ ÜSULLARI**

1.1. Eksperimental tədqiqatların əsas məsələləri

Elektromaqnit Birgəliyi (EMB) elektrik və elektron avadanlığın digər elektrik və elektron avadanlıqların işlədiyi mühitdə nəzərdə tutulduğu kimi işləməsinə və digər avadanlıqlara mənfi təsir göstərməməsinə malik olan bir xüsusiyyətidir. Maneə yaratmadan və ya maneəyə həssas olmadan digər elektron sistemlərlə uyğun işləyə bilən elektron sistemin ətraf mühitlə elektromaqnit cəhətdən uyğun olduğu deyilir [4].

EMB REA (Radioelektron avadanlıq)-nı təmin etmək təcrübəsində mühüm yer eksperimental tədqiqat metodlarına aiddir. Bu üsullar bir çox hallarda təhlil edilən obyektlər haqqında əsas məlumat mənbəyidir. Onların məqsədi aşağıdakı kimi xarakterizə olunur:

- şüalanma və qəbul xüsusiyyətlərinin, həssaslığın və normativ-texniki sənədlərin müəyyən edilmiş digər tələblərinə uyğunluğunun müəyyən edilməsi;
- TEMM (Təsadüfi elektromaqnit maneəsi) -nin müxtəlif iş şəraitində detektorlara təsir dərəcəsinin qiymətləndirilməsi;
- TEMM mənbələrinin EMB-nin pozulmasına gətirib çıxaran spesifik səbəblərin və onların müxtəlif detektorlara təsir yollarının müəyyən edilməsi;
- həyata keçirilən təşkilati-texniki tədbirlərin səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi və onların REQ-in fəaliyyət keyfiyyətinə təsir dərəcəsinin müəyyən edilməsi.

Eksperimental tədqiqatlar bütün səviyyələrdə tətbiq olunur - elementlər və bloklardan tutmuş sistem və xidmətlərə qədər. Bunlara aşağıda qeyd olunmuş hallar daxildir:

EMB-yə təsir edən elementlərin və cihazların xüsusiyyətlərinin və parametrlərinin qiymətləndirilməsi. Bunlara yalnız EMB-yə təsir edən parametrlər daxildir, çünki REQ-in funksional parametrlərinin ölçülməsi adətən EMB

problemlərinin fonunda nəzərə alınmır. Ölçmə məlumatları müxtəlif qurğular və ya onların elementləri tərəfindən yaradılan maneənin səviyyələrini, yayılma yollarında maneənin zəifləmə dərəcəsini, radioqəbuledicilərin əsas qəbul kanalından kənarında fəaliyyət göstərən maneələrə həssaslığını və müxtəlif detektorların maneəyə həssaslığını təyin etməyə xidmət edir. Cihazın korpusları, enerji təchizatı və idarəetmə sxemləri vasitəsilə hərəkət edir. Bu tapşırıqlar qrupuna aşağıdakı məsələlərin həlli daxildir:

- Tədqiq olunan REQ-in fəaliyyət keyfiyyətinin pisləşmə dərəcəsini müəyyən etmək üçün REQ-in siqnalların və maneənin birgə fəaliyyətinə reaksiyasının eksperimental tədqiqatları aparılır;
- Elektromaqnit mühitinin qiymətləndirilməsi, yəni ərazinin verilmiş hissələrində və ya obyektlərdə maneə səviyyələrinin, təsadüfi maneənin spektral və statistik xüsusiyyətlərinin müəyyən edilməsi;
- Xüsusi şəraitdə REQ-in uyğunluğu faktını müəyyən etmək və EMB vasitələrinin təhriflərinin konkret səbəblərini müəyyən etmək üçün tədqiqatlar aparılmasını aid edə bilərik.

EMB REQ-in təmin edilməsi təcrübəsində çoxlu sayda müxtəlif eksperimental tədqiqat metodlarından istifadə olunur. İcra üsuluna görə, onlar laboratoriya şəraitində aparılan stend (laboratoriya) və real iş şəraitində yerinə yetirilən tam miqyaslı növlərə bölünürlər. Sadalanan metod qruplarının mahiyyəti və spesifik xüsusiyyətləri daha ətraflı aşağıda müzakirə ediləcəkdir.

EMB-yə təsir edən REQ-in xüsusiyyətlərinin eksperimental tədqiqatlarının əsası elektrik kəmiyyətlərinin ənənəvi ölçülməsinə, eləcə də yalnız EMB üçün xarakterik olan çoxsaylı xüsusi üsul və vasitələrə əsaslanır. Ölçmə vasitələri və üsulları müxtəlif və çoxsaylıdır. Biz yalnız ən xarakterik xüsusiyyətləri və ölçmə növləri haqqında bəhs edəcəyik.

REQ-in EMB-yə təsir edən xüsusiyyətlərin eksperimental tədqiqatları bir sıra spesifik xüsusiyyətlərə malikdir. Bu xüsusiyyətlərdən ən tipiklərini aşağıda qeyd edəcəyik.

Ölçmələrin geniş tezlik diapazonunda aparılması. Beləliklə, radio vericilərdən yan şüalanmalar, antena parametrləri, fider ötürmə əmsalı, yan qəbul kanalları üçün radio qəbuledicisinin həssaslıq dəyərləri və s. bəzi növ radioelektron cihazlar üçün NTS (Normativ-texniki sənədlər)-in tələblərinə uyğun olaraq $(0,1 \dots 10) f_0$ olaraq qəbul olunur, burada f_0 əsas şüalanmanın tezliyidir. Ümumiyyətlə, müxtəlif EMB ölçmələrinin aparıla biləcəyi tezlik diapazonu hazırda təxminən 20 Hs-dən 40 GHz-ə qədər olan tezlik diapazonunu əhatə edir.

Ölçülmüş dəyərlərin geniş səviyyələri. Radio vericilərdən yan şüalanma parametrlərini, qəbuledicilərin həssaslıq səviyyələrini və s. ölçərkən, 60 ... 120 dB və ya daha çox səviyyədə fərqlənən dəyərləri müəyyən etmək lazımdır.

Müxtəlif üsullar və xüsusi ölçmə vasitələri. MD (Maneə detektoru)-na MM (Maaneə mənbəyi)-nin təsir dərəcəsini qiymətləndirərkən, siqnalların müxtəlif forma və strukturlara, fasiləsiz, diskret, genişzolaqlı, dar zolaqlı spektrlərə malik olduğunu nəzərə almaq əsas məsələlərdən biridir. EMB xarakteristikalarının ölçülməsi sahədə aparıla bilən, traktada, ölçmə generatorlarından istifadə edərək, elektrik sxemlərində, spektr analizatorlarında, çoxdalğalı İYT (İfrat Yüksək Tezlik) dalğaların genişzolaqlı istiqamətləndirici konnektorları, şəbəkəyə ekvivalent olan müxtəlif köməkçi ölçü cihazları, cərəyan kollektorları, uyğun transformatorlar, yük ekvivalentləri, ölçmə süzgeçləri və s. ölçmə vasitələri və üsullarını aid etmək olar. Mürəkkəbliyinə görə bu ölçmələr ölçmə nəticələrinin lazımi dəqiqliklə tez və rahat işlənməsini təmin edən avtomatlaşdırılmış ölçmə və hesablama sistemlərinin istifadəsi vacibliyini tələb edir [4, 6].

Maneənin yaradılması və onlara məruz qalma ilə əlaqədar obyektlərin xassələrini təqribən xarakterizə edən sadələşdirilmiş göstəricilərin geniş tətbiqi. Belə göstəricilər, məsələn, bloklama və ya intermodulyasiya üçün dinamik diapazon, enerji təchizatı dövrlərində REQ-in maneəyə həssaslığını deyə bilərik. Bu dəyərlər normativ və texniki sənədlərdə öz əksini mütləq şəkildə tapır. Bu halda, obyekt modelinin özünün təqribi xarakterinə görə ölçmə nəticələri, istifadə olunan ölçmə üsullarından əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır. Buna görə də, EMB parametrlərinin ölçülməsi

proseslərini birləşdirmək və onları ciddi şəkildə tənzimlənən şəraitdə aparmaq son dərəcə vacibdir.

Əhəmiyyətli iş intensivliyi və EMB xarakteristikalarının ölçülməsi və onların normativ və texniki sənədlərin çoxsaylı tələblərinə uyğunluğunun monitorinqi üçün eksperimental üsulların yüksək qiyməti də əsas xüsusiyyətlərdən biridir.

Aşağıdakı amillərə görə elektromaqnit birgəliyin əhəmiyyəti zaman keçdikcə daha da artır:

- ✓ Həm sənayedə, həm də məişətdə elektron avadanlıqların sayının artması;
- ✓ Avadanlıqların ölçüsünün və mürəkkəblik səviyyəsini artması;
- ✓ Telekommunikasiya sistemlərinin (radio, mobil telefonlar və s.) sayının; kütləvi şəkildə artması;
- ✓ Avadanlıqların yeni işçi tezlikləri.

Ölçmələr, o cümlədən EMB sahəsində olan ölçmələr, üç aspektlə xarakterizə olunur - ölçmə üsulları, üsulları və ölçmə vasitələri. Ölçmə üsulları ölçmə prinsipləri və vasitələrindən istifadə üsulları toplusu, metod (üsul) - ölçmə nəticəsini əldə etmək üçün hərəkətlərin məcmusu və ardıcılığı ilə müəyyən edilir. Ölçmə vasitələri ölçmə üçün istifadə olunan texniki cihazlar toplusudur. Ölçmələrin sadalanan bütün aspektləri standartlaşdırmaya tabedir.

EMB standartları elektromaqnit birgəliyi üçün qaydaları, sınaq üsullarını, həssaslıq səviyyəsini və s. müəyyən edir. Bundan əlavə onlar elektrik və elektromaqnit emissiyalarını və elektromexaniki və elektron cihazların həssaslıq göstəricilərini və səviyyələrini müəyyən edir. EMB standartlarının başlıca məqsədi EMB sınaqlarında uyğunluq yaratmaqdır.

Standartlaşdırmanın məqsədi təkcə çoxsaylı və heterogen ölçü növlərinin birləşdirilməsi deyil, bu da təcrübi baxımdan çox vacibdir. EMB-nin təmin edilməsində mühüm rolu müxtəlif REQ-lərin EMB parametrləri üçün ardıcıl və qarşılıqlı əlaqələndirilmiş standart tələblər sisteminin yaradılması və bütün mərhələlərində yerinə yetirilməsi oynayır [3]. Texniki sənədlərin tələblərinə uyğunluq REQ-in istehsal prosesi və istismarı zamanı EMB parametrlərinin monitorinqi

vasitələrinə əsaslanmalıdır. Bu məqsədlər üçün istifadə olunan ölçmələrin standartlaşdırılmasına tələbat aydıdır.

EMB sahəsində ölçmələrin, eləcə də istənilən ölçmələrin metroloji təminatı ölçmələrin vahidliyinə və tələb olunan dəqiqliyinə nail olmaq üçün zəruri olan elmi əsasların, təşkilati tədbirlərin, texniki vasitələrin və qaydaların məcmusudur. Xüsusilə, inkişaf, istehsal və istismar mərhələsində istifadə olunan ölçmələrin metroloji təminatı ölçülmüş kəmiyyətlərin nümunəvi və işlək standartlarının, nümunəvi ölçmə vasitələrinin və ölçmə vasitələrinin yoxlanılması və sertifikatlaşdırılması sisteminin mövcudluğunu tələb edir [13,15].

1.2. Elektromaqnit birgəliyinin xarakteristikalarının ölçmə üsulları

Tətbiq olunan metodları məqsədyönlü olaraq iki qrupa ayırmaq olar. Onlardan birincisinə arzuolunmaz radioşüalanmaların müxtəlif növlərinə uyğun olan elektromaqnit sahələrinin parametrlərinin, REQ-in onlara qarşı həssaslığının ölçülməsi üsullarına nəzər yetirəcəyik. Bu qrupu elektromaqnit sahəsində ölçmə üsulları adlandıracağıq. Digəri, fiderdə və ya REQ-in radiotezlik traktının elementlərində həyata keçirilən arzuolunmaz şüalanmaların və onlarda həssaslığın parametrlərinin ölçülməsidir. Elektromaqnit sahəsinin ölçülməsi ya məhdud qorunan otaqda, ya da xüsusi təchiz olunmuş açıq sahələrdə aparılır [8].

Ekranlanmış otaqlarda (kameralarda) ölçmə apararkən, xarici maneənin təsiri və tədqiq olunan sahələrin ətraf mühitə şüalanması istisna edilir. Ancaq bu vəziyyətdə divarlardan əks olunan dalğaların əhəmiyyətli təsiri var. Çoxsaylı əks olunmalar nəticəsində elektromaqnit sahəsinin nümunəsi əhəmiyyətli dərəcədə təhrif edilir, bu da ölçmə xətalmasına səbəb olur [16].

Ölçmə nəticələri həmişə ölçülmüş kəmiyyətin həqiqi dəyərindən bir qədər fərqli olur. EMB-yə təsir edən xarakteristikalarının ümumi ölçmə xətası, hər hansı digər ölçmə növləri kimi operatorundan asılı olaraq metodun, ölçmə vasitələrinin və subyektiv xətalardan ibarətdir [5]. Metod xətasını (metodik xəta) daha ətraflı nəzərdən keçirək, çünki son iki komponentin xarakteri eynidir və ölçmələrin növündən asılı deyildir.

Metodiki ölçmə xətası, ölçmə metodunun natamamlığı ilə əlaqədar olan ölçmə nəticələrinin ölçülən kəmiyyətin faktiki dəyərindən ümumi kənarlaşmasının tərkib hissəsi kimi qəbul edilə bilər. İstənilən ölçmə metodu tədqiq olunan hadisənin hansısa modelinə əsaslanır. Ancaq seçilmiş model, bir qayda olaraq, reallığın yalnız təqribi əksidir. Bunun nəticəsi yalnız ölçmə metodunun natamamlığı ilə deyil, həm də hadisənin özünün modelinin təxmini təbiəti ilə əlaqəli əhəmiyyətli bir metodiki xətanın olmasıdır.

EMB sahəsində ölçmələrin bir çox növləri üçün xətanın üstün komponenti obyekt və ona aid edilən model arasındakı faktiki fərqlə əlaqələndirilir. Bu, adətən kəmiyyəti müəyyən edilməsi çətin olan qeyri-müəyyən bir dəyərdir. Metodiki xətanın başqa bir komponenti obyektin müəyyən bir modeli ilə əlaqəli ölçmə metodunun özünün natamamlığı ilə əlaqələndirilir. Bu komponent elektrik kəmiyyətlərinin istənilən ölçülməsi üçün xarakterikdir və qiymətləndirilməsi də daha asandır.

Nisbətən aşağı tezliklərdə, kameranın ölçüləri verilmiş dalğadan əhəmiyyətli dərəcədə kiçik olduqda, əks olunma nəticəsində elektromaqnit sahələrinin qismən kompensasiyası baş verir ki, bu da ölçülmüş dəyərlərin düzgün qiymətləndirilməməsinə səbəb olur. Daha yüksək tezliklərdə, qorunan kamera, sahə intensivliyinin həcmi üzərində əhəmiyyətli dərəcədə qeyri-bərabər paylanması və təbii rezonans tezliklərinin mövcudluğu ilə həcm rezonatorudur, bu zaman sahə intensivliyində kəskin artım müşahidə olunur. Bu amillərin nəticəsi olaraq, qorunan kameralarda ölçmələr zamanı sahə intensivliyinin müəyyən edilməsində nisbi xətalər böyükdür və 40 dB səviyyəsində dəyərlərə çata bilər.

Mikrodalğalı və millimetr dalğa tezlik diapazonlarında işləyən cihazların sayının artması elektromaqnit şüalanmasının ümumi artımı ilə nəticələndi. Elektromaqnit ekranlar həssas cihazları elektromaqnit maneəsindən qorumaq üçün quraşdırılır. Elektromaqnit maneəsinə həssas olan yerlərdə divar səthlərində örtük kimi qoruyucu materiallar tətbiq oluna bilər [22].

EMB uyğunluğu testləri çox vaxt cihazın istehsalından əvvəl kənar sahədə həyata keçirilir. Əsasən, əksər sınaqların açıq havada aparılması tövsiyə olunur. Şəkil 1.1-də tipik açıq ərazidə test sahəsi təsvir olunmuşdur. Onlar böyük avadanlıq

sistemlərinin şüalanma testi üçün xüsusilə faydalıdır. Açıq ərazilərdə ölçmə apararkən, ətrafdakı obyektlərin əks olunmasının mənfi təsiri əhəmiyyətli dərəcədə zəifləyir. Bununla belə, bu ölçmələr iqlim şəraitindən asılıdır, anten qüllələri olan xüsusi platformaların təchiz edilməsini tələb edir və çox vaxt təşkilati çətinliklərlə əlaqələndirilir [23].

Cihazların və binaların ekranlaşdırılması elektron cihazların metal korpusları ətrafdakı məkandan elektromaqnit maneənin nüfuz etməsinə qarşı müəyyən bir qorunma təmin edir. Bununla belə, qaçılmaz kəsiklər, kabellər və havalandırma üçün açılışlar onların qoruyucu təsirini xeyli azaldır. Elektromaqnit birgəliyi tələblərinə cavab verən otaqlarda bu çatışmazlıqlar aradan qaldırılmalıdır.



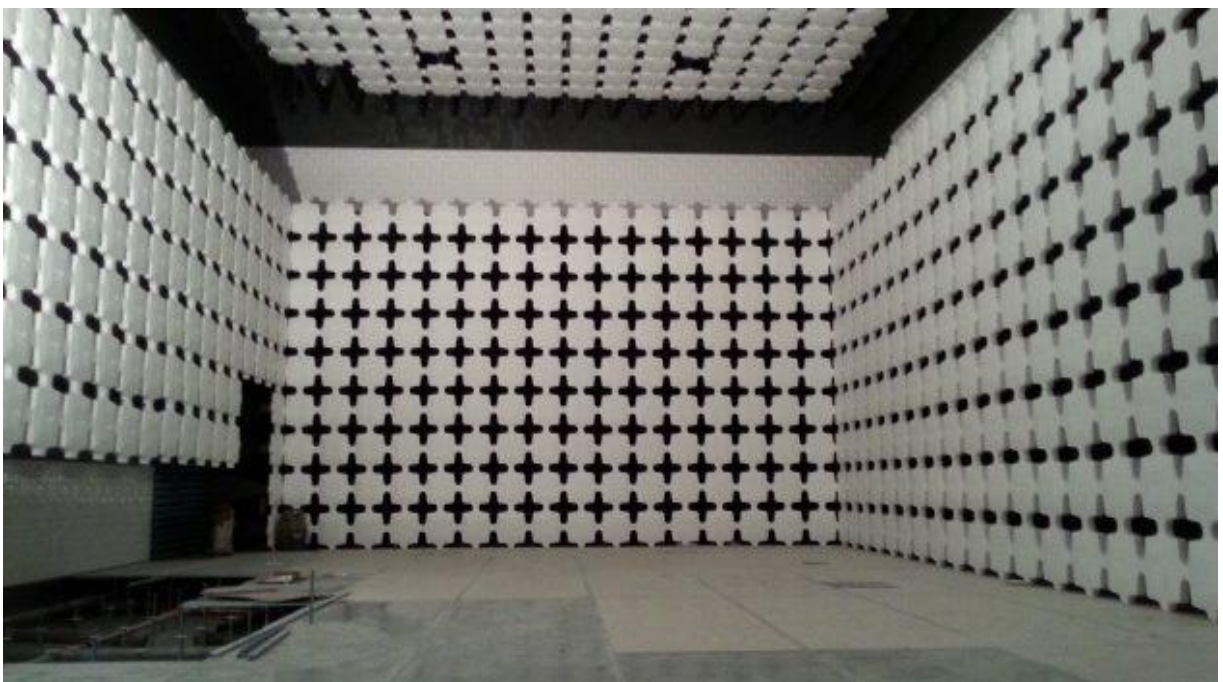
Şək.1.1. Tipik açıq ərazidə test sahəsi

Yuxarıda göstərilənlərin üstünlüklərini birləşdirən ən yaxşı seçim, daxildən şüauducu material ilə örtülmüş, qorunan otaqlarda ölçmədir. Belə strukturlara exosuz kameralar deyilir. Şəkil 1.2-də exosuz ekranlaşdırılmış otaq təsvir olunmuşdur.

Exosuz kameralarda divarlardan çoxsaylı əks olunmaların mənfi təsiri onların formasının xüsusi seçimi və şüauducu örtükdən aşağı əks olunma əmsalı səbəbindən əhəmiyyətli dərəcədə zəifləyir [2]. Bununla belə, exosuz kameralarda ölçmələrin geniş tətbiqi imkanı onların mürəkkəbliyi və yüksək qiyməti ilə məhdudlaşır. Bu kameralar uzaq zonada ölçmələrin təmin edilməsi şərti ilə müəyyən edilmiş əhəmiyyətli ölçülərə

və divarlardan əks olunmaların təsirini (zəifləmiş olsa da) azaltmağa kömək edən xüsusi seçilmiş konfigurasiyaya malik olmalıdır. Exosuz kameralarda ölçmələr hazırda əsasən metr və daha qısa dalğa uzunluqlu avadanlıqlar üçün tətbiq edilir.

Exosuz kameranın əsas xüsusiyyəti odur ki, dalğalar əks-sədaya səbəb olacaq divarlardan sıçrayaraq deyil, dalğaların kamera daxilində əks olunmasını udmaq üçün nəzərdə tutulmuşdur. Bu kameralar düzgün tərtib olunarsa və yığılarsa, dalğaların kameraya daxil olmasının qarşısını almaq üçün də əla iş görür, yəni kənar müdaxilədən qoruyur. Əks-sədaların qarşısını almaq üçün exosuz kameralar daxildən dalğaları udan materiallarla örtülmüşdür.



Şək.1.2. Exosuz (əks-sədasız) ekranlaşdırılmış otaq

Elektromaqnit maneəsinin təsirini azaltmaq üçün xüsusi şüauducu materiallar hazırlanır, onların xüsusiyyətləri zərərli şüalanmanın effektiv şəkildə udulmasına imkan verir.

Exosuz kameranın əsas tətbiqi cihazın xüsusi sənaye standartlarında müəyyən edilmiş şüalanma və həssaslıq səviyyələrinə uyğun olub olmadığını müəyyən etməkdir. Müasir sənayelərdə exosuz kameralar müxtəlif nəşr edilmiş EMB standartlarına uyğun olaraq EMB ölçmələrini həyata keçirmək üçün istifadə olunur.

İYT texnologiyasının inkişafı ilə həllini tələb edən bir sıra problemlər ortaya çıxdı, bunların arasında bir neçə əsas olanlar var:

- REQ-in komponentlərinin və ya komplekslərinin elektromaqnit birgəliyinin təmin olunması;
- Bioloji və texniki obyektlərin elektromaqnit şüalanmasından mühafizəsi;
- İnformasiyanın icazəsiz girişdən mühafizəsi

Şüauducu materiallar və örtüklər əsasən ferrit, maqnitodielektrik və polimer matrisi ilə bağlanmış digər materialların hissəcikləri əsasında hazırlanır. Radiouducu materialın əsas keyfiyyət göstəricisi udmadır, adətən əksətmə əmsalı ilə xarakterizə olunur. Materialın udma və xətti ölçülərinin 1%-dən az dəyişdiyi işləmə temperaturları diapazonu $-10...100^{\circ}\text{C}$ -dir. Bu materialın üstünlükləri arasında artan çeviklik, dar tezlik diapazonlarında kifayət qədər udma səviyyəsi, habelə hazır məhsulların maya dəyərini azaldan xammal qalıqlarının təkrar emalı imkanı var.

Müxtəlif sahələr üçün nəzərdə tutulmuş bir çox exosuz kameralar mövcuddur. Ən çox yayılmış tətbiq sahələrinə bəziləri səs yazısı, şüalanmış toxunulmazlıq testi, naqilsiz verici testi, antena testi və xüsusi udma dərəcəsi testini misal göstərə bilərik.

Əksətdirici döşəmə real dünyanı daha yaxından simulyasiya edir. Real həyatda cihaz adətən birbaşa görmə xəttində elektromaqnit dalğasını, üstəlik yerdən və ya yaxınlıqdakı divarlardan əks olunan dalğanı görür. Yarı-exosuz kamerada əks etdirilən yer müstəvisi real həyatdakı prosesləri daha uyğun imitasiya edir [2].

Əks olunan yer müstəvisi şüalanan emissiyalarının ölçülməsini daha dəqiq təyin etməyə kömək edir. Çünki, radiotezlik uducu material mükəmməl deyil. Onun performansı işləmə tezliyinə görə dəyişir və dalğanın düşmə bucağı da dəyişir. Beləliklə, əgər istehsal olunan məhsul müxtəlif tezliklərdə və müxtəlif bucaqlarda elektromaqnit şüalanması yayırsa, o zaman udma miqdarı (dB ilə ölçülür) hər emissiya üçün bir qədər fərqli olacaq. Beləliklə, qəbuledici antena siqnalı, mükəmməl olmayan döşəmə səbəbiylə udma hansı kompensasiya faktorunun tətbiq ediləcəyini dəqiq bilinməsi çətindir.

Əks olunan yer müstəvisi ilə bağlı maraq doğuran fakt odur ki, bütün tezliklərdə əks olunan enerji daha vahiddir və buna görə də proqnozlaşdırmaq daha asandır.

Ancaq bu, tamamilə exosuz kameraların mövcud olmadığı mənasına gəlmir. Uzun illərdir ki, exosuz kameralarda təkrarlana bilən ölçmələrin aparılması üçün

standartın işlənilib hazırlanması və qəbul edilməsi istiqamətində səylər davam etdirilir [3]. İnkişaf etmənin səbəblərindən biri ondan ibarətdir ki, əgər exosuz kameralarda aparılan ölçmələrin açıq ərazilərdə aparılan testlərlərlə və ya yarı-exosuz kameralarla ilə yaxşı korrelyasiya olduğu sübut olunarsa, o zaman əhəmiyyətli xərclərə qənaət ola bilər. Xərclərə qənaətə aşağıdakılar aiddir:

- ✓ Daha kiçik bir kamerada ölçmə aparmaq imkanı (bahalı uducu materiala böyük ölçüdə qənaət etmək);
- ✓ Antenanın hündürlüyünün 1-4 metr aralığında skan edilməsinə ehtiyac olmadığı üçün sınaq müddətinin azaldılması;
- ✓ Avtomatlaşdırılmış antena dirəyinin tələb olunmamasına görə azalmış obyekt dəyəri

Trakt ölçmələri zamanı radiotezlik traktlarında, kablərdə və avadanlıqların müxtəlif sxemlərində maneənin intensivliyi, həmçinin detektorların göstərilən maneəyə həssaslığı müəyyən edilir. Tədqiq olunan detektorlara və ölçmə avadanlıqlarına xarici maneənin təsirini aradan qaldırmaq üçün bu cür ölçmələr ən çox ekranlaşmış otaqlarda aparılır. Tədqiq olunan sahələrdən şüalanma olmaması səbəbindən, ekranlaşmış kameranın təsirindən əhəmiyyətli bir xəta adətən müşahidə edilmir.

Bununla belə, müxtəlif REQ-lərin yaranan maneə səviyyələrinin və ona məruz qalmasının trakt ölçməsində bir sıra amillər nəzərə alınmır. Buna görə də, onlar ölçmə üsuluna görə xətanın böyük dəyərləri ilə xarakterizə olunur.

Stend ölçmələri və sınaqları laboratoriyada müxtəlif REQ və ya onların elementlərinin öyrənilməsi və idarə edilməsindən ibarətdir. Bu eksperimental tədqiqatların aparılmasında məqsəd EMB-yə təsir edən REQ-in fərdi parametrlərini müəyyən etmək, onların mövcud standartlara və normalara uyğunluğuna nəzarət etmək, REQ elementlərinin simulyasiya edilmiş şəraitdə işləməsini yoxlamaq və s.

Bəzi növ mərhələli testlər apararkən fiziki və hibrid modelləşdirmə üsullarından tam istifadə oluna bilər. Stend sınaqları təbii sınaqlar ilə müqayisədə bir sıra üstünlüklərə malikdir [4]. Onların aparat təminatı daha sadədir, xərc və iş intensivliyi daha aşağıdır. Bəzi tətbiqlərdə vacib olan əlavə bir amil ətraf mühitə faydalı və maneə

yaradan siqnallar yaymadan ölçmə aparmaq imkanına görə stend sınaqlarının məxfiliyidir. Stend testlərinin çatışmazlığı REQ-in EMB-yə təsir edən bütün amillərin tam hesabatının və yoxlanmasının mümkünsüzlüyüdür. Buna baxmayaraq, stend sınaqları bir qrup vasitədə EMB -nin işini təhlil etmək üçün geniş istifadə olunur və REQ-in ayrı-ayrı elementləri üçün, ümumiyyətlə, REQ-in EMB xarakteristikalarının eksperimental öyrənilməsinin əsas növüdür.

Tam miqyaslı sınaqlar bir qrup məhsulda EMB xüsusiyyətlərinin təhlilinin son mərhələsidir və real iş şəraitinə mümkün qədər yaxın olan şəraitdə aparılır. Tam miqyaslı sınaqlar zamanı, bir qayda olaraq, standart antenalar, kabellər, enerji təchizatı və s. ilə tam təchiz olunmuş REQ istifadə olunur. Tam miqyaslı sınaqların məqsədi əməliyyat zamanı gözlənilən bütün mümkün maneələrin təsirini nəzərə alaraq avadanlığın işləmə qabiliyyətini yoxlamaqdır [12].

Mobil obyektlərin tam miqyaslı sınaqları yerüstü təcrübələrə bölünür, REQ obyektləri dayanacaqda olduqda və hərəkətdə olduğu hal üçün təcrübə aparılır. Yerüstü sınaqlar obyektə EMB-nin yerinə yetirilməsinə nəzarət etməyə, həmçinin simulyasiya edilmiş şəraitdə digər vasitələrdən maneənin təsirlərini qiymətləndirməyə imkan verir.

Dəniz sınaqları bütün növ qəsdən törədilmiş maneələri tam nəzərə almağa imkan verir. Sonuncunun nəticələri, təhlil edilən vasitələrə müxtəlif xarici maneələrin təsirinin növünü və xarakterini nə nəzəri, nə də eksperimental olaraq kifayət qədər proqnozlaşdırmaq mümkün olmadıqda xüsusilə vacibdir [8].

Elektromaqnit maneəsi müxtəlif texnologiyalara zərərli təsirlərə səbəb ola bilər, buna görə də elektromaqnit birgəliyi cihazın zədələnməsi riskini azaltmaq üçün bu maneəni idarə etmək məqsədi daşıyır.

Tam miqyaslı sınaqların aparılması adətən digər tapşırıqlar üçün istifadə olunanlar da daxil olmaqla, böyük miqdarda köməkçi avadanlıq tələb edir. Bu testlər təşkilatı baxımdan bahalı və mürəkkəbdir. Beləliklə, xüsusən də tam miqyaslı testlər üçün, adətən, yerinə yetirilmə vaxtı və yeri ilə bağlı ciddi məhdudiyyətlər vardır. Bundan əlavə, onlar çox vaxt nəzarət-ölçü avadanlıqlarının təhlil edilən REQ-in təsirindən qorunmasını, personalın bioloji mühafizəsini, bəzi hallarda isə sınaqların

məxfiliyini təmin edən tədbirlərin həyata keçirilməsini tələb edirlər. Buna görə də, tam miqyaslı sınaqlar yalnız REQ-in inkişafı və istehsalının son mərhələlərində həyata keçirilir.

1.3. Modelləşdirmə üsulları

Təsadüfi maneənin REQ göstəricilərinə təsirinin kəmiyyət və keyfiyyət xarakterini müəyyən etmək üçün modelləşdirmə üsullarından geniş istifadə olunur: təsadüfi maneənin məqbul səviyyələrinin və ya məqbul signal-maneə nisbətlərinin ədədi təxminlərinin tapılması, REQ-in ən küyə davamlı rejimlərinin və təsadüfi maneənin ən təhlükəli növlərinin və parametrlərinin müəyyən edilməsi, müəyyən bir növ maneəyə məruz qaldıqda EMB-nin pozulması ehtimalının müəyyən edilməsi, o cümlədən REQ-in konkret elektromaqnit mühitində işləmək imkanlarının qiymətləndirilməsi.

Modelləşdirmə zamanı detektora təsir edən siqnallar və maneələr toplusu xüsusi texniki vasitələrlə simulyasiya edilir. Simulyasiya nəticələrinin etibarlılığını böyük ölçüdə müəyyən edən mühüm məqam simulyasiya edilmiş siqnalların uyğunluğu və real elektromaqnit mühitinə maneədir. Onun haqqında ilkin məlumat konkret vəziyyəti əks etdirən elektromaqnit mühitinin modelidir (adətən ehtimal olunandır), məsələn, xarici sənaye maneəsi modeli, radiolokasiya stansiyaları qrupları üçün impuls küy seli modeli və s. Belə model ilkin parametrləri səviyyələrin təhlili hesablama yolu ilə müəyyən edilir və ya eksperimental olaraq tapılır.

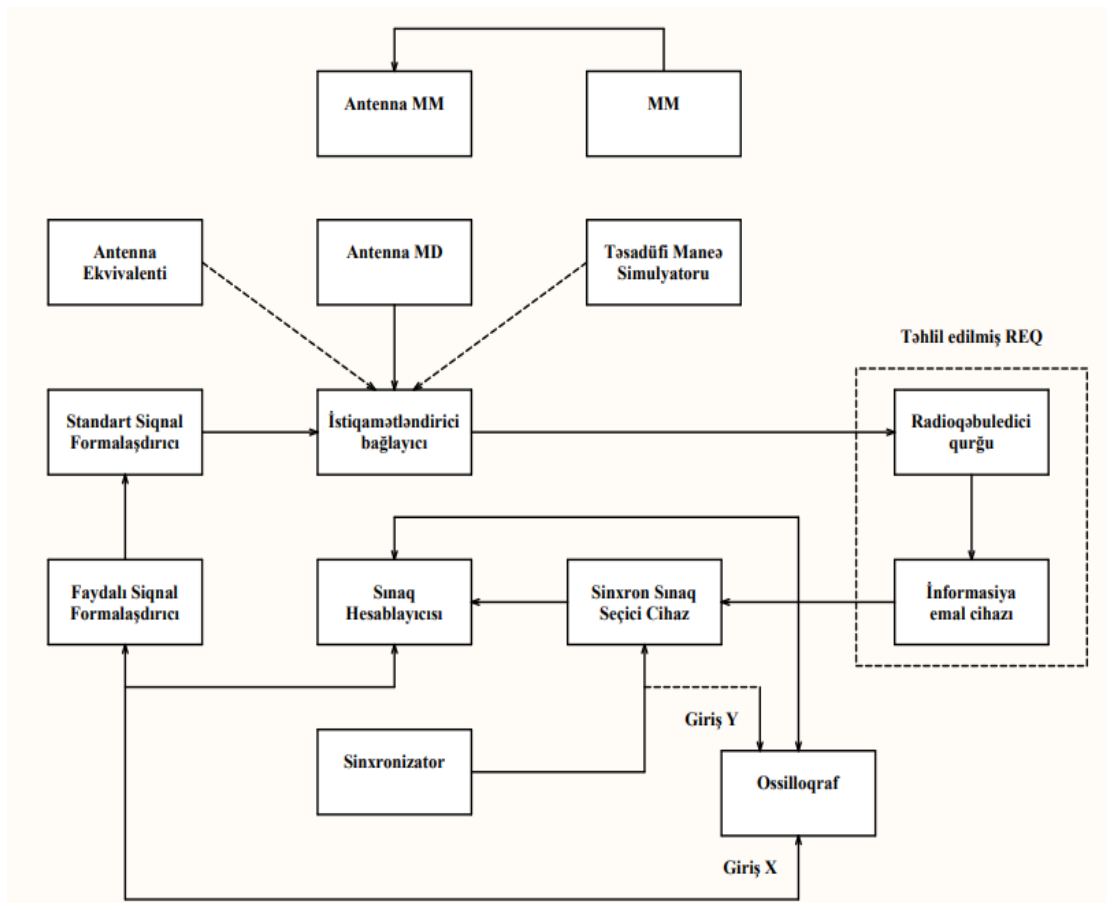
Fiziki modelləşdirmə. Tədqiq olunan detektor standart REQ və ya onun bir hissəsi və ya cihazın əməliyyat modeli və ya onun bir hissəsidir. Real elektromaqnit mühiti, real siqnalları və maneəni imitasiya edən detektora elektrik siqnalları tətbiq etməklə bərpa olunur. Bu siqnallar və maneələr signal və maneə simulyatorlarından istifadə etməklə real vaxt rejimində yaradılır. Sonuncular, əvvəlcədən müəyyən edilmiş parametrlərlə elektromaqnit mühitinin seçilmiş modelinə uyğun elektrik siqnallarını müəyyən bir dəqiqliklə təkrarlayan radioelektron cihazlardır [19].

Tərkibinə və iş prinsipinə görə fərqlənən iki fərqli simulyator sinfi var. Onlardan birinin işləmə prinsipi müəyyən bir mənbəyə uyğun gələn maneənin simulyasiyasına

əsaslanır. Məsələn, simulyatorda harmonik rəqslərin generatorları və modulyatorlar var və onların hər biri vericinin real radioşüalanmasını simulyasiya etməyə imkan verir və ümumi maneə fərdi rəqslərin cəmidir. Başqa bir yanaşmada, simulyasiya avadanlığında bir neçə fərqli generator da var, lakin onların heç biri müəyyən bir mənbənin hərəkətlərini təkrarlamır. Mənbə parametrləri elə seçilir ki, nəticədə yaranan dalğa simulyasiya edilmiş elektromaqnit mühiti ilə eyni ümumiləşdirilmiş xüsusiyyətlərə malik olsun. Müxtəlif modellərdə belə xüsusiyyətlər bunlardır: spektral tərkibi, korrelyasiya funksiyası, bəzi maneə parametrlərinin paylanma sıxlığı və s [2].

Şüalanan sahələrin simulyasiyası mürəkkəbdir və nadir hallarda istifadə olunur. Buna görə də, əksər hallarda, simulyasiya edilmiş təsirlər birbaşa detektorun girişinə və ya aralıq tezlik traktına gəlir.

Fiziki modelləşdirmə prosesində Şəkil 1.3-dəki sxemə uyğun olaraq maneənin təsiri altında olan detektorun keyfiyyət göstəricisinin qiyməti müəyyən edilir. Elektromaqnit mühitinin ən çox istifadə edilən modeli ehtimal modelidir. Buna görə də keyfiyyət göstəricisindəki dəyişiklik ehtimal kateqoriyaları ilə də müəyyən edilməlidir. Bunun üçün nəticələrin statistik emalı ilə təcrübələrin dövri təkrarlanması lazımdır.



Şək.1.3. Detektora maneə mənbəyinin təsirini qiymətləndirmək üçün modelin struktur sxemi

Fərz edək ki, bəzi tədqiq olunan detektorun keyfiyyət göstəricisi maneə olmadıqda Q_0 qiymətinə malikdir və maneənin təsiri altında bu göstəricinin $Q_{sər}$ qiymətinə endirilməsinə icazə verilir. Sonra hər bir konkret icrada $Q \geq Q_{sər}$ uyğunluğun mövcudluğuna, $Q < Q_{sər}$ isə onun yoxluğuna uyğun gəlir. Əgər kifayət sayda N sınağı N_0 qədər nəticə verirsə, EMB-nin pozulmasına uyğun olaraq, $p_{səhv}(N)$ dəyəri EMB-nin səhv ehtimalının təxminidir:

$$P_{səhv}(N) = N_0/N \quad (1.1)$$

Eksperimental qiymətləndirmənin düzgünlüyü (1.1) sınaqların sayından N və təxmin edilən ehtimalın dəyərindən asılıdır. Etibarlılıq ehtimalı 0,997 olduqda, aşağıdakı qiymətləndirmə etibarlıdır:

$$\delta = |p_{səhv} - p_{səhv}(N)| \leq 3\sqrt{p_{səhv}(1 - p_{səhv})/N} \quad (1.2)$$

burada δ - $p_{səhv}$ ehtimalının qiymətləndirilməsində xətdir.

Tələb olunan sınaqların sayını da təxmin etmək olar:

$$N \approx 9p_{s\grave{a}hv}(1 - p_{s\grave{a}hv})/\delta^2 \quad (1.3)$$

İmitasiya (riyazi) modelləşdirmə. Bu, əksər hallarda rəqəmsal olan EHM (Elektron Hesablama Maşını) köməyi ilə həyata keçirilir. Onun həll etdiyi məsələlər fiziki modelləşdirmədəki kimidir. İmitasiya üsullarının mahiyyəti ondan ibarətdir ki, təcrübə real detektor ilə deyil, onun riyazi modeli ilə aparılır. Tədqiq olunan obyekt EHM-də nəzərdən keçirilən vasitələrlə həyata keçirilən daxiletmə hərəkətlərinin çevrilməsi alqoritmi şəklində modelləşdirilir. Bu alqoritm detektorun riyazi modelini əks etdirir [18]. Elektromaqnit mühitinin riyazi modelinə uyğun gələn detektora təsir edən siqnallar və maneələr EHM-də ədədlərin ardıcılığı şəklində təqdim olunur. Modelləşdirmə prosesinin özü giriş nömrələrinin bir sıra çevrilməsinin həyata keçirilməsindən və hesablama nəticələrinin statistik emalından ibarətdir. İmitasiya modelləşdirmə üsulları bir sıra üstünlüklərə malikdir: çoxfunksiyalılıq, aparat təminatı asanlıığı və s. EMB analizinin bu metodunun tətbiqində əsas çətinliklər elektromaqnit mühitinin riyazi modellərinin və geniş spektrli detektorların mürəkkəbliyi və kifayət qədər məlumatın olmamasıdır.

Hibrid(qarışıq) modelləşdirmə. Məqsəd və həll ediləcək məsələlər baxımından imitasiya və ya fiziki modelləşdirməyə bənzəyir və bu metodların hər ikisinin üstünlüklərini özündə saxlayır. Hibrid modelləşdirmə ilə amillərin bir hissəsi REQ və ya onların simulyatorlarının köməyi ilə, digəri isə EHM-nin köməyi ilə bərpa olunur. Simulyasiyanın özü ya təhlil edilən cihazda analoq formada, ya da kompüterdə rəqəmsal formada həyata keçirilir. Hibrid simulyasiyanın istifadəsi eksperimental metodların imkanlarını genişləndirir, xüsusən də real vaxt simulyasiyasında.

1.4. Sənaye maneəsinin ölçmə üsulları

Sənaye maneəsinin kəmiyyətə öyrənilməsində əsas məlumat mənbəyi eksperimental tədqiqat metodlarıdır. Təcrübənin köməyi ilə xüsusi mənbələrdən və ya mənbələr qruplarından maneənin səviyyələri və spektral tərkibi müəyyən edilir, ətraf mühitdə və ya obyektə ümumi maneə səviyyələrinin paylanması müəyyən edilir, statistik modellərin parametrləri müəyyən edilir, müəyyən növ vəziyyətlər üçün

elektromaqnit mühiti qiymətləndirilir, müxtəlif qurğuların xarakteristikalarının maneə və məruz qalma hissələrində standart tələblərin uyğunluğuna nəzarət edilir. Bu eksperimental qiymətləndirmə üsulları xüsusi ölçmə metodlarına əsaslanır [13].

Sənaye maneəsinin növlərinin müxtəlifliyinə və onların baş vermə səbəblərinə görə, yayılma mühitində və təsirin xarakterində fərqlər böyükdür və sənaye elektromaqnit maneəsinin eksperimental qiymətləndirilməsi üçün üsulların sayı çoxdur. Sənaye maneəsinin yaradılmasını və onlara məruz qalmasını əks etdirən müxtəlif cihazların parametrlərini ölçmək üçün ən tipik üsulları nəzərdən keçirək.

Yaranan maneənin səviyyələrinin müəyyən edilməsi üsulları və REQ-in sənaye maneəsinin təsirinə həssaslığının qiymətləndirilməsi üsulları mövcuddur. Hər ikisi, öz növbəsində, şüalanmış maneənin, yaxın zonada fəaliyyət göstərən maneənin və müxtəlif keçiricilərdə yayılan maneənin tədqiqat metodlarına təsir göstərməyin mümkün yollarına uyğun olaraq bölünür. Bu üsullar bir sıra ümumi xüsusiyyətlərə malikdir. Birincisi, bu, bir neçə hersdən yüzlərlə meqahers və ya daha çox olan geniş tezlik diapazonudur. İkincisi, sənaye maneəsinin strukturunun əhəmiyyətli müxtəlifliyi, o cümlədən harmonik, dar zolaqlı fasiləsiz maneə, tək impuls və impuls ardıcılığı və s. Üçüncüsü, maneə yaradan və onların fəaliyyətinə məruz qalan müxtəlif növ avadanlıqlar. Yuxarıda göstərilən səbəblərə görə, tədqiq olunan bütün mümkün maneə növləri və avadanlıqlar üçün xüsusi avadanlıq və ölçmə üsullarının yaradılması məqsədəuyğun deyil. Buna görə də, sənaye maneəsini ölçərkən, ölçmə üsullarının sayını mümkün qədər azaltmağa çalışırlar, lakin sonra qiymətləndirmənin bəzi natamamlığı qaçılmazdır.

Xüsusilə, müxtəlif maneə strukturlarının səviyyələrini təyin edərkən, onlar qəsdən gərginliyin pik, orta və ya kvazipik dəyərindən (sahənin gücü), maneədən istifadə edirlər, baxmayaraq ki, bu xüsusiyyət ixtiyari REQ-ə maneənin təsirinin nəticəsini tam müəyyən etmir [22].

Digər mühüm xüsusiyyət, maneənin yayılması üçün bir neçə yolun olması və bu yol boyunca maneənin zəifləməsinin konfigurasiyadan, keçiricilərin nisbi mövqeyindən və s.-dən güclü asılılığıdır [15]. Hər bir cihaz üçün ölçmə nəticələri qaçılmaz olaraq faktiki iş şəraitinə uyğun gələn dəyərlərdən fərqlənəcəkdir. Buna görə

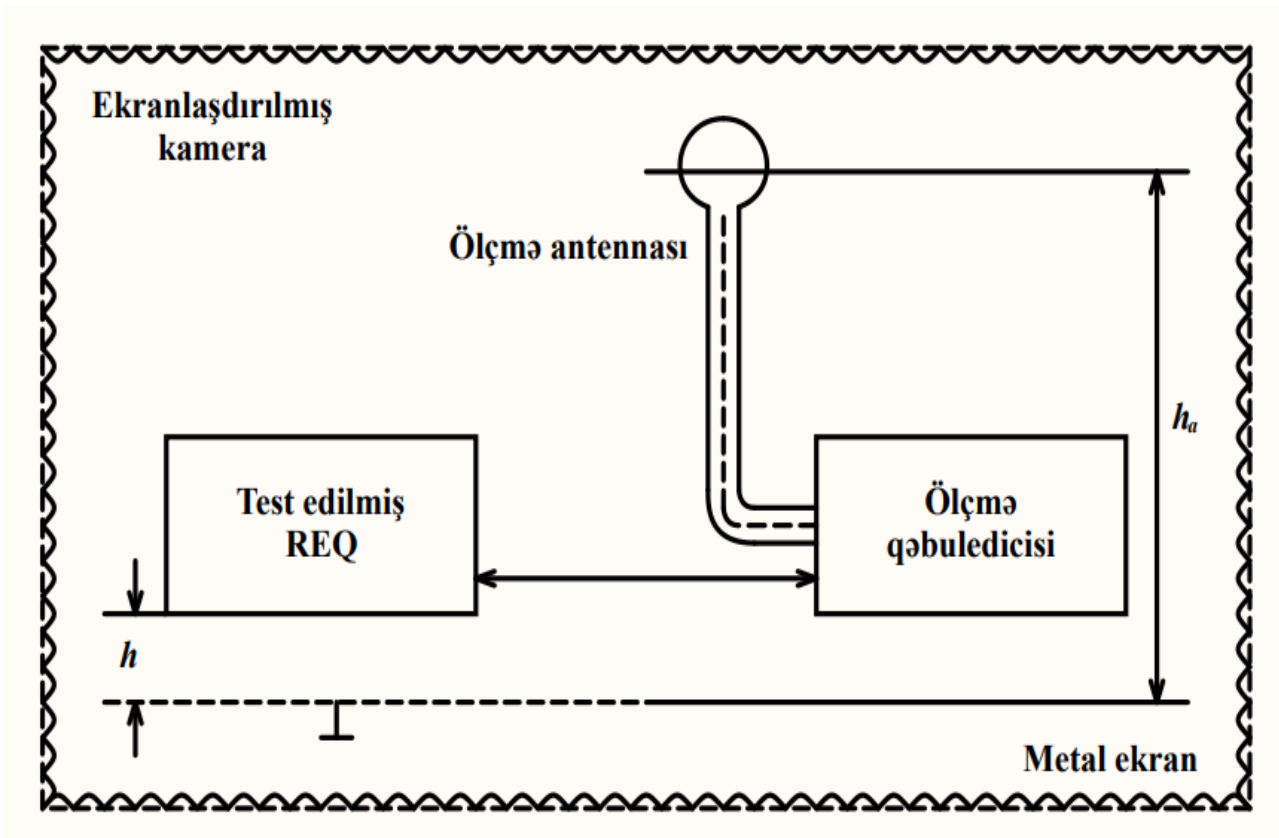
də, sənaye maneəsinin parametrləri müvafiq normativ sənədlərlə müəyyən edilmiş ciddi şəkildə tənzimlənən şərtlərdə ölçülür.

Şüalanan sənaye maneələrinin səviyyələrinin ölçülməsi, habelə onların tədqiq olunan REQ-ə təsirinin qiymətləndirilməsi açıq sahələrdə və ya ekranlaşmış otaqlarda aparılır. Sənaye maneəsi ilə bağlı ölçmələr arasındakı mühüm fərq, onların çox vaxt yaxın zonada nisbətən aşağı tezliklərdə aparılmasıdır. Buna görə də bu ölçmələr zamanı sahənin həm elektrik, həm də maqnit komponentləri müəyyən edilir və onların sınaqdan keçirilmiş REQ-ə ayrı-ayrılıqda təsiri də qiymətləndirilir.

Naqillərdə yayılan maneənin və onların təsir dərəcəsinin qiymətləndirilməsi ilə bağlı ölçmələr xarici maneənin təsirini istisna etmək üçün qorunan otaqlarda dəzgah şəraitində aparılır.

Maneə səviyyəsinin ölçülməsi bu dəyərlərin mövcud texniki tələblərə uyğunluğuna nəzarət etmək, habelə bir qrup obyektə maneə effektinin kəmiyyət proqnozlarında istifadə olunan ilkin məlumatı əldə etmək üçün nəzərdə tutulub. Əvvəlcədən müəyyən edilmiş tezlik diapazonlarında şüalanan maneənin mütləq səviyyələri, eləcə də müxtəlif diapazonlarda yayılan maneə səviyyələri təhlilə məruz qalır.

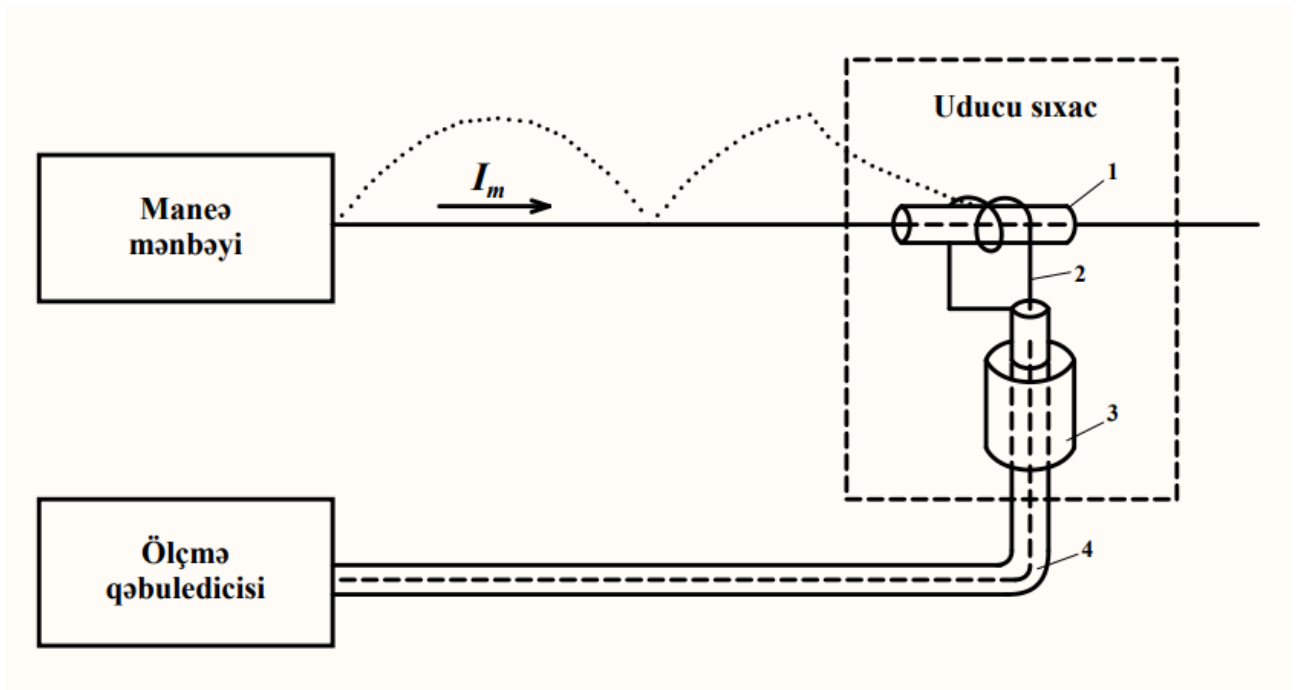
Bu maneələri ölçərkən yaxın zonada elektrik və (və ya) maqnit sahələrinin gücü, uzaq zonada isə elektrik sahəsinin gücü və ya güc seli sıxlığı müəyyən edilir. Belə ölçmələrin sadələşdirilmiş blok diaqramı Şəkil 1.4-də göstərilmişdir. Kalibrlənmiş maneə sayğacı ölçmə qəbuledicisindən və ölçmə antenasından ibarətdir. Antenanın növü (çərçivə və ya vibrator) ölçülmüş dəyər (maqnit və ya elektrik sahəsinin intensivliyi) ilə müəyyən edilir və bu tip idarə olunan avadanlıq üçün standart tələblər də müəyyən edilir. Ölçmə antenasının və maneə mənbələrinin və müxtəlif köməkçi avadanlıqların qarşılıqlı yerləşdirilməsi, ölçmə qəbuledicilərinin buraxma zolağı, eləcə də ölçmə avadanlığının növü standartlaşdırılır. Ölçmələr sahə intensivliyinin və ya güc seli sıxlığının mütləq dəyərlərini təyin etməkdən ibarətdir.



Şək.1.4. Şüalanın sənaye maneəsinin səviyyələrinin ölçülməsi üçün ümumi sxem

Müxtəlif uzunluqlu keçiricilər tərəfindən yayılan radio maneə üçün tez-tez uducu sıxaclardan istifadə edərək dolayı ölçmə üsulu istifadə olunur. Bu üsul ətrafdakı obyektlərin əks olunmasının təsiri üçün kritik olmadığından, qorunan otaqlarda ölçmələr üçün istifadə edilə bilər. Uducu sıxaclar (Şəkil 1.5) sınaqdan keçirilən keçiricini əhatə edən ferrit borudan-1, yüksək tezlikli transformator-2 və izolyasiya süzgəcindən-3, birləşdirici kabelin xarici hörgüsü-4 boyunca maneənin yayılmasının qarşısını almaqdan ibarətdir. Ferrit borunun olması tədqiq olunan keçiricidə yayılan dalğanın əhəmiyyətli dərəcədə zəifləməsinə və nəticədə keçiricinin maneə şüalanmasının əhəmiyyətli dərəcədə zəifləməsinə səbəb olur.

Uducu sıxaclar radioelektron qurğunun yüksək tezlikli girişlərinin ekranlaşdırılmasını qiymətləndirmək üçün və ya şəbəkə gərginliyinin harmonika komponentlərinin süzgəclənmə üçün cihazlar kimi istifadə edilə bilər. Uyğun olaraq uducu sıxaclar, 30 MHz-dən yuxarı tezliklərdə özünü göstərən enerji təchizatı dövrlərində və bloklararası birləşdirici naqillərdə parazit şüalanma gücünü ölçmək üçün nəzərdə tutulmuşdur.



Şək.1.5. Uducu sıxaclardan istifadə edərək şüalanan müaneənin ölçülməsi sxemi

Borunun qalınlığında axan burulğan cərəyanları udulmuş gücə mütənasibdir. Başqa sözlə, burulğan cərəyanlarının dəyəri şüalanan gücü mühakimə etmək üçün istifadə edilə bilər. Bunun üçün yüksək tezlikli transformator istifadə olunur, onun köməyi ilə seçilmiş rəqslər ölçmə qəbuledicisinə verilir.

Uducu sıxacların istifadəsinin xüsusiyyətləri və radio maneə gücünün icazə verilən dəyərləri normaları bir sıra standartlarda müəyyən edilmişdir.

Texniki vasitələrlə yaranan radio maneə gücünün qiymətləndirilməsi, kosmosda ölçmələr traktdakı ölçmələrlə əvəz edildiyi üçün sınaqların aparat tətbiqinin hərəkətliliyindən və sadəliyindən ibarət olan radio maneə sahəsinin intensivliyinin standartlaşdırılması ilə müqayisədə şübhəsiz üstünlüyə malikdir. Trakt sınaq altında olan cihazın elektrik naqili və ya əsasən radio maneə şüalanmasının mənbələri olan digər birləşdirici naqillərdir [17].

Radio maneə gücünü ölçən vasitələrin effektiv işləməsi üçün onun həyata keçirilməsi üçün uducu sıxacların və avadanlıqların kalibrləmə əmsalının müəyyən edilməsi metodunu hazırlamaq və təsdiqləmək lazımdır.

Uducu sıxaclar teli öz oxu boyunca keçməsi üçün örtür. Operator, enerji mənbələri, lazımi ölçü alətləri ekranın arxasında yerləşir. Enerji mənbələri olaraq, 30 ... 2500 MHzs tezlik diapazonunu əhatə edən və sıxacların tel boyunca hərəkət edərkən

quraşdırılmış gücün səviyyəsini az dəyişdirən 50 Vt-a qədər artan güc ehtiyatı olan generatorlar istifadə olunur [5]. Generatorların çıxış gücünün səviyyəsində nəzarəti təmin etmək, habelə onların kalibrləmə dövrəsindəki küylərdən daha da tam ayrılması üçün xüsusi qurğular hazırlanmışdır.

Ölçmə sahəsi elə seçilməlidir ki, radio maneə mənbəyinin üç tərəfindən ölçü götürülə bilsin. Elektrik ekranında şəbəkə ekvivalentinin yan tərəfində heç bir ölçmə aparılmamalıdır. Ölçmə antenası radio maneə mənbəyinin korpusundan 3-10 m məsafədə quraşdırılır. 0,15 ... 30 MHzs tezlik diapazonunda radio maneə sahəsinin gücünün maqnit komponenti şaquli çərçivə antenasından istifadə edilərək ölçülür, ən aşağı nöqtəsi yerdən 1 m yüksəklikdə olmalıdır [20]. İstisna yüksək tezlikli qurğulardır, onların radio maneə sahəsinin intensivliyi elektrik sahəsinin şaquli komponentinin ölçülməsi ilə müəyyən edilir. Bu halda, ölçmə antenası 1 m hündürlükdə 1 m uzunluğunda bir pindən ibarətdir. Bundan əlavə, yüksək tezlikli qurğuların yaratdığı maqnit sahəsinin gücünün üfüqi komponenti ölçülür. 30...300 MHzs diapazonunda maneə sahəsinin intensivliyinin elektrik komponenti ölçmə antenasının şaquli və üfüqi mövqelərində mərkəzi 3 m hündürlükdə yerləşən simmetrik dipoldan istifadə etməklə ölçülür [1].

25 A-dan çox cərəyan istehlak edən radio maneə mənbələri tərəfindən yaradılan sahənin intensivliyi şəbəkə ekvivalenti olmadan ölçülür.

Qeyd etmək lazımdır ki, ən yüksək ölçülmüş dəyər radio maneə mənbəyinin bütün mövqeləri, ölçmə antenası və digər nümunələr üçün də alınmalıdır.

Bir sıra mənbələr üçün maneə sahəsinin intensivliyinin ölçülməsi üçün nəzərdə tutulan üsullar uducu sıxac ilə gücün ölçülməsinin bir ekvivalent üsulu ilə əvəz edilə bilər. Bu mənbələrə elektrik mühərrikləri olan məişət texnikası, o cümlədən elektrik vasitələri daxildir. Sənaye maneəsinin güc dəyəri aşağıdakı düsturla müəyyən olunur.

$$P=P_{MM}+K \quad (1.4)$$

burada P_{MM} - radio maneə sayğacının maksimum göstəricisi, dB; K - uducu sıxacların kalibrləmə dəyəri, dB ilə təyin olunur.

Bəzi hallarda ölçmə ikinci maksimumda həyata keçirilə bilər ki, bu da radio maneə mənbəyinin elektrik kabeli boyunca udma sıxaclarını daha da hərəkət

etdirməklə tapılır. Bu halda yuxarıdakı düsturla hesablanmış dəyəərə bir desibel əlavə edilməlidir.

Uducu sıxaclardan istifadə edərək radio maneə gücünün ölçülməsi adətən qorunan kamerada aparılır. Birinci və ya ikinci maksimumun yeri və qeydindən sonra açıq ərazidə ölçmə apararkən, radio maneə mənbəyini söndürmək və xarici radio maneə səviyyəsinin ölçülmüş dəyərdən ən azı 10 dB aşağı olmasını təmin etmək lazımdır. Əks halda, ikinci sıxac dəsti mənbədən 4 m məsafədə dövrəyə daxil edilməli və ölçmə təkrarlanmalıdır [6].

Uducu sıxaclardan istifadə edərək radio maneəsinin gücünü ölçməkdə ümumi xəta 3,5 dB-dir. Buraya uducu sıxacların və radio maneə sayğacının uyğunsuzluğu daxildir. Ölçmə xətasını azaltmaq üçün radio maneə sayğacının giriş atenyuatorunun müxtəlif mövqelərində radio maneəsini ölçmək üçün bütün tezliklərdə uducu sıxacları kalibrləmək lazımdır [11].

REQ-in sənaye maneəsinə həssaslığının ölçülməsi xarici maneəyə məruz qaldıqda onun keyfiyyət göstəricilərinin müəyyən edilməsindən ibarətdir. Ölçmələrin nəticəsi həssaslığın kəmiyyət dəyərləridir. Həssaslığın ölçülməsi həm xarici elektromaqnit sahələrinə, həm də enerji təchizatı, idarəetmə və nəzarət sxemləri və torpaqlama vasitəsilə yayılan maneə ilə əlaqədar reallaşdırılır. Xarici elektromaqnit sahələrinə həssaslıq qəbuledici və ya qəbuledici olmayan elektron cihazın korpusları vasitəsilə və müxtəlif birləşdirici keçiricilərdə, elektrik dövrlərində və s. maneəyə səbəb olan xarici maneəyə qarşı dayanma qabiliyyətini müəyyən edir.

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

HÜMBƏTOV ƏZİZ RASİM oğlu

RADİOELEKTRON VASİTƏLƏRİNDƏ ELEKTROMAQNİT BİRGƏLİYİNİN XARAKTERİSTİKALARININ MODELƏŞDİRİLMƏSİ

mövzusunda

MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI

İxtisas: 060627-“Elektronika, telekommunikasiya və radiotexnika mühəndisliyi”

İxtisaslaşma: “Telekommunikasiya sistemlərinin informasiya təhlükəsizliyi”

Elmi rəhbər:

f.r.e.n., dos. N.M.Şükürov

BAKİ - 2023

II FƏSİL. ELEKTROMAQNİT BİRGƏLİYƏ TƏSİR EDƏN RADİOVERİCİ QURĞULARIN PARAMETRLƏRİNİN ÖLÇÜLMƏSİ

2.1. Radioverici qurğuların parametrlərinin ölçmə xüsusiyyətləri

Ümumi halda, əsas və arzuolunmaz radio şüalanmaların parametrləri eksperimental olaraq müəyyən edilir: əsas şüalanmanın səviyyəsi, tezlik deviasiyası, istifadə edilmiş tezlik diapazonu, diapazondan kənar və küy şüalanmaların səviyyələri və spektral sıxlığı, müxtəlif növ kənar şüalanmaların səviyyələri və tezlikləri, cihaz korpuslarından şüalanma səviyyələri və fider xətti, həmçinin enerji təchizatı sxemlərində yayılan maneə səviyyəsi, nəzarət və idarəetmə. RVQ-lərin parametrlərinin ölçülməsi həm elektromaqnit sahəsi, həm də trakt metodları ilə həyata keçirilir. Birinci

halda, parametrlərin qiymətləndirilməsi daha etibarlıdır. Bununla belə, bu ölçmələrin aparılmasının təcrübi imkanları bir sıra amillərlə, o cümlədən qəbuledici və verici antenaların bir-birinə nisbətən uzaq zonada yerləşməsi tələbi ilə məhdudlaşır. Metrlik və ya daha uzun dalğalara uyğun tezliklərdə, yüksək istiqamətli antenaları olan mikrodalğalı RVQ-ləri öyrənərkən, uzaq İYT- zonasının vəziyyəti ya açıq ərazilərdə, ya da əhəmiyyətli ölçülərdə əks-sədasız kameralarda ölçülməsi tələb edilir və bu həmişə mümkün olmur [8].

Elektromaqnit sahəsini ölçərkən real şərtlərə ən böyük uyğunluğun əldə edilməsinə baxmayaraq, bu ölçmə üsulunda aşağıdakı səbəblərlə əlaqəli ölçmə xətalari mövcuddur. Birincisi, qeyd edildiyi kimi 2-ci vericinin çıxışında arzuolunmaz rəqslərin gücü göstərilən rəqslərin tezliklərində yük müqavimətindən asılıdır. Yalnız antenanın növü ilə deyil, həm də antenanın quraşdırıldığı obyekt, fiderin tərkibi, konfigurasiyası və uzunluğu ilə müəyyən edilir [21]. Təcrübə şəraitində, hətta standart antenalardan istifadə edərkən, obyektədən kənarında EMB-yə təsir edən parametrlərinin ölçülməsi halında vericinin real yükünün dəyəri və tezlik asılılığını təkrarlamaq çətindir. İkincisi, əsas radio şüalanmanın harmonik tezliklərində yayılan dalğaların tərkibi də fiderin növündən və konfigurasiyasından asılıdır. Nəticədə, ölçmə zamanı antenaya daxil olan dalğalar realdan fərqli olacaq, bu da şüalanmanın nümunəsinin formasında və verici antenanın faydalı iş əmsalında dəyişikliyə səbəb ola bilər. Bu vəziyyət, eləcə də şüalanmanın xüsusiyyətlərinin quraşdırma obyektindən asılılığı real şəraitdə və təcrübədə buraxılan sahələrin səviyyələrinin fərqliliyinə səbəb olur.

Trakt ölçmələri zamanı tədqiq olunan vericinin şüalanması yoxdur və bütün ölçmələr onun çıxışında aparılır. Trakt ölçmələri zamanı sınaq obyektinin şüalanması ötürülür və bütün ölçmələr onun çıxış yolunda və ya fiderdə aparılır. Bu hallarda, antenanın əvəzinə, antena ekvivalenti adlanan uducu bir yük bağlanır və antenanın və onun ekvivalentinin giriş empedansı bütün tezlik diapazonunda uyğun olmalıdır [9]. Trakt ölçmələrinin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, yükə doğru yayılan dalğa qismən istiqamətləndirici birləşdirici ilə ayrılır və onun gücü ölçən cihaza daxil olur. Bu ölçmələrin bir sıra üstünlükləri var. Onlar elektromaqnit sahəsində olan ölçmələrdən çox sadədir, əks-səda kameralarının olmasını tələb etmir, personalın bioloji

mühafizəsini asanlaşdırır və xarici müdaxilədən zəif təsirlənir. Trakt ölçmələrinin mənfi cəhəti əsaslı şəkildə böyük bir metodoloji səhvdir. Əvvəla, bu, hadisə modelinin özünün yaxınlığı ilə əlaqədardır ki, radio şüalanma səviyyələrinin təyini verici traktında müvafiq güclərin ölçülməsinə qədər azaldır [11].

Daha əvvəl deyilənlərdən görünür ki, arzuolunmaz şüalanmaların faktiki səviyyələrinə təsir edən bir sıra amillər nəzərə alınmır. Xəta komponenti, traktın ölçülməsi metodunun həyata keçirilməsi ilə bağlı bir sıra nəticələr səbəb olur. Birincisi, geniş tezlik diapazonunda antenanın və onun ekvivalentinin giriş impedanslarını uyğunlaşdırmaq demək olar ki, mümkün deyil. Onlar tələb olunan tezlik diapazonunda və onun bilavasitə yaxınlığında təxminən bir-birinə bərabərdirlər və bir qayda olaraq, harmonikaların və digər yan şüalanmaların tezliklərində nəzərəçarpacaq dərəcədə fərqlənirlər. İkincisi, trakt ölçmə prinsipi ötürülən gücün məlum bir hissəsinin kəsilməsinə və ölçülməsinə əsaslanır ki, bu da yalnız tələb olunan tezlik diapazonunun yaxınlığında yaxşı müşahidə olunur. Üçüncüsü, trakt ölçmə prinsipi ötürülən gücün məlum bir hissəsinin vurulması və ölçülməsinə əsaslanır. Bu da yalnız tələb olunan tezlik diapazonunun yaxınlığında yaxşı müşahidə olunur. Daha yüksək tezliklərdə, ondan çox uzaqdır traktda tez-tez birdən çox dalğa növü var və gücün şaxələnmiş hissəsi onların tərkibindən asılıdır. Beləliklə, ölçmə nəticələri dalğaların sayından, növlərindən və onların nisbi amplitudalarından asılıdır və onlar da öz növbəsində fiderin tezliyindən, növündən və konfigurasiyasından, yük müqavimətindən asılıdır. Bu hadisələri yumşaltmaq üçün bir sıra tədbirlər hazırlanmışdır: ayrı-ayrı şaxələnmə və müxtəlif növ yayılan dalğaların güclərinin ölçülməsi, çoxdalğalı yayılma cihazlarının istifadəsi və s. Sadalanan çatışmazlıqlara baxmayaraq, radiovericilərin parametrlərinin eksperimental təyininə ən çox trakt ölçmələri istifadə olunur [19].

Texniki və iqtisadi mülahizələrə əsaslanaraq, bir sıra avadanlıq növləri üçün normativ-texniki sənədlər trakt ölçmə üsullarından istifadə edərək parametrlərə nəzarəti təmin edir. Bu cür ölçmələri, eləcə də elektromaqnit sahəsində ölçmələri həyata keçirmək üçün əhəmiyyətli sayda xüsusi üsullar hazırlanmışdır. Bu ölçmələrin üsulları və bir çox konkret hallarda istifadə olunan texniki vasitələr standartlaşdırılıb [1].

2.2. Radioverici qurğularda yan şüalanmaların ölçülməsi

YŞ səviyyəsinin ölçülməsi əsasən radioelektron vasitələrin normativ-texniki sənədlərin tələblərinə uyğunluğunu qiymətləndirmək üçün aparılır. Bu nəticələr elektromaqnit birgəliyinin təhlili və proqnozlaşdırılmasında da istifadə edilə bilər. YŞ mütləq, nisbi və ya ekvivalent şüalanma gücü, bu sahənin gücü, güc seli sıxlığı və ya dolayı yolla, kənar tezliklərdə fiderdə ölçülmüş gərginlik və ya güc baxımından ifadə edilə bilər [7]. Elektromaqnit sahəsində ölçmələr zamanı yan şüalanma gücünün mütləq dəyəri güc selinin sıxlığı (Vt/m^2) vasitəsilə qiymətləndirilə bilər, və ya sahə intensivliyi (V/m), və ya güc seli sıxlığı ($Vt/m^2 \cdot Hs$), trakt ölçmələri üçün - güc (Vt) və ya gərginlik (V) vasitəsilə.

Güc seli sıxlığının nisbi dəyəri (P_{nis}) və ya yan şüalanmanın sahə intensivliyi (E_{nis}) YŞ güc seli sıxlığının ($P_{yş}$) və ya sahə intensivliyinin ($E_{yş}$) əsas şüalanmanın seli sıxlığına (P_o) və ya sahə intensivliyinə (E_o) nisbətidir. Eyni vahidlərdə elektron vasitələrdən eyni məsafələrdə bərabər tezlik diapazonlarında ölçülür. Güc seli sıxlığının və ya sahə intensivliyinin desibellərlə ifadə olunan nisbi dəyəri:

$$P_{nisbi} = 10 \lg(P_{yş} / P_o), E_{nisbi} = 20 \lg(E_{yş}/E_o). \quad (2.1)$$

Yan şüalanmanın nisbi güc səviyyəsi (R_{nisbi}) və ya gərginliyi (U_{nisbi}):

$$R_{nisbi} = 10 \lg(R_{yş} / R_o), U_{nisbi} = 20 \lg(U_{yş}/U_o). \quad (2.2)$$

Güc selinin spektral sıxlığı:

$$S_{yş} = P_{yş}/B_{ölçü} \quad (2.3)$$

burada $B_{ölçü}$ - ölçü cihazının effektiv buraxma zolağıdır.

YŞ normallaşdırılmış gücü üçün həm ümumittifaq, həm də beynəlxalq NTS mütləq və ya nisbi vahidlərlə ifadə olunan kənar tezliklərdə antena-fider traktından keçən orta güc götürülür. Məsələn, 30 MHz-dən aşağı tezliklərdə işləyən radioverici qurğular üçün hər hansı kənar rəqslərdə orta gücü əsas şüalanmanın gücündən 40 dB aşağı olmalıdır və əsas tezliklərdə olan vericilər üçün gücü 50 mVt-dan çox olmamalıdır. Bəzən maneə mənbəyindən müəyyən məsafələrdə yan şüalanmaların yaratdığı güc seli sıxlığı və ya elektrik sahəsinin intensivliyi də normallaşdırılır.

Bundan əlavə, kənar radio şüalanmanın tezliyi $F_{yş}$ nəzarət edilir. YŞ tənzimləyici və texniki sənədlərdə müəyyən edilmiş tezlik diapazonunda ölçülür, burada kənar radio şüalanmaların səviyyələrinə nəzarət məcburidir. YŞ ya elektromaqnit sahəsinin ölçülməsi, ya da lazer ölçmə üsulları ilə qiymətləndirilir.

Elektromaqnit sahəsi ilə yan şüalanmaların ölçülməsi. Bu üsul istənilən növ radioverici qurğuların yan şüalanmalarını ölçməyə imkan verir. Bunun üçün ölçmə qəbuledicilərindən, həmçinin selektiv mikrovoltmetrlərdən və ya spektr analizatorlarından istifadə olunur, onların çıxış siqnalları ölçmə generatorlarının köməyi ilə tənzimlənir [12]. Ölçmə kompleksinə ölçmə antenası, atenyuator, tənzimlənən süzgəclər dəsti, ölçmə qəbulediciləri və generatorlar daxildir. Elektromaqnit sahəsində ölçmələr üçün stend açıq yerə yayılmalıdır, onun yaxınlığında, mümkünsə, təkrar şüalanmaya səbəb olan heç bir kənar obyekt olmamalıdır. Həmçinin seçilmiş yerin tədqiq olunan REQ şüalanma sxeminin əsas ləçəyinin maksimumunda, ölçmə dayağının isə istifadə olunan REQ-in antenasının uzaq zonasında olması zəruridir. Bunun üçün istifadə edilən radioverici cihazın antenaları ilə ölçmə dayağı arasındakı minimum məsafə şərtinə cavab verməlidir. Bun görə də istifadə edilən radioverici cihazın antenaları ilə ölçmə dayağı arasındakı minimum məsafə r_{min} şərtinə cavab verməlidir.

$$r_{min} \geq \begin{cases} 2D_{yş}^2/\lambda_{min}^{(yş)} & D_{ik} \leq 0,4D_{yş}, \\ 2D_{şə}^2/\lambda_{min}^{(yş)} & D_{yş} \leq 0,4D_{şə}, \\ 5D_{yş}D_{şə}/\lambda_{min}^{(yş)} & D_{yş} \approx D_{şə}, \end{cases} \quad (2.4)$$

burada $D_{yş}$, $D_{şə}$ tədqiq olunan radioverici və ölçmə kompleksinin antenasının maksimum ölçüləridir, müvafiq olaraq $\lambda_{min}^{(mm)}$ ölçmələrin aparılmalı olduğu minimum şüalanma, dalğa uzunluğu və zəif istiqamətli antenalar üçün

$$(G_{mm} \leq 6 \text{ dB})$$

$$r_{min} \geq \lambda_{max}^{(mm)} \quad (2.5)$$

burada $\lambda_{max}^{(mm)}$ - ölçmənin aparıldığı şüalanmanın maksimum dalğa uzunluğu.

Ölçmə antenasının hündürlüyünün sınaqdan keçirilən radioverici qurğunun antenasının faza (və ya həndəsi) mərkəzinin hündürlüyünə bərabər olması məqsədəuyğundur.

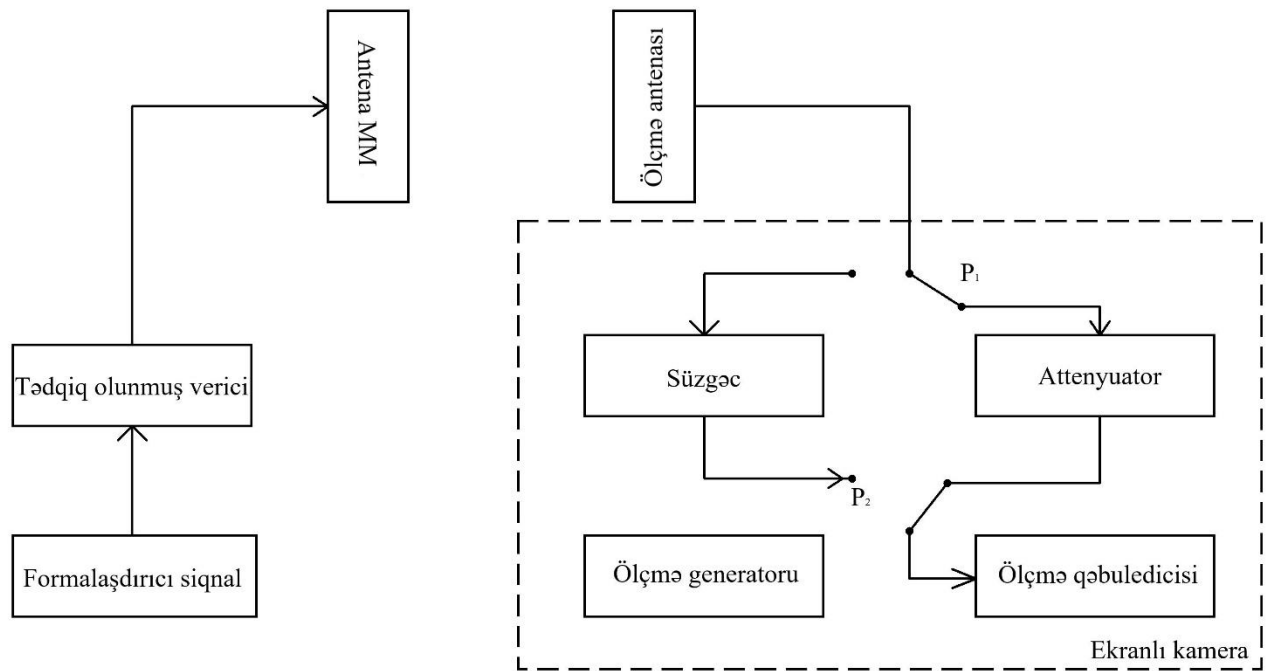
Antenaların hündürlüyünü dəyişdirməklə, yerdən gələn əksolunmaların təsirini bir qədər zəiflətmək olar. Bunun üçün o, bu şərtə cavab verməlidir,

$$h=(r/2)\operatorname{tg}\theta_a, \quad (2.6)$$

burada r - sınaqdan keçirilmiş REQ-in antenaları ilə ölçmə dayağı arasındakı məsafə; θ_a - ölçü antenasının şüalanma modelinin maksimumu ilə ilk minimumu arasındakı bucaqdır.

Elektromaqnit sahəsində ölçmələr apararkən, sınaqdan keçirilən vericinin ölçmə alətlərinə birbaşa təsirinin mümkünlüyünü nəzərə almaq lazımdır. Əgər onun gücü yüksəkdirsə, ölçü avadanlığının qorunma dərəcəsi yetərli deyilsə, o, xüsusi ekranlanmış kameralara yerləşdirilməli və fiderlərin ekranlanması qüsursuz olması səbəbindən qəbulun qarşısını almaq üçün tədbirlər görülməlidir.

Elektromaqnit sahəsində YŞ-nın nisbi səviyyələrini ölçmək üçün quraşdırma sxemi şəkil 2.1-də göstərilmişdir. Quraşdırma tələb olunan tezlik diapazonuna və istifadə olunan ölçmə vasitələrinə uyğun gələn birləşdirici xətlər, keçidlər və açarlardan istifadə etməklə aparılır. Bu ölçmə üsulu ilə kənar şüalanma gücünün birbaşa ölçülməsi təmin edilir, ölçmə süzgəcinin və ölçmə qəbuledicisinin tezlik-seçici xüsusiyyətlərinə görə verici rəqslərinin spektrindən seçilir [10]. Ölçmələrin mahiyyəti aşağıdakı kimidir. Birincisi, P_1 və P_2 açarları tədqiq olunan vericinin ölçmə hədlərini genişləndirən tənzimlənən attenyuator vasitəsilə qəbulediciyə qoşulduğu bir vəziyyətə qoyulur (şüalanma gücü əlavə olaraq ölçmə qəbuledicisinin attenyuatoru tərəfindən tənzimlənir). Sonra ölçmə antenası üçün normativ-texniki sənədlərdən müvafiq olaraq əsas və kənar şüalanmaların tezliklərində antenanın effektiv sahələri $A^{(0)}_{\text{şə}}$, $A^{(yş)}_{\text{şə}}$ müəyyən edilir. Bu vəziyyətdə R_0 əsas tezliyində şüalanma gücünün mütləq dəyəri ölçülür və attenyuaturun oxunuşlarına uyğun olaraq $\mathcal{L}^{(0)}_{\text{şə}}$ zəifləmə əmsalı qeydə alınır. Sonra açarların köməyi ilə tədqiq olunan verici əsas şüalanmanı boğan süzgəcin daxil olduğu dövrəyə qoşulur və yan şüalanma tezliyində $R_{yş}$ gücü və $\mathcal{L}^{(0)}_{\text{şə}}$ zəifləmə əmsalı ölçülür.



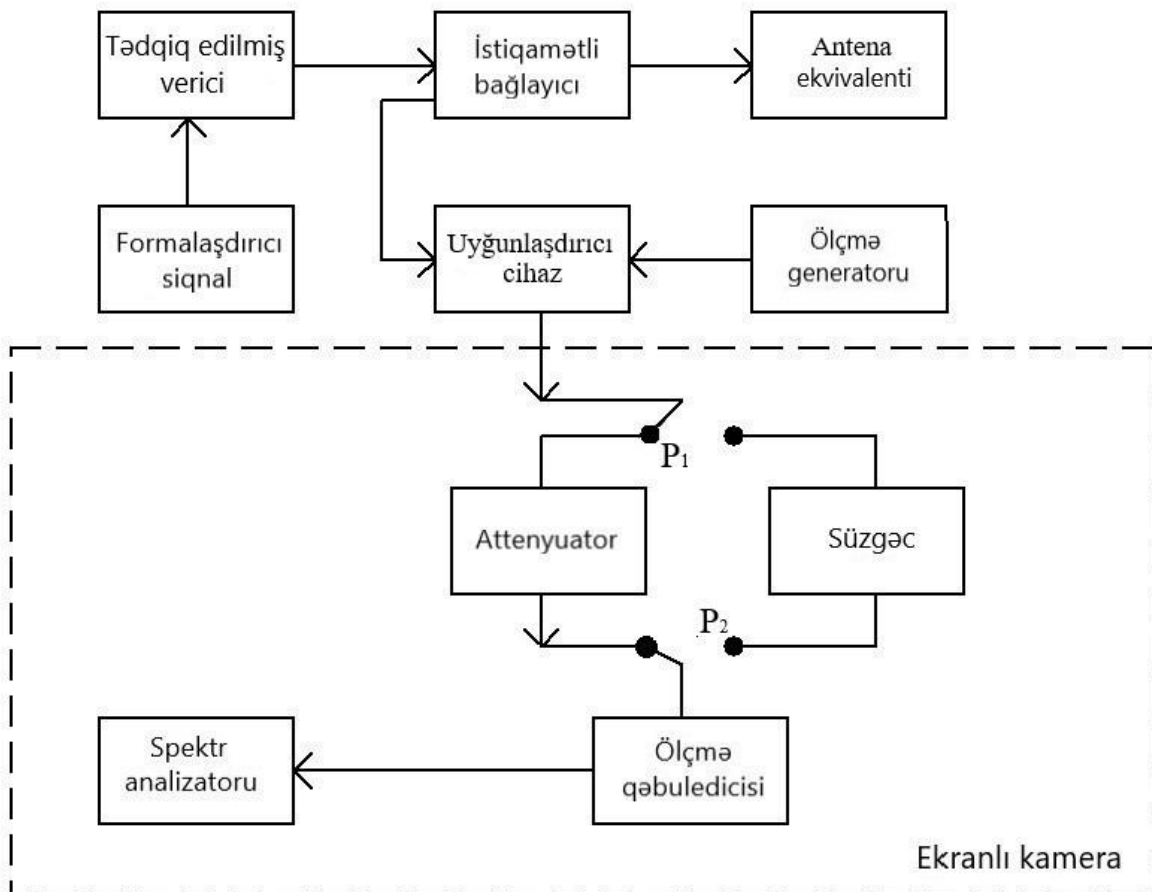
Şək.2.1. Elektromaqnit sahəsi ilə radioverici qurğuların yan şüalanmalarının səviyyələrinin ölçülməsi sxemi

Ölçülmüş hər tezlik üçün desibeldə nisbi kənar səviyyəsi:

$$P_{\text{nisbi}} = 10 \lg (P_{y\check{s}} A_{\check{s}\check{o}}^{(o)} \mathcal{L}_{\check{s}\check{o}}^{(o)} / P_o A_{\check{s}\check{o}}^{(y\check{s})} \mathcal{L}_{\check{s}\check{o}}^{(y\check{s})}). \quad (2.7)$$

Tədqiq olunan verici normativ və texniki sənədlərin tələblərinə cavab verir, əgər $|P_{\text{nisbi}}| \geq P_{\text{nisbi əlavə}}$ olarsa.

Yan şüalanmaların trakt ölçüləri. Bu üsulların köməyi ilə radioverici fiderdəki kənar rəqslərin gücünü xarakterizə edən parametrlərin birbaşa ölçülməsi aparılır: aşağı tezliklərdə - gərginlik, cərəyan və $\cos \varphi$, yüksək tezliklərdə - hadisənin və əks olunan dalğaların gücünün və ya yükdə sərf olunan güc (antena ekvivalenti). Bəzən bu ölçmələr spektr analizatoru və müvafiq ölçmə generatorlarından istifadə etməklə əvəz etmə üsulu ilə aparılır [12]. Elektromaqnit rəqslərinin tək dalğalı və çoxdalğalı yayılma rejimlərində kənar şüalanmanın trakt ölçüləri mövcuddur. Elektromaqnit rəqslərinin tək dalğa yayılma rejimində radio vericinin yüksək tezlikli traktında kənar rəqslərin gücünü və tezliyini ölçməyə imkan verən stend sxemi şəkil 2.2-də verilmişdir.

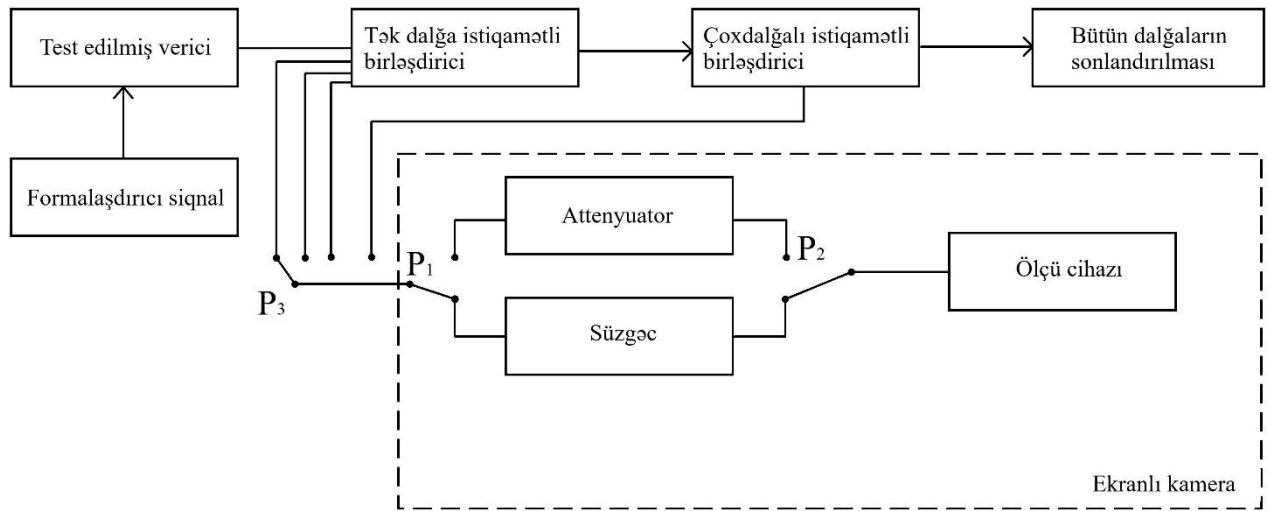


Şək.2.2. Elektromaqnit rəqslərinin yayılmasının tək dalğa rejimində radioverici traktında kənar rəqslərin səviyyələrinin ölçülməsi sxemi

Onun elementlərinin funksiyası belədir: istiqamətləndirici verici qurğu ilə ölçmə sistemi arasında əlaqə rolunu oynayır (ölçmə qurğusuna rəqs gücünün müəyyən hissəsinin verilməsini təmin edir və ölçmə cihazını yüksək güclü siqnallardan qoruyur). Uyğunlaşdırıcı cihaz verici traktını ölçmə yolu ilə uyğunlaşdırmağa imkan verir. Bu üsul həm də təsadüfi rəqs gücünü birbaşa ölçməyə imkan verir. Yuxarıda müzakirə olunan elektromaqnit sahəsi metodu ilə eyni şəkildə müəyyən edilir. Qeyd edilməli bir xarakterik xüsusiyyət vardır. Superheterodin qəbuledici və ya spektr analizatorundan istifadə edərək yan şüalanma səviyyələrini ölçərkən, əsas tezliyin kifayət qədər zəiflənməməsi və vericinin qeyri-effektiv xüsusiyyətləri səbəbindən əsas şüalanmanın vericisi əsas şüalanmanı ölçmə cihazının yan kanalları ilə qəbul edə bilər və bu yanlış oxunuşlara səbəb olur. Bunu aradan qaldırmaq üçün aşağıdakı üsuldan istifadə edilə bilər [16].

Məlumdur ki, superheterodin qəbuledicidə yan qəbul kanallarının tezlikləri $\omega_s = (n\omega_h \pm \omega_{ar})/m$, ω_h -burada heterodinin tezliyidir; ω_s - signal tezliyi; ω_{ar} - aralıq tezlikdir, $m, n=1, 2, 3, \dots$. Bu əlaqəni sabit bir signal tezliyində zamanla fərqləndirməklə, biz əldə edirik $d\omega_{ar}/dt = nd\omega_h/dt$, yəni yan kanallardan siqnalların qəbulu zamanı ω_{ar} -ın dəyişmə sürəti əsas kanaldan siqnalların qəbulu ilə müqayisədə daha çox olacaqdır.

Buna görə də, ölçmə signalı generatorundan əlavə olaraq qəbuledicinin tənzimləmə tezliyinə bərabər tezlikdə ölçmə qəbuledicisinin girişinə bir signal tətbiq edərək və spektr analizatorunu qəbuledicinin aralıq tezliyinə kökləyərək, onun ekranında təhlil edilən signalın spektrini və ölçmə generatorunun signalının cavabını alacağıq. Ölçmə qəbuledicisinin kiçik bir tənzimlənməsi ilə öyrənilən spektr və cavab ölçmə qəbuledicisinin qəbul zolağında olduğu müddətdə spektr analizatorunun ekranı boyunca hərəkət edir. Dəqiq oxunma olduqda, signal spektri və ölçmə generatorunun signalına uyğun cavab spektr analizatorunun ekranı boyunca eyni istiqamətdə və eyni sürətlə hərəkət edir. Yanlış oxunma halında, ölçmə generatorunun cavabı və signal spektri ya müxtəlif istiqamətlərdə, ya da fərqli sürətlə hərəkət edir. Əlavə olaraq, yanlış qəbul oxunuşlarını aşkar etmək üçün yan kanal tezliklərinin hesablanmış və ya eksperimental təxminlərindən istifadə edilə bilər. Arzuolunmaz rəqslərin çoxdalğalı yayılması zamanı YŞ-nin ölçülməsi üsulları, arzuolunmaz şüalanmaların fiderdə bir neçə fərqli dalğa növü ilə ötürülməsini nəzərə alır. Buna müxtəlif yanaşmalarla nail olunur. Onlardan biri, hər biri müəyyən bir ötürülən dalğanın gücünün müəyyən bir hissəsini birləşdirən bir sıra istiqamətləndirici bağlayıcılardan istifadə olunur. Bu zaman yan rəqsin istənilən gücü ayrı-ayrı dalğa növlərinə uyğun gələn güclərin cəmlənməsi nəticəsində tapılır. Başqa bir yol, əldə edilən məlumatların sonrakı cəmlənməsi ilə fiderin kəsişməsinə qədər enerji paylanmasını qeyd etməkdir. Bu məqsədlə dalğa vericisindəki elektrik sahəsinə cavab verən zondlar istifadə olunur və onun kəsişməsi boyunca hərəkət etmək imkanı ilə quraşdırılır. Artan en kəsiyi olan dalğa istiqamətləndiricisinə quraşdırılmış çoxlu sabit zondlardan ibarət cihazlar da istifadə olunur. Nəhayət, ötürülən kompleks dalğanın gücünün bir hissəsini təcrid etməyə imkan verən xüsusi çoxdalğalı istiqamətli bağlayıcılar istifadə edilə bilər [9].



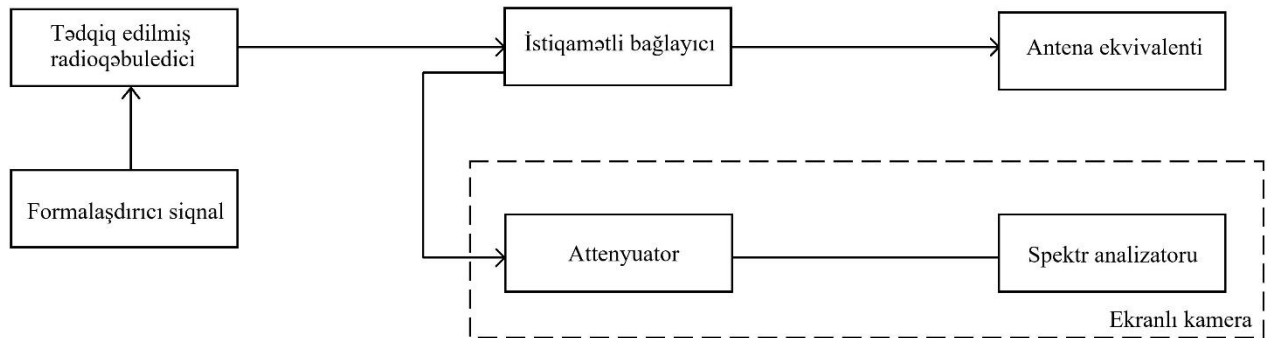
Şək.2.3. Elektromağnit rəqslərinin çoxdalğalı yayılma rejimində radioverici traktında kənar rəqslərin səviyyələrinin ölçülməsi sxemi

Ən çox istifadə edilən üsul tək dalğalı istiqamətli bağlayıcıların istifadəsinə əsaslanır. Sadədir və ayrı-ayrı dalğa növlərinin gücünü təyin etməyi asanlaşdırır. Bunun əhəmiyyətli bir mənfi cəhəti, harmonikaların sayının artması ilə dalğa tipli bağlayıcıların sayını artırmaq və ya zəruri hallarda əsas şüalanmanın tezliyindən əhəmiyyətli dərəcədə yüksək olan tezliklərlə ikincili rəqsləri ölçməyə meylidir. Elektromağnit rəqslərinin çoxdalğalı yayılma rejimində radiovericinün yüksək tezlikli traktında yan rəqslərin gücünü və tezliyini ölçməyə imkan verən stendın sxemi şəkil 2.3-də göstərilmişdir. Ölçmələrin mahiyyəti aşağıdakı kimidir. Birincisi, sınaqdan keçirilən vericinin ümumi gücü ölçü avadanlığını P_1 , P_2 , P_3 açarları ilə tənzimlənən zəiflədiciyə və hər yönlü bağlayıcıya birləşdirməklə müəyyən edilir. Bundan sonra, P_1 , P_2 açarları ölçmə cihazı bir süzgəc vasitəsilə bir dalğalı yönləndirici birləşdiriciyə qoşulma vəziyyətinə gətirilir. Başqa bir dalğanın dalğa gücü ölçülür, bu güclərin nisbəti götürülür və nisbi zəifləmə müəyyən edilir, daha sonra icazə verilən hədd ilə müqayisə edilir [10].

2.3. Zolaqxarici şüalanmaların parametrlərinin ölçülməsi

Zonadan kənar şüalanma parametrlərinin ölçülməsi əsasən sınaqdan keçirilən cihazların normativ-texniki sənədlərin tələblərinə uyğunluğunu müəyyən etmək üçün

aparılır [9]. Zonadan kənar radio şüalanmaların tənzimlənən əsas xüsusiyyətləri: diapazondan kənar radio şüalanmaların nisbi səviyyəsi; X dB səviyyəsində radiotezlik

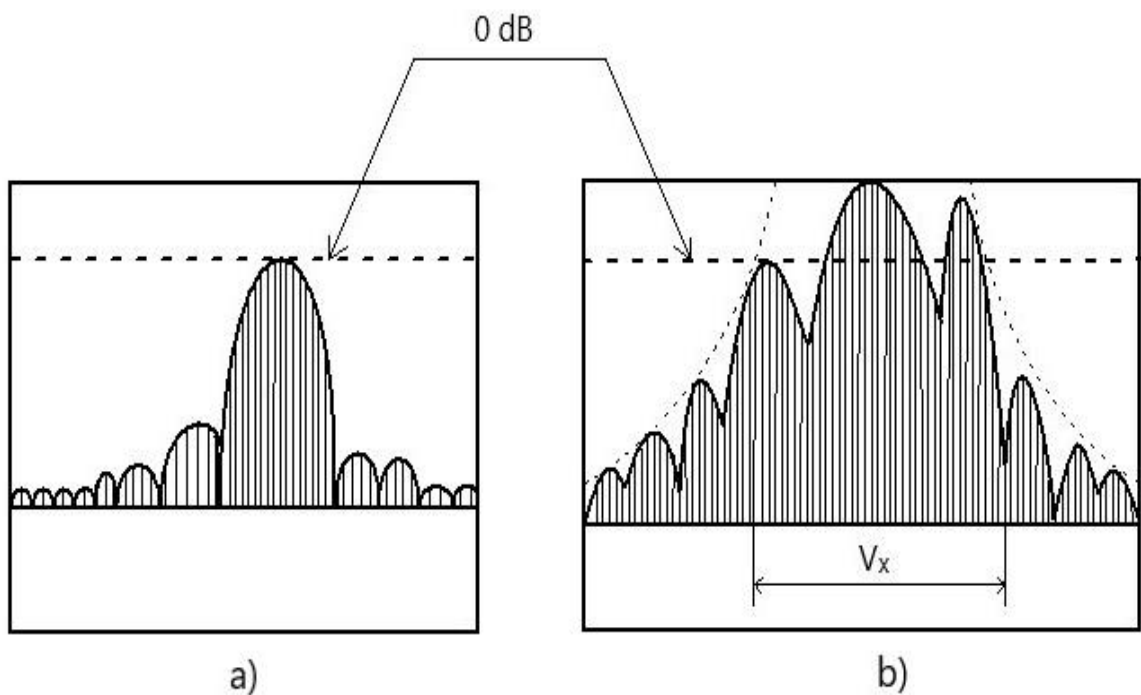


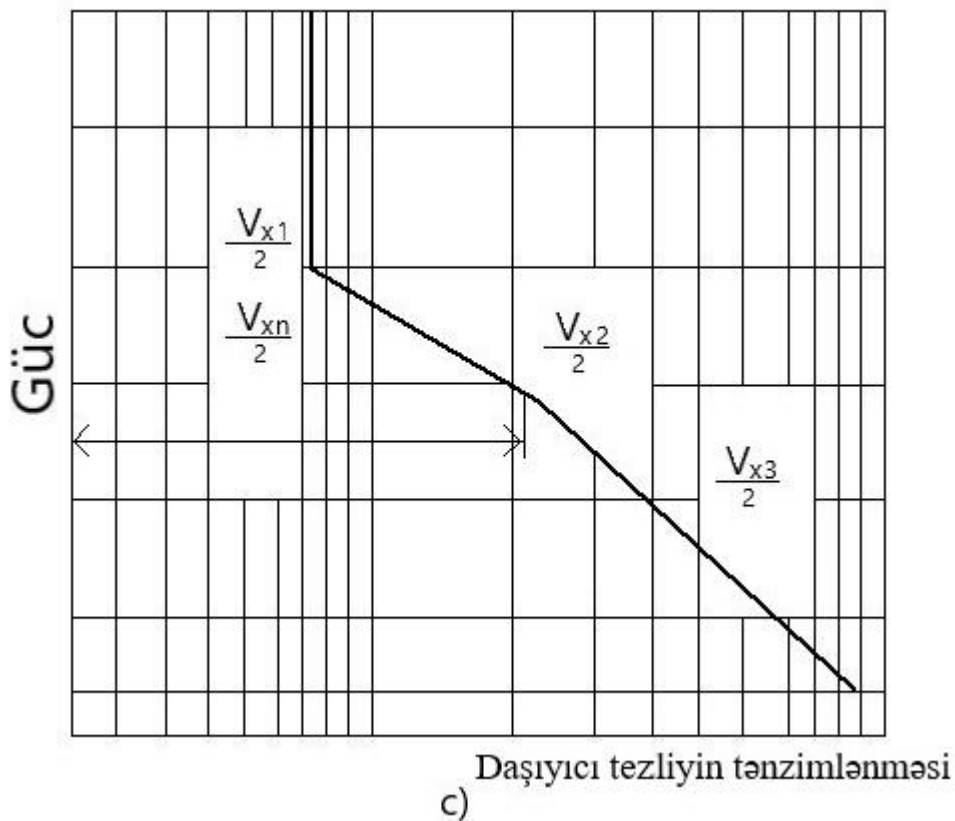
diapazonunun eni; Bütün şüalanma sinifləri üçün sabit $X_k = -30$ dB səviyyəsində müəyyən edilmiş radiotezlik diapazonunun istinad eni 0 dB olaraq qəbul edilən istinad səviyyəsinə görə müəyyən edilir, burada diapazondan kənar spektrin forması limit xəttində normallaşdırılır və diapazondan kənar emissiyaların icazə verilən gücü limit xəttinin altındakı inteqral nisbi güclə müəyyən edilir. Zonadan kənar şüalanmaların ölçülməsi tələb olunan diapazona bilavasitə bitişik tezlik diapazonlarında aparıldığı üçün 2.1-ci bənddə qeyd olunan trakt metodlarının çatışmazlıqları əhəmiyyətli deyil və bu üsullar bu ölçmələr üçün əsasdır. Onların mahiyyəti tələb olunan tezlik diapazonunun və onun parametrlərinin yaxınlığında radiovericisinin çıxış rəqslərinin spektrini müəyyən etməkdir. X dB diapazon genişliyinin və diapazondan kənar şüalanmaların nisbi səviyyəsinin təyini müxtəlif spektr analizatorlarından istifadə etməklə həyata keçirilir [3].

Zonadan kənar şüalanmanın inteqral xarakteristikasını, yəni istifadə olunan tezlik diapazonunu qiymətləndirmək üçün çıxış rəqsinin ümumi gücünün ölçülmüş dəyərləri və onun bu diapazonun sərhədlərinə uyğun gələn və süzgəclərin köməyi ilə seçilmiş hissəsi müqayisə edilir. Müəyyən növ radioelektron avadanlıqların diapazondan kənar şüalanma parametrlərini ölçmək üçün xüsusi ölçü cihazları da hazırlanır. Tipik bir ölçmə sxemi şəkil 2.4-də göstərilmişdir. Zolaqdan kənar şüalanmanın parametrlərinin təyini aşağıdakı ardıcılıqla aparılır. Spektr analizatorunun ekranında spektr zərfinin maksimumu 0 dB təyin edilir (şəkil 2.5,a). Sonra attentyuator zəifləməsi 3 dB azaldılır və 0 dB səviyyəsi ilə üst-üstə düşən spektral komponentlər arasında B_{x1} ($X_1 = -3$ dB) tezlik intervalı ölçülür (şəkil 2.5,b).

Şək.2.4. Radio verici traktında diapazondan kənar rəqslərin səviyyələrinin ölçülməsi sxemi

Bu intervalın ortası tezlikdə spektr zərfinin koordinatlarının mənşəyinə uyğundur. Sonra, zəifləməni ardıcıl olaraq X_2 , X_3 , ... dB dəyişdirərək, bant genişliyi V_{x2} , V_{x3} , ... dəyərləri müəyyən edilir (tövsiyə olunan addım 5 ... 10 dB-dir). Sonra spektrin məhdudlaşdırıcı xətti qurulur (şəkil 2.5,c) və tapılan dəyərlər normativ və texniki sənədlərdə göstərilənlərlə müqayisə edilir.





Şək.2.5. Spekr analizatorunun ekranındakı dalğa forması (a, b) və diapazondan kənar radio şüalanma spektrinin sərhəd xətti (c)

RVQ-lərin tezlik sabitliyi, istehsalçılarda dövlət və dövrü sınaqlar zamanı, habelə istismar zamanı müəyyən növ radiovericilər üçün texniki şərtlərlə müəyyən edilmiş parametrlər və sınaq üsulları ilə idarə olunur. Bu zaman sabitliyi pozan amillərin radioverici qurğuya təsiri nəzərə alınır. RVQ-nin tezliklərə dözümlülük standartlarına uyğunluğu şüalanmanın tutduğu zolaqda onun orta tezliyinin ölçülməsi və ya tezliyi tənzimləmə dəqiqliyi monitoring edilən tezlikdən əhəmiyyətli dərəcədə yaxşı olan istinad generatorunun tezliyi ilə müqayisəsi yolu ilə yoxlanılır. Müxtəlif fiziki hadisələrin istifadəsinə əsaslanan və nümunəvi cihazların tezlik xüsusiyyətləri ilə müqayisəyə əsaslanan tezliyi ölçmək üçün çoxsaylı üsullar məlumdur. Məsələn, tezliklərin qeyri-sabitliyini qiymətləndirmək üçün, diskret sayma metoduna əsaslanan elektron sayma tezlik sayğaclarından istifadə edilə bilər [14]. Ölçülmüş signal f_x , giriş signalının tezliyinə bərabər təkrarlanma dərəcəsi ilə qısa impulslara çevrilir və bu impulsların sayı sabit (kalibrə edilmiş) vaxt intervalı t_c üçün sayılır, yəni,

$$f_x = N/t_k \quad (t_k = 1 \quad f_x = N \text{ Hz}) \quad (2.8)$$

Ölçülmüş tezliyi kvarts kalibratoru ilə kalibrlənmiş interpolyasiya osilatorunun (heterodin) tezliyi və ya harmonikaları ilə müqayisə etməyə əsaslanan heterodin metodundan da istifadə etmək olar. Osilloqraf ekranında sıfır impulsların göstərilməsi Lissaju və ya nöqtəli dairə üsulu ilə həyata keçirilir.

2.4. EMB parametrləri baxımından antenalara olan tələblər

Antena cihazları elektromaqnit mühiti REQ-in formalaşmasına əhəmiyyətli təsir göstərir. Elektromaqnit dalğalarını yaymaq və kosmosda tələb olunan sahə paylanmasını təmin etmək üçün nəzərdə tutulmuş verici antena təchizatı sisteminin təbiətinə və dizaynına görə arzuolunmaz tezlik diapazonlarında yayılan və arzuolunmaz istiqamətlərdə yayılan radio dalğalarının mənbəyidir. Qəbul rejimində işləyən antena sərbəst şəkildə müəyyən istiqamətlərdən gələn elektromaqnit dalğalarını qəbuledicinin giriş dövrəsinə çatan elektromaqnit rəqslərinə çevirir. Qəbul rejimində işləyən antena müəyyən istiqamətlərdən gələn elektromaqnit dalğalarını qəbuledicinin giriş dövrəsinə daxil olan elektromaqnit rəqslərinə çevirir. Qəbul edən antenanın əvvəlcədən müəyyən edilmiş müəyyən istiqamətlərdən gələn radio dalğalarını təcrid etmək qabiliyyəti, mövcud elektromaqnit mühitində elektromaqnit birgəliyini təmin etmək üçün istifadə olunur. Antenalar arasında qarşılıqlı təsirləri azaltmaq üçün antenaların istiqamət xüsusiyyətlərinə əlavə olaraq, onların polarizasiya və tezlik xüsusiyyətlərindən istifadə olunur [7].

İstiqamətlənmə diaqramı (İD) antenadan sabit məsafədə koordinat bucaqlarının funksiyası kimi intensivliyin və ya güc sıxlığının qrafik təsviridir. Koordinat bucaqlarından biri sabitdir (xarakterik istiqamətlərdən biri seçilir) və bu vəziyyətdə İD sahənin müstəvidə sahə paylanmasını təmsil edir. İstiqamətli antenaların maneəyə həssaslığı əsasən şüanın yan və arxa ləçəklərinin strukturundan asılıdır. Yan və arxa ləçəklərin şəkli və ölçüsü, antenanın dizaynına və istehsal texnologiyasına bağlıdır. Yan ləçəklərin ölçüsü və formasına antenanın səthinin itgiləri və dəqiqliyi, ətraf mühitin temperaturunun dəyişməsi, yerli obyektlər, antenanın kosmosda hərəkəti və

digər amillər təsir göstərir. Yan ləçəklərin olması səbəbindən verici antenna müxtəlif istiqamətlərdə digər REQ-lərə təsadüfən elektromaqnit maneəsi yarada bilər və belə bir şüalanma nümunəsi olan qəbuledici antenna bir çox istiqamətdən siqnallar qəbul edə bilər, lakin onun əsas istiqaməti ilə müqayisədə əhəmiyyətli dərəcədə zəifləmişdir [17]. İşçi tezlik diapazonunda, əsas ləçək zonasında antenanın istiqamət xüsusiyyətlərini xarakterizə edən əsas parametrlər bunlardır: antenna qazancı G_0 , eni üfüqi α_0 və şaquli β_0 müstəvilərində şüalanma nümunəsi, şüalanma gücü baxımından 0,5 (3 dB) səviyyəsində ölçülür. EMB tapşırıqlarında şüalanma və qəbulun əsas istiqamətinin bölgəsi adətən 10 dB səviyyəsində müəyyən edilir. Bu səviyyədə şüalanma nümunəsinin əsas ləçəyinin eni bilinmirsə, 3 dB-də ləçəyin eninin iki qatına bərabər olduğunu qəbul etmək olar.

Yan ləçək iki parametrlə xarakterizə olunur:

1) Yan ləçək səviyyəsinin dB ilə ölçülən dəyəri:

$$\xi P_{\max} = 10 \lg(P_{\max, \text{yan}} / P_{\max, \text{əsas}}) \text{ və ya} \quad (2.9)$$

$$\xi B_{\max} = 20 \lg(E_{\max, \text{yan}} / E_{\max, \text{əsas}}),$$

burada $P_{\max, \text{yan}}$, $E_{\max, \text{yan}}$ və $P_{\max, \text{əsas}}$, $E_{\max, \text{əsas}}$ yan güc və sahənin gücü və əsas ləçək antenanın istiqamətlənmə diaqramıdır;

2) Dərəcə ilə ölçülən yan ləçəyin əsas ləçəyə nisbətən istiqaməti ψ .

Faydalı iş əmsalı. Antena xarakteristikası şüalanan elektromaqnit dalğalarının güc konsentrasiyasının dərəcəsini xarakterizə etmək üçün istifadə olunur.

$$G(i, \varphi) = \left[\frac{P(i, \varphi)}{P_e} \right]_{P_A = P_e} \quad (2.10)$$

Burada P_A - nəzərdə tutulan antenanın girişinə verilən güc, P_e - istinad antenasının girişinə verilir, θ və ϕ sferik koordinat sistemində radio şüalanmasının yayılmasının seçilmiş istiqamətini təyin edən bucaqlardır. İstinad antenası kimi bütün istiqamətlərdə vahid şüalanmaya malik tamamilə qeyri-istiqamətli antenadan istifadə etmək adi haldır. Antenaların istiqamət xüsusiyyətləri onların dizaynı, təyinatı və istifadə olunan tezliklərinin diapazonu ilə müəyyən edilir. Beləliklə, aşağı, orta və

yüksək tezlik diapazonlarında yayım qurğuları, bir qayda olaraq, üfüqi müstəvidə istiqamətləndirilməyən antenalardan istifadə edir [19].

EMB problemlərində antenani əhatə edən bütün bölgə iki yerə bölünür: antena faydalı iş əmsalının nisbətən sabit olduğu əsas ləçək bölgəsi və yan və arxa şüalanma bölgəsi. Əsas ləçək bölgəsində antena f.i.ə-sinin həm deterministik, həm də ehtimal tərifləri mümkündür. Yan və arxa ləçək bölgələrində ehtimal tərifinə üstünlük verilir. Bu zaman EMB-nin qiymətləndirilməsi problemlərində antena f.i.ə-nin paylanması qanunlarının anları, ilk növbədə, orta qiymət və dispersiya xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Antenanın əsas ləçək qazancının deterministik təsvirlərində əsas ləçək hesablamalar üçün uyğun olan analitik funksiya ilə yaxınlaşdırılır. Ən təcrübi tətbiq istiqamət diaqramının əsas ləçəyində vahid güc seli sıxlığına uyğun gələn təxmindir:

$$G(x) = \begin{cases} G_0 & - 0,5x_0 \leq x \leq 0,5x_0 \\ 0 & \text{digər } x \text{ üçün} \end{cases} \quad (2.11)$$

burada x müstəvidə (üfüqi və ya şaquli) yaxınlaşmanın istifadə olunduğu bucaqdır; x_0 - 3 dB səviyyəsində yaxınlaşma müstəvisində şüalanma nümunəsinin eni.

Antenanın şüalanma sahəsi məkan bucağı daxilində cəmlənməlidir, onun böyüklüyü REQ-in işləməsi ilə müəyyən edilir, yəni şüalanma nümunəsinin əsas ləçəyi müəyyən bir sahə ilə üst-üstə düşməlidir. Buna görə də şüalanma nümunəsinin əsas ləçəyi faydalı şüalanma sahəsi adlanır.

Sahə intensivliyini və güc selinin sıxlığını ölçərkən, bilavasitə, aşağıdakı məqsədlərdən biri və ya bir neçəsi həyata keçirilir:

- radio siqnal sahəsinin səviyyəsinin kafiliyinin və mənbənin səmərəliliyinin müəyyən edilməsi müəyyən xidmət üçün şüalanmalar (məsələn, verici);
- konkret qəsdən mənbədən maneənin təsir dərəcəsinin müəyyən edilməsi radio siqnallarının şüalanması (elektromaqnit birgəliyi);
- siqnal sahəsinin səviyyəsinin və istənilən dalğa uzunluğunun radio siqnallarının təsadüfi şüalanması nəticəsində yaranan maneənin təsirinin müəyyən edilməsi elektromaqnit enerjisi yayan və maneə əleyhinə tədbirlərin effektivliyini qiymətləndirən avadanlıq;

Sahə intensivliyinin vahidi Volt/metr (V/m) -dir. Sərbəst ərazidə yaxın və uzaq zonalarda şüalanma üçün hər iki zonada enerji səviyyələri bərabərdir. Antenanın növü xüsusi ölçülmüş siqnallara uyğun olmalıdır [1].

Təcrübədə qəbuledici stansiyada sahə intensivliyini ölçmək üçün dBmkV/m-də E səviyyəsi üçün loqarifmik vahidlər, yəni 1 mV/m-ə nisbətdə dB istifadə olunur:

$$e = 20 \lg E \quad (2.12)$$

Daha yüksək tezliklərdə, xüsusən də 1 GHz-dən yuxarı, güc seli sıxlığının (S) ölçülməsi effektiv şüalanma sahəsinin gücü ilə bağlı daha uyğun məlumat verir. Güc seli sıxlığının vahidi (Vt/m²) -dir. Təcrübədə həmçinin S səviyyəsi üçün dBpVt/m² vahidindən də istifadə olunur.

$$s = 10 \lg S \quad (2.13)$$

Sahənin gücünün ölçülməsi aşağıdakı kombinasiyalardan istifadə etməklə həyata keçirilir.

- kalibrlənmiş antena;
- verici xətti;
- ölçmə qəbuledicisi və ya spektr analizatoru:
 - siqnalın zəifləməsi və ilkin seçim sxemləri;
 - analoq və ya rəqəmsal ölçmə cihazı
 - kalibrlənmiş siqnal mənbəyi

Bu elementlər bir və ya bir neçə ayrı cihazda birləşdirilə bilər, hər biri bir və ya bir neçə tələb olunan funksiyaları yerinə yetirir. Modulyasiya edilmiş şüalanmanı müşahidə edərkən, ölçmə üçün istifadə olunan avadanlıqda buraxma zolağını, detektorun funksiyasını və ölçmə cihazının sabit vaxtını, məsələn, ölçülmüş dəyərə görə ölçmə müddətini bilmək çox vacibdir. Buraxma zolağı ölçülmüş məlumatları qəbul etmək üçün kifayət qədər geniş olmalıdır [17].

Sahənin intensivliyini və güc seli sıxlığını ölçmək üçün metodları üç tezlik diapazonuna görə təsnif etmək daha rahatdır:

- təxminən 30 MHz-dən aşağı tezliklər;
- təxminən 30 – 1000 MHz arasında;

- təxminən 1 GHz-dən yuxarı tezliklər.

Bu bölgü məntiqlidir, çünki optimal üsullar bu diapazonlar üçün fərqlidir. Müəyyən dərəcədə bu, istifadə olunan antenaların ölçüsü ilə ölçüləcək siqnalların dalğa uzunluqları arasındakı nisbət və bu üç tezlik diapazonunda ölçmələrə ərazinin fərqli təsiri ilə bağlıdır. Təxminən 30 MHz-dən aşağı tezlik diapazonunda (dalğa uzunluğu təxminən 10 m-dən çox), təcrübədə istifadə olunan antenalar dalğa uzunluğu ilə müqayisədə çox vaxt kiçik ($0,1 \lambda$) ölçülərə malikdir. Bu antenalar aktiv və ya passiv ola bilər. Aktiv bir antena istifadə edilərsə, həddindən artıq yüklənməməsi üçün müvafiq tədbirlər görülməlidir. Şaquli pin antenası yerdə əks çəki ilə istifadə olunur. Bu antenanın üstünlüyü onun çox yönlü olmasıdır [5].

30 MHz-dən aşağı tezlik diapazonunda, adətən, Yer səthinə elektrikle yaxın olan yüksəkliklərdə sahə intensivliyini ölçmək lazımdır. Yer səthinin və bitki örtüyünün xüsusiyyətləri, ölçmə stansiyasının ərazisindəki naqillər və tikililər sahənin elektrik və maqnit komponentlərinin gücünə fərqli təsir göstərir.

30 ilə 1000 MHz tezlik diapazonunda (dalğa uzunluğu 10 m-dən 30 sm-ə qədər) təcrübədə istifadə olunan antenalar dalğa uzunluğu ilə müqayisə edilə bilən ölçülərə malikdir. Bu diapazonda sabit bir tezlikdə sahə intensivliyini ölçərkən ən çox yarım dalğa rezonans simmetrik vibrator (dipol) istifadə olunur.

1 GHz-dən yuxarı tezlik diapazonunda (dalğa uzunluğu 30 sm-dən az) dipolun açılış sahəsi lazımi həssaslığı təmin etmək üçün çox kiçik olur. Bu tezliklər adətən rüpor antenalar və ya parabolik reflektor sistemləri kimi dalğa uzunluğundan çox daha böyük diafraqmalardan enerji toplayan antenalardan istifadə edir. Bu antenalar adətən yüksək səmərəlilik (50%-dən çox) və əhəmiyyətli istiqamətləndirmə ilə xarakterizə olunur.

Sahə ölçmələrində istifadə olunacaq ölçmə qəbuledicilərini seçərkən nəzərə almaq lazımdır ki, onlar kifayət qədər yüksək həssaslıq, həddindən artıq yüklənmələrə qarşı yüksək müqavimət, yəni yüksək səviyyəli ikinci və üçüncü dərəcəli kəsişmə nöqtələri, tezlik kimi keyfiyyətlərə malik olmalıdırlar. və özünü kalibrləmə imkanı da daxil olmaqla sabitlik əldə edilməsi mümkün olmalıdır. Adətən müntəzəm monitoring əməliyyatları üçün istifadə edilən yüksək dərəcəli ölçmə qəbulediciləri bu məqsəd üçün

uyğundur. Ölçmə buraxma zolağı ölçüləcək siqnalı qənaətbəxş şəkildə qəbul etmək üçün lazım olan minimumda olmalıdır və bitişik kanal maneəsinin təsirindən qaçmaq üçün artıq buraxma zolağı minimuma endirilməlidir. Sahənin intensivliyini ölçmək üçün ölçmə qəbulediciləri lazımi kalibrləmə və aşkarlama funksiyalarına malik olmalıdır [10].

Müasir yüksək sürətli ölçmə avadanlığı, xüsusən birdən çox kanalı avtomatik ölçərkən rəqəmsal qeyd alətlərindən istifadə edir. Ölçmə nəticələri böyük yaddaş tutumu olan alətlərdə qeyd olunur və ölçülmüş məlumatların qrafik təsviri istənilən vaxt əldə edilə bilər. Qəbul məntəqəsindəki sahənin gücü ətrafdakı məkandan və günün vaxtından çox asılıdır. Stasionar ölçmələr üçün 100 m radiusda keçirici olmayan yerləri seçmək lazımdır, məsələn, elektrik xətləri, metal damları olan binalar və s. Portativ saygacdan istifadə edərək ölçmə tezliyə görə 1 - 5 m məsafədə yerləşən bir neçə nöqtədə əl ilə aparılır[8].

Ölçmələr zamanı, bir qayda olaraq, ayrıca həyata keçirilən ölçmə vasitələrinin və antenaların kalibrlənməsinə xüsusi diqqət yetirilməlidir.

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ

AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

GÜLHÜSEYNOVA ÇİNARƏ CÖVDƏT qızı

**RADİOELEKTRON VASİTƏLƏRİNDƏ ELEKTROMAQNİT
BİRGƏLİYİNİN XARAKTERİSTİKALARININ MODELLEŞDİRİLMƏSİ**

mövzusunda

MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI

İxtisas: 060632-“İnformasiya texnologiyaları və sistemləri mühəndisliyi”

İxtisaslaşma: “İnformasiya texnologiyaları və telekommunikasiya sistemləri”

Elmi rəhbər:

f.r.e.n., dos. N.M.Şükürov

BAKİ - 2023

III FƏSİL. ELEKTROMAQNİT BİRGƏLİYİNƏ TƏSİR EDƏN RADIOQƏBULEDİCİ QURĞULARIN PARAMETRLƏRİNİN ÖLÇÜLMƏSİ

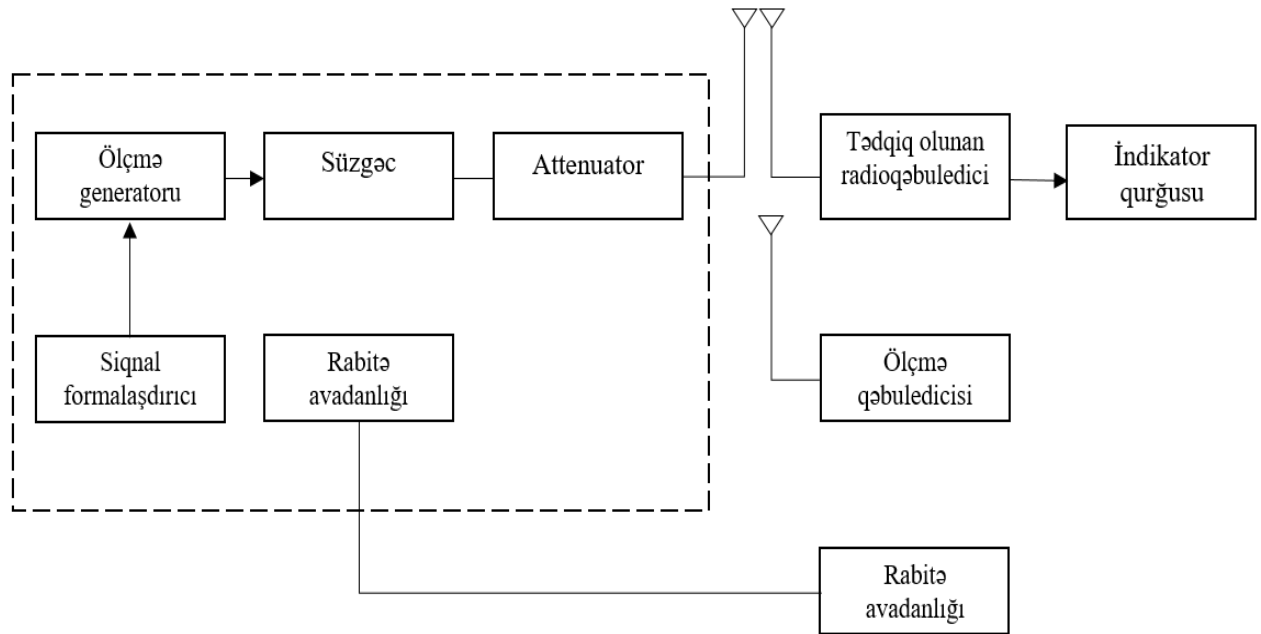
3.1. Radioqəbuledici qurğunun ölçmə xüsusiyyətləri

RQQ-lərin parametrlərinin eksperimental tədqiqinin məqsədi radioqəbuledicinin xarici maneəyə həssaslığını xarakterizə edən kəmiyyət qiymətləndirmələrini tapmaq və elektromaqnit birgəliyinə təsir edən radioqəbuledicinin parametrlərinin normativ-texniki sənədlərin şərtlərinə uyğunluğuna nəzarət etməkdir. RQQ-lərin belə parametrləri əsas qəbul kanalı üçün həssaslıq və tezlik seçiciliyi, yan qəbul kanalları üçün tezliklər və həssaslıq dəyərləri, bloklama üçün həssaslıq səviyyələri, çarpaz təhrif və intermodulyasiya və ya müvafiq dinamik diapazonların qiymətləridir. Bu parametrlər ölçülərkən, onların, xüsusi olaraq NTS uyğunluğunu yoxlamaq məqsədi ilə və ya müasir nəaliyyətlər baxımından inkişaf səviyyəsini qiymətləndirilmək üçün eksperimentlərin şərtləri vahid olmalı, ölçülmələrin nəticələrinin təkrarlanması təmin olunmalı və tədqiq olunan qurğuların xarakteristikası unikal olmalıdır. Buna görə də ölçmə şərtləri, tezliklərin tənzimlənməsinin dəyərləri, həmçinin siqnalların və maneələrin səviyyələri QOST və ya digər normativ sənədlərlə tənzimlənir [8].

Kəmiyyətçə, həssaslıq və əsas və yan qəbul kanalları üçün RQQ-nin həssaslığı, həmçinin bloklama, çarpazlaşma və intermodulyasiya üçün tezlik seçiciliyi onun girişindəki gərginliyin və ya gücün mütləq qiymətlərində (uyğun olaraq voltla və ya vattla) və ya elektrik sahəsinin intensivliyi və ya güc seli sıxlığının mütləq qiymətlərində müəyyən edilir (volt/metr, vatt/metr²). Bir sıra digər parametrlər - küy əmsalı, kvadratlıq, bloklama, çarpaz təhrif və intermodulyasiya, həmçinin bloklama, intermodulyasiya və çarpaz təhrif üçün dinamik diapazonların dəyərləri - nisbi vahidlərdə, adətən desibellərlə ölçülür.

Ümumiyyətlə, RQQ-nin xüsusiyyətlərinin ölçülməsi fərqləndirilir. Yəni radioqəbuledicinin antena və fider ilə birlikdə və qəbuledicinin xüsusiyyətlərinin ayrıca ölçülməsi. Bütövlükdə RQQ-nin parametrlərinin təyini elektromaqnit sahəsi ilə həyata keçirilir (Şəkil 3.1). Ümumiyyətlə bir neçə generatordan ibarət olan siqnal mənbəyi verici antenanın köməyi ilə qəbuledici antenanın yerləşdiyi yerdə

elektromaqnit siqnalı və maneə sahələri yaradır. Bu sahələrin gücünün mütləq qiymətlərinə nəzarət etmək üçün ölçü qəbuledicisi və ölçü antenası istifadə olunur. Süzgəc generatorlardan gələn kənar şüalanmanın sınaq nəticələrinə təsirini istisna etmək üçün nəzərdə tutulmuşdur, attenuator (zəiflədici) - ölçmə diapazonunu genişləndirmək üçün hazırlanmışdır [20].



Şək. 3.1. Elektromaqnit sahəsinin yan qəbul kanalları vasitəsilə radioqəbuledicinin həssaslıq səviyyələrinin tək siqnal üsulu ilə ölçülməsi sxemi.

Elektromaqnit sahə üsullarından istifadə edərək radioqəbuledicilərin parametrlərinin ölçülməsini təşkil edərkən bir sıra tələblərin yerinə yetirilməsini təmin etmək lazımdır.

Birincisi, radioqəbuledicinin antenası ilə ölçmə antenası arasındakı məsafə ölçülmüş tezliklərin bütün diapazonunda uzaq zonaya yəni, (2.4) şərtlərinə uyğun olmalıdır. Bu ölçmələr açıq ərazilərdə aparılırsa, göstərilən antenalar arasında birbaşa görünməni təmin etmək və mövqeyin, antenaların hündürlüklərinin və s. seçilməsi hesabına ətrafdakı obyektlərdən təkrar əks etdirmələrin təsirini aradan qaldırmaq lazımdır.

İkincisi, nəzarət edilən həssaslıq dəyərləri əsas kanaldakı radioqəbuledicinin

nominal həssaslığından çox aşağı olduğundan, kifayət qədər güclü ölçmə generatorları tələb olunur.

P_g çıxış gücünün kafiliyi aşağıdakı bərabərsizlikdən təxmin edilə bilər.

$$P_g \geq 4\pi r_{md}^2 P_{rq}^{(0)} \mathcal{L}_\Sigma / A_{rq}^{(0)} G_{ölç}, \quad (3.1)$$

burada r_{md} - generatora qoşulmuş ölçmə antenası ilə tədqiq edilən radioqəbuledicinin antenası arasındakı məsafə, metrle; $P_{rq}^{(0)}$ - yoxlanılan radioqəbuledicinin əsas qəbuledici kanalının vatt ilə həssaslığı; $A_{rq}^{(0)}$ - kvadrat metrde qəbuledici antenanın effektiv sahəsi;

$$\mathcal{L}_\Sigma = \mathcal{L}_{rq} \mathcal{L}_{kab} \mathcal{L}_{ölç}; \quad (3.2)$$

\mathcal{L}_{rq} - nisbi vahidlərlə radioqəbuledicinin həssaslığını nəzərə alan əmsal; \mathcal{L}_{kab} - ölçmə generatorunun kabelinin zəifləmə əmsalı; $\mathcal{L}_{ölç}$ - uzaq zonanın şərti sərhədindən az məsafədə ölçmələr zamanı korreksiyanı nəzərə alan əmsal; $G_{ölç}$ - yan qəbul kanalının tezliyində ölçmə antenasının gücləndirmə əmsalı.

Üçüncüsü, istifadə olunan ölçmə generatorları harmoniklərdə və kənar şüalanmalara uyğun gələn hər hansı digər tezliklərdə aşağı şüalanma səviyyəsinə malik olmalıdır. Onların səviyyələri o zaman məqbuldur ki, qəbuledicinin əsas və ya yan qəbul kanalları vasitəsilə qəbul edilən bu şüalanmalara reaksiyası, istənilən idarə olunan qəbul kanalları tərəfindən qəbul edilən əsas şüalanmadan əhəmiyyətli dərəcədə az olur [7]. Əgər generatorlar bu şərtlərə cavab vermirsə, onların fiderlərində əlavə süzgəclənmə təmin etmək lazımdır.

Ölçmə generatorunun və idarə olunan qəbuledicinin korpusları və fiderləri tərəfindən arzuolunmaz şüalanma və qəbulun qarşısını almaq üçün onlar adekvat şəkildə qorunmalıdır.

Generatorun tələb olunan qorunma effektivliyi aşağıdakı bərabərsizliyə görə qiymətləndirilə bilər.

$$\mathcal{E}_g \geq 10 \lg \left(\frac{P_{\Gamma max}}{P_{rq}^{(0)}} \right) - \mathcal{E}_{rq} - \lg (4\pi r_{md}^2 / \lambda_i^2), \quad (3.3)$$

burada \mathcal{E}_{rq} - tədqiq olunan RQQ-nin qorunma əmsalı, desibellə; $P_{rq}^{(o)}$ – RQQ-nin əsas qəbuledici kanalının modullaşdırılmamış siqnala həssaslığı; $P_{g \max}$ - maksimum kalibrlənmiş ölçmə generatorunun çıxış gücü; λ_i – i -ci yan qəbul kanalına uyğun dalğa uzunluğudur.

Nəhayət, ölçmələr apararkən, xarici elektromaqnit sahələrinin təsiri istisna edilməlidir (açıq ərazilərdə ölçmələri çox vaxt tam həyata keçirmək mümkün olmur). Bu sahələrin səviyyəsi tədqiq edilən radioqəbuledicinin hədd həssaslığından 10 dB az olarsa məqbul hesab olunur.

Ölçmələr (həm elektromaqnit sahəsi, həm də trakt metodları) radioqəbuledicinin normal iş rejimində maksimum gücdə (həssaslıqda) aparılır və faydalı və müdaxilə edən vibrasiyalara uyğun gələn sınaq siqnalları bu cihazlar üçün texniki sənədlərdə NTS göstərilən standart dəyərlərə malikdir. RQQ-lərin parametrlərini ölçərkən, bir qayda olaraq, antenalar və fider istifadə olunur [9].

Ölçmələrin mahiyyəti qəbuledicinin siqnalların elektromaqnit sahələrinə reaksiyasını və onun antenası tərəfindən qəbul edilən maneəni öyrənməkdən ibarətdir və aşağıdakı kimidir. Əsas və ya i yan qəbul kanalının tezliyində, qəbuledicinin müəyyən reaksiyasının müşahidə olunduğu ölçmə generatorunun (və ya ölçmə generatorlarının) gücünün dəyəri təyin edilir. Müvafiq sahə intensivliyinin və ya güc seli sıxlığının mütləq dəyəri ölçmə qəbuledicisindən istifadə etməklə müəyyən edilir. Ölçmələr radioqəbuledicinin maksimum həssaslığına uyğun gələn istiqamətlər üçün şüalanma mənbəyinin və radioqəbuledicinin antenalarının üfüqi və şaquli polarizasiyası ilə aparılır [4]. Bu, radioqəbuledici antenasının şüalanma mənbəyindən siqnalların maksimum qəbuluna istiqamətləndirilməsi ilə (daşına bilən antenna ilə) və ya şüalanma mənbəyinin sınaqdan keçirilən radioqəbuledici ətrafında hərəkət etdirilməsi ilə (sabit antenna ilə) həyata keçirilir.

Əsas qəbuledici kanalın kvadrat metrədə vatt ilə həssaslığını ($\Pi_{rq}^{(o)}$) və yan qəbuledici kanallara həssaslıq səviyyəsini ($\Pi_{rq_i}^{(yqk)}$) aşağıdakı əlaqələrdən tapmaq olar.

$$\Pi_{rq}^{(o)} = P_{rq_o}^{(B)} P_{rq_o}^{(r)} / (P_{rq_o}^{(B)} + P_{rq_o}^{(r)}) \mathcal{L}_{ök}^{(o)} A_{ök}^{(o)},$$

$$\Pi_{rq_i}^{(yqk)} = P_{yqk_i}^{(B)} P_{yqk_i}^{(r)} / (P_{yqk_i}^{(B)} + P_{yqk_i}^{(r)}) \mathcal{L}_{ök}^{(yqk)} A_{ök}^{(yqk)}, \quad (3.4)$$

burada $P_{rq_0}^{(B)}$, $P_{rq_0}^{(r)}$, $P_{yqk_i}^{(B)}$, $P_{yqk_i}^{(r)}$ - maneə detektorunun yerləşdiyi yerdə yerləşən ölçmə qəbuledicisinin girişindəki siqnalların gücü, müvafiq olaraq, maneə mənbəyi antenasının şaquli və üfüqi polarizasiyası ilə maneə detektorunun qəbulunun əsas və i -ci yan kanallarının tezliklərində ölçülür, vattla; $\mathcal{L}_{ök}^{(o)}$, $\mathcal{L}_{ök}^{(yqk)}$ - maneə detektorunun əsas və i -ci yan qəbul kanallarının tezliklərində, müvafiq olaraq, qəbuledicinin fiderindəki generator siqnallarının zəifləmə əmsalları; $A_{ök}^{(o)}$, $A_{ök}^{(yqk)}$ - kvadrat metrə maneə detektorunun əsas və i -ci yan qəbul kanallarının tezliklərində müvafiq olaraq ölçmə antenasının effektiv sahələri.

Aşkar edilmiş kanalların hər biri üçün desibellərdə Π_{md_i} həssaslığının nisbi səviyyəsi.

$$\Pi_{md_i} = 10 \lg (\Pi_{rq_i}^{(yqk)} / \Pi_{rq}^{(o)}) \quad (3.5)$$

RVQ-nin parametrlərinin ölçülməsində olduğu kimi, elektromaqnit sahəsində RQQ-nin xüsusiyyətlərinin ölçülməsi daha obyektiv mənzərə verə bilər. Bundan əlavə, elektromaqnit sahəsində ölçmə zamanı radioqəbuledicilərin antenalarında və fiderlərində mümkün qeyri-xətti təsirlər nəzərə alınır. Ölçmə məlumatlarının geniş istifadəsinə mane olan səbəblər RVQ-nin parametrlərinin ölçülməsində olduğu kimidir. Elektromaqnit sahəsində radioqəbuledicinin parametrlərinin ölçülməsindəki əlavə çətinliklər ölçülmüş cihazın xarici elektromaqnit təsirlərdən qorunması üçün olan sərt tələblərlə əlaqələndirilir [1]. Onların sınaqdan keçirilmiş cihazlara təsirini azaltmaq üçün onları ekranlanmış əks səda verməyən otaqda yerləşdirmək olar.

Trakt üsulları radioqəbuledicisinin parametrlərini müəyyən etməyə imkan verir və iki versiyada – fiderdə dalğaların yayılmasının tək dalğalı və çox dalğalı rejimləri ilə həyata keçirilir. RVQ-nin xüsusiyyətlərinin öyrənilməsində olduğu kimi, onları həyata keçirmək daha asandır, lakin əldə edilən məlumatların etibarlılığı elektromaqnit sahəsindən istifadə edilən üsullarla aparılan ölçmələrlə müqayisədə bir qədər aşağıdır. Trakt ölçmələrini təşkil edərkən xarici sahələrin arzuolunmaz təsirindən qorunma asanlaşdırılır (çünki onlar qorunan otaqlarda həyata keçirilə bilər), qoruyucu generatorlara və onların fiderlərinə tələblər daha az sərtədir. Bununla belə, tək dalğalı

yayılma rejiminə uyğun olan ölçmələr üçün birləşdirici dalğa ötürücülərində və ya kablərdə tək dalğa tipinin şərtləri təmin edilməlidir. Bu, tezlik diapazonunu aşağıdakı dəyərlərlə məhdudlaşdırır (meqaherts ilə):

$$f_{\max} < 1,91 \cdot 10^5 / (d_1 + d_2)$$

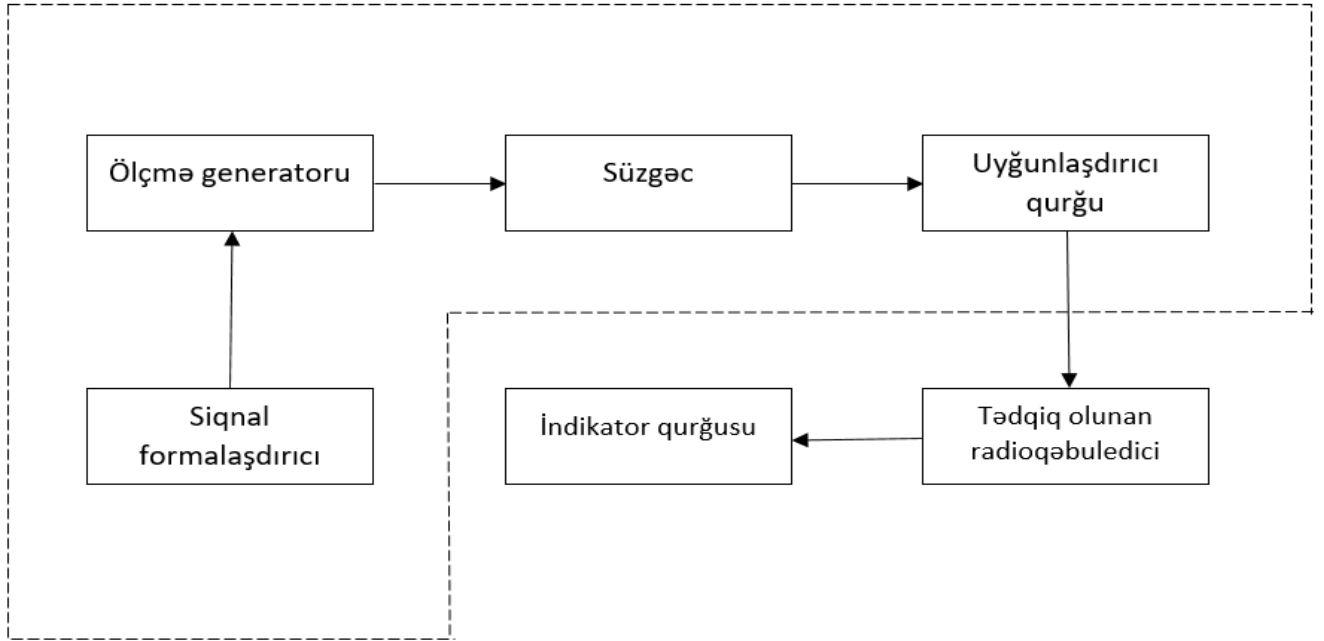
- koaksial girişi olan radioqəbuledicilər üçün və

$$f_{\max} < 1,5 f_0$$

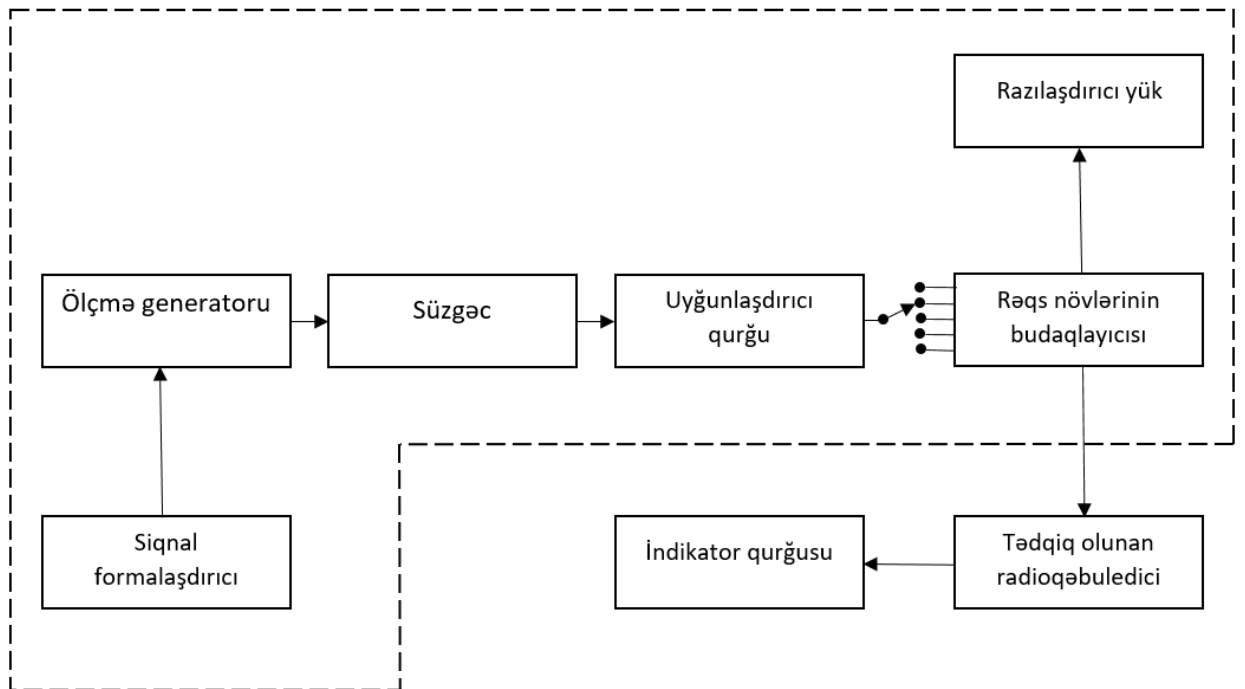
-dalğa ötürücü girişi olan radioqəbuledicilər üçün, burada d_1 , d_2 - koaksial dalğa ötürücüsünün xarici və mərkəzi keçiricilərinin diametri millimetrlə; f_0 - qəbuledicinin meqahertsdə işləmə tezliyi.

Fiderdə elektromaqnit rəqslərinin enerjisinin yayılmasının tək dalğalı rejimində trakt ölçmələri üçün şəkil 3.2-də göstərilən qurğudan istifadə olunur. Sıqnal və müdaxiləyə uyğun gələn elektromaqnit rəqsləri uyğunlaşdırıcı qurğu vasitəsilə bilavasitə radioqəbuledicinin girişinə gəlir. Uyğunlaşdırıcı qurğu qəbuledici antenanın ekvivalentidir və ekvivalent sıqnal və küy generatorunun real antena ilə eyni çıxış müqavimətini təmin edir [6]. Elektromaqnit rəqslərinin yayılmasının çoxdalğalı rejimində trakt ölçmələrində (Şəkil 3.3), əlavə olaraq, rəqslərin müəyyən tərkibində generatorun gücünün bir hissəsinin girişə ötürülməsini təmin edən rəqs növlərinin budaqlayıcısından istifadə olunur. Bu cihaz müxtəlif növ dalğalar vasitəsilə qəbuledici girişinin ayrıca həyəcanlanmasını simulyasiya edir. Trakt metodları ilə ölçmələr sıqnalların gərginliyi və ya gücü və birbaşa onun girişinə təsir edən maneədən asılı olan radioqəbuledicinin reaksiyasının kəmiyyətə müəyyənləşdirilməsindən ibarətdir.

Ölçmənin məqsədindən və radioqəbuledicilərin ölçülən parametrlərinin növündən asılı olaraq həm təkdalğalı, eləcə də çoxdalğalı rejimlərdə eləcə də rəqslərin yayılmasında tək sıqnallı və ya çoxsıqnallı üsullardan istifadə olunur. Bir sıqnallı üsullar kvadratlıq əmsalını və bəzən qəbulun yan kanallarının həssaslığını təyin edir. İki sıqnallı üsullar yan kanalların həssaslığını, bloklama və çarpaz təhrifi, bəzən isə intermodulyasiyanı təyin edir. İntermodulyasiyadan həssaslığı təyin etmək üçün üç sıqnal üsullarından istifadə olunur [13].



Şək.3.2. Elektromaqnit rəqslərinin yayılmasının bir dalğalı rejimində yan qəbul kanalları vasitəsilə radioqəbuledicinin həssaslıq səviyyələrinin tək siqnal üsulu ilə traktada ölçülməsi sxemi.



Şək.3.3. Çoxdalğalı enerji yayılması rejimində yan kanallar vasitəsilə radioqəbuledicinin həssaslıq səviyyələrinin tək siqnal üsulu ilə ölçülməsi sxemi.

3.2. Radioqəbuledici qurğuların parametrlərinin ölçmə üsulları

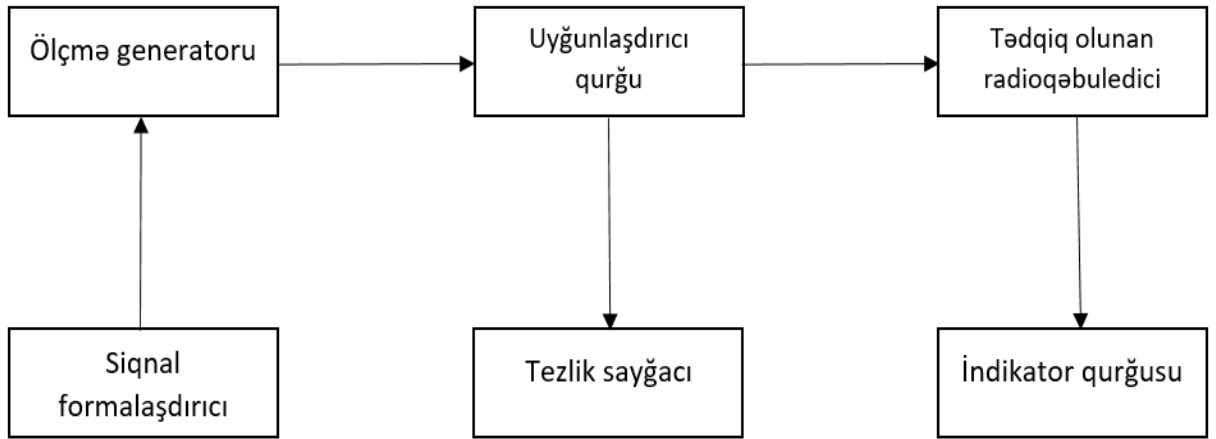
Tək siqnalı üsullar. Yan qəbul kanalları vasitəsilə radioqəbuledicinin həssaslıq səviyyələrinin tək siqnal üsulları ilə ölçülməsində enerjinin yayılmasının tək və çoxdalğalı rejimlərindən istifadə olunur. Onlardan həm elektromaqnit sahəsində ölçmələr üçün, həm də trakt ölçmələri zamanı istifadə edilə bilər. Bu üsullarla əsas qəbul kanalı üzrə həssaslığı, həmçinin yan qəbul kanalları üzrə həssaslığın tezliklərini və dəyərlərini müəyyən edirlər. Bu halda, həssaslıq gücün, gərginliyin və ya sahənin gücünün mütləq dəyərlərində, bir qayda olaraq, əsas qəbuledici kanal üçün həssaslıq dəyərində nisbətə nisbi vahidlərdə ifadə edilir [15].

Tək siqnal üsulları ilə faydalı siqnal olmadıqda siqnal qəbulunun zəifləmə dərəcəsi qəbulun yan kanalında tezliyin tənzimlənməsindən və ya maneədən asılı olaraq qiymətləndirilir [17].

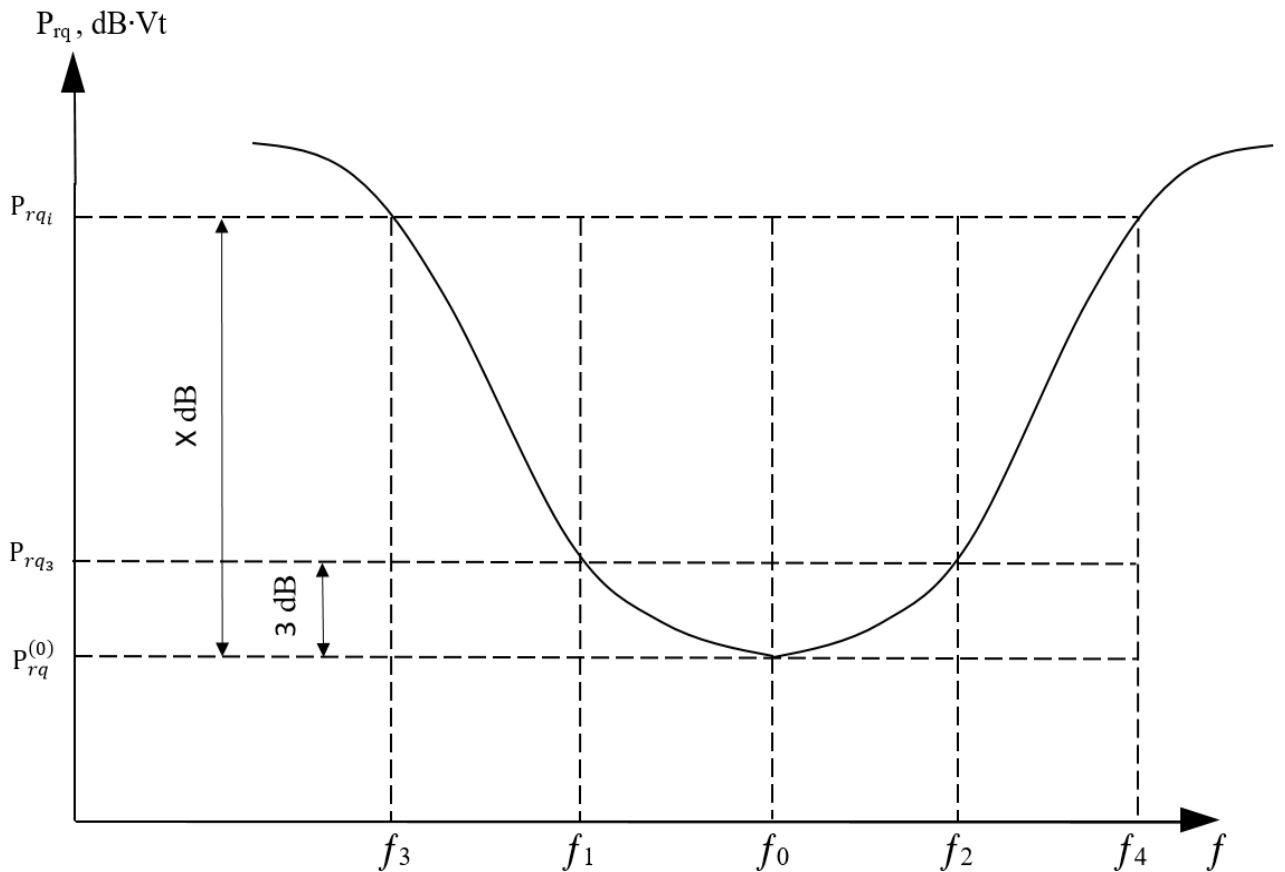
Tək siqnal ölçmə üsulları üçün kalibrlənmiş çıxış gücünə malik elektromaqnit rəqsləri generatorundan və tənzimlənən attenyuatordan ibarət ölçmə generatoru siqnalların mənbəyidir (Şəkil 3.1, 3.2).

Əsas kanalda qəbuledicinin həssaslığını ölçərkən, giriş siqnalının gücünün (gərginlik və ya sahə intensivliyi) belə bir mütləq dəyəri müəyyən edilir ki, bu zaman qəbuledicinin çıxışında qəbuledicinin öz küyü üzərində tənzimləmə tezliyində qəbul edilən siqnalın əvvəlcədən müəyyən edilmiş artıqlığı qeyd olunur. Generatorun tezliyini dəyişdirərək və giriş siqnalının gücünü artırmaqla qəbuledicinin eyni reaksiyasına nail olaraq, tezlik seçiciliyi xarakteristikası tək siqnal üsulu ilə ölçülür. Eyni şəkildə, onun törəmə parametrləri də texniki şərtlərdə bir sıra hallarda müəyyən edilir: qonşu kanalda düzbucaqlılıq əmsalı və seçicilik [8].

Əsas kanalda kvadratlıq əmsalının ölçülməsi. Verilmiş ölçmə məlumatlarını həyata keçirərkən (şəkil 3.4) əvvəlcə indikator qurğusu ilə radioqəbuledicinin P_k küy səviyyəsini təyin edirlər, sonra isə təhlil edilən qəbuledicidə texniki sənədlərdə göstərilən siqnal modulyasiya rejimində generatoru işə salırlar.



Şək.3.4. Radioqəbuledicinin əsas qəbul kanalında kvadratlıq əmsalının ölçülməsi sxemi.



Şək.3.5. Radio seçicilik xüsusiyyəti.

Siqnal generatorunu radioqəbuledicinin işləmə tezliyinə uyğunlaşdırırlar. Generatorun ÇıXış siqnalının səviyyəsini dəyişdirərək, indikator qurğusundan istifadə

etməklə qəbul edilmiş siqnalın qəbuledicinin öz küyündən (P_s/P_k) artıqlığı təyin edilir və gücün dəyəri qeydə alınır P_o .

NTS-də göstərilən generatorun çıxış siqnalının səviyyəsini $P_{rq}^{(o)}$ -ə nisbətən X dB artıraraq və generatorun tezliyini dəyişdirərək f_1, \dots, f_4 , tezliklərini təyin edirlər, bu zaman əvvəllər təyin edilmiş P_s/P_k nisbətləri saxlanılır. (Şəkil 3.5)

Radioqəbuledicinin əsas qəbul kanalı üzrə düzbucaqlılıq əmsalı aşağıdakı nisbətə müəyyən edilir.

$$K_d = (f_4 - f_3) / (f_2 - f_1) \quad (3.6)$$

Yan qəbul kanalları vasitəsilə radioqəbuledicinin həssaslıq səviyyələrinin tək siqnal üsulu ilə ölçülməsi. Elektromaqnit sahəsi ilə ölçülmə zamanı (Şəkil 3.1) ölçmə generatorunun siqnal gücləri $P_o^{(s)}$, $P_o^{(ü)}$, $P_{yqk_i}^{(s)}$, $P_{yqk_i}^{(ü)}$ ölçmə qəbuledicisinin girişində antenna radioqəbuledicinin şaquli və üfüqi polarizasiyası ilə radioqəbuledicinin əsas və i -ci yan qəbul kanallarının tezliklərində müəyyən edilir. Bu zaman bütün tədqiq olunan tezliklərdə qəbul edilmiş siqnalın müəyyən edilmiş artıqlığı onun öz küyü üzərində daim sabit qalmalıdır. Aşkar edilmiş yan qəbul kanallarının hər biri üçün radioqəbuledicinin nisbi həssaslıq səviyyəsini (3.4), (3.5) ifadələrindən istifadə etməklə qiymətləndirmək olar [2].

Tək siqnal metodu və elektromaqnit rəqslərinin tək dalğalı yayılma rejimindən istifadə edən trakt ölçmələrində (Şəkil 3.2), onun çıxış siqnallarının güc səviyyəsini P_o və P_{yqk_i} , əsas və i -ci yan qəbul kanallarının tezliklərinə müvafiq olaraq generatorun miqyası ilə müəyyən edirlər bu zaman qəbuledicinin çıxışında bütün təhlil edilən tezliklərdə əvvəlcədən müəyyən edilmiş artıq siqnal qəbuledicinin öz küyü üzərində sabit olmalıdır.

Aşkar edilmiş kanalların hər biri üçün $P_{nis}^{(yqk)}$ - nisbi həssaslıq səviyyəsinin desibellərlə dəyəri aşağıdakı düsturla müəyyən edilir

$$P_{1\ nis_i}^{(yqk)} = 10 \lg \frac{P_{yqk_i} \mathcal{L}_{yqk_i}}{P_o \mathcal{L}_o} \quad (3.7)$$

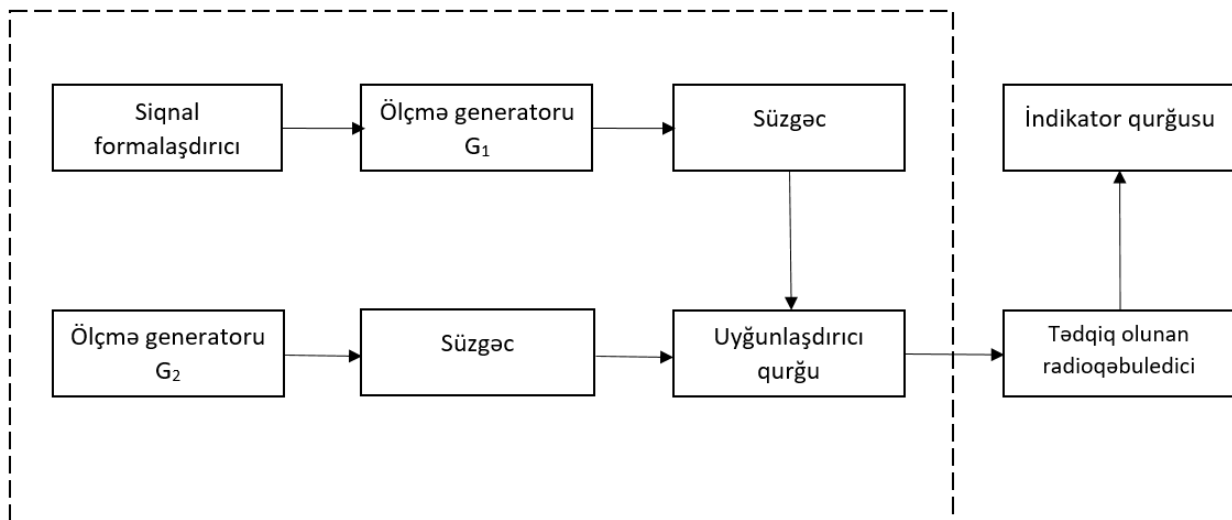
burada P_o , P_{yqk_i} , \mathcal{L}_o və \mathcal{L}_{yqk_i} - müvafiq olaraq ölçü generatorunun çıxış siqnalının gücü və fiderdə əsas və i -ci yan qəbul kanallarının tezliklərində zəifləmə əmsallarıdır.

Enerji yayılmasının çoxdalğalı rejimində yan kanallarda radioqəbuledicinin həssaslığının ölçülməsi oxşar şəkildə həyata keçirilir. Bu halda, siqnal generatorunu (Şəkil 3.3) növbə ilə transponderin tək dalğalı girişlərinə qoşurlar ki, bu da radioqəbuledicinin girişində müxtəlif növ dalğaları həyəcanlandırmağa imkan verir. Generatorun f_i tezliyinə uyğun yenidən qurulması ilə $P_{yqk}^{(mn)}$ – nin səviyyəsi ölçülür və radioqəbuledicinin mn tipli dalğalara qarşı həssaslığı müəyyən edilir.

İki siqnallı üsullar. İki siqnallı üsullar siqnalın və maneənin eyni vaxtda fəaliyyət göstərməsi şərti ilə qəbuledicinin parametrlərini ölçür: bloklanma və qarşılıqlı əlaqə üçün həssaslıq və ya dinamik diapazonun dəyərləri, yan qəbul kanalları üçün tezliklər və həssaslıq səviyyələri. Bundan əlavə, iki siqnallı üsullar faydalı siqnal olmadıqda intermodulyasiya ilə qəbuledicinin parametrlərini qiymətləndirir [14].

Yan qəbul kanallarında radioqəbuledicinin həssaslıq səviyyələrinin ölçülməsi. Yan qəbul kanallarında radioqəbuledicinin həssaslığının ölçülməsinin blok diaqramı iki ölçmə generatorunu ehtiva edir, onlardan biri (G_1) - siqnal mənbəyidir; digəri (G_2) – maneə mənbəyidir. İki siqnallı üsullarla ölçmələrin mahiyyəti aşağıdakı kimidir. Əvvəlcə generator G_1 işə salınır və əsas qəbuledici kanalın tezliyinə uyğunlaşdırılır. G_1 generatorunun P_{1o} çıxış gücünün dəyəri qəbuledicinin çıxışındakı siqnalın əvvəlcədən müəyyən edilmiş səviyyəyə malik olması ilə təyin edilir. (adətən qəbuledicinin öz küyünün müəyyən edilmiş artıqlığı meyarına uyğun olaraq). Sonra G_2 generatoru işə salınır və maneənin təsiri onun P_{2yqk} səviyyəsindən, idarəetmə panelindən və tezliklərin tənzimlənməsindən asılı olaraq qiymətləndirilir [10].

Qəbulun yan kanallarında həssaslığı təyin edərkən, yan kanalların tezlikləri tək siqnal metodunda olduğu kimi müəyyən edilir. Aşkar edilmiş yan kanalların hər biri üçün həssaslıq səviyyələri, qəbuledicinin çıxışında əvvəlcədən müəyyən edilmiş dəyişikliyin baş verdiyi girişdəki maneə gücünün siqnal gücündən artıq olması ilə qiymətləndirilir, məsələn, siqnal-küy üstəgəl maneə meyarı.



Şək.3.6. Elektromaqnit rəqslərinin yayılmasının bir dalğalı rejimində yan qəbul kanalları vasitəsilə radioqəbuledicinin həssaslıq səviyyələrinin iki siqnal üsulu ilə traktada ölçülməsi sxemi.

Aşkar edilmiş kanalların hər biri üçün nisbi həssaslıq səviyyəsinin dəyərini aşağıdakı ifadədən tapmaq olar

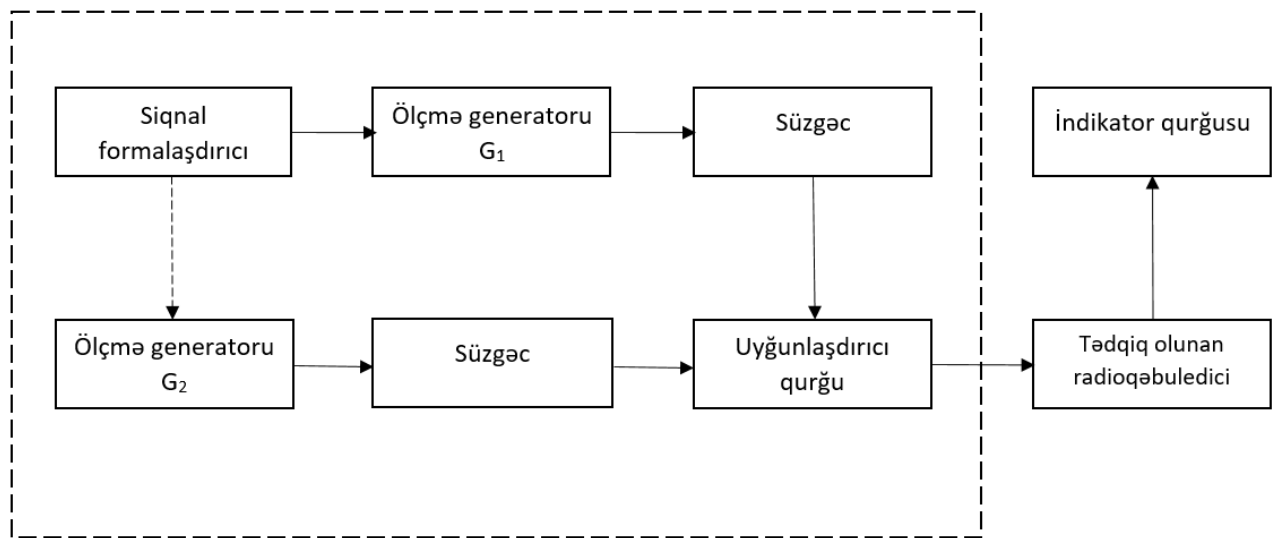
$$P_{2 \text{ nis } i}^{(yqk)} = 10 \lg \frac{P_{2 yqk i} \mathcal{L}_{yqk i}}{P_{1 o} \mathcal{L}_{1 o}}, \quad (3.8)$$

burada $P_{1 o}$, $P_{2 yqk i}$, $\mathcal{L}_{1 o}$, $\mathcal{L}_{yqk i}$ - müvafiq olaraq birinci və ikinci generatorların çıxış siqnallarının gücü və əsas və i-ci yan qəbul kanallarının tezliklərində fiderdə zəifləmə əmsalları.

Bu ölçmələrin nəticələri ilə tək siqnallı olanlar arasındakı fərq ondan ibarətdir ki, qəbuledicinin qeyri-xətti xüsusiyyətlərindən asılı olaraq faydalı siqnalın mövcudluğu və ya olmaması halında yan kanala maneəyə reaksiyası fərqlidir və iki siqnallı üsullar qəbuledicinin xassələrinin daha obyektiv mənzərəsini verir.

Bloklama yolu ilə həssaslıq səviyyələrinin ölçülməsi. Bloklama ilə radioqəbuledicinin həssaslığının ölçülmə xüsusiyyətlərinin mahiyyəti aşağıdakı kimidir. İndikator qurğusundan istifadə edərək radioqəbuledicinin öz küy səviyyəsi (P_k) müəyyən edilir, sonra G_1 generatoru (Şəkil 3.7) bu radioqəbuledici üçün NTS tərəfindən nəzərdə tutulmuş modulyasiya rejimində işə salınır. Onu işləmə tezliyinə uyğunlaşdırdıqdan sonra siqnal səviyyəsi G_1 generatorunun şkalasında təyin olunur, bu zaman indikator qurğusunun göstəricisi müəyyən edilmiş siqnal-səs nisbətinə uyğun

gəlir və bu nisbətə uyğun gələn G_1 generatorunun P_{10} göstəricisi qeyd olunur. G_2 generatoru davamlı generasiya rejimində işə salınır və çıxış siqnallarının maksimum səviyyəsi əvvəlcədən tezliklərdən birinə uyğunlaşdırılaraq təyin edilir: $f_{1H} = f_0 - \Delta f$ və ya $f_{1B} = f_0 + \Delta f$, burada Δf - radioqəbuledicinin f_0 tənzimləmə tezliyindən yayınma, ondan başlayaraq NTS-ə uyğun olaraq radioqəbuledici bloklanmaya həssaslıq səviyyələri ilə məhdudlaşır (şək. 3.8). Bundan əlavə, həssaslıq səviyyələrinin bloklanması tələblərinin müəyyən edildiyi $f_{1H} \dots f_{2H}$ və ya $f_{1B} \dots f_{2B}$ tezlik diapazonunda G_2 generatorunu yenidən qurmaqla və generatorun siqnal səviyyəsini azaltmaqla (artırmaqla), belə bir vəziyyət əldə edilir ki, bu zaman generator siqnallarının G_1 generatorundan istifadə etməklə təyin edilmiş siqnal-küy nisbətinə heç bir təsiri müşahidə edilməməlidir.



Şək.3.7. Bloklama yolu ilə radioqəbuledicinin həssaslıq səviyyələrinin ölçülməsi sxemi

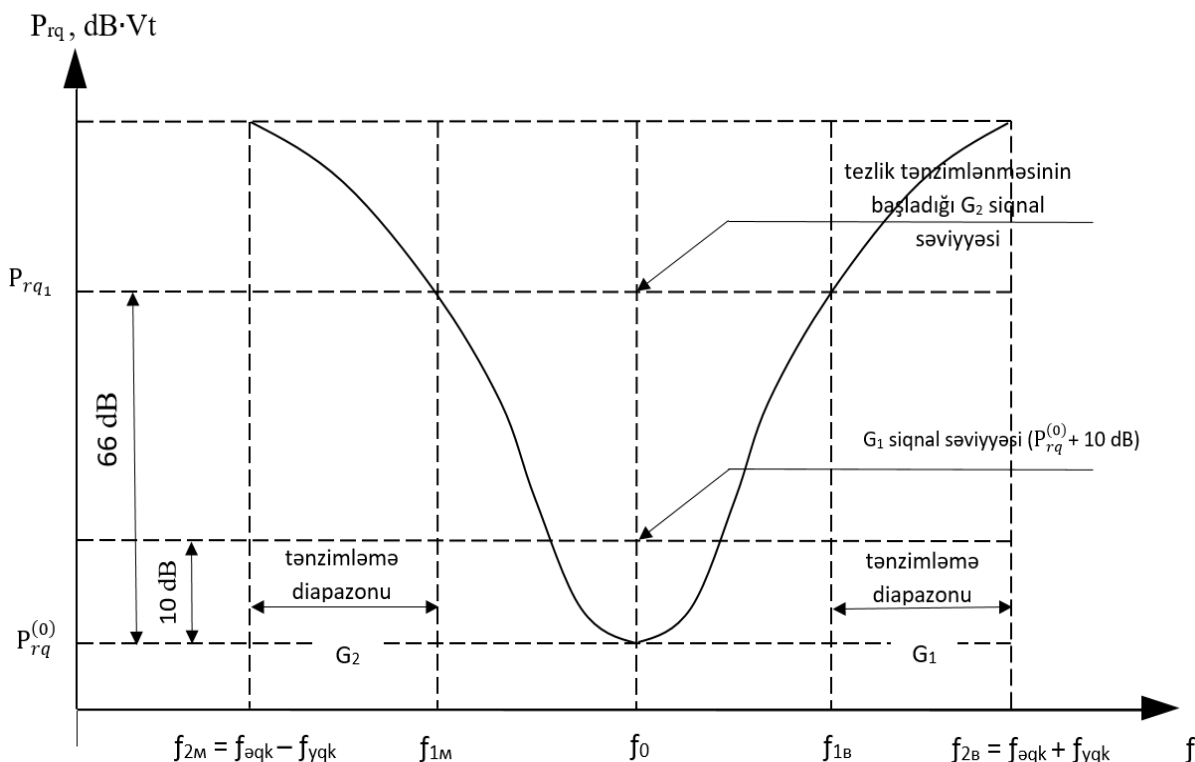
Sonra G_2 generatorunun siqnallarının təsirinin özünü göstərdiyi f_i tezlikləri və təsirin müşahidə olunmadığı $P_{2\text{ blk.}}$ güc səviyyəsi sabitlənir. (Bu ölçmələri apararkən, G_2 regeneratorunun ölçmə siqnallarının tezliklərinin əsas və ya yan qəbul kanallarının tezlikləri ilə üst-üstə düşməməsini təmin etmək və uyğunluq olduqda generatoru yenidən qurmaq lazımdır).

Nisbi həssaslıq səviyyəsi (desibellə) aşağıdakı nisbətdən tapılır

$$P_{2\text{ nis}}^{(\text{blk.})} = 10 \lg \frac{P_{2\text{ blk.}} \mathcal{L}_{2\text{ blk.}}}{P_{10} \mathcal{L}_{10}}, \quad (3.9)$$

burada P_{10} , $P_{2\text{ blk.}}$, \mathcal{L}_{10} , $\mathcal{L}_{2\text{ blk.}}$ - müvafiq olaraq, birinci və ikinci generatorların çıxış siqnallarının gücü və əsas qəbul kanalının tezliklərində və təhlil edilən tezlikdə fiderdə zəifləmə əmsalları.

Radioqəbuledicinin çarpaz təhrifə həssaslıq səviyyələrinin ölçülməsi. Çarpaz təhrifə həssaslıq səviyyələri şəkil 3.7-də göstərilən quraşdırma ilə ölçülə bilər. Adətən eyni tipli generatorlar G_1 və G_2 , eləcə də bu generatorların harmoniklərinin ölçmə nəticələrinə təsirini aradan qaldıran aşağı ötürücü süzgeclərdən istifadə olunur [10]. Bu ölçmələrin mahiyyəti aşağıdakı kimidir. Generator G_1 radioqəbuledicinin f_0 tənzimləmə tezliyinə tənzimlənir və onu sınaqdan keçirilən qəbuledici üçün NTS tərəfindən müəyyən edilmiş modulyasiya rejimində işə salaraq, verilmiş siqnalın siqnal-küy nisbətində uyğun gələn siqnal gücü G_1 generatorunun şkalası üzrə müəyyən edilir, bu nisbətə uyğun P_{10} dəyəri G_1 generatorunun şkalasında və tənzimləmə tezliyində sabitlənir. Oxşar əməliyyatlar G_1 generatoru söndürülmüş G_2 generatoru ilə həyata keçirilir.



Şək.3.8. Radioqəbuledicinin həssaslıq səviyyələrini çarpaz təhrif ilə ölçərkən siqnal generatorlarının tənzimləmə tezliklərinin dəyişdirilməsi.

Burada $P_{rq}^{(0)}$ P_{10} və ya P_{20} -yə uyğundur; $P_{rq1} - P_2$

Sonra, G_1 və G_2 generatorları işə salınır, birincisi fasiləsiz generasiya rejimində, ikincisi isə bu radioqəbuledicisi üçün NTS tərəfindən müəyyən edilmiş modulyasiya rejimində reallaşdırılır. Bundan sonra G_1 və G_2 generatorlarının gücü NTS-də göstərilən X_1 və X_2 dəyərləri ilə artır, məsələn, 10 və 66 dB-də; $P_1 = P_{1o} + 10$ dB, $P_2 = P_{2o} + 66$ dB (Şəkil 3.8). G_1 generatorunun reaksiyasına təsiri yox olana qədər G_2 generatorunun tezliyini yavaş-yavaş dəyişdirilir. Bu f_{1B} tezliyinə uyğun olacaq. Sonra G_2 generatorunun tezliyini f_{1B} -dən $f_{2B} = f_{\text{əqk}} + f_{\text{yqk}}$ - ə dəyişdirin, burada $f_{\text{əqk}}$ və f_{yqk} - əsas qəbuledici kanalın və yan kanalın tezlikləridir, onlar qəbuledicinin reaksiyasını təhlil edirlər. Bu cavab G_2 generatorunun siqnalları olmadıqda yox olarsa, çarpaz modulyasiya mövcuddur. Çarpaz modulyasiyanın aşkar edildiyi f_i tezlikləri üçün, G_2 generatorunun siqnal gücü, başlanğıcda təyin edilmiş G_1 reaksiyasına G_2 generatorunun təsiri yox olana qədər azalır.

G_2 generatorunun gücü $P_{2yş}$ və onun tezliyi f_i qeydə alınır. Oxşar əməliyyatlar f_o tezliyinə görə digər tərəfdən təkrarlanır.

$P_{2yş}$ və P_{2o} o dəyərləri arasındakı fərq (desibellərdə) f_i tezliyində çarpaz təhrifə qarşı həssaslığın nisbi səviyyəsini xarakterizə edir. Qəbuledicinin NTS-in müəyyən edilmiş tələblərinə uyğunluğu danışıq tezliklərində yerinə yetirilən $P_{2yş} - P_{2o} < X_2$ şərti ilə təmin edilir.

İntermodulyasiya ilə radioqəbuledicinin həssaslıq səviyyələrinin ölçülməsi. İntermodulyasiya ilə radioqəbuledicinin həssaslığının səviyyələri elektromaqnit dalğalarının yayılmasının həm tək dalğalı, həm də çox dalğalı rejimlərində ölçülə bilər. Birinci halda, şəkil 3.7-də göstərilən sxemdəki quraşdırma istifadə olunur. Bu quraşdırmaya daxil olan cihazların məqsədi radioqəbuledicinin çarpaz təhrif və ya bloklanmaya həssaslıq səviyyələrini ölçərkən istifadə olunan cihazların məqsədinə bənzəyir [7].

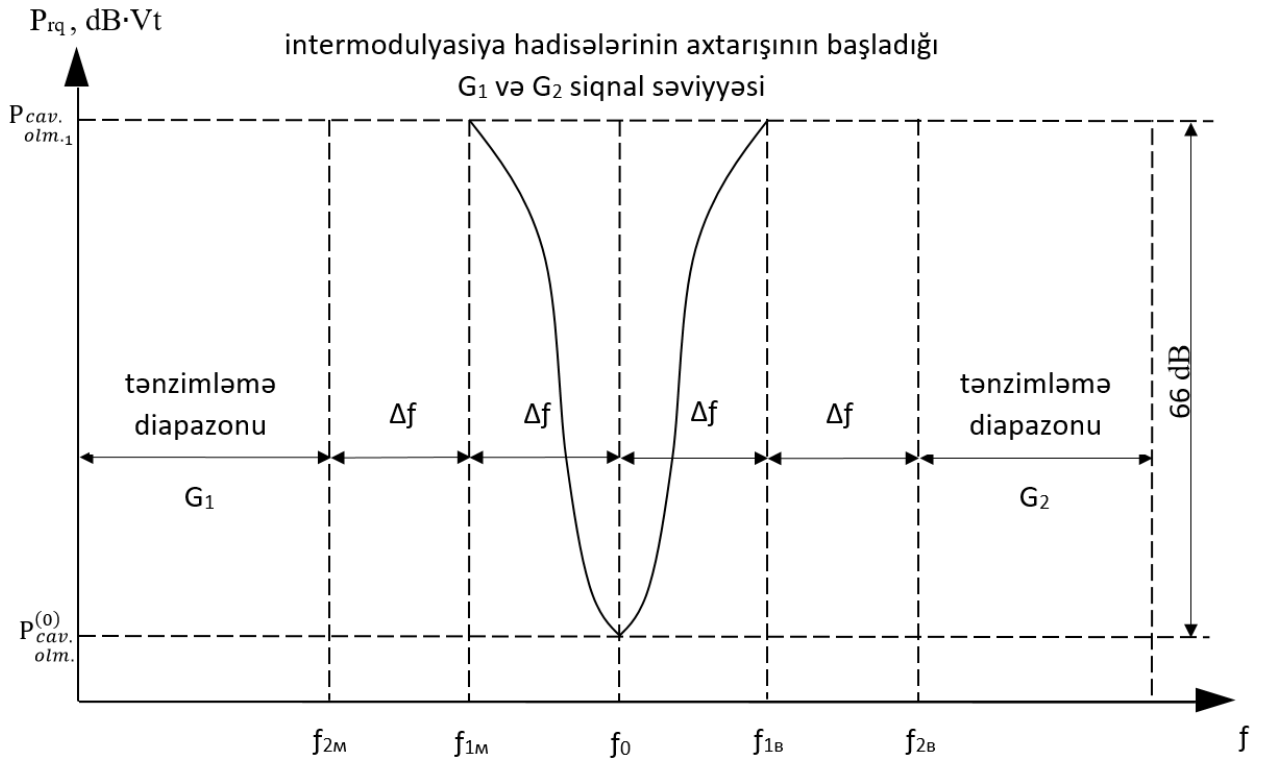
Bu ölçmələrin mahiyyəti aşağıdakı kimidir. Generator G_2 söndürüldükdə, generator G_1 əsas qəbul kanalının f_o tezliyinə tənzimlənir və sınaqdan keçirilən qəbuledici üçün NTS-də göstərilən modulyasiya rejimini yandırmaqla siqnal gücü təyin olunur, verilən siqnal-küy nisbətinə uyğun olaraq, G_1 generatorunun P_{1o} güc dəyərini və f_o tənzimləmə tezliyi qeyd edilir. Sonra, G_1 generatoru söndürülmüş halda

G_2 generatoru ilə oxşar əməliyyatları yerinə yetirin. Sonra hər iki generatoru yandırın: G_2 – fasiləsiz generasiya rejimində (modulyasiya yoxdur), və G_1 - əvvəllər göstərilən rejimdə, bundan sonra G_2 generatorunun siqnal gücü azalır. Generator G_1 -nin siqnal gücünü bu qəbuledici üçün NTD-də göstərilən X dəyərində, məsələn, 60 dB ($P_1 = P_{10} + 66$ dB) artırın.

Reaksiya yox olana qədər G_1 generatorunun tezliyini f_0 -dan yuxarıya doğru yavaş-yavaş tənzimləyin və $f_{iB} = f_0 + \Delta f$ tezliyini təyin edin, burada Δf - radioqəbuledicinin tənzimləmə tezliyinə nisbətən tənzimləmədir. Fasiləsiz rejimdə işləyən G_2 generatorunun tezliyi f_{1B} tezliyindən Δf qədər yüksək, yəni $f_{2B} = f_0 + 2\Delta f$ olaraq təyin edilir və siqnal gücü əvvəlcədən təyin edilmiş P_{20} dəyərindən X yüksəkdir, məsələn 66 dB ($P_2 = P_{20} + 66$ dB) və bu halda cavabın olması müəyyənləşdirilir. Heç bir reaksiya müşahidə edilmirsə, G_2 generatorunun tezliyini NTS-də göstərilən tezliyə, məsələn, $10f_0$ -a yavaş-yavaş tənzimləmək və onun çıxış siqnal gücünü sabit saxlamaqla ($P_s/P_k = \text{const}$), cavabın müşahidə olunacağı f_i tezlikləri qeyd etmək lazımdır.

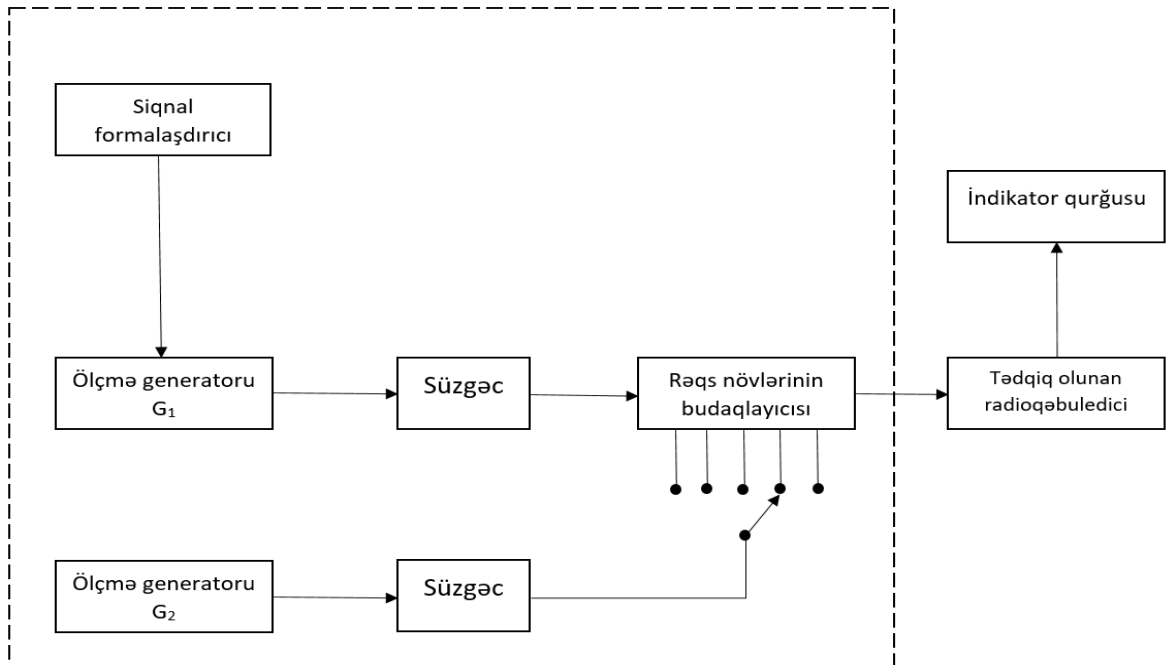
Sonra G_1 və G_2 generatorlarının hər ikisinin siqnal gücü cavabın olmadığı P_{int} dəyərində endirilir. Oxşar əməliyyatlar həyata keçirilir, G_2 generatoru f_0 tezliyinə nisbətən digər istiqamətdə yenidən qurulur. P_{int} və P_{10} dəyərləri arasındakı fərq, qəbuledicinin müəyyən bir f_i tezliyində intermodulyasiyaya nisbi həssaslığını xarakterizə edir (desibellə ifadə olunur). Qəbuledicinin parametrləri NTS-nin tələblərinə uyğundursa, göstərilən tezliklər üçün $P_{\text{int}} - P_{10} > X$ şərtinin yerinə yetirilməsi tələblərə cavab verir [15].

Çoxdalğalı yayılma rejimində intermodulyasiya yolu ilə radioqəbuledicinin həssaslıq səviyyələrinin ölçülməsi üçün iki siqnalı üsul. Bu ölçmələr qəbuledicinin həssaslığının tək dalğa yayılması ilə iki siqnal üsulu ilə ölçülməsi ilə eyni şəkildə həyata keçirilir. Şəkil 3.9-da Radioqəbuledicinin həssaslıq səviyyələrini intermodulyasiya yolu ilə ölçərkən siqnal generatorlarının tənzimləmə tezliklərinin dəyişdirilməsi təsvir olunmuşdur.



Şək.3.9. Radioqəbuledicinin həssaslıq səviyyələrini intermodulyasiya yolu ilə ölçərkən signal generatorlarının tənzimləmə tezliklərinin dəyişdirilməsi.

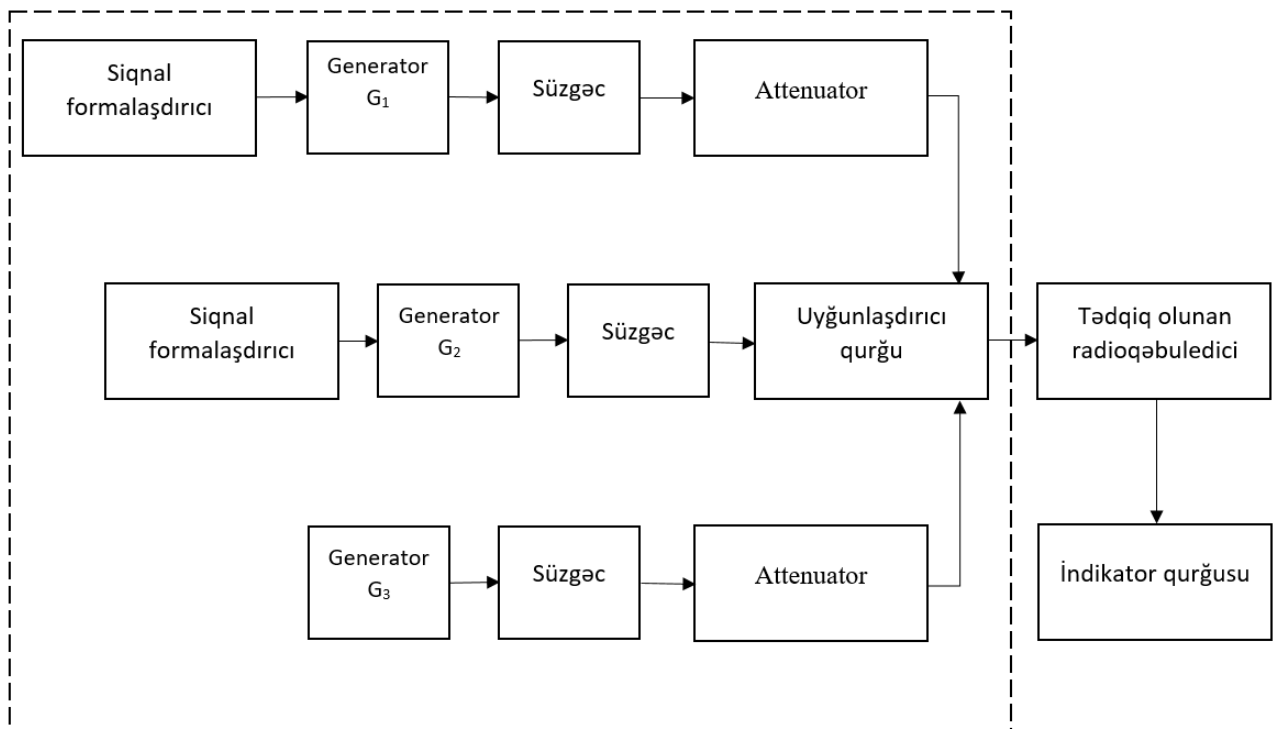
Burada $P_{int.}^{(0)}$ P_{10} və ya P_{20} -yə uyğun gəlir; $P_{int1} - P_2$



Şək.3.10. Enerji yayılmasının çoxdalğalı rejimində intermodulyasiya yolu ilə radioqəbuledicinin həssaslıq səviyyələrinin iki signal üsulu ilə traktda ölçülməsi sxemi.

Bu halda, G_2 signal generatoru (Şəkil 3.10) birləşdiricinin tək dalğalı girişinə qoşulur ki, bu da radioqəbuledicinin girişində müəyyən bir növ dalğanı həyəcanlandırmağa imkan verir, bundan sonra radioqəbuledicinin həssaslığı m_n dalğa növü üçün intermodulyasiya ilə müəyyən edilir.

Üç siqnallı üsullar. Üç siqnallı üsullar intermodulyasiya ilə həssaslıq və ya dinamik diapazonun dəyərlərini tapır.



Şəki.3.11. Elektromaqnit rəqslərinin yayılmasının tək dalğa rejimində intermodulyasiya yolu ilə radioqəbuledicinin həssaslıq səviyyələrinin üç siqnallı üsulu ilə traktada ölçülməsi sxemi.

İki siqnallı üsullarla müqayisədə onlar intermodulyasiya hadisəsinin daha obyektiv qiymətləndirilməsinə imkan verir, çünki onlar faydalı siqnalın və intermodulyasiya küyünün birgə hərəkətinə uyğundur. Ölçmələr zamanı şəkil 3.11-dəki sxem istifadə olunur. Siqnal mənbələri üç ölçü generatorudur, onlardan biri (G_1) - faydalı siqnalı simulyasiya etmək, digər iki (G_2 və G_3) - intermodulyasiya maneə mənbələrini simulyasiya etmək üçün. G_1 generatorunun tezliyi və güc səviyyəsi elə qurulmuşdur ki, G_2 və G_3 generatorlarının dalğalanmaları olmadıqda, qəbuledicinin çıxış siqnalı, siqnalın öz küy səviyyəsindən yuxarı olan əvvəlcədən müəyyən edilmiş

artıqlığına uyğun olsun. Sonra G_2 və G_3 generatorları işə salınır və ölçmələr iki siqnal üsulu ilə intermodulyasiya parametrlərinin ölçülməsinə bənzər şəkildə aparılır və yalnız qəbuledicinin çıxış siqnalının dəyərində maneənin təsirinin qiymətləndirilməsi meyarına görə fərqlənir [12]. Sonuncu, intermodulyasiya maneəsi olduqda qəbul keyfiyyətinin əvvəlcədən müəyyən edilmiş pisləşməsi ilə müəyyən edilir. G_1 generatorunun giriş siqnalı qəbuledicinin həssaslıq səviyyəsinə uyğundursa və intermodulyasiya əmsalının icazə verilən dəyəri qəbulun pisləşməsi meyarı kimi seçilirsə, NTS-də göstərilən tezliklərin tənzimlənməsi üçün həssaslığın tapılmış dəyəri intermodulyasiya üçün dinamik diapazona ədədi olaraq bərabərdir.

Nəticə

- 1) Radioelektron vasitələrində elektromaqnit birgəliyinin xarakteristikalarının geniş tezlik diapazonunda ölçülməsinin əsas xüsusiyyətləri araşdırılmışdır.
- 2) Detektorlara təsir edən siqnal və yan təhriflərin məcmusunun modelləşdirilməsində fiziki, riyazi və qarışıq modelləşdirilmə metodlarından istifadə olunmuşdur.
- 3) Radioelektron vasitələrində elektromaqnit birgəliyini müəyyənləşdirmək üçün nisbi şüalanma gücü, şüalanmanın spektral sıxlığının müxtəlif qurğular üçün hesabı aparılmışdır.
- 4) Radioverici traktında yan şüalanmanın ölçü sxemi işlənib hazırlanmışdır.
- 5) Radioverici qurğularda icazə verilən hədd meylinin ölçülməsi həyata keçirilmişdir.
- 6) Radiodalğanın fiderdə bir və çoxdalğalı yayılma variantında radiovericinin parametrləri təyin olunmuşdur.
- 7) Bir və iki siqnal üsulunun köməylə radioqəbuledicinin parametrlərinin ölçmə metodikası işlənib hazırlanmışdır.
- 8) Üç siqnal üsulunun köməylə radioqəbuledicinin parametrlərinin ölçmə metodikası işlənib hazırlanmışdır.

İstifadə olunmuş ədəbiyyatların siyahısı

1. А. Г. Овсянников, Р. К. Борисов. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. — 196 с.
2. Акбайіев, Б. Б. Защита объектов телекоммуникаций от электромагнитных воздействий / Б. Б. Акбашев., Н. В. Балюк, Л. Н. Кечиев. — Москва : Грифон, 2014
3. Бобков В.Ю., Вознюк М.А., Михайлов П.А. Сети мобильной связи. Частотно-территориальное планирование. Москва: Горячая линия — Телеком, 2007. — 224с.
4. Бузов, А. Л. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем : учебное пособие / А. Л. Бузов [и др.]. — Москва: Эко-Трендз, 2006. — 376 с.
5. Егоров Е.И., Калашников Н.И., Михайлов А.С. Использование радиочастотного спектра и непреднамеренные помехи. — М.: Радио и связь, 1985. — 400 с.
6. Князев А. Д. Элементы теории и практики обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств. — М.: Радио и связь, 1984. — 336 с.
7. Колесников, Е. П. Методика расчетной оценки ЭМС радиоэлектронных средств с направленными антеннами в зоне Френеля / Е. П. Колесников, М. Н. Купин, И. В. Червяков // Электросвязь. — 2020. — № 2. — С. 39—45.
8. Михайлов А. С. Измерение параметров ЭМС РЭС. — М.: Связь, 1980. — 200 с.
9. Общесоюзные нормы на ширину полос радиочастот и внеполосные спектры излучений радиопередающих устройств гражданского назначения/ГКРЧ СССР. - М.: Связь, 1976
10. Отт Г. Методы подавления шумов и помех в электронных системах. —М.: Мир, 1979. — 318 с.

11. Регламент радиосвязи/Генеральный секретариат МСЭ. Т. 1. — М.: Радио и связь, 1985. — 632 с.
12. Уайт Д. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи. Пер. с англ. Вып. 2/Под ред. А. И. Сапгира. — М.: Сов. Радио, 1978. — 272 с.
13. Уайт Д. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи. Пер. с англ. Вып. 3/Под ред. А. И. Сапгира. — М.: Сов. Радио, 1979. — 464 с.
14. Хейл У. К. Присвоение частот. Теория и приложения. — ТИИЭР, 1980 т. 68, № 12, с. 55-76.
15. Шваб А.Й. Электромагнитная совместимость. М.: Энергоатомиздат. — 1998. — 480 с.
16. Электромагнитная совместимость потребителей / И. В. Жежеленко [и др.]. — Москва: Машиностроение, 2012. — 351 с.
17. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и систем/В. И. Владимиров, А. Л. Докторов, Ф. В. Элизаров- и др.: Под ред.Н. М. Царькова. — М.: Радио и связь, 1985. — 400 с.
18. Barchanski A. EMC Simulation of Consumer Electronic Devices // High Frequency Design. — 2013. — №7. — P. 32–38.
19. Bernal-Méndez, J.; Freire, M.J. On-site, quick and cost-effective techniques for improving the performance of EMI filters by using conducting bands. In Proceedings of the 2016 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Ottawa, ON, Canada, 25–29 July 2016; pp. 390–395.
20. Henry W. Ott. Electromagnetic Compatibility Engineering. — John Wiley & Sons, 2009. — 862 p.
21. Jay J. Ely “Electromagnetic Interference to Flight Navigation and Communication Systems: New Strategies in the Age of Wireless “NASA Langley Research Center, Hampton, Virginia 32781, American Institute of Aeronautics and Astronautics PP1- 28.

22. Lee, H.S.; Park, J.H.; Singh, J.K.; Choi, H.J.; Mandal, S.; Jang, J.M.; Yang, H.M. Electromagnetic Shielding Performance of Carbon Black Mixed Concrete with Zn–Al Metal Thermal Spray Coating. *Materials* 2020, 13,
23. https://interferencetechnology.com/wp-content/uploads/2017/05/2017_EMC-Testing_Low-Res.pdf