

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Секенов Бейбарыс Нұртайұлы

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

6B06201 – Телекоммуникация мамандығы

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы



### ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Активті рупорлық антенна жасау және жұмысын талдау»

6B06201 – Телекоммуникация мамандығы

Орындаған:

Б. Секенов

Пікір беруші  
Техника ғылымдарының кандидаты,  
Қауымдастырылған профессор ҚазҰАЗУ  
А.Б. Токмолдаев  
«1» 06 2023 ж.

Ғылыми жетекші  
С.Е. Ибекеев  
техн. ғыл. маг., аға оқытушы  
«01» 06 2023 ж.

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

6B06201 – Телекоммуникация



**Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Секенов Бейбарыс Нұртайұлы

Тақырыбы «Активті рупорлық антенна жасау және жұмысын талдау»

Университет ректорының «23» қараша 2022 ж. № 408П/Ө бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «8» маусым 2023 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

- 1) Активті рупорлық антеннаға талдау жасау;
  - 2) Қазіргі заманғы цифрлық радиохабар тарату жүйелерінің және оларға кіретін құрылғылардың, антенналардың негізгі сипаттамалары мен ерекшеліктері;
  - 3) Цифрлық радиохабар тарату желілері мен жабдықтарын жетілдіру жолдары;
- Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) белсенді рупорлық антенна элементтерін енгізу және таңдау;
- б) ішкі диапазондардың құрылымдық бөлінуі бар рупорлық антенна;
- в) белсенді рупорлық антеннаның параметрлерін есептеу;
- д) рупорлық антенналарды модельдеу және талдау.

*Сызба материалдары 10-12 слайдта көрсетілуі тиіс.*


Ұсынылатын негізгі әдебиет 7 атау

1. Антипин В.В., Зиновьев Н.В. Влияние нелинейности передатчика на сигналы с OFDM // Научно-практические исследования. - 2019. - №8-2 (23). - С.31-34.
2. Иванов В.И. Волоконно-оптические системы передачи, 2011;
3. Скляр О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи.-СПб.: «Лань», 2010;
4. URL:[https://ftp.utcluj.ro/pub/users/cemil/dDWDM/dDWDM\\_Intro/16\\_5311757.pdf](https://ftp.utcluj.ro/pub/users/cemil/dDWDM/dDWDM_Intro/16_5311757.pdf) (дата обращения 19.05.2020).
5. URL:[https://www.tutorialspoint.com/optical\\_networks/optical\\_networks\\_DWDM\\_technology.htm](https://www.tutorialspoint.com/optical_networks/optical_networks_DWDM_technology.htm) (дата обращения 20.05.2020)
6. URL:<https://www.globalspec.com/reference/21551/160210/chapter-4-2-dDWDM-network-topologies-review>(дата обращения 05.04.2020)
7. URL: <https://www.fiberlabs.com/glossary/about-DWDM/>(дата обращения 01.05.2020)

дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау  
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
1 - бөлім	1.02.2023 - 21.02.2023	орындалды
2 - бөлім	21.02.2023 - 01.03.2023	орындалды
3 - бөлім	15.04.2023-30.04.2023	орындалды
4. Дипломдық жұмыс жазу	01.03.2023 - 14.05.2023	Дипломдық жұмыстың соңғы нұсқасы 30 беттен аспайды (қосымшаларды қоспағанда), антиплагиат анықтамасы. Рецензия, пікір

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен  
норма бақылаушының аяқталған жұмысқа(жобаға) қойған  
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Норма бақылау	Техникалық ғылымдар магистрі, ассистент Базарбай А.М.	02.06.23	

Ғылыми жетекшісі

  
(қолы)

С.Е.Ибекеев

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Б.Секенов

Күні

“ 22 ” 12 2022 ж.

## **АНДАТПА**

Дипломдық жұмыстың мақсаты активті рупорлы антеннаны зерттеу және жұмысын талдау болып табылады.

Активті рупорлы антенна туралы негізгі түсініктер мен теориялар, оның компоненттері мен жобалау принциптері, активті рупорлы антенналардың дизайнын қарастыру мен негізгі параметрлерін есептеу принциптері берілген.

Активті рупорлы антеннаның жұмыс моделі келтірілген.

## **АННОТАЦИЯ**

Целью дипломной работы является исследование и анализ работы активной рупорной антенны.

Даны Основные понятия и теории активной рупорной антенны, ее компоненты и принципы проектирования, принципы рассмотрения конструкции и расчета основных параметров активной рупорной антенны.

Приведена рабочая модель активной рупорной антенны.

## **ANNOTATION**

The purpose of the thesis is to study and analyze the operation of an active horn antenna.

The basic concepts and theories of an active horn antenna, its components and design principles, principles of design consideration and calculation of the main parameters of an active horn antenna are given.

A working model of an active horn antenna is given.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Антенна туралы деректер	9
1.1 Рупорлы антенналарға және олардың қолданбаларына шолу	10
1.2 Активті рупорлы антенналар бойынша алдыңғы зерттеулер	11
1.3 Активті рупорлы антенналарына қатысты негізгі түсініктер мен теориялар	12
2 Активті рупорлы антенналардың теориялық негіздері	13
2.1 Электромагниттік теория және толқындардың таралуы	13
2.2 Рупорлы антеннаны жобалау принциптері мен параметрлері	16
2.3 Активті антенна теориясы және компоненттері	17
3 Активті рупорлы антеннаны жобалау және модельдеу	21
3.1 Антеннаның дизайнын қарастыру және техникалық сипаттамалар	21
3.2 Негізгі параметрлерді есептеу мәселесін қою	22
3.3 Н-секторлы SIW активті рупорлы антенна	26
3.4 БТӨ Н-секторлы кең жолақты рупорлы антенна	29
Қорытынды	35
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	36

## КІРІСПЕ

Активті рупорлы антенналарды әзірлеу және талдау соңғы жылдары олардың телекоммуникациялар, радиолокациялық жүйелер, спутниктік байланыстар және сымсыз желілер сияқты әртүрлі салалардағы кең ауқымды қолдануына байланысты айтарлықтай назар аударды. Активті рупорлы антенналар кәдімгі пассивті антенналарға қарағанда бірнеше артықшылықтарды ұсынады, соның ішінде күшейтілген күшейту, бағыттылық және сигналдарды күшейту мүмкіндігі, бұл оларды көптеген талап етілетін байланыс сценарийлері үшін перспективалы таңдау етеді.

Бұл дипломдық жұмыс белсенді рупорлы антеннаны жан-жақты талдауға және дамытуға, оның дизайнын, модельдеуін, жасалуын, өлшеуін және өнімділігін талдауды зерттеуге бағытталған. Теориялық негіздерді, практикалық енгізуді және эксперименталды тексеруді зерттей отырып, бұл зерттеу бар білім базасына үлес қосуды және активті рупорлы антенна технологиясының болашақ жетістіктері үшін құнды түсінік беруді көздейді.

Бірінші бөлімінде зерттеу тақырыбына кіріспеден, алғышарттарды, маңыздылықты, зерттеу мақсаттарын және проблемалық мәлімдемені ұсынады. Сонымен қатар, осы зерттеуде қабылданған әдіснамалар мен тәсілдердің шолуы келесі тараулардың құрылымын сипаттайды.

Жылдам, сенімді сымсыз байланыс желілеріне деген қажеттіліктің артуына байланысты жоғары өнімді антенналық жүйелерге сұраныс өсті. Кең өткізу қабілеттілігімен, төменгі бүйірлік деңгейлерімен және тамаша бағыттылығымен танымал дәстүрлі рупорлы антенналар осы талаптарды қанағаттандыруда маңызды рөл атқарды. Дегенмен, пассивті рупорлы антенналардың сигналды күшейту және динамикалық байланыс орталарына бейімделу тұрғысынан шектеулері бар.

Активті рупорлы антенналар, керісінше, антенна құрылымына күшейткіштер сияқты белсенді компоненттерді қосады, бұл сигнал күшейтуге, шу өнімділігін жақсартуға және антенна сипаттамаларын басқарудағы икемділікке мүмкіндік береді. Бұл мүмкіндіктер активті рупорлы антенналарды жоғары кірісті, төмен шуылды және бейімделгіш байланыс жүйелерін қажет ететін қолданбалардың кең ауқымына қолайлы етеді.

Зерттеу мақсаттары активті рупорлы антеннаны жан-жақты талдау және дамыту айналасында айналады. Екінші бөлімде бар білімдер, алдыңғы зерттеулер және активті рупорлы антеннасының дизайнындағы жетістіктер туралы түсінік алу үшін мұқият әдебиет шолуы жүргізіледі. Бұл шолу олқылықтарды және әрі қарай зерттеу үшін ықтимал аймақтарды анықтауға көмектеседі.

Екінші бөлімде Электромагниттік теория мен толқынның таралуын, рупорлы антеннаның дизайн принциптері мен параметрлерін, сондай-ақ белсенді антенналардың теориясы мен компоненттерін қамтитын зерттеудің теориялық негіздерін құруға бағытталған. Негізгі теорияларды зерделеу арқылы

антеннаның өнімділік мақсаттарының орындалуын қамтамасыз ете отырып, жобалау процесіне басшылық жасауға болады.

Келесі тараулар практикалық енгізу мен тәжірибені қарастырады. Үшінші бөлімде активті рупорлы антеннаның дизайны мен имитациясын қарастырады. Сәйкес белсенді компоненттерді таңдау және антеннаның техникалық сипаттамаларына қатысты ойлар талқыланады, содан кейін мамандандырылған бағдарламалық құралдарды пайдалана отырып, антеннаны модельдеу және оңтайландыру қарастырылады.

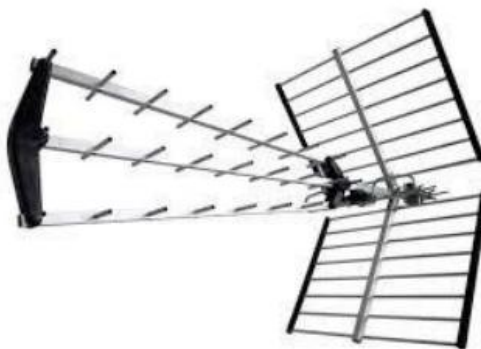
Соңында, негізгі қорытындылар, зерттеу мақсаттарына қол жеткізуді және активті рупорлы антеннаны жобалау саласына қосқан үлесін қорытындылай отырып, осы зерттеуден жасалған қорытындылар ұсынылады. Қолданылған әдебиеттер тізімі дипломдық жұмыста пайдаланылған барлық тиісті дереккөздерге сілтеме жасай отырып, соңында беріледі.

Активті рупорлы антеннаны мұқият талдау және дамыту арқылы бұл зерттеу белсенді антенна технологиясын түсінуді және практикалық енгізуді алға жылжытуға тырысады. Осы зерттеуден алынған нәтижелер жоғары өнімді антенналық жүйелерді дамытуға, сайып келгенде, сымсыз байланыс желілерін жақсартуға және әртүрлі салалардағы болашақ технологиялық жетістіктерге мүмкіндік береді.



## 1 АНТЕННА ТУРАЛЫ ДЕРЕКТЕР

Антенна – радиоэлектромагниттік толқындарды түсіретін және/немесе тарататын металл құрылым. Антенналар теледидар көру үшін төбесіңізден табуға болатын кішкентай антенналардан миллиондаған миль қашықтықтағы спутниктерден сигналдарды түсіретін шын мәнінде үлкендерге дейін барлық пішіндер мен өлшемдерде келеді.



1.1-сурет – Антенна

Space Communications and Navigation (SCaN) пайдаланатын антенналар параболалық антенна деп аталатын бір нүктеге сигналдарды фокустайтын арнайы тостаған тәрізді антенна болып табылады. Тостаған пішіні антенналарға электромагниттік толқындарды түсіруге және беруге мүмкіндік береді. Бұл антенналар сигналды түсіру және беру үшін көлденең (сағат бұрышымен/көлбеуімен өлшенеді) және тігінен (азимутта/биіктікте өлшенеді) қозғалады.

Антенналар көбінесе жіберуші немесе қабылдаушы болып бөлінеді. Дегенмен, көптеген антенналар екеуін де трансивер арқылы жасай алады. Таратушы антенна жіберуші құрылғыдан ток қабылдайды. Осы токтан антенна ауа арқылы таралатын белгілі бір жиілікте ЭМ толқындарын жасайды, содан кейін оларды бір немесе бірнеше басқа антенналар қабылдай алады.

Мысалы, радиостанция музыканы ЭМ спектріндегі радио толқынының түрі болып табылатын FM сигналы ретінде таратуы мүмкін. Станция таратқышы музыканы антеннаға қажетті жиілікте электр тогы түрінде жібереді. Антенна электр тогын барлық бағытта таралатын радиотолқындарға түрлендіреді.

Қабылдаушы антенна ауа арқылы берілетін ЭМ толқындарын ұстайды. Бұл толқындардан антенна сигналдың күшіне байланысты өзгертін аз мөлшерде ток жасайды. Ток қабылдау құрылғысына беріледі, онда ол өзінің белгілі бір ортасы үшін түрлендіріледі. Мысалы, автомобильдің антеннасы радиостанциядан FM сигналын қабылдауы мүмкін. Антенна сигналдың радиотолқындарын токқа түрлендіреді, ол автомобильдің радиосына беріледі. Радио токты күшейтеді және

басқа жолдармен оны түрлендіреді және оны динамиктерге музыка ретінде жеткізеді.

ЭМ спектрі әдетте жеті өріске бөлінеді: радиотолқындар, микротолқындар, инфрақызыл сәулелер, көрінетін жарық, ультракүлгін, рентген және гамма сәулелер. Өріс реті толқын ұзындығы мен жиілікпен анықталады.

Радиотолқындар спектрдің бір ұшында жатыр, мұнда толқын ұзындығы ең ұзын, ал жиілік ең төменгі шегінде болады. Гамма-сәулелері спектрдің екінші шетінде орналасады, мұнда толқын ұзындығы әлдеқайда қысқа, ал жиіліктер әлдеқайда жоғары.

Есептерге сәйкес, радиотолқын ұзындығы 10 000 километрге (км) дейін және жиілік жиілігі 3 килотерцтен (кГц) төмен болуы мүмкін. Радио диапазонының екінші жағында толқын ұзындығы 1 метр (м) сияқты қысқа және жиілік 300 мегагерцке (МГц) дейін болуы мүмкін, бұл микротолқын диапазоны басталады.

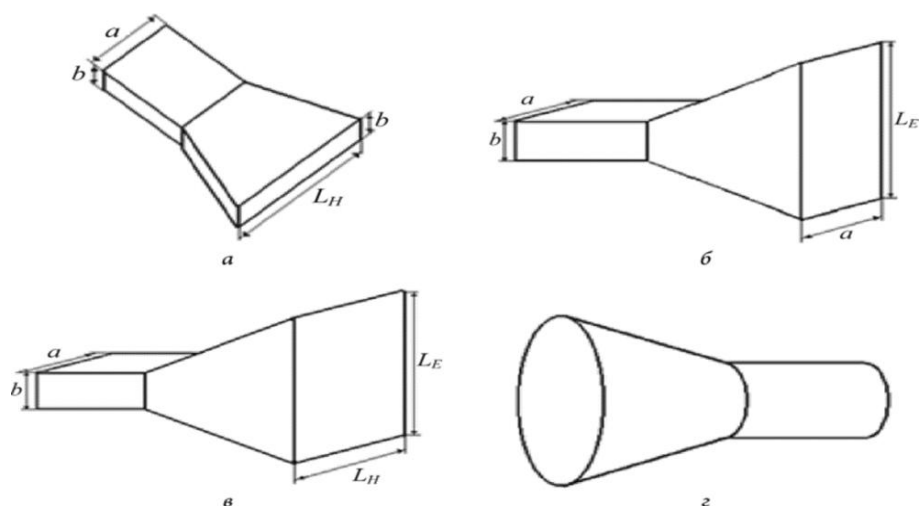
### **1.1 Рупорлы антенналарға және олардың қолданбаларына шолу**

Рупорлы антенналары кең өткізу қабілеттілігі, төменгі бұйірлік деңгейлері және тамаша бағыттылығы арқасында танымал болды. Олар спутниктік байланыста, радиолокациялық жүйелерде, сымсыз желілерде және жер үсті байланыстарында кеңінен қолданылады. Рупорлы антенналардың артықшылықтарына жоғары қуатты өңдеу мүмкіндігі, берік құрылыс және жақсы кедергілерді сәйкестендіру қасиеттері жатады.



1.2-сурет – Н – секторлы рупорлы антенна

Зерттеушілер рупорлы антеннасының пішіні, жарқырау бұрышы, апертура өлшемі, жұлдыру өлшемі және беру әдістері сияқты параметрлерін оңтайландыруға назар аударды. Нақты өнімділік мақсаттарына жету үшін экспоненциалды рупорларды, секторлық рупорларды, пирамидалық рупорларды және конустық рупорларды қоса алғанда, әртүрлі дизайн әдістері ұсынылды.



1.3-сурет – Рупорлы антенналардың түрлері. а) Пирамидалық б) Е – секторлы в) Н – секторлы г) Конустық

## 1.2 Активті рупорлы антенналар бойынша алдыңғы зерттеулер

Күшейткіштер сияқты белсенді компоненттерді біріктіретін белсенді рупорлы антенналары пассивті рупорлармен салыстырғанда қосымша мүмкіндіктер ұсынады. Алдыңғы зерттеулер активті рупорлы антенналардың әртүрлі аспектілерін зерттеді. Зерттеушілер өнімділікті оңтайландыру үшін күшейткішті таңдау және біріктіру әдістерін зерттеді. Олар сондай-ақ белсенді компоненттердің радиация үлгісіне, күшейтуге және шу көрсеткішіне әсерін талдады. Жиілік реакциясы, кедергілерді сәйкестендіру және қуатты өңдеу мүмкіндіктері де зерттелді.

Сонымен қатар, зерттеулер нақты қолданбаларда активті рупорлы антенналардың практикалық мүмкіндігі мен артықшылықтарын көрсетті. Мысалы, спутниктік байланыс жүйелерінде активті рупор байланыс жоғалуларының орнын толтырады және сигнал сапасын жақсартады. Радар жүйелерінде активті рупор нысананы анықтау және бақылау мүмкіндіктерін жақсартады.

## 1.3 Активті рупорлы антенналарына қатысты негізгі түсініктер мен теориялар

Электромагниттік теорияны және толқынның таралуын түсіну антенналарды зерттеу үшін өте маңызды. Сәулелену үлгілері, бағыттылық, күшейту және поляризация сияқты ұғымдар антенна өнімділігін сипаттауда маңызды рөл атқарады.

Рупорлы антенналардың дизайн принциптері мен параметрлері олардың өнімділігіне айтарлықтай әсер етеді. Рупор пішіні, өлшемдері және апертура

өлшемі сәулелену сипаттамаларына, сәуленің еніне және кедергінің сәйкестігіне әсер етеді. Активті антенналардың теориясы мен құрамдас бөліктері, соның ішінде күшейткіштер, ығысу желілері және басқару схемалары, активті компоненттердің антенна жүйесіне интеграциясын түсіну үшін зерттелуі керек.

Рупорлы антенналар мен белсенді антенна технологиясы бойынша бар әдебиеттерді шолу арқылы бұл зерттеу бос орындарды және әрі қарай зерттеу үшін ықтимал аймақтарды анықтауға бағытталған. Алдыңғы зерттеулерден алынған білім активті рупорлы антеннаны талдауға және дамытуға қатысатын жобалау, модельдеу, жасау және өлшеу процестеріне басшылық етеді. Сонымен қатар, бұл активті антенна технологиясын жалпы түсінуге және ілгерілетуге ықпал етеді, осы саладағы болашақ зерттеулер мен әзірлемелер үшін құнды түсініктер береді.

## **2 АКТИВТІ РУПОРЛЫ АНТЕННАЛАРДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ**

Активті рупорлы антеннасы-шығарылған сигналды күшейту және қалыптастыру үшін электронды күшейткіштерді немесе басқа белсенді құрылғыларды пайдаланатын антеннаның бір түрі. Ол, белсенді элементтерден, басқару және қуат құрылғыларынан тұратын кешенді жүйе болып табылады және оны радиобайланыс, радиолокация, радионавигация, радиоастрономия және т.б. сияқты әртүрлі қолданбаларда қолдануға болады.

### **2.1 Электромагниттік теория және толқындардың таралуы**

Электромагниттік теория антенналар мен олардың мінез-құлқын зерттеудің негізі ретінде қызмет етеді. Максвелл теңдеулері, соның ішінде Гаусс заңы, Ампер заңы, Фарадей заңы және үздіксіздік теңдеуі электромагниттік өрістер мен олардың өзара әрекеттесуін талдаудың математикалық негізін береді. Бұл теңдеулер электромагниттік құбылыстарды зерттеуге мүмкіндік беретін электр және магнит өрістері мен олардың көздері арасындағы байланыстарды сипаттайды.

Толқындардың таралуы – антеннаны талдауда шешуші рөл атқаратын негізгі ұғым. Электромагниттік толқындар кеңістікте көлденең толқындар ретінде таралады, бір-біріне перпендикуляр тербелмелі электр және магнит өрісі құраушыларымен және таралу бағытымен сипатталады. Толқындардың ұзындығы, жиілігі, фазасы және поляризациясы антеннаның жұмысына айтарлықтай әсер етеді.

Баланистің (2016) зерттеулері антенна дизайнындағы электромагниттік теория мен толқынның таралуын түсінудің маңыздылығын көрсетеді. Электромагниттік теорияға негізделген теориялық модельдер мен модельдеу антенна сипаттамалары туралы құнды түсініктер береді және инженерлерге олардың жұмысын оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Қала аумағындағы электромагниттік сәулелену (ЭМС) көздерінің бірі олар үшін арнайы бөлінген аймақтарда орналасқан және үлкен аумақтарды (1000 гектарға дейін) алып жатқан таратушы радио орталықтар (ТРО) болып табылады. Оларда радио таратқыштар орналасқан бір немесе бірнеше техникалық ғимараттар, сондай-ақ ондаған антенна-фидер жүйелері орнатылған антенна өрістері бар.

PRC жасаған ықтимал қолайсыз ЭМС аймағы шартты түрде екі бөлікке бөлінеді :

- радио таратқыштар мен антенна-фидерлік жүйелердің жұмысын қамтамасыз ететін қызметтер орналасқан таратушы радиоорталықтардың аумағы;

- аймақтың осы бөлігінде орналасқан халықтың сәулелену қаупі бар, яғни ол халық үшін ЭМС рұқсат етілген шекті деңгейлерін (РЕШД) гигиеналық нормалау тұрғысынан қызығушылық тудырады.

Қуаты 500 кВт төмен жиілікті радиостанциялар (30-300 кГц) таратқыш антенналардан 30 м қашықтықта 630 в/м электр өрістерін және 1,2 А/м магнит өрістерін жасайды;

Қуаты 50 кВт орташа жиілікті (300 кГц - 3МГц) радиостанциялар 30 м қашықтықта 275 В/м электр өрісін 0,5 а/м магнит өрістерін жасайды; қуаты 100 кВт жоғары жиілікті (3-30 МГц) радиостанциялар 100 м қашықтықта 44 В/м электр өрісін және 0,12 а/м магнит өрісін жасайды;

Қуаты 1 МВт теле таратқыш 1 км қашықтықта 15 В/м электр өрісін жасайды.

Алайда, тарату станцияларының қауіптілігі қуатқа емес, сәулелену объектісіне қатысты таратқыш антенналардың орналасуына байланысты.

Ұялы радиобайланыс жүйелері ұялы радиотелефондармен (ҰРТ) радио байланысын қолдайтын базалық станциялардан (БС) тұрады.

Абоненттер санының өсуі жыл сайын БС санының өсуін және соның салдарынан қалалық аумақта ЭМС бөлу сипаттамаларының өзгеруін білдіреді.

Қазіргі уақытта ұялы радиобайланыста бірқатар әртүрлі стандарттар қолданылады. Ұялы байланыс жүйесі стандарттарының кейбір техникалық сипаттамалары 2.1 кестеде келтірілген.

Кесте 2.1 - Ұялы радиобайланыс жүйесі стандарттарының қысқаша техникалық сипаттамалары

Стандарттың атауы	БС жұмыс жиілігінің диапазоны, МГц	ҰРТ жұмыс жиілігінің диапазоны, МГц	Максималды сәулелену БС қуаты, Вт	Максималды шығарылатын ҰРТ қуаты, Вт	Толқындардың таралу радиусы, км
NMT-450 аналогтық	463-467.5	453-457,5	100	1	1-40
AMPS аналогтық	869-894	824-849	100	0,6	2-20
D-AMPS сандық	869-894	824-849	50	0,2	0,5-20
CDMA сандық	869-894	824-849	100	0,6	2-40
GSM-900 сандық	925-965	890-915	40	0,25	0,5-35
GSM-1800 сандық	1805-1880	1710-1785	20	0,125	0,5-35

Кестеде 2.1 алты стандарт келтірілген, олардың екеуі аналогтық болып табылады және жаңа цифрлық байланыс стандарттарына көшуге байланысты бүгінгі күнге дейін сұранысқа ие емес. Жоғары жиілік диапазондары бар заманауи стандарттарда сәулелену қуаты алдыңғыларға қарағанда бірнеше есе

аз. Бұл қазіргі заманғы коммуникациялық технологияларды қолданумен байланысты.

Базалық станциялар (БС) олардың әрекет ету аймағындағы мобильді радиотелефондармен байланыста болады және Стандартқа байланысты сигналды қабылдау және беру режимінде жұмыс істейді.

БС антенналары (қайталағыштары) жерден 15-тен 100 метрге дейінгі биіктікте ғимараттарда және арнайы дінгектерде орналасады. Бір жерде таратушы да, қабылдағыш та БС антенналары орнатылуы мүмкін, олар ЭМС көзі болып табылмайды.

БС сәулелену қуаты тәулігіне 24 сағат тұрақты емес. Жүктеу белгілі бір базалық станцияның қызмет көрсету аймағында ұялы телефон абоненттерінің болуымен және олардың сөйлесу үшін телефонды пайдаланғысы келетіндігімен анықталады, бұл өз кезегінде тәулік уақытына, БС орналасқан жеріне, аптаның күніне және т.б. түнгі уақытта БС жүктеу іс жүзінде нөлге тең, яғни. станциялар негізінен "үнсіз".

Тұрғын үй құрылысы аумағында, тұрғын, қоғамдық және өндірістік үй-жайлардың ішінде БС антенналары құратын электромагниттік өрістердің деңгейлері мынадай рұқсат етілген шекті мәндерден аспауға тиіс:

- жиілік диапазонында (27-30) МГц - 10 В/м;
- жиілік диапазонында (30-300) МГц - 3 В / м;
- жиілік диапазонында (300-2400) МГц -10 мкВт/см<sup>2</sup>.

Қауіпсіздікті қамтамасыз етудің негізгі қағидаты санитарлық нормалар мен ережелерде белгіленген электромагниттік өрістің рұқсат етілген шекті деңгейлерін сақтау болып табылады.

Спутниктік байланыс жүйелері жердегі трансивер станциясынан және орбитадағы спутниктен тұрады. Спутниктік байланыс станцияларының антеннасының (түбінің) бағыты диаграммасында айқын тар бағытталған негізгі сәуле – негізгі жапырақша бар. Бағыт диаграммасының негізгі жапырақшасындағы энергия ағынының тығыздығы (ЭАТ) антеннаның жанында бірнеше жүз Вт/м<sup>2</sup>-ге жетуі мүмкін, сонымен қатар үлкен қашықтықта айтарлықтай өріс деңгейлерін жасайды. Мысалы, 2,38 ГГц жиілікте жұмыс істейтін 225 кВт станция 100 км қашықтықта 2,8 Вт/м<sup>2</sup> тең ЭАТ жасайды.

Алайда, негізгі сәуледен энергияның шашырауы өте аз және антеннаның орналасу аймағында көп кездеседі. Жер бетінде энергия ағындары айтарлықтай аз.

Радиолокациялық станциялар, әдетте, айна типті антенналармен жабдықталған және оптикалық ось бойымен бағытталған сәуле түрінде тар бағытталған сәулелену диаграммасына ие. Радиолокациялық жүйелер 500 МГц-тен 15 ГГц-ке дейінгі жиіліктерде жұмыс істейді, алайда жеке жүйелер 100 ГГц-ке дейінгі жиіліктерде жұмыс істей алады. Әуежайлардың радиолокациялық станциялары 60 м қашықтықта 0,5 Вт/м<sup>2</sup> ЭАТ құрады.

Әр түрлі мақсаттағы радиолокаторлардың қуаттылығының артуы және жоғары бағытталған айналмалы Антенналарды қолдану микротолқынды диапазондағы электромагниттік сәулелену (ЭМС) қарқындылығының едәуір

артуына әкеледі және жер бетінде энергия ағынының тығыздығы жоғары аймақтарды жасайды. Ең қолайсыз жағдайлар әуежайлар орналасқан қалалардың тұрғын аудандарында байқалады.

Радиожиілік диапазонындағы электромагниттік өрістердің (ЭМС) негізгі көздері байланыс, радио-телехабар тарату және радионавигацияның радиотехникалық объектілері болып табылады. Тасымалдаушы байланыс объектілерінің саны тез өсуде, бұл бірінші кезекте таратқыштар (ұялы байланыстың базалық станциялары - БС) санын ұлғайтуды, сондай-ақ үшінші (3G) және төртінші (4G) ұрпақтардың коммуникация жүйелерін енгізу мақсатында қолда бар объектілерді қайта жаңартуды қамтитын мобильді байланыс жүйелерінің дамуына байланысты.

Соңғы жылдары күнделікті өмірде, өнеркәсіпте және коммерциялық мақсаттарда қолданылатын ЭМС-тің әртүрлі көздері санының бұрын-соңды болмаған өсуі байқалды. Мұндай көздерге Теледидарлар, радиоқабылдағыштар, компьютерлер, ұялы телефонның мобильді құрылғылары, микротолқынды пештер, радарлар, өнеркәсіптік, Медициналық және сауда жабдықтары жатады.

Бір жағынан, бұл технологиялар біздің өмірімізді бай және жайлы етеді. Қазіргі қоғамды компьютерлерсіз, теледидарсыз және радиосыз елестету мүмкін емес. Ұялы телефондар жеке адамдар арасындағы байланыс мүмкіндіктерін едәуір кеңейтті және қалалық жерлерде де, ауылдық жерлерде де әртүрлі қызметтердің жұмысын жеңілдетті. Радарларды пайдалану әуе ұшуларының қауіпсіздігін арттырды.

Бұл технологияларды қолдану адам денсаулығына қауіп төндіруі мүмкін. Мұндай алаңдаушылық жол қозғалысын бақылау қызметтері пайдаланатын ұялы телефондардың, электр желілерінің және "радиолокациялық тапаншалардың" қауіпсіздігіне қатысты болды.

Аталған жағдайлардың әрқайсысында электромагниттік өріс деңгейін өлшеу және бағалау міндеті туындайды, мұндай тапсырмаларды орындаудың ажырамас бөлігі өлшеу антеннасы болып табылады.

## **2.2 Рупорлы антеннаны жобалау принциптері мен параметрлері**

### **2.2.1 Рупор антеннасының түрлері мен конфигурациялары**

Рупор антенналары қажетті радиациялық сипаттарды көрсетеді және олардың геометриясына қарай әртүрлі түрлерге жіктелуі мүмкін. Оларға пирамидалық рупорлар, секторлық рупорлар, конустық рупорлар және экспоненциалды рупорлар жатады. Әрбір түр белгілі бір артықшылықтар мен шектеулерді ұсынады, бұл оларды әртүрлі қолданбаларға қолайлы етеді.

Мысалы, пирамидалық рупорлар кең сәулелену үлгісіне байланысты кең бұрышты сканерлеу қолданбаларында әдетте пайдаланылады, ал экспоненциалды рупорлар төменгі бүйірлік лоб деңгейлері мен жоғары



бағыттылығы үшін қолайлы. Рупор түрін таңдау антенна жүйесінің нақты талаптарына байланысты.

### 2.2.2 Рупор антеннасының параметрлері

Рупорлы антенналардың өнімділігін бірнеше параметрлер анықтайды.

Диафрагма өлшемі: Апертураның физикалық өлшемі күшейту, бағыттау және сәуленің ені сияқты негізгі антенна сипаттамаларына тікелей әсер етеді. Үлкен саңылаулар антеннаның сезімталдығының жоғарылауына және сәулеленудің фокусталуына әкелетін жоғары күшейтуге және тар сәуле еніне әкеледі.

Жалын бұрышы: Жалын бұрышы сәулелену үлгісінің пішіні мен кеңеюін анықтайды. Ол антеннаның бағыты мен бүйірлік деңгейлеріне әсер етеді. Оңтайлы алау бұрышын таңдау қажетті радиациялық сипаттамаларға қол жеткізу үшін маңызды.

Тамақтың өлшемі: рупордың жұлдыру өлшемі кедергінің сәйкестігіне және радиациялық сипаттамаларға айтарлықтай әсер етеді. Ол қуатты тиімді тасымалдауға және шағылысуларды азайтуға қол жеткізуде шешуші рөл атқарады. Оңтайлы өнімділікті қамтамасыз ету үшін жұлдыру өлшемі мұқият жобалануы керек.

Ұзындығы: рупордың ұзындығы жұмыс жиілігі диапазонына және кедергінің сәйкестігіне әсер етеді. Қажетті жиілікте резонансқа қол жеткізу және сигналдың тиімді берілуін жеңілдету үшін рупор ұзындығы дұрыс таңдалуы керек.

Материалдық қасиеттері: рупор материалының диэлектрлік қасиеттері әртүрлі антенна параметрлеріне әсер етеді, соның ішінде кедергі, сәулелену тиімділігі және өткізу қабілеттілігі. Материалды таңдау жалпы өнімділікке әсер етеді және белгілі бір жиілік диапазондары мен қоршаған орта жағдайларына бейімделуі мүмкін.

Liang және т.б. жүргізген зерттеулер. (2018) қажетті радиациялық сипаттамаларға қол жеткізуде рупорлы антенна параметрлерінің маңыздылығын көрсетеді. Авторлар антеннаның дизайнында параметрді мұқият таңдаудың маңыздылығына баса назар аудара отырып, жарқырау бұрышы мен апертура өлшемінің рупорлы антенналардың күшеюі мен бағытына әсерін зерттейді.

### 2.3 Активті антенна теориясы және компоненттері

Активті рупорлы антенналар күшейткіштер сияқты белсенді компоненттерді антенна құрылымына біріктіреді. Бұл біріктіру сигналды күшейтуге, шу өнімділігін жақсартуға және динамикалық байланыс сценарийлеріне бейімделуге мүмкіндік береді.

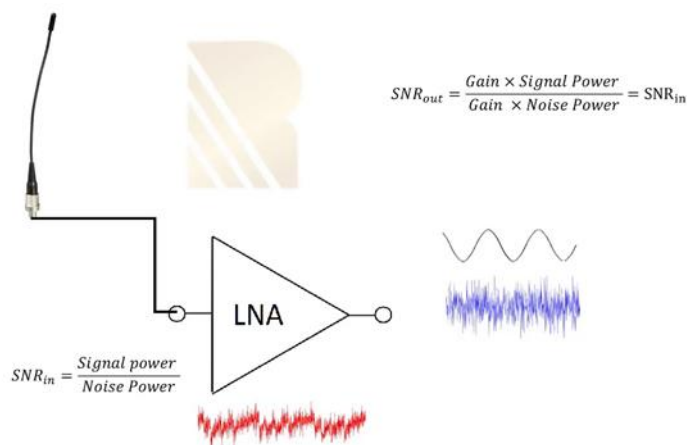
### 2.3.1 Күшейткіштер

Күшейткіштер сигналды күшейту және жүйенің жалпы өнімділігін жақсарту арқылы белсенді рупорлы антенналарда шешуші рөл атқарады. Арнайы талаптарға байланысты күшейткіштердің әртүрлі түрлері қолданылады:

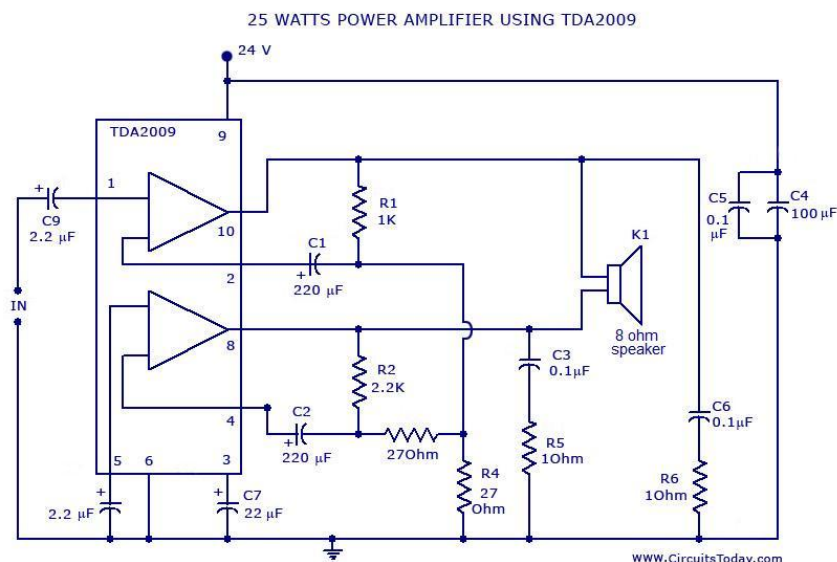
- Төмен шулы күшейткіштер (LNA): LNA-лар (2.2-сурет) ең аз қосымша шуды енгізу кезінде әлсіз сигналдарды күшейту үшін әдетте активті рупорлы антенналарда қолданылады. Бұл күшейткіштер сигналдың оңтайлы қабылдануын қамтамасыз ете отырып, жоғары күшейту және төмен шу көрсеткішін қамтамасыз етуге арналған.

- Қуат күшейткіштері (ҚК): ҚК (2.3-сурет) активті рупорлы антенналардағы сигнал қуатын күшейту үшін пайдаланылады, бұл ұзақ қашықтыққа тиімді таратуға немесе тарату жолындағы жоғалтуларды жеңуге мүмкіндік береді. Қуат күшейткіштері жақсы сызықтылығы бар жоғары шығыс қуатын қамтамасыз етуге арналған.

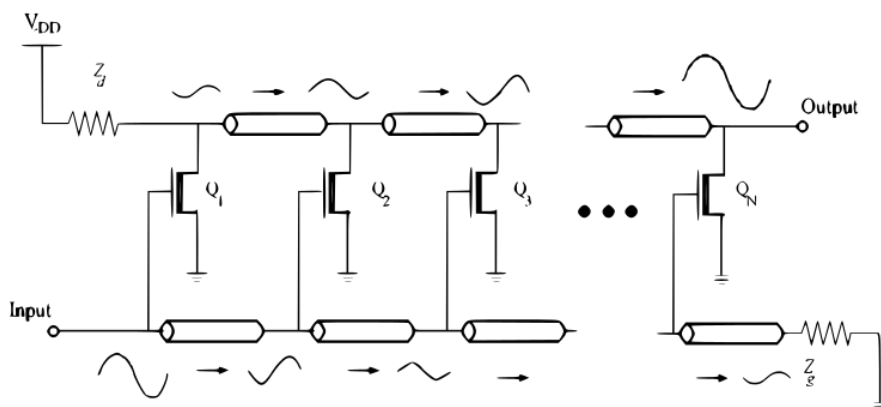
- Таралатын күшейткіштер: Таратылған күшейткіштер (2.4-сурет) кең жолақты жұмысқа қол жеткізу үшін активті рупорлы антенналарда қолданылады. Олар кең жиілік диапазонында сигналды тиімді күшейтуге мүмкіндік беретін тарату желісі бойынша бөлінген бірнеше күшейту сатыларынан тұрады.



2.2-сурет – Төмен шулы күшейткіштердің (LNA) негізгі ұғымы



2.3-сурет – 25 Вт-IC TDA2009 үшін қуат күшейткішінің схемасы



2.4-сурет – N-сатылы таралатын толқынды күшейткіш

Күшейткіштерді дұрыс таңдау активті рупорлы антенна жүйесінің арнайы талаптарын, соның ішінде жиілік диапазонын, шу көрсеткішін, қуатты өңдеу мүмкіндігін және сызықтылықты қанағаттандыру үшін өте маңызды. Күшейткіштерді таңдау активті рупорлы антеннаның жалпы өнімділігі мен сенімділігіне тікелей әсер етеді.

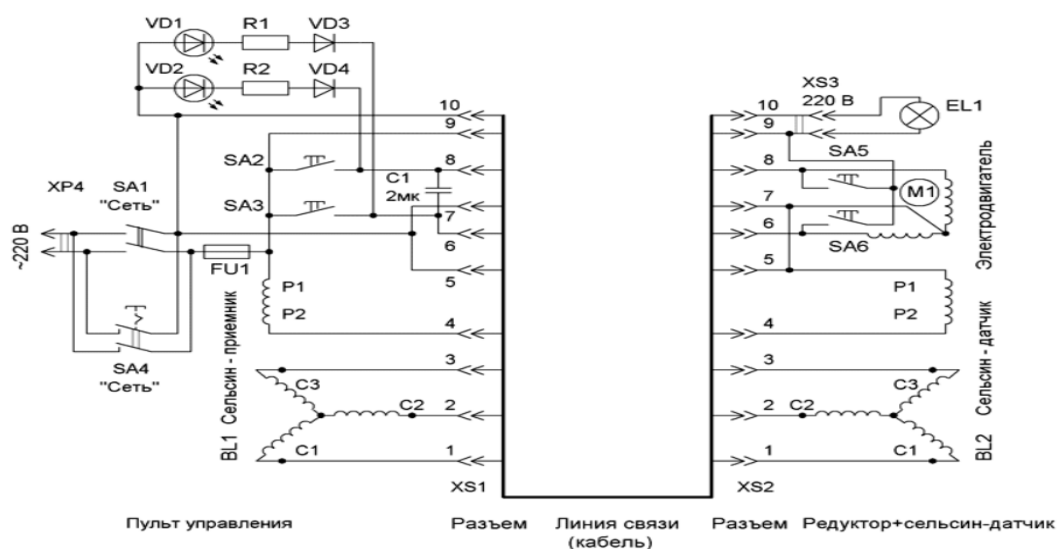
### 2.3.2 Бағалау желілері

Белсенді құрамдастарға қажетті ығысу кернеулері мен токтарын қамтамасыз ету үшін активті рупорлы антенналарда ығысу желілері маңызды. Бұл желілер күшейткіштердің және антенна жүйесіндегі басқа белсенді элементтердің тұрақты және оңтайлы жұмысын қамтамасыз етеді.

Бағалау желілері дұрыс тыныш жұмыс нүктелерін қамтамасыз етеді және бұрмалану немесе тұрақсыздық мәселелерін болдырмайды. Олар күшейткіштердің сызықтық диапазонында жұмыс істеуін және дәйекті өнімділікті қамтамасыз ету үшін ығысу тогы және кернеу деңгейлері сияқты қажетті ауытқу жағдайларын сақтауға көмектеседі.

### 2.3.3 Басқару схемалары

Басқару тізбектері антенна жүйесінің жұмысын бақылау және реттеу үшін активті рупорлы антенналарда қолданылады. Бұл схемалар (2.5-сурет) күшейтуді басқару, кедергілерді сәйкестендіру, сәулелі басқару және өзгеретін қоршаған орта жағдайларына бейімделу сияқты функцияларды ұсынады.



2.5-сурет – Басқару схемасы

Күшейтуді басқару сигнал күшін оңтайландыру үшін белсенді антенна жүйесінің күшейту деңгейін реттеуге мүмкіндік береді. Кедергілерді сәйкестендіру схемалары жүйенің әртүрлі бөліктерінің кедергілерін сәйкестендіру арқылы компоненттер арасындағы қуатты тиімді тасымалдауды қамтамасыз етеді. Арқалық басқару механизмдері байланыс өнімділігін арттыру үшін антеннаға сәулелену үлгісінің бағытын динамикалық түрде реттеуге мүмкіндік береді.

Басқару тізбектерін активті рупорлы антенналарға қосу икемділікті, бейімделуді және жақсартылған өнімділікті қамтамасыз етеді. Бұл схемалар нақты операциялық талаптар негізінде антенна жүйесін нақты уақыт режимінде оңтайландыруға және теңшеуге мүмкіндік береді.

### **3 Активті рупорлы антеннаны жобалау және модельдеу**

#### **3.1 Антеннаның дизайнын қарастыру және техникалық сипаттамалар**

Бұл бөлімде активті рупорлы антеннаның дизайны мен модельдеу процесі берілген. Ол жұмыс барысында қол жеткізілген маңызды қадамдарға, әдістерге және негізгі нәтижелерге назар аударады. Дизайн және имитациялау фазасы белсенді ронай антеннасының жұмысын оңтайландыруда, сигналдарды тиімді жіберу мен қабылдауды қамтамасыз етуде шешуші рөл атқарады.

Антенна геометриясы және параметрлері:

Жобалау процесінің бірінші қадамы антеннаның геометриясын және параметрлерін анықтау болып табылады. Бұл қажетті жұмыс жиілігі мен өнімділік мақсаттарына негізделген сәйкес рупор пішінін, жарқырау бұрышын, саңылау өлшемін, тамақ өлшемін және беру техникасын таңдауды қамтиды. Дизайн спецификациялары жүйе талаптары мен қолданбалы сценарийлерден алынған. Мысалы, 5,8 ГГц жиілік диапазоны үшін 20 градус жалын бұрышы, 10 см апертура өлшемі және 2 см кеңірдекке арналған активті рупорлы антеннаны жобалауды қарастырайық. Антенна жоғары күшейту және төменгі бүйірлік деңгейлерге арналған.

Электромагниттік модельдеу:

Антеннаның геометриясы мен параметрлері анықталғаннан кейін антеннаның жұмысын талдау және оңтайландыру үшін электромагниттік модельдеу бағдарламалық құралы пайдаланылады. Осы мақсат үшін әдетте CST Studio Suite немесе HFSS сияқты электромагниттік модельдеу құралдары қолданылады.

Модельдеу процесі активті рупорлы антеннасының 3D үлгісін жасауды және тиісті шекаралық шарттарды қолдануды қамтиды. Бағдарламалық жасақтамада Максвелл теңдеулерін шешу және антеннаның әрекетін болжау үшін Ақырлы элементтер әдісі немесе Момент әдісі сияқты сандық әдістер қолданылады.

Модельдеу нәтижелері және талдау:

Модельдеу нәтижелері антеннаның өнімділік сипаттамалары туралы құнды түсініктер береді. Негізгі параметрлер, соның ішінде сәулелену үлгісі, күшейту, бағыттау және кедергі сәйкестігі талданады және қажетті спецификацияларды қанағаттандыру үшін оңтайландырылған.

Активті рупорлы антеннаның дизайны үшін модельдеу нәтижелері бүйір лоб деңгейлері төмен жоғары сәулелену үлгісін көрсетеді. Сигналдың тиімді қабылдануын және берілуін қамтамасыз ететін күшейту 20 дБи құрайды. Сәулелену үлгісі жоспарланған қолдану үшін қолайлы сәуленің қажетті енін және бағытын көрсетеді.

Кедергінің сәйкестігі және S-параметрін талдау:

Белсенді құрамдас бөліктер мен антенна құрылымы арасындағы максималды қуат беруді қамтамасыз ету үшін кедергілерді сәйкестендіру

маңызды. Модельдеу нәтижелері антеннаның кедергі сипаттамаларын талдау және сәйкес желі дизайнын оңтайландыру үшін пайдаланылады.

S-параметрлік талдау активті рупорлы антеннасының шашырау параметрлерін бағалау үшін орындалады. Бұл талдау шағылысу коэффициенті, кіріс кедергісі және беру қасиеттері бойынша антеннаның өнімділігін бағалауға көмектеседі.

Тексеру және оңтайландыру:

Дизайн және модельдеу процесі антеннаның жұмысын жақсарту үшін қайталанатын оңтайландырудан өтеді. Модельдеу нәтижелері мен қалаған мақсаттар негізінде геометрияға, параметрлерге немесе қоректендіру құрылымына өзгертулер енгізіледі.

Жобаның валидациясы модельдеу нәтижелерін тәжірибелік өлшемдермен салыстыру арқылы жүзеге асырылады. Бұл симуляцияланған антенна әрекетінің нақты әлемдегі өнімділікке сәйкес келуін қамтамасыз етеді. Кез келген сәйкессіздіктер зерттеледі және сәйкесінше түзетулер енгізіледі.

Активті рупорлы антеннаны жобалау және модельдеу кезеңі антеннаның өнімділік сипаттамалары туралы құнды түсініктер береді. Геометрияны мұқият таңдау, параметрлерді оңтайландыру және модельдеу нәтижелерін талдау арқылы антеннаның өнімділігін қажетті сипаттамаларға сәйкес келтіруге болады.

Бұл жұмыста активті рупорлы антенна 5,8 ГГц жиілік диапазоны үшін жобаланған және имитацияланған, бұл төмен бұйірлік деңгейлері бар жоғары сәулелену үлгісіне қол жеткізу. Кедергілерді сәйкестендіру және S-параметрін талдау қуатты тиімді тасымалдауды және оңтайландырылған беру қасиеттерін қамтамасыз етті. Дизайн тәжірибелік өлшемдермен салыстыру арқылы расталды.

Жобалау және модельдеу процесі антеннаның өнімділігін нақты сценарийлерде бағалауға болатын кейінгі жасау және сынақ кезеңдерінің негізін қалайды.

### 3.2 Негізгі параметрлерді есептеу мәселесін қою

Есептеуге арналған бастапқы деректер:

- толқын диапазоны (148,5-285 кГц (ДВ));
- нақты сезімталдық 0,5 мВ / м-ден кем емес;
- максималды өріс кернеулігі 3В/м;
- нақты сезімталдыққа тең өріс кернеулігі кезіндегі шығыс кернеуі, 100 мкВ.

Есептеу нәтижесінде келесілерді анықтау қажет:

- күшейту элементінің түрі және оның сипаттамалары  $T_{III}$ ,  $R_{gopt}$ ;
- пассивті МА параметрлері:  $l_c$ ,  $d_c$ ,  $\mu_A$ ,  $L_A$ ,  $n$ ,  $n_A$ ,  $h_d$
- $R_{OK}$  ҚОҚ тізбегінің параметрлері;
- $C_1$ ,  $C_2$  келісу тізбегінің параметрлері;

- АМА һдАМА параметрлері;  $E_{рп}$ .

Күшейткіш элемент түрін таңдау.

Ғимаратта көрсетілген нақты өріс сезімталдығын екі өріс Транзисторы диапазонында пайдаланған кезде алуға болады. Біз КР303В типті транзисторды таңдаймыз.

Магниттік антеннаның феррит өзегін таңдау.

1.2-бөлімде жасалған ұсыныстарды ескере отырып, антеннаның қолданыстағы биіктігін арттыру үшін біз 2000NN маркалы ДВ феррит өзегін таңдаймыз. Геометриялық өлшемдері:  $d_c = 10$  мм,  $l_c = 200$  мм.

Сәйкестендіру опциясын таңдау.

АМА сезімталдығының ең жоғары шындығына қол жеткізу үшін біз дәйекті резонансы бар нұсқаны таңдаймыз.

Магниттік антеннаның тиімді магниттік өткізгіштігін анықтау.  $\mu_{Amax} = 177.6$   
Жиілік диапазонының қабаттасу коэффициенті:

$$K_g = \omega_b / \omega_H = 285 / 148.5 = 1.92 \quad (3.1)$$

$$K_g = 285 / 148.5 = 1.92$$

a параметрі:

$$a = - (1 + K_g^2) / K_g^2 \quad (3.2)$$

$$a = - (1 + 1.92^2) / 1.92^2 = - 1.27$$

d параметрі:

$d(K_g)$  функциясының графигін талдай отырып,  $K_g = 1.92$  кезінде  $d = 0.888$  табамыз.

b параметрі:

$$b = \frac{d^2}{\sqrt{2d^2 + a}} \quad (3.3)$$

$$b = \frac{0,888^2}{\sqrt{2 \cdot 0,888^2 - 1,27}} = 1,41$$

Нормаланған параметр D:

$$D_3 = d \sqrt{\frac{\sqrt{2d^2 + a}}{d^4 + a + 1}} \quad (3.4)$$

$$D_3 = 0,888 \sqrt{\frac{\sqrt{2 \cdot 0,888^2 - 1,27}}{0,888^4 - 1,27 + 1}} = 1,115$$

Сериялық резонанс жиілігі:

$$f_1 = f_H / d \quad (3.5)$$

$$f_1 = 148.5 / 0.888 = 166.85 \text{ Гц}$$

Шуды сәйкестендіру жиілігі:

$$f_c = f_H / b \quad (3.6)$$

$$f_c = 148.5 / 1.41 = 105.32$$

Индуктивтілік МА:

$$L_a = R_r * b / 2\pi f \quad (3.7)$$

$$L_a = 12700 * 1.41 / 2 * 3.14 * 148.5 * 10^{-3} = 19200 \text{ мкГн}$$

МА биіктігін есептеу.

Есептеу  $d_c = dk$  санау арқылы  $f_H$  диапазонының төменгі жиілігі үшін жүзеге асырылады:

$$h_d = h_{dmax} \varphi(X, Y), \quad (3.8)$$

$l_c = l_k$ ,  $hd = h_{max}$  санау арқылы феррит өзегінің бүкіл ұзындығы бойынша катушканың бұрылыстарын біркелкі бөлу қайдан келеді

Түзету конденсаторларының сыйымдылығын есептеу.

Таңдалған сәйкестендіру нұсқасында  $C_2 = 0$ , ал біз  $C_1 = 47$  пФ қабылдаймыз.

Беру коэффициенті  $T(0)$  шуды сәйкестендіру жиілігінде.

Транзистордың коэффициенті КП303В  $R_{opt} = 12700$  Ом, мәні 10 кГц-ке тең, содан кейін

$$\bar{T}_0 = \frac{u}{30\sqrt{4kT_{RD}f}} \quad (3.9)$$

$$\bar{T}_0 = \frac{100 \cdot 10^{-6}}{30\sqrt{41^2 \cdot 38^{-23} \cdot 7.5 \cdot 12700 \cdot 10 \cdot 10^3}} = 14.54$$

Трансформация коэффициенті.

$$n = 20 \frac{T}{\bar{T}_0} \quad (3.10)$$

$$n = 20 \frac{T}{\bar{T}_0} = 20 \frac{293}{7.5 * 14.54} = 53.74$$



Кері байланыс резисторы.

Мұны ескере отырып  $T(0) = ROC(0) / R_{\text{Гопт}}$ , және  $ROC = ROC(0) / n$ ,

$$R_0 c = 20 \frac{T_0 R}{n} \quad (3.11)$$

$$R_0 c = 20 \frac{14.54 \cdot 12700}{54} = 3420 \text{ Ом}$$

Диапазонның төменгі жиілігінде  $T_H$  беру коэффициенті. Өйткені  $T_N = T(n)/n$ , содан кейін

$$T_H = \frac{R_0 c}{z_n} = \frac{Rc}{z} n = \quad (3.12)$$

$$T_H = \frac{3500}{2 \cdot 3.14 \cdot 148.5 \cdot 103 \cdot 19200 \cdot 10} \cdot 54 = 10.56$$

Магниттік антеннаның бұрылыстарының саны.  
q параметрін [9] бойынша есептейміз:

$$s_p = \pi d_k^2 / 4 \quad (3.13)$$

$$n_A = q \sqrt{L_A} \quad (3.14)$$

$$s_p = \pi d_k^2 / 4 = 3.14 (10 \cdot 10^{-3})^2 / 4 = 78.5 \cdot 10^{-6}$$

$$n_A = q \sqrt{L_A} = 1.928 \sqrt{19200} = 269$$

АМА-ның нақты сезімталдығы.

$$A = 10^3 \cdot 1.938 \cdot 78.5 \cdot 10^{-6} \cdot 177.6 \cdot (3 \cdot 10^8) = 0.9 \cdot 10^{-7} \quad (3.15)$$

$$E = \frac{30 \sqrt{4kT\Delta f}}{A \sqrt{\omega}} \frac{D_1}{D_3} = 0.445 \text{ мВ/м} \quad (3.16)$$

АМА белсенді биіктігі:

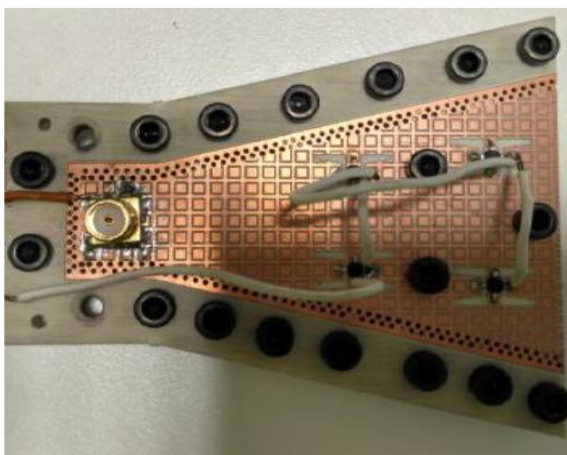
$$h_{\text{дАМА}} = \frac{u_{\text{вых}}}{E_{\text{рп}}} \quad (3.17)$$

$$h_{\text{дАМА}} = \frac{100 \cdot 10^{-6}}{0.445 \cdot 10^{-3}} = 0.247 \text{ м}$$

### 3.3 H-секторлы SIW активті рупорлы антенна

2000 жылдардың басында ұсынылған субстраттың біріктірілген толқын өткізгіш (БТӨ) технологиясы жоғары дамуда. Бұл қызығушылық сүзгілер, қосқыштар, антенналар және т.б. сияқты пассивті элементтерді төмендетілген өлшеммен және бағамен енгізу кезінде осы технологияның жоғары әмбебаптығы мен өнімділігі фактісіне негізделген. Осы уақытқа дейін жобалау жұмыстарының басым бөлігі пассивті элементтерге және жоғары тығыздықтағы интеграцияның көпөлшемді әдістерін жүзеге асыруға бағытталған. Дегенмен, БТӨ толқын өткізгіштерінде күшейткіштерді біріктіру үшін бірнеше эксперименттер жасалды. Бұл тәжірибелерде күшейткіш БТӨ ішінде толық біріктірілмеген немесе оларда әртүрлі БТӨ топологиялары қолданылады. Белсенді элементтерді БТӨ патч антенналарымен біріктіру үшін де кейбір әрекеттер жасалды. Дегенмен, біздің білуімізше, активті БТӨ рупоры ұсынылмаған.

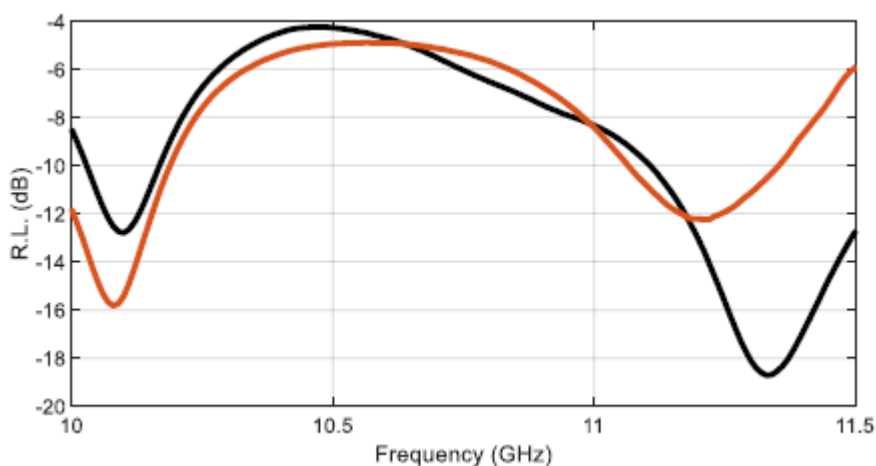
Антенна X-диапазонды 3-қабатты H-секторлы БТӨ активті рупоры ретінде жасалған. Әрбір қабат қалыңдығы 1,524 мм RO4003C субстратында жасалған. Қабаттың иілуін азайту үшін рупорлы антеннасына бірнеше бұрандалар қосылады. Бұрандаларды кірістіру ережелерін сақтай отырып, қосымша фазалық түзетуді алу үшін де қолданылады. Антеннаның металл үстіңгі жағы FSS тоқтату жолағымен ауыстырылады. Егер FSS дұрыс жобаланған болса, ол сәулеленбейді және [6]-да көрсетілгендей мінсіз өткізгіш пластина ретінде әрекет етеді, тұрақты токты оқшаулауға мүмкіндік береді және осылайша бұл бетті күшейткіштерді біріктірумен үйлесімді етеді.



3.1-сурет – Активті антенна

Күшейткішке түсетін максималды энергияны алу үшін конустық іске қосылады. Осылайша, құрылым конустық орналасқан жердің айналасында ағып жатқан энергияны шоғырландырады, осылайша күшейткіш оны қабылдай алады. Конус арқылы конденсацияланатын энергия мөлшері оның орналасуына және БТӨ-дегі таралу режиміне байланысты болады. Мысалы, конустар антеннаның симметрия осіне жақын орналасса және басым  $TE_{10}$  режимі таралса, конустық

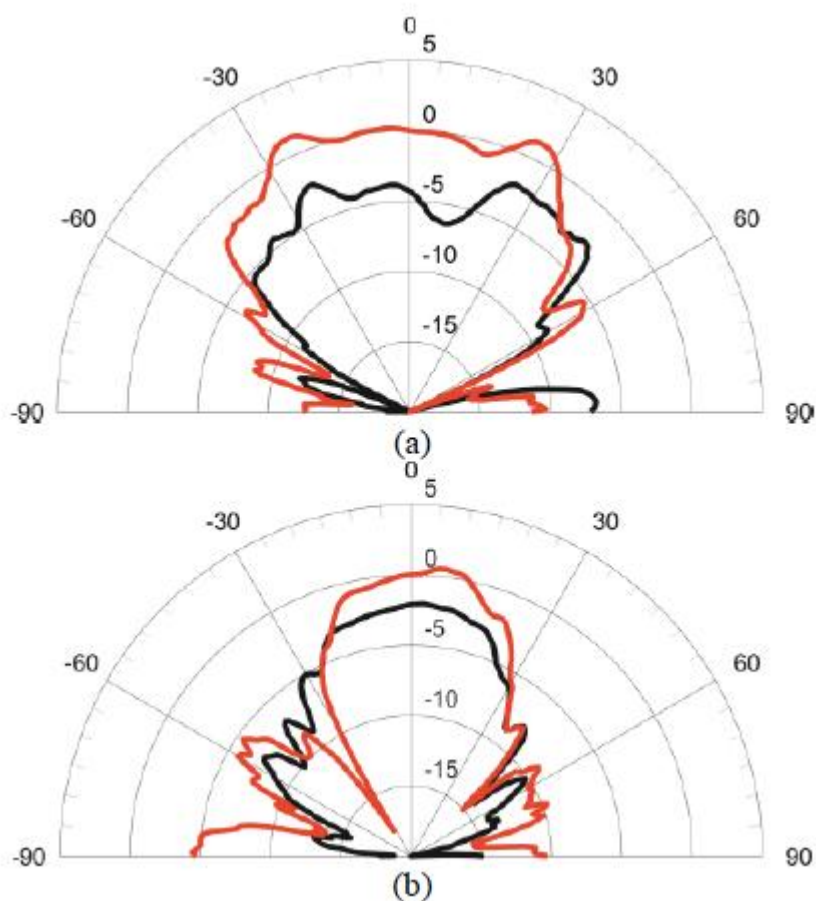
конустар БТӨ қабырғаларына жақын орналасқан жағдайда қарағанда көбірек энергия алады. Осы себепті антеннаның күшейту күшейткіші конустық позицияның нәтижесінде күшейткіштің максималды күшейтуінен өзгеше болуы мүмкін. Дегенмен, антеннаның кейбір аймақтарында күшейткіштерді енгізу жергілікті өрісті күшейту және фазалық өзгерістер салдары ретінде антеннаның сәулелену үлгісін өзгерту үшін пайдаланылуы мүмкін. Бірнеше күшейткіштер параллель қосылған кез келген топологиядағы сияқты, қажет болса, симметриялы әрекетті қамтамасыз ету үшін олардың барлығы бірдей өнімділікті көрсетуі керек. 3.2-суретте көрсетілген ұсынылған құрылым екі деңгейге бөлінген төрт күшейткіш құрылымы болып табылады және оның негізгі мақсаты Н-секторлы БТӨ активті рупорлы антенналардың болуын көрсету болып табылады. Күшейткіштер максималды қуат аймағына орналастырылмаған, сондықтан күтілетін күшейту күшейткіштердің максималды қолжетімді күшейтуінен аз болады.



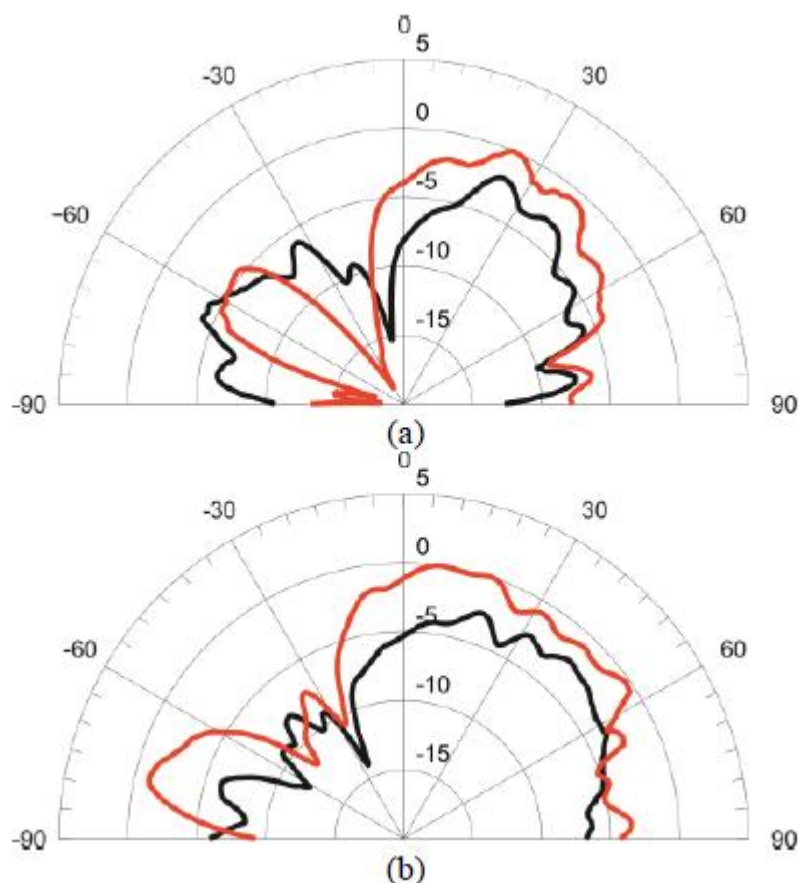
3.2-сурет – Белсенді антеннаның қайтару шығындары. Қара сызық: бейтарап антенна. Redline: қиғаш антенна

Толық белсенді антеннаның қайтару шығындары 3.3-суретте көрсетілген. Олар сәулелену үлгілері өлшенетін диапазон ішінде сызылған. Қайтару шығындары күшейткіштері жоқ БТӨ рупорлы антеннасынан айтарлықтай ерекшеленбейді. Жақсырақ қайтарымды жоғалтулар қажет болса, [7]-де ұсынылған әдістерді қолдануға болады. Күшейткіштердің антеннаның сәулелену үлгісіне қалай әсер ететінін көрсету үшін Н-жазық және Е-секторлы сәулелену үлгілері жақсы қайтару шығындарына қол жеткізілетін екі түрлі жиілікте және екі түрлі ауытқу жағдайында өлшенеді. Бірінші шара күшейткіштердің бейтарап болуына мүмкіндік береді және ол бірдей өлшем қондырғысымен салыстырылады, бірақ күшейткіштердің ығысуына мүмкіндік береді. Бұл өлшемдер күріште көрсетілген. Сәулелену үлгілері Н-жазықтығы үшін кең бағыттағы икемді күшейткіштері бар антеннаның максималды мәніне және Е-жазықтығы үшін ығыстырғыш күшейткіштермен максималды мәнге

нормаланады. Көріп отырғанымыздай, сәулелену үлгісінің пішіні БТӨ рупорымен алуға болатын типтік емес. Бұл үш негізгі факторға байланысты. Біріншісі - фазаны түзететін бұрандаларды пайдалану. Екіншісі - қабаттар арасындағы сәйкессіздік. Үшіншісі - рупордың ішіндегі өрісті өзгертетін күшейткіштерді қолдану. Қарастырылған жиілікке байланысты күшейткіштер ығысқан кезде күшейтудің 3-тен 5 дБ-ге дейін жақсаруы байқалады. II бөлімде түсіндірілгендей, күшейткіштер максималды қуат аймағына орналастырылмаған, сондықтан олар антенна арқылы өтетін энергияның шектеулі пайызын ғана алады, бұл қол жеткізуге болатын жалпы күшейтудің төмендеуіне әкеледі. Бұл нақты жағдайда максималды қолжетімді күшейту 8 дБ дейін болуы мүмкін. Дегенмен, нәтижелер БТӨ активті рупорлы антенналарын қалай жасауға болатынын және жалпы күшейту күшейткіштердің позицияларына қалай байланысты болатынын көрсетеді.



3.3-сурет – H-секторлы антеннаның сәулелену үлгісі. Қызыл сызық: қиғаш күшейткіштер. Қара сызық: бейтарап күшейткіштер. (a) 10,25 ГГц. (b) 11,5 ГГц



3.4-сурет – Электрондық ұшақ антеннасының сәулелену үлгісі. Қызыл сызық: қиғаш күшейткіштер. Қара сызық: бейтарап күшейткіштер. (a) 10,25 ГГц. (b) 11,5 ГГц

Көп қабатты БТӨ белсенді рупорлы антеннасы ұсынылған. Антеннаның үстіңгі жағына күшейткіштерді қосу үшін мұндай жағы тұрақты токтың оқшаулануына және қиғаштық үйлесімділігіне мүмкіндік беретін тоқтау жолағында жұмыс істейтін FSS-мен ауыстырылады. Нәтижелер құрылымға күшейткіштерді қосу өзінің аналогы пассивті БТӨ рупорлы антеннасымен салыстырғанда қайтару шығындарын дерлік әсер етпейтінін көрсетеді. Сонымен қатар, ұсынылған конфигурация антеннаның жалпы күшейтуін арттырады. Табысты жақсарту күшейткіштер санына және оның БТӨ рупор антеннасындағы орнына байланысты болады. Нәтижелер Н-ұшағы БТӨ активті рупорлы антеннасының қолжетімділігін көрсетеді.

### 3.4 БТӨ Н-секторлы кең жолақты рупорлы антенна

Біріктірілген толқын өткізгіш (БТӨ) - бұл төмен шығындар, төмен профиль, жазықтық тізбектерімен оңай жасау және интеграциялау және т.б. сияқты артықшылықтарды қамтамасыз ететін жазықтық беру желісінің түрі.

Жақында БТӨ технологиясына негізделген рупор антенналары жобаланған және жасалған.

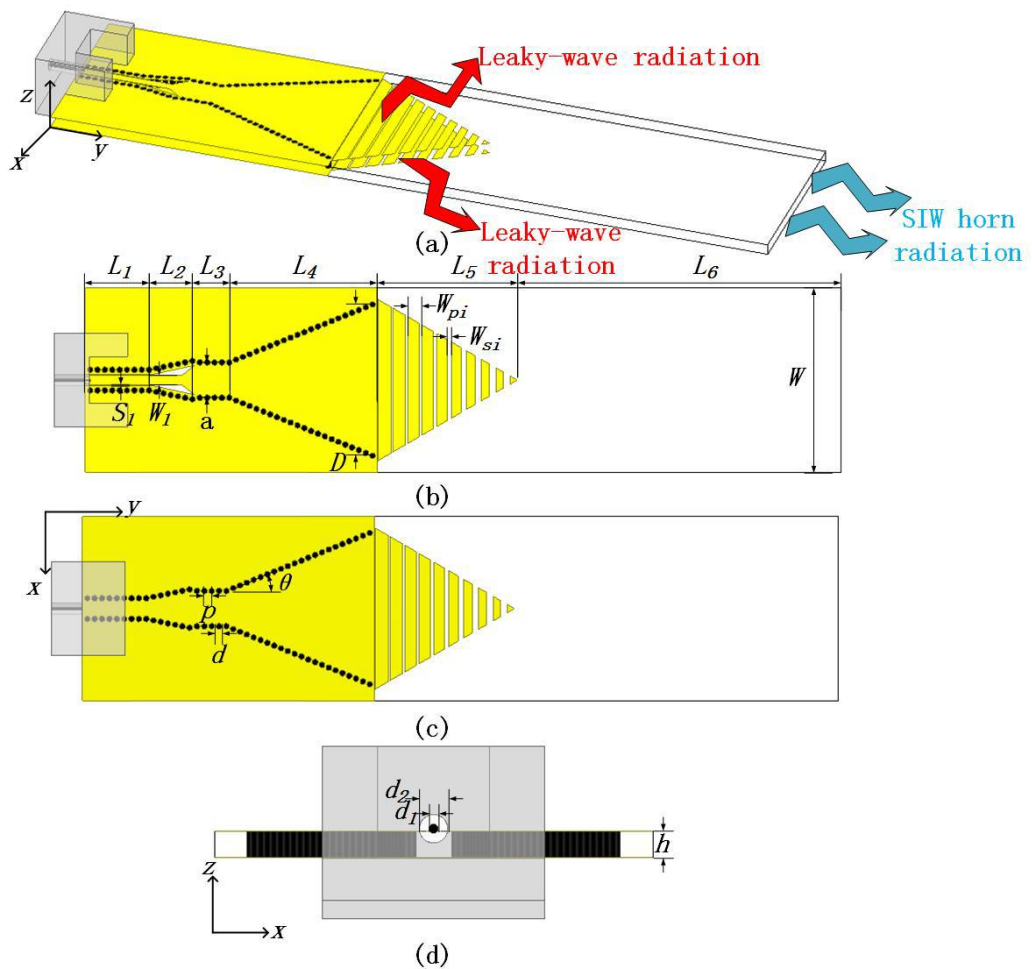
БТӨ Н-тәрізді рупоры [4] жұмысында енгізілді, онда кедергінің тар өткізу қабілеттілігінде төмен пайда алынды. Рупор саңылауы мен бос орын арасындағы сәйкессіздік антеннаның нашар жұмысына әкеледі. Бұл мәселені шешу үшін БТӨ Н-секторлықтағы рупор антенналарының күшейту коэффициенті мен кедергі өткізу қабілеттілігін жақсартуға әр түрлі күш жұмсалды.

Диэлектрлік жүктелген БТӨ Н-секторлы рупорлы антенна пайданы арттыру үшін енгізілді. Екі тікбұрышты және эллипстік диэлектрлік жүктелген БТӨ рупорлы антенналары үшін сәйкесінше 9,7 дБ және 9,3 дБ өлшенген күшейту туралы хабарланды. Дегенмен, ұсынылған антеннаның бүйірлік лоб деңгейі (БЛД) салыстырмалы түрде жоғары болды.

Жіңішке субстратты БТӨ рупорлы антенналары мен ауа арасындағы сәйкестікті жақсарту үшін басып шығарылған ауысулар ұсынылды. Өлшенген нәтижелер субстраттың қалыңдығы  $\lambda_0 / 10$  төмен болған кезде кедергі өткізу қабілеттілігінің тиімді түрде 16% дерлік жақсарғанын көрсетті. Сонымен қатар, БТӨ рупорының апертурасында саңырауқұлақ типті мета-материалды жүктеу арқылы қалыңдығы  $0,05\lambda_0$  қалың субстратта шамамен 10,6% кедергі өткізу қабілеті алынды [9].

Кеңейтілген субстратта әртүрлі диаметрі бар әуе жолдарын бұрғылау арқылы рупорлы саңылаудан ауаға тегіс өту [10] ұсынылған және кедергінің өткізу қабілетін 40% дейін кеңейтуге болады. Көпқабатты субстраттың ішінде жанып тұрған бүйір қабырғасында бұрғыланған тереңдігі әр түрлі жолдардан тұратын конустық жотасы бар БТӨ рупоры [11] енгізілген. Бұл БТӨ рупорының VSWR 18–40 ГГц-тен 2,5 төмен болды. Сонымен қатар, параболалық шағылыстырғыш пен жүктелген параллель пластиналы металл блоктардың комбинациясы арқылы БТӨ рупорлы антенна зерттелді және 31,5 ГГц жұмыс жиілігінде 15 дБ күшейтуді қамтамасыз етті. Дегенмен, бұл антеннаның көлемі айтарлықтай өсті.

Белгілі болғандай, жұқа субстраттарға басып шығарылған кәдімгі Н-секторлы БТӨ рупоры нашар кедергі сәйкестігі мен радиациялық өнімділікті сипаттайды. Бұл мәселені шешу үшін басып шығарылған конустық периодты ағып кететін толқынды жолақтар (ПАКТЖ) БТӨ рупор саңылауының алдына орналастырылады, ол [13-14]-те жүзеге асырылған тәсілдерден шабыттандырады. TPLS жүктелген SIW рупордың кедергі өткізу қабілеті мен күшейтуі әдеттегіден әлдеқайда көп. Содан кейін антеннаның күшеюін одан әрі жақсарту және алдыңғы-артқы ара қатынасын (ААК) азайту үшін ПАКТЖ алдына диэлектрлік плита қойылады. ПАКТЖ және диэлектрлік плитамен жүктелген ұсынылған антенна кедергі өткізу жолағын 60,8%-ға (20,6 ГГц-тен 38,6 ГГц-ке дейін) арттырады және іске асырылған күшейтуді 19,1 дБ-ге дейін жақсартады.



3.5-сурет – Ұсынылған рупорлы антеннаның геометриялық конфигурациясы. (a) 3D көрінісі, (b) үстіңгі көрініс, (c) төменгі көрініс, (d) бүйірлік көрініс

3.5-суретте көрсетілгендей, ұсынылған ПАКТЖ және диэлектрлік плита жүктелген Н-секторлы БТӨ рупорлы антеннасы өлшеу мақсатында оңтүстік-батыс қосқышқа қосылған GSPW арқылы қоректенеді. БТӨ рупорын қоздыру үшін GSPW және БТӨ ауысуы пайдаланылады. ПАКТЖ субстраттың екі жағында да басып шығарылады.

ПАКТЖ алдында рупорлы антеннамен бірдей субстратты ортақ пайдаланатын ұзартылған диэлектрлік плита орналастырылған. Астардың биіктігі 1,524 мм, ал диэлектрлік өтімділігі 3,55. Рупордың саңылаудың ені ( $D$ ) 20,5 мм, рупордың жалындау ұзындығы ( $L_5$ ) 20,1 мм. БТӨ (a) ені 4,8 мм, нәтижесінде  $TE_{10}$  кесу жиілігі 19,3 ГГц болады.

[7] - де антеннаның сәйкестігін жақсарту үшін басып шығарылған жолақтарды БТӨ рупоры апертурасының алдына қоюға болатынын көрсетеді. Дегенмен, үш біркелкі слот-жолақ жұптарының сәйкестігі екі жұпқа қарағанда нашар. Бұл мәселемен күресу үшін бұл қағазда 3.5-суретте көрсетілгендей ұялар ені мен ұзындығы бойынша тарылтады.



Ұсынылған ПАКТЖ құрылымы оттың соңғы бағыты бойынша рупордың сәулеленуін күшейту үшін электромагниттік (ЭМ) толқындарды бағыттайды және ағызады. [13] және [14] ішіндегі антеннадан айырмашылығы, ЭМ толқындары диэлектрлік плитаға түсетін қуаттың бөліктерін қалдырып, ішінара ағып кету үшін басқарылады. 3.5(а)-суретте көрсетілгендей, ұсынылған мүйіз антенна сәулеленудің екі түрін біріктіреді: БТӨ рупорынан сәуле (көк көрсеткілер) және ағып тұрған толқын (қызыл көрсеткілер). Сонымен, ұсынылған Н-секторлы БТӨ рупорлы антеннасы БТӨ рупорларына да, соңғы оттың ағып кететін толқынды диэлектрлік толқын өткізгіштерінің де радиациялық сипаттамаларына ие.

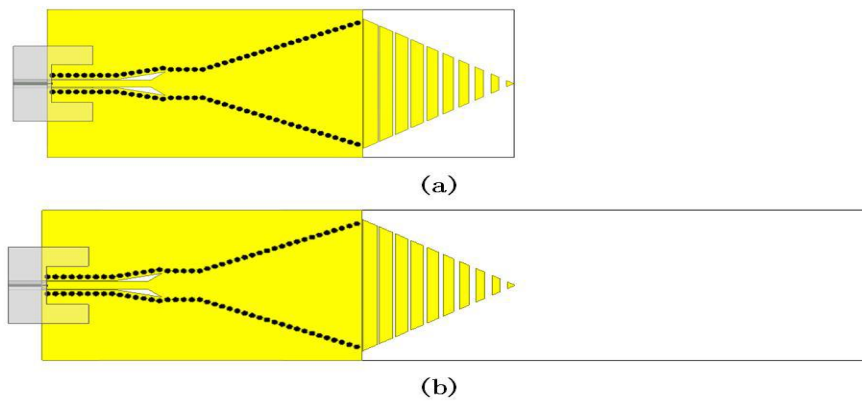
ПАКТЖ-ны жүктеу арқылы күшейтілген сәйкестікті және алуды жүзеге асыру үшін сәйкестікті және сәулеленуді басқарудың негізгі параметрлері, яғни ұялардың ені  $W_{si}$ , ұяшық-жолақ жұптарының периоды  $W_{pi}$  және  $L_5$  жолақ-ұя жұптарының жалпы ұзындығы қажет.

$W_{pi} = \lambda_g/4$  ( $\lambda_g$  – толқын өткізгіштегі толқын ұзындығы) және жолақтардың саны жұп болған кезде мүйіз саңылауының алдындағы жолақтармен шағылған толқын дерлік жойылатынын көрсетеді. Жақсырақ сәйкестік және радиациялық өнімділік үшін  $W_{pi}$  1,9 мм-ге бекітіледі және ұялардың ені біртіндеп ұлғаяды. Слоттар енінің мәндері арқылы есептеледі

$$\begin{cases} W_{pi} = 1.0 & i=1,2,\dots,10 \\ w_{si} = 0.1 + 0.1(i - 1) \end{cases} \quad (3.18)$$

3.6-суретте ПАКТЖ жүктелген Н-секторлы БТӨ рупорлы антеннасының және ПАКТЖ және диэлектрлік плитамен жүктелген мүйіздің геометриясы көрсетілген. [5] - де ұзартылған диэлектрлік тақтаны антеннаның күшеюін жақсарту үшін БТӨ рупорлы саңылауының алдына қоюға болатынын көрсетеді. ПАКТЖ алдындағы жүктелген диэлектрлік плитаны ПАКТЖ-бен қоздыратын диэлектрлік бағыттаушы құрылым ретінде қарастыруға болады, бұл Н-секторлығында сәуленің тар еніне әкеледі. Максималды кірісі бар рупор үшін Н-секторлығында апертура фазасының таралуы біркелкі дерлік. Квадрат фазасының қателігі жалынның үлкен бұрышы мен мүйіздің ұзындығының қысқаруымен артады. Бұл жағдайда диэлектрлік жүктеме фазалық түзетуші және кедергі трансформаторы ретінде қызмет етуі мүмкін.





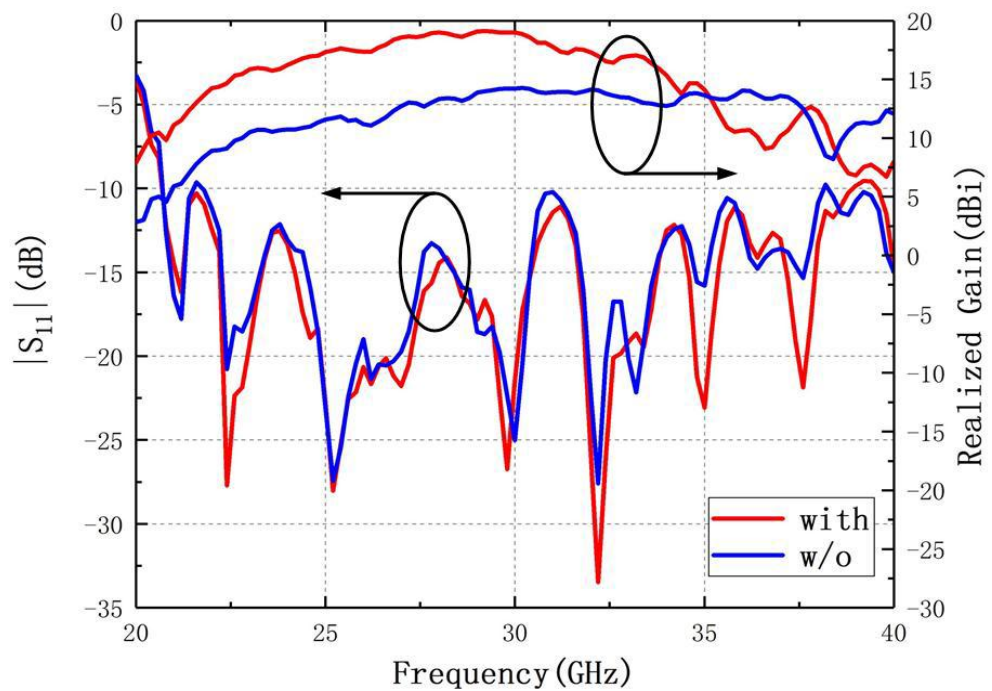
3.6-сурет – (a) ПАКТЖ жүктелген БТӨ рупорлы антеннасының және (b) субстрат тақтасымен жүктелген антеннаның геометриясы.

Диэлектрлік плитаның ұзындығын дұрыс таңдау арқылы Н-секторлығындағы да, Е-секторлығында да сәулелердің енін қысқартуға болады, демек, пайда жақсарады. Оңтайлы кіріс өнімділігі үшін плитаның ұзындығы 44 мм етіп таңдалады. Ұсынылған антеннаның геометриялық параметрлері 2 кестеде келтірілген.

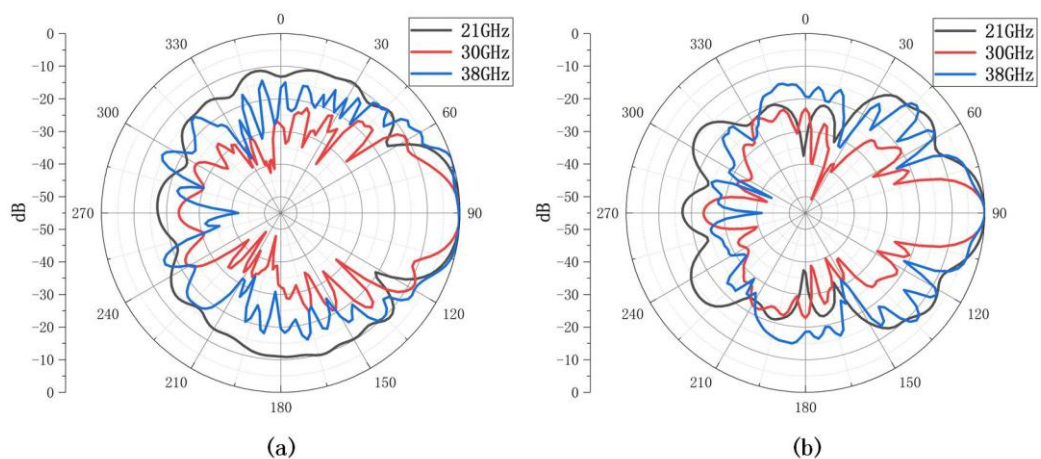
Кесте 3.1-Ұсынылған Н-жазақтық рупорлы антеннасының параметрлері (дәрежедегі  $\theta$ -тен басқа барлық өлшемдер мм)

$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$	$L_5$	$L_6$
8.65	5.88	5	20.1	19	44
$S_1$	$W_1$	$D$	$W$	$a$	$\theta$
0.15	1.2	20.5	25	4.8	22
$p$	$d$	$d_1$	$d_2$	$h$	
1	0.8	0.508	1.63	1.524	

Кеңейтілген диэлектрлік плитаның функционалдығын көрсету үшін ұзартылған диэлектрлік плитасы бар және онсыз ПАКТЖ жүктелген Н-секторлы БТӨ рупорлы антеннасы 3.6-суретте көрсетілгендей жобаланған. Осы екі мүйізді антеннаның шағылысу коэффициенттері мен іске асырылған күшейтулері көрсетілген. 3.7-суретте көрсетілгендей, 10 слот-жолақ жұптары мен диэлектрлік плитамен жүктелген ұсынылған Н-секторлы БТӨ рупорлы антеннасы 20,6 ГГц-тен 38,6 ГГц-ке дейінгі 60%-дан астам кедергі өткізу қабілеттілігіне ие.



3.7-сурет –  $S$ -параметрлері және ПАКТЖ жүктелген БТӨ рупорлы антеннасының субстрат тақтасы бар және онсыз жүктелген күшейту



3.8-сурет. - Ұсынылған антеннаның үш түрлі жиіліктегі алыс далалық сәулелену үлгілері. (a) E-жазықтығы. (b) H-жазықтығы

3.7-сурет сондай-ақ БТӨ рупорлы антеннасы жүктелген диэлектрлік плитаның іске асырылған күшейтуінің 20 ГГц-тен 35 ГГц-ке дейінгі жүктемелі тақтасыз мүйізге қарағанда әлдеқайда жоғары екенін көрсетеді. Үш репрезентативті жиіліктегі имитациялық алыс өрістің сәулелену үлгілері 3.8-суретте көрсетілген. Тұрақты өрт соңындағы сәулелену үлгілерін бүкіл операциялық өткізу жолағында байқауға болады.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыста активті рупорлы антеннаны талдау және әзірлеу жүргізілді. Зерттеу жан-жақты әдебиеттерді шолуды, дизайнды және антеннаны модельдеуді қамтыды. Мақсаты әртүрлі қолданбаларда сигналды тиімді жіберу және қабылдау үшін антеннаның өнімділігін оңтайландыру болды.

Жұмыстың негізгі нәтижелері активті рупорлы антеннаның сәтті дизайны мен имитациясын көрсетті. Антенна сигналды тиімді қабылдауды және беруді қамтамасыз ете отырып, төменгі бүйірлік деңгейлері бар жоғары радиациялық үлгілерге қол жеткізді. Кедергілерді сәйкестендіру және S-параметрлерін талдау оңтайландырылған қуат беру және беру қасиеттерін растады. Дизайн эксперименттік өлшемдер арқылы расталды, модельдеу нәтижелерін растады.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- [1] Антипин В.В., Зиновьев Н.В. Влияние нелинейности передатчика на сигналы с OFDM // Научно-практические исследования. - 2019. - №8-2 (23). - С.31-34.
- [2] Регламент радиосвязи. Международный союз электросвязи. — Женева, 2008, 428с.
- [3] Иванов В.И. Волоконно-оптические системы передачи, 2011;
- [4] Скляр О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи.-СПб.: «Лань», 2010.
- [5] URL: [https://ftp.utcluj.ro/pub/users/cemil/dDWDM/dDWDM\\_Intro/16\\_5311757.pdf](https://ftp.utcluj.ro/pub/users/cemil/dDWDM/dDWDM_Intro/16_5311757.pdf) (дата обращения 19.05.2020).
- [6] URL:<https://www.globalspec.com/reference/21551/160210/chapter-4-2-dDWDM-network-topologies-review>(дата обращения 05.04.2020)
- [7] URL: <https://www.fiberlabs.com/glossary/about-DWDM/>(дата обращения 01.05.2020)
- [8] Y. Cai, Y. S. Zhang, L. Yang, Y. F. Cao, and Z. P. Qian, “Design of low-profile metamaterials-loaded substrate integrated waveguide horn antenna and its array applications,” IEEE Trans. Antennas Propag., vol.65, no. 7, July. 2017.
- [9] E. Rahimi and M. H. Neshati, "Development of low profile substrate integrated waveguide horn antenna with improved gain," AIJ – Electrical & Electronics Engineering, vol. 48, no. 2, pp. 63-70, 2016.
- [10] Lei Wang, Maria Garcia-Vigueras, Marcos Alvarez-Folgueiras, Juan R. Mosig, “Wideband H-plane dielectric horn antenna,” IET Microwaves, Antennas & Propagation, vol. 11, no. 12, pp. 1695-1701 , 2017.
- [12] N. Esparza et al., “Substrate Integrated Waveguides structures using frequency selective surfaces operating in stop-band (SBFSS-SIW)” IEEE microwave an wireless components letters, vol. 26, no.2, 2016.
- [13] Ali Doghri et al., “Multi-dimensional substrate integrated waveguide for high density integration”, 2015 Global Symposium on Millimeter waves (GSMM), May 2015.
- [14] Курочкин А.Е. Теоретические основы активных магнитных антенн. Учебно-методическое пособие по дисциплине «Радиоприемные устройства». Часть 1. ШУМОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВХОДНЫХ КАСКАДОВ РАДИОПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ С МАГНИТНОЙ АНТЕННОЙ. Минск, 2003. Стр. 25-35.

## РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жұмыс

Секенов Бейбарыс Нұртайұлы

6B06201 «Телекоммуникации»

### Тақырыбы Активті рупорлық антенна жасау және жұмысын талдау

Дипломдық жұмыстың құрылымы мыналарды қамтиды: кіріспе, үш негізгі бөлім, қорытынды, пайдаланылған әдебиеттер тізімі.

Бірінші бөлімде зерттеудің өзектілігі анықталды, активті рупорлық антенналардың енгізу қажеттілігінің негізгі критерийлері қарастырылды, сонымен қатар артықшылықтары мен кемшіліктері зерттелді.

Екінші бөлімде электромагниттік теория мен толқынның таралуын, рупорлы антеннаның дизайн принциптері мен параметрлерін, сондай-ақ белсенді антенналардың теориясы мен компоненттерін қамтитын зерттеудің теориялық негіздерін құруға бағытталған.

Үшінші бөлімінде активті рупорлы антеннаның дизайны мен имитациясын қарастырады. Сәйкес белсенді компоненттерді таңдау және антеннаның техникалық сипаттамаларына қатысты ойлар талқыланады, содан кейін мамандандырылған бағдарламалық құралдарды пайдалана отырып, антеннаны модельдеу және оңтайландыру қарастырылады.

Қорытындыда зерттеу мақсаттарына қол жеткізуді және активті рупорлы антеннаны жобалау саласына қосқан үлесін қорытындылай отырып, осы зерттеуден жасалған қорытындылар ұсынылады.

Жұмыстың мәтіндік және графикалық материалдарын жасауға, баяндауға, ресімдеуге және мазмұнына қойылатын жалпы талаптар ГОСТ сәйкес орындалды.

Дипломдық жұмыс 90/а/"өте жақсы" бағасына орындалды, ал дипломант, Секенов Бейбарыс 6B06201 - телекоммуникация мамандығының бакалавр дәрежесіне лайық.

### Сын – пікір беруші:

Техника ғылымдарының кандидаты

Қауымдастырылған профессор

ҚазҰАЗУ

« 1 » 06 2023 ж.



Токмолдаев А.Б.

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ  
ПІКІРІ

Дипломдық жұмыс

Секенов Бейбарыс Нұртайұлы

6B06201 «Телекоммуникации»

**Тақырыбы Активті рупорлық антенна жасау және жұмысын талдау**

Дипломдық жұмыста активті рупорлы антеннаның жұмысына талдау және модельдеу жасалынды. Берілген параметрлер бойынша есептеулер жүргізілді. Осы тақырып аясында барлық теориялық мәліметтер жасалынды.

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер өте орынды.

Н – жазықтықтағы SIW активті рупорлы антеннаның дизайнын талдау өте орынды.

Дипломдық жұмыс 95/А/"өте жақсы" бағасына орындалды, ал дипломант, Секенов Бейбарыс 6B06201 - телекоммуникация мамандығының бакалавр дәрежесіне ұсынылады.

**Сын – пікір беруші:**

Техника ғылымдарының кандидаты,

ЭТЖҒТ кафедрасының

аға оқытушысы

« 2 » 06 2023 ж.



Ибекеев С.Е.



## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Секенов Бейбарыс Нұртайұлы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Активті рупорлық антенна жасау және жұмысын талдау

**Научный руководитель:** Серикбек Ибекеев

**Коэффициент Подобия 1:** 4.5

**Коэффициент Подобия 2:** 1.9

**Микропробелы:** 5

**Знаки из здругих алфавитов:** 12

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

2023-06-02

*Дата*

*Заведующий кафедрой*



**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті  
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагияттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

**Автор: Секенов Бейбарыс Нұртайұлы**

**Тақырыбы: Активті рупорлық антенна жасау және жұмысын талдау**

**Жетекшісі: Серикбек Ибекеев**

**1-ұқсастық коэффициенті (30): 4.5**

**2-ұқсастық коэффициенті (5): 1.9**

**Дәйексөз (35): 0.3**

**Әріптерді ауыстыру: 12**

**Аралықтар: 0**

**Шағын кеңістіктер: 5**

**Ақ белгілер: 0**

**Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :**

Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

**Негіздеме:**

**2023-06-02**

*Күні*

*Кафедра меңгерушісі*





## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Секенов Бейбарыс Нұртайұлы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Активті рупорлық антенна жасау және жұмысын талдау

**Научный руководитель:** Серикбек Ибекеев

**Коэффициент Подобия 1:** 4.5

**Коэффициент Подобия 2:** 1.9

**Микропробелы:** 5

**Знаки из здругих алфавитов:** 12

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

2023-06-02

*Дата*

Сұңғат Марксұлы

  
*проверяющий эксперт*