

МУҲАММАД АЛ-ХОРАЗМИЙ НОМИДАГИ  
ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ  
ҲУЗУРИДАГИ ПЕДАГОГ КАДРЛАРНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА  
УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШ ТАРМОҚ МАРКАЗИ

2019

ЎҚУВ-УСЛУБИЙ  
МАЖМУА

# РАДИОАЛОҚА ТИЗИМЛАРИДА АНТЕНАЛАР

“Радиоэлектрон қурилмалар ва тизимлари” йўналиши

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ  
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**ОЛИЙ ТАЪЛИМ ТИЗИМИ ПЕДАГОГ ВА РАЎБАР КАДРЛАРИНИ  
ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШНИ  
ТАШКИЛ ЭТИШ БОШ ИЛМИЙ - МЕТОДИК МАРКАЗИ**

**МУЎАММАД АЛ-ХОРАЗМИЙ НОМИДАГИ  
ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ  
ЎУЗУРИДАГИ ПЕДАГОГ КАДРЛАРНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА  
УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШ ТАРМОҚ МАРКАЗИ**

**“Радиоэлектрон қурилмалар ва тизимлари” йўналиши**

**“Радиоалоқа тизимларида антеналар”  
МОДУЛИ БЎЙИЧА  
Ў Қ У В – У С Л У Б И Й М А Ж М У А**

**Тошкент - 2019**

**Модулнинг ўқув-услубий мажмуаси Олий ва ўрта махсус, касб-ҳунар таълими ўқув-методик бирлашмалари фаолиятини Мувофиқлаштирувчи кенгашининг 2019 йил 18 октябрдаги 5 – сонли баённомаси билан маъқулланган ўқув дастури ва ўқув режасига мувофиқ ишлаб чиқилган.**

Тузувчилар: В.Губенко - ТАТУ “Телерадиоэшиттириш тизимлари” кафедраси доценти  
У.Арипова - ТАТУ “Телерадиоэшиттириш тизимлари” кафедраси доценти

Такризчилар: Д.Остоверхов - Берлин техника университети (Германия), профессор.  
Д.Давронбеков, ТАТУ “Радио ва мобил алоқа” факультети декани, т.ф.н., доц.

**Модулнинг ўқув-услубий мажмуаси Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети Кенгашининг 2019 йил 29 августдаги 1 (694) – сонли баённомаси билан тавсия қилинган**

## **МУНДАРИЖА**

<b>I. Ишчи дастур .....</b>	<b>5</b>
<b>II. Модулни ўқитишда фойдаланиладиган интерфаол таълим методлари</b>	<b>10</b>
<b>III. Назарий материаллар .....</b>	<b>17</b>
<b>IV. Амалий машғулот материаллари.....</b>	<b>69</b>
<b>V. Глоссарий .....</b>	<b>96</b>
<b>VI. Адабиётлар рўйхати .....</b>	<b>100</b>

І БЇЛИМ

ИШЧИ ДАСТУР

## Кириш

Дастур Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 12 июндаги “Олий таълим муассасаларининг раҳбар ва педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-4732-сонли, 2017 йил 7 февралдаги “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги ПФ-4947-сонли, 2019 йил 27 августдаги “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг узлуксиз малакасини ошириш тизимини жорий этиш тўғрисида”ги ПФ-5789-сонли Фармонлари, шунингдек 2017 йил 20 апрелдаги “Олий таълим тизимини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ–2909-сонли Қарорида белгиланган устувор вазифалар мазмунидан келиб чиққан ҳолда тузилган бўлиб, у олий таълим муассасалари педагог кадрларининг касб маҳорати ҳамда инновацион компетентлигини ривожлантириш, соҳага оид илғор хорижий тажрибалар, янги билим ва малакаларни ўзлаштириш, шунингдек амалиётга жорий этиш кўникмаларини такомиллаштиришни мақсад қилади.

Дастур доирасида берилаётган мавзулар таълим соҳаси бўйича педагог кадрларни қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш мазмуни, сифати ва уларнинг тайёргарлигига қўйиладиган умумий малака талаблари ва ўқув режалари асосида шакллантирилган бўлиб, унинг мазмуни Ўзбекистоннинг миллий тикланишдан миллий юксалиш босқичида олий таълим вазифалари, таълим-тарбия жараёнларини ташкил этишнинг норматив-ҳуқуқий ҳужжатлари, илғор таълим технологиялари ва педагогик маҳорат, таълим жараёнларида ахборот-коммуникация технологияларини қўллаш, амалий хорижий тил, тизимли таҳлил ва қарор қабул қилиш асослари, махсус фанлар негизида илмий ва амалий тадқиқотлар, ўқув жараёнини ташкил этишнинг замонавий услублари бўйича сўнгги ютуқлар, педагогнинг креатив компетентлигини ривожлантириш, глобал Интернет тармоғи, мультимедиа тизимларидан фойдаланиш ва масофавий ўқитишнинг замонавий шакллари кўллаш бўйича тегишли билим, кўникма, малака ва компетенцияларни ривожлантиришга йўналтирилган.

Қайта тайёрлаш ва малака ошириш йўналишининг ўзига хос хусусиятлари ҳамда долзарб масалаларидан келиб чиққан ҳолда дастурда тингловчиларнинг махсус фанлар доирасидаги билим, кўникма, малака ҳамда компетенцияларига қўйиладиган талаблар такомиллаштирилиши мумкин.

### Модулнинг мақсади ва вазифалари

“Радиоалоқа тизимларида антеналар“ модулининг мақсади: педагог кадрларни қайта тайёрлаш ва малака ошириш курс тингловчиларини радиоалоқа тизимларида антеналар ҳақидаги билимларини такомиллаштириш, ушбу

йўналишдаги айрим муаммоларни аниқлаш, таҳлил этиш ва баҳолаш кўникма ва малакаларини таркиб топтириш.

“Радиоалоқа тизимларида антеналар“ модулининг вазифалари:

- радиоалоқа тизимларида антеналар соҳасидаги ўқитишнинг инновацион технологиялари ва илғор хорижий тажрибаларни ўзлаштириш;
- “Радиоэлектрон курилмалар ва тизимлари” йўналишида қайта тайёрлаш ва малака ошириш жараёнларининг фан ва ишлаб чиқариш билан интеграциясини таъминлаш.

### **Модул бўйича тингловчиларнинг билими, кўникмаси, малакаси ва компетенцияларига қўйиладиган талаблар**

“Радиоалоқа тизимларида антеналар“ курсини ўзлаштириш жараёнида амалга ошириладиган масалалар доирасида:

#### **Тингловчи:**

- антенналарнинг синфланишини;
- антенналарнинг параметрларини ва тавсифларини;

### **Модулни ташкил этиш ва ўтказиш бўйича тавсиялар**

“Радиоалоқа тизимларида антеналар“ курси маъруза ва амалий машғулотлар шаклида олиб борилади.

Курсни ўқитиш жараёнида таълимнинг замонавий методлари, ахборот-коммуникация технологиялари қўлланилиши назарда тутилган:

- маъруза дарсларида замонавий компьютер технологиялари ёрдамида презентацион ва электрон-дидактик технологиялардан;

- ўтказиладиган амалий машғулотларда техник воситалардан, экспресс-сўровлар, тест сўровлари, ақлий ҳужум, гуруҳли фикрлаш ва бошқа интерактив таълим усулларини қўллаш назарда тутилади.

### **Модулнинг ўқув режадаги бошқа модуллар билан боғлиқлиги ва узвийлиги**

“Радиоалоқа тизимларида антеналар“ модули мазмуни ўқув режадаги “Мобил иловалар яратиш” ўқув модули билан узвий боғланган ҳолда педагогларнинг электрон педагогика ва педагогнинг шахсий, касбий ахборот майдони бўйича касбий педагогик тайёргарлик даражасини оширишга хизмат қилади.

### **Модулнинг олий таълимдаги ўрни**

Модулни ўзлаштириш орқали тингловчилар электрон ҳукуматни жорий этишни ўрганиш, амалда қўллаш ва баҳолашга доир касбий компетентликка эга бўладилар.

### Модул бўйича соатлар тақсимоти

№	Модуль мавзулари	Аудитория уқув юкلامаси			
		Жами	жумладан		
			Назарий	Амай машғулот	Кўчма машғулоти
1.	Антенналарнинг синфланиши. Антенналарнинг параметрлари ва тавсифлари.	2	2		
2.	Тебратгичли антенналар турлари	4	2	2	
3	Апертур турдаги антенналар	2	2		
4	Антенна панжаралари	4	2	2	
5	УҚТ диапазонидаги антенналар. Директорли антенна. Спирал антенна. Логопериодик антенна	2	2		
6	Бир киришли узатувчи – қабул қилувчи антенналар. Қўл радиотелефонлари учун кичик ўлчамдаги антенналар	6		2	4
7	«MMANA-GAL» дастурининг имкниятлари	2		2	
	<b>Жами:</b>	<b>22</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>4</b>

### НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

**1-маву: Антенналарнинг синфланиши. Антенналарнинг параметрлари ва тавсифлари (2 соат)**

Антенналарни синфланиши, частота диапазони бўйича гуруҳланиши. Антеннанинг кириш қаршилиги. Антеннанинг нурлатиш қаршилиги. Антеннанинг ўтказиш полосаси. Антеннанинг фойдали иш коэффициенти.

**2 - мавзу Тебратгичли антенналар турлари (2 соат)**

Симметрик тебратгич. Ток ва заряд тақсимоти. Симметрик тебратгичнинг йўналганлигу хусусиятлари. Боғлиқ тебратгичлардан ташкил топган тизимнинг нурлатиши.

**3-маву: Апертур турдаги антенналар (2 соат)**

Рупорли антенна. Параболик антенна

**4-маву: Антенна панжаралари (2 соат)**

Умумий тушунчалар. Кўндаланг нурлатувчи АП. Бўйлама нурлатувчи АП.



**5 - мавзу УҚТ диапазонидаги антенналар. Директорли антенна. Спирал антенна. Логопериодик антенна (2 соат)**  
Директорли антенна. Спирал антенна. Логопериодик антенна

### **Кўчма машғулот**

**6-мавзу: Бир киришли узатувчи – қабул қилувчи антенналар. Қўл радиотелефонлари учун кичик ўлчамдаги антенналар (4 соат)**

Бир киришли узатувчи – қабул қилувчи антенналар. Қўл радиотелефонлари учун кичик ўлчамдаги антенналар

### **АМАЛИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ**

- 1–амалий машғулот. Симметрик вибраторнинг йўналганлик тавсифи.
- 2-амалий машғулот. Кўндаланг нурлатувчи чизиқли антенна панжаралари. Ўқи бўйлаб нурлатувчи чизиқли антенна панжаралар.
- 3- амалий машғулот. Радиотўлқинларнинг эркин фазода тарқатиш. Метрли ва дециметрли радиотўлқинлар трассасини ҳисоблаш.
- 4- амалий машғулот. «MMANA-GAL» дастурининг имкониятлари.

### **ЎҚИТИШ ШАКЛЛАРИ**

Мазкур модул бўйича қуйидаги ўқитиш шаклларида фойдаланилади:

- маърузалар, амалий машғулотлар (маълумотлар ва технологияларни англаб олиш, ақлий қизиқишни ривожлантириш, назарий билимларни мустаҳкамлаш);
- давра суҳбатлари (кўрилаётган лойиҳа ечимлари бўйича таклиф бериш қобилиятини ошириш, эшитиш, идрок қилиш ва мантиқий хулосалар чиқариш);
- баҳс ва мунозаралар (лойиҳалар ечими бўйича далиллар ва асосли аргументларни тақдим қилиш, эшитиш ва муаммолар ечимини топиш қобилиятини ривожлантириш).

# II БЎЛИМ

МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА  
ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН  
ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ  
МЕТОДЛАРИ

## II. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ

### «Блум кубиги» методи

**Методнинг мақсади:** Мазкур метод тингловчиларда янги ахборотлар тизимини қабул қилиш ва билимларни ўзлаштирилишини енгиллаштириш мақсадида қўлланилади, шунингдек, бу метод тингловчилар учун “Очиқ” саволлар тузиш ва уларга жавоб топиш машқи вазифасини белгилайди.

#### Методни амалга ошириш тартиби:

1. Ушбу методни қўллаш учун, оддий куб керак бўлади. Кубнинг ҳар бир томонида кўйидаги сўзлар ёзилади:
  - **Санаб беринг, таъриф беринг (оддий савол)**
  - **Нима учун (сабаб-оқибатни аниқлаштирировчи савол)**
  - **Тушинтириб беринг (муаммони ҳар томонлама қараш саволи)**
  - **Таклиф беринг (амалиёт билан боғлиқ савол)**
  - **Мисол келтиринг (ижодкорликни ривожлантирировчи савол)**
  - **Фикр беринг (таҳлил қилиш ва баҳолаш саволи)**
2. Ўқитувчи мавзуни белгилаб беради.
3. Ўқитувчи кубикни столга ташайди. Қайси сўз чиқса, унга тегишли саволни беради.

### “KWLH” методи

**Методнинг мақсади:** Мазкур метод тингловчиларда янги ахборотлар тизимини қабул қилиш ва билимларни тизимлаштириш мақсадида қўлланилади, шунингдек, бу метод тингловчилар учун мавзу бўйича кўйидаги жадвалда берилган саволларга жавоб топиш машқи вазифасини белгилайди.

#### **Изоҳ. KWLH:**

*Know – нималарни биламан?*

*Want – нимани билишни хоҳлайман?*

*How - қандай билиб олсам бўлади?*

*Learn - нимани ўрганиб олдим?.*

<b>“KWL” методи</b>	
<p><b>1. Нималарни биламан:</b></p> <p>-</p>	<p><b>2. Нималарни билишни хоҳлайман, нималарни билишим керак:</b></p> <p>-</p>
<p><b>3. Қандай қилиб билиб ва топиб оламан:</b></p> <p>-</p>	<p><b>4. Нималарни билиб олдим:</b></p> <p>-</p>

### “W1H” методи

**Методнинг мақсади:** Мазкур метод тингловчиларда янги ахборотлар тизимини қабул қилиш ва билимларни тизимлаштириш мақсадида қўлланилади, шунингдек, бу метод тингловчилар учун мавзу бўйича қўйидаги жадвалда берилган олти саволларга жавоб топиш машқи вазифасини белгилайди.

What?	Нима? (таърифи, мазмуни, нима учун ишлатилади)	
Where?	Қаерда (жойлашган, қаердан олиш мукин)?	
What kind?	Қандай? (параметрлари, турлари мавжуд)	
When?	Қачон? (ишлатилади)	
Why?	Нима учун? (ишлатилади)	
How?	Қандай қилиб? (яратилади, сақланади, тўлдирилади, таҳрирлаш мумкин)	

### “SWOT-таҳлил” методи.

**Методнинг мақсади:** мавжуд назарий билимлар ва амалий тажрибаларни таҳлил қилиш, таққослаш орқали муаммони ҳал этиш йўлларни топишга, билимларни мустаҳкамлаш, такрорлаш, баҳолашга, мустақил, танқидий фикрлашни, ностандарт тафаккурни шакллантиришга хизмат қилади.

<b>S – (strength)</b>	• кучли томонлари
<b>W – (weakness)</b>	• заиф, кучсиз томонлари
<b>O – (opportunity)</b>	• имкониятлари
<b>T – (threat)</b>	• хавфлар

### “БЕЕР” методи

**Методнинг мақсади:** Бу метод мураккаб, кўптармоқли, мумкин қадар, муаммоли характеридаги мавзуларни ўрганишга қаратилган. Методнинг моҳияти шундан иборатки, бунда мавзунинг турли тармоқлари бўйича бир хил ахборот берилади ва айти пайтда, уларнинг ҳар бири алоҳида аспектларда муҳокама этилади. Масалан, муаммо ижобий ва салбий томонлари, афзаллик, фазилат ва камчиликлари, фойда ва зарарлари бўйича ўрганилади. Бу интерфаол метод танқидий, таҳлилий, аниқ мантиқий фикрлашни муваффақиятли ривожлантиришга ҳамда ўқувчиларнинг мустақил ғоялари, фикрларини ёзма ва оғзаки шаклда тизимли баён этиш, ҳимоя қилишга имконият яратади. “Беер” методидан маъруза машғулотларида индивидуал ва жуфтликлардаги иш шаклида, амалий ва семинар машғулотларида кичик гуруҳлардаги иш шаклида мавзу юзасидан билимларни мустаҳкамлаш, таҳлили қилиш ва таққослаш мақсадида фойдаланиш мумкин.

**Методни амалга ошириш тартиби:**



тренер-ўқитувчи иштирокчиларни 5-6 кишидан иборат кичик гуруҳларга ажратади;



тренинг мақсади, шартлари ва тартиби билан иштирокчиларни таништиргач, ҳар бир гуруҳга умумий муаммони таҳлил қилиниши зарур бўлган қисмлари туширилган тарқатма



ҳар бир гуруҳ ўзига берилган муаммони атрофлича таҳлил қилиб, ўз мулоҳазаларини тавсия этилаётган схема бўйича тарқатмага ёзма баён қилади;



навбатдаги босқичда барча гуруҳлар ўз тақдимотларини ўтказадилар. Шундан сўнг, тренер томонидан таҳлиллар умумлаштирилади, зарурий ахборотлар билан тўлдирилади ва мавзу яқунланади.

Муаммоли савол					
1-усул		2-усул		3-усул	
афзаллиги	камчилиги	афзаллиги	камчилиги	афзаллиги	камчилиги
<b>Хулоса:</b>					

**“Кейс-стади” методи**

«Кейс-стади» - инглизча сўз бўлиб, («case» – аниқ вазият, ҳодиса, «stadi» – ўрганмоқ, таҳлил қилмоқ) аниқ вазиятларни ўрганиш, таҳлил қилиш асосида ўқитишни амалга оширишга қаратилган метод ҳисобланади. Мазкур метод дастлаб 1921 йил Гарвард университетида амалий вазиятлардан иқтисодий бошқарув фанларини ўрганишда фойдаланиш тартибида қўлланилган. Кейсда очик ахборотлардан ёки аниқ воқеа-ҳодисадан вазият сифатида таҳлил учун фойдаланиш мумкин.

**“Кейс методи” ни амалга ошириш босқичлари**

<b>Иш босқичлари</b>	<b>Фаолият шакли ва мазмуни</b>
<b>1-босқич:</b> Кейс ва унинг ахборот таъминоти билан таништириш	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ якка тартибдаги аудио-визуал иш;</li> <li>✓ кейс билан танишиш(матнли, аудио ёки медиа шаклда);</li> <li>✓ ахборотни умумлаштириш;</li> <li>✓ ахборот таҳлили;</li> <li>✓ муаммоларни аниқлаш</li> </ul>
<b>2-босқич:</b> Кейсни аниқлаштириш ва ўқув топшириғни белгилаш	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ индивидуал ва гуруҳда ишлаш;</li> <li>✓ муаммоларни долзарблик иерархиясини аниқлаш;</li> <li>✓ асосий муаммоли вазиятни белгилаш</li> </ul>
<b>3-босқич:</b> Кейсдаги асосий муаммони таҳлил этиш орқали ўқув топшириғининг ечимини излаш, ҳал этиш йўллари ишлаб чиқиш	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ индивидуал ва гуруҳда ишлаш;</li> <li>✓ муқобил ечим йўллари ишлаб чиқиш;</li> <li>✓ ҳар бир ечимнинг имкониятлари ва тўсиқларни таҳлил қилиш;</li> <li>✓ муқобил ечимларни танлаш</li> </ul>
<b>4-босқич:</b> Кейс ечимини ечимини шакллантириш ва асослаш, тақдимот.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ якка ва гуруҳда ишлаш;</li> <li>✓ муқобил вариантларни амалда қўллаш имкониятларини асослаш;</li> <li>✓ ижодий-лойиҳа тақдимотини тайёрлаш;</li> <li>✓ якуний хулоса ва вазият ечимининг амалий аспектиларини ёритиш</li> </ul>

**“Ассесмент” методи**

**Методнинг мақсади:** мазкур метод таълим олувчиларнинг билим даражасини баҳолаш, назорат қилиш, ўзлаштириш кўрсаткичи ва амалий кўникмаларини текширишга йўналтирилган. Мазкур техника орқали таълим олувчиларнинг билиш фаолияти турли йўналишлар (тест, амалий кўникмалар, муаммоли вазиятлар машқи, қиёсий таҳлил, симптомларни аниқлаш) бўйича ташҳис қилинади ва баҳоланади.

**Методни амалга ошириш тартиби:**

“Ассесмент”лардан маъруза машғулотида талабаларнинг ёки катнашчиларнинг мавжуд билим даражасини ўрганишда, янги маълумотларни баён қилишда, семинар, амалий машғулотларда эса мавзу ёки маълумотларни ўзлаштириш даражасини баҳолаш, шунингдек, ўз-ўзини баҳолаш мақсадида индивидуал шаклда фойдаланиш тавсия этилади. Шунингдек, ўқитувчининг ижодий ёндашуви ҳамда ўқув мақсадларидан келиб чиқиб, ассесментга қўшимча топшириқларни киритиш мумкин.

Ҳар бир катакдаги тўғри жавоб 5 балл ёки 1-5 балгача баҳоланиши

мумкин.



**Тест**

**Муаммоли вазият**

**Тушунча таҳлили  
(симптом)**

**Амалий вазифа**

### “Инсерт” методи

#### Методни амалга ошириш тартиби:

- ўқитувчи машғулотга қадар мавзунинг асосий тушунчалари мазмуни ёритилган матнни тарқатма ёки тақдимот кўринишида тайёрлайди;
- янги мавзу моҳиятини ёритувчи матн таълим олувчиларга тарқатилади ёки тақдимот кўринишида намойиш этилади;
- таълим олувчилар индивидуал тарзда матн билан танишиб чиқиб, ўз шахсий қарашларини махсус белгилар орқали ифодалайдилар. Матн билан ишлашда талабалар ёки қатнашчиларга қуйидаги махсус белгилардан фойдаланиш тавсия этилади:

Белгилар	Матн
“V” – таниш маълумот.	
“?” – мазкур маълумотни тушунмадим, изоҳ керак.	
“+” бу маълумот мен учун янгилик.	
“– ” бу фикр ёки мазкур маълумотга қаршиман?	

Белгиланган вақт якунлангач, таълим олувчилар учун нотаниш ва тушунарсиз бўлган маълумотлар ўқитувчи томонидан таҳлил қилиниб, изоҳланади, уларнинг моҳияти тўлиқ ёритилади. Саволларга жавоб берилади ва машғулот якунланади.



# Ш БЎЛИМ

НАЗАРИЙ  
МАТЕРИАЛЛАР

### III. НАЗАРИЙ МАТЕРИАЛЛАР

#### Мавзу 1

#### Антенналарининг синфланиши.

#### Антенна параметрлари ва тавсифлари (2 соат)

##### *Режа:*

- 1.1. Антенналарни синфланиши, частота диапазони бўйича гуруҳланиши.
- 1.2. Антеннанинг кириш қаршилиги. Антеннанинг нурлатиш қаршилиги. Антеннанинг ўтказиш полосаси. Антеннанинг фойдали иш коэффициентлари.

#### 1.1. Антенналарни синфланиши, частота диапазони бўйича гуруҳланиши.

Ихтиёрий турдаги ахборот узатувчи радиолиния боши ва охири антенна билан таъминланган узатгич ва қабул қилгичдан ташкил топади. Узатувчи антенна узатгичдаги электр сигналларни радиотўлқин шаклида нурлатади. Қабул қилувчи антенна эса радиотўлқинларни қабул қилади ва электр сигнали кўринишида қабул қилгичга етказиб беради. Антеннани узатгич ёки қабул қилгич билан бирлаштирувчи узатиш линияси *фидер* деб номланади.

*Антенна – фидер қурилмалари* радиоалоқа линиясининг муҳим элементларидан бири ҳисобланади. Антеннанинг нотўғри танланиши, радиолиниялардаги носозликларни келтириб чиқариши мумкин. Шу сабабли профессионал радиолинияларда йўналтирилган антенналардан фойдаалниш мақсадга мувофиқ. Йўналтирилган антенна нурлатилганда радиотўлқин энергияси маълум йўналишда узатилади. Антеннанинг йўналганлик даражаси қанча катта бўлса, шунча кичик қувватларда энергия узатиш имконини беради. Шунингдек, қабул қилувчи қурилма киришидаги сигнал-ҳалақит нисбатини оширади ва узатгичнинг керакли қувватни камайтиради. Йўналтирилган антенналар мураккаб ва тан нархи қиммат бўлган қурилма ҳисобланади. Бироқ уларга сарфланган харажатлар эксплуатация жараёнида ўзини тўлиқ оқлайди.

Антенна техникасининг ривожини радио тараққиёти даврида тўлалигича антенна қурилмалари назариясининг ривожланиши билан узвий боғлиқ бўлган. Генрих Герцнинг электромагнит майдоннинг мавжудлигини текшириш борасидаги тажрибалари унинг электр диполи ёрдамида ҳосил қилиниши мумкинлиги билан тўлдирилган эди. А.С.Попов томонидан радионинг ихтиро қилинишида яратилган асосий элементлардан бири, бу қабул қилувчи антеннанинг яратилишидир. А.С.Попов томонидан антеннанинг Герц тебратгичи ва қабул қилувчи контур билан такомиллаштирилиши радиоалоқа линиясининг узатиш масофасини ошириб, алоқа соҳасининг радиотелеграфия ва радиотехника йўналишига асос солди.

Антенна қурилмалари техникаси радионинг ихтиро қилинишидан бошлаб жуда мураккаб йўлни босиб ўтди. Янги диапазонларнинг

ўзлаштирилиши, радиотехниканинг янги соҳаларга тадбиқи эски қурилмаларни такомиллаштириш ва принципиал янги антенна техникасини яратиш талабини қўйди.

*Антенна деб, радиотўлқинларни нурлатиш ёки қабул қилиш учун мўлжалланган қурилмага айтилади.* Антенналар қайтарувчанлик хусусиятига эга бўлиб, ҳам қабул қилувчи, ҳам узатувчи сифатида ишлаши мумкин. Улар бажарадиган вазифасига кўра қабул қилувчи, узатувчи, қабул қилиб-узатувчи турларга бўлинади.

*Узатувчи антенна фойдали сигнал билан модуляцияланган юқори частотали тебранишнинг эркин тарқалувчи электромагнит тўлқинга айлантиради.*

*Қабул қилувчи антенна электромагнит тўлқинларни қабул қилади ва юқори частотали тебранишларга айлантиради.*

Антенналарни шартли равишда тўртта катта гуруҳга бўлиш мумкин:

1. Унча катта бўлмаган ўлчамдаги нурлатгичлар:

$$l \leq \lambda; \quad f = 10 \text{ кГц} \dots 1 \text{ ГГц.}$$

Масалан: тирқишдан ясалган якка тебратгичли нурлатгичлар, микрочизиқли ва рамкали антенналар.

2. Югурма тўлқин антенналари:

$$l < \lambda \leq 10 \lambda; \quad f = 3 \text{ МГц} \dots 10 \text{ ГГц.}$$

Масалан: спирал, диэлектрик, тўлқин каналли (директорли) антенналар.

3. Антенна панжаралари:

$$\lambda < l \leq 100 \lambda; \quad f = 3 \text{ МГц} \dots 30 \text{ ГГц.}$$

Масалан: синфаз горизонтал диапазонли антенна, телемарказдан узатувчи антенналар.

4. Аппертурали антенналар (апертура - бу нурлатувчи сирт):

$$\lambda < l \leq 1000 \lambda; \quad f = 100 \text{ МГц} \dots 100 \text{ ГГц.}$$

Масалан: рупорли, параболик антенналар.

Шунингдек, ишчи частота полосаси ҳам антеннанинг асосий тавсифи ҳисобланади. Ишчи частота полосасининг кенглигига кўра антенналар қуйидагиларга бўлинади:

а) тор полосали  $\Delta f/f_0 < 10 \%$ ;

б) кенг полосали  $\Delta f/f_0 < 10 \dots 50 \%$ ;

в) диапазонли  $K_k = 2 \dots 5$  ( $f_{\text{imax}}/f_{\text{imin}} = 2 \dots 5$ );

г) частотага боғлиқ бўлмаган  $K_k > 5$ ;

бунда,  $\Delta f$  - ишчи частота полосаси;  $f_0$  - элтувчи ёки ўртача частота;  $K_k$  - частота бўйича қамраш коэффициенти.

Антенна ёрдамида нурлатилган электромагнит майдонни ҳисоблашда антеннани чексиз элементар нурлатгичлар ёки манбалар кўринишда қараш мумкин:

- ўтказгичли антенна бўлган ҳолатда *элементар электр тебратгич* элементар манба ҳисобланади;

- тирқишли антенналарда *элементар магнит нурлатгич* элементар

манба ҳисобланади;

-апертур антенналарда - *Гюйгенс элементи* элементар манба ҳисобланади (тўлқин фронтининг чексиз кичик элементлари).

Радиотўлқинларнинг муҳим характеристикаларидан бири унинг қутбланиши ҳисобланади. Қутбланиш турлари юқори частотанинг бир даврида **E** векторнинг охири ҳосил қилган шаклга қараб аниқланади. Агар **E** вектор фазонинг берилган нуқтасида тебранишнинг бир даври оралиғида тўғри чизик ҳосил қилса, чизикли қутбланиш; агар эллипс ҳосил қилса, эллипсли қутбланиш; агар айлана ҳосил қилса, доиравий қутбланиш деб аталади.

*Қутбланиш текислиги деб, тўлқиннинг тарқалиш йўналишига нисбатан электр майдон кучланганлиги **E** вектор йўналиши орқали ўтувчи текисликка айтилади.* Агар **E** вектор ер сиртига нисбатан вертикал равишда тарқалса, қутбланиш вертикал деб аталади. Агар **E** вектор ер сиртига нисбатан горизонтал равишда тарқалса, қутбланиш горизонтал деб аталади.

*Антеннанинг таъсир этувчи узунлиги ( $l_m$ ) деб, антенна узунлиги бўйлаб бир хил ток тақсимотига эга бўлган ва қабул нуқтасида ҳам худди шундай майдон сатҳини ҳосил қилувчи антенна узунлигига айтилади.*

Антенналарнинг ишлаш принципларини ўрганишдан аввал оддий тебрантирувчи тизим ёрдамида электромагнит тўлқинларнинг ҳосил қилиниш жараёнининг кўриб чиқиш лозим. Бунда, электромагнит тўлқиннинг ўз хоссалари бўйича материянинг алоҳида кўриниши сифатида намоён бўлишини унутмаслик лозим. Оддий қилиб айтганда, электромагнит майдон модда каби хоссаларга эга бўлиб, массаси, тезлиги ва миқдори билан тавсифланади. Шунга кўра, электромагнит майдон иш бажариш қобилиятига эга. Буни электромагнит тўлқинлар ёрдамида ахборот узатилиши билан ифодаласа бўлади. Бундай тўлқинлар оддий тебрантирувчи тизим, яъни Герц диполи, ёки элементар электр нурлатгич ёрдамида кўриб чиқилиши мумкин. Қуйида шу ҳақда бироз маълумот бергач, антенналарнинг турлари ва уларнинг ишлаш принциплари тўғрисида тўхталиб ўтамиз.

## **1.2. Антеннанинг кириш қаршилиги. Антеннанинг нурлатиш қаршилиги. Антеннанинг ўтказиш полосаси. Антеннанинг фойдали иш коэффициентини.**

*Антеннанинг кириш қаршилиги деб, манба нуқтасидаги кучланишнинг манба нуқтасидаги токка бўлган нисбатига айтилади.* Умумий ҳолда бу қаршилиқ комплекс катталиқ ҳисобланади ва антеннанинг нисбий узунлиги  $l/\lambda$  га боғлиқ.

$$Z_{\text{кир}} = U_0/I_0 = R_{\text{кир}} + jX_{\text{кир}},$$

бунда,  $R_{\text{кир}}$ -кириш қаршилигининг актив ташкил этувчиси;  $jX_{\text{кир}}$  - реактив ташкил этувчи.

Идеал ҳолатда антеннанинг кириш қаршилиги тоза актив бўлиши ва фидернинг тўлқин қаршилигига тенг бўлиши керак.

Белгиланган йўналишда узатувчи антенна ҳосил қилган майдон кучланганлиги антеннанинг йўналганлик характеристикаси ва нурланувчи қувватнинг ( $P_{\Sigma}$ ) катталиги билан аниқланади. Учта параметр майдон кучланганлиги антеннанинг йўналганлик хусусиятига боғлиқ эканлигини кўрсатади ва турли хилдага антенналарни ўзаро солиштириш имконини беради. Улар қуйидагилардан иборат: антеннанинг фойдали иш коэффиценти (ФИК),  $\eta$  - ҳарфи билан белгиланади; йўналтирилган таъсир коэффиценти (ЙТК)  $D$  - ҳарфи билан белгиланади; антеннанинг кучайтириш коэффиценти (КК)  $G$  - ҳарфи билан белгиланади. Келтирилган параметрларнинг барчаси ўзаро жуда содда боғлиқликда.

*Антеннанинг фойдали иш коэффиценти -нурлатувчи ( $P_{\Sigma}$ ) қувватнинг антеннага узатилувчи ( $P_0$ ) қувватга бўлган нисбатига тенг, яъни*

$$\eta = P_{\Sigma}/P_0$$

*Антеннанинг йўналганлик тавсифи деб, нурлатувчи антенна ҳосил қилган майдон кучланганлигининг антеннадан бир хил узоқликда жойлашган фазодаги кузатув бурчаклари  $\theta$  ва  $\varphi$  га боғлиқлигига айтилади. Ушбу тавсифнинг график тасвири  $F(\theta, \varphi)$  *йўналганлик диаграммаси* (ЙД) деб аталади.*

Антенна томонидан нурланган электромагнит майдонни ҳисоблашда уни чексиз элементар нурлатгичлардан иборат деб қараш мумкин. Максвелл тенгламаларининг чизиқлилиги ҳисобига элементар манбалар майдонларига суперпозиция принципи қўлланилиши мумкин, бу антенна майдонини уни кўзготувчи тоқлар амплитуда ва фазаларини ҳисобга олган ҳолда, элементар нурлатгичлардаги майдонларни қўшиш орқали аниқлаш мумкин. Майдонларни қўшиш уларни манба бўйича интеграциясига олиб кирилади. Қуйидагилар элементар манбалар ҳисобланади: симли антенналарда элементар электр тебратгичлар; тирқишли антенналарда элементар магнит тебратгичлар; апертур антенналарда тўлқин фронтининг чексиз кичик элементлари ёки Гюйгенс элементлари.

Электромагнит майдоннинг векторли характери ҳисобга олинмаган ҳолда, узоқ зонада исталган реал антеннанинг электрик майдон кучланганлиги  $E$  комплекс амплитудаси учун формула.

$$\dot{E}(\theta, \varphi) = \dot{A} f(\theta, \varphi) \exp[i\psi(\theta, \varphi)]$$

кўринишдадир.

Бу ерда  $\dot{A}$  – кузатиш нуқтаси йўналишига боғлиқ бўлмаган комплекс кўпайтувчи (унинг таркибига  $\exp(-ikr)/r$  стандарт кўпайтувчи киради, бу ерда  $r$  – антеннанинг фаза марказидан кузатиш нуқтасигача бўлган масофа;  $k = 2\pi/\lambda$  – эркин фазодаги тўлқин сони ёки фаза коэффиценти);  $\lambda$  – тўлқин узунлиги;  $\theta, \varphi$  – кузатиш нуқтаси координаталари;  $|f(\theta, \varphi)|$  – йўналганликнинг

амплитуда характеристикаси;  $\Psi(\theta, \varphi)$  – йўналганликнинг фаза характеристикаси. Маълумки элементар электр тебратгичда

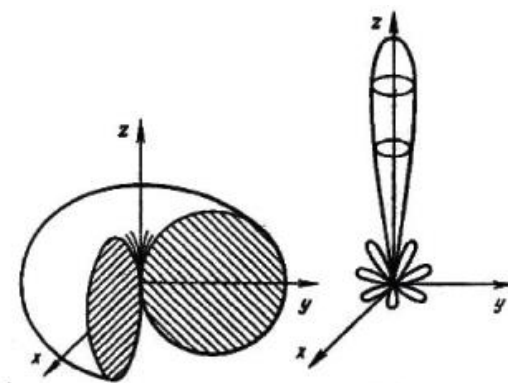
$$\dot{E}_\theta = i \frac{W_c I l}{2r\lambda} \sin \theta \exp(-ikr), \text{ га тенг}$$

Бу ерда  $I$  – тебратгичдаги ток амплитудаси;  $l$  – тебратгич узунлиги;  $W_c$  – эркин фазода тўлқиннинг характеристик қаршилиги ( $W_c = 120\pi$ , Ом).

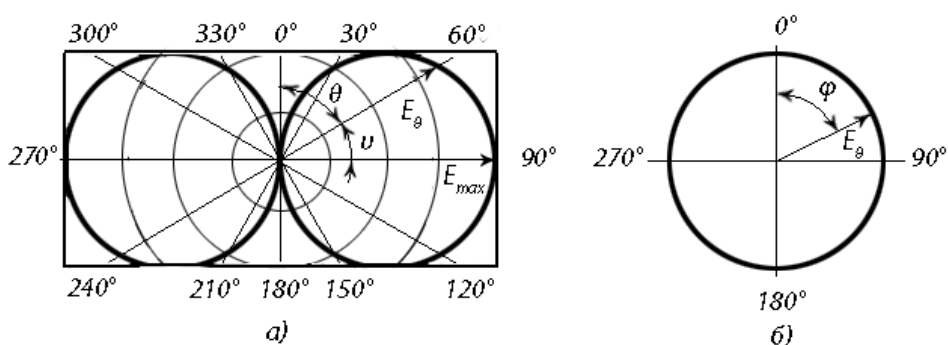
Антенналар курсида майдоннинг кўндаланг ўлчамини эмас, балки майдон кўндаланглигининг характерини ўзгаришини ўрганиш мақсадга мувофиқ. Амалиётда кўп ҳолларда меъёрланган йўналганлик тавсифидан фойдаланилади.  $F(\theta, \varphi)$  – меъёрланган қийматни билдиради ва қуйидагича аниқланади

$$F(\theta, \varphi) = |E(\theta, \varphi)| / |E_{\max}(\theta_0, \varphi_0)|,$$

ЙД одатда майдоний, ёки тўғрибурчакли координаталар тизимида кўрсатилади.

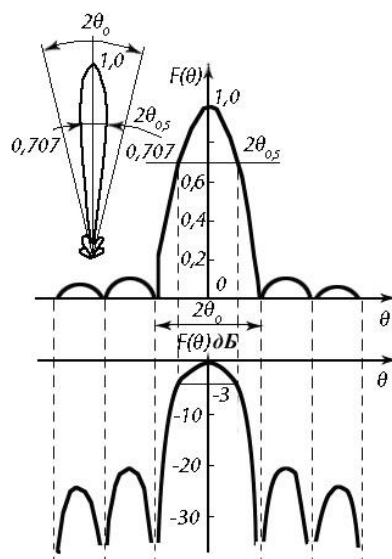


1.1 - расм. Фазовий йўналганлик диаграммаси  
(а – Герц диполининг, б - игнасимон)  
 $F^E(\theta) = \sin \theta$



1.2-расм. Қутбий координаталар тизимида йўналганлик диаграммаси.  
а).  $F^E(\theta)$  – меридионал текисликда; б).  $F^H(\varphi)$  – экваториал текисликда.

Меъёрланган йўналиш тавсифининг максимал қиймати  $F(\theta) = 1$  га тенг.



1.3-расм. Координаталар тизимида йўналганлик диаграммасининг кенглигини аниқлаш

**Нолинчи нурлатишдаги ЙД кенглиги деб**, майдон кучланганлиги  $\theta$  гача тушган ораликдаги бурчак  $2\theta_0$  айтилади.

**Ярим қувват бўйича ЙД кенглиги деб**, қувват зичлиги  $\sqrt{2}$  марта камайган оралик  $2\theta_{0.5}$  айтилади..

ЙД қўшни минимал нурлатишлар билан чегараланган ички соҳаси антенна ЙД нинг баргчаси деб аталади. Антеннанинг максимал нурлатиши оралигидаги ЙД баргчаси бош баргча ҳисобланади, унга нисбатан  $180^\circ$  бурчак остида жойлашгани эса орқа баргча, деб аталади. Бош ва орқа баргчалардан қолганлари ён баргчалар деб номланади. Бош баргча минимумлари орасидаги масофага ЙД баргчасининг кенглиги деб аталади. Юқоридаги 1.3-расмда ЙД бош баргчасининг кенглигини нолинчи нурлатиш  $2\theta_0$  бўйича ва майдон кучланганлигининг сатҳи 0.707 га мос келган максимал қувват  $\theta_{0.5}$  бўйича аниқлаш келтирилган.

Ён баргчаларнинг сатҳи қуйидаги формула орқали ифодаланади

$$\zeta_n = |E_N| / |E_{\max}| = f(\theta_1, \varphi_1) / f_{\max}(\theta_0, \theta_0) = F(\theta_1, \varphi_1)$$

Баъзи ҳолларда ён баргчаларнинг сатҳи дБ ўлчанади:  $\zeta_{N, дБ} = 20 \lg \zeta_N$ .

**Йўналтирилган таъсир коэффициентини** - нурлатувчи антеннанинг берилган йўналишда ҳосил қилинган майдон кучланганлиги квадратининг барча йўналишлардаги майдон кучланганликларининг ўртача қиймати квадратининг нисбатига тенг, яъни

$$D = E^2(\theta_1, \varphi_1) / E_{\text{ўрт}}^2$$

**Антеннанинг кучайтириш коэффициентини** - нурлатувчи антеннанинг берилган йўналишда ҳосил қилинган электр майдон кучланганлиги квадрантасини умуман йўналтирилмаган нурлатгич ҳосил қилган майдон

кучланганлиги квадрантасининг нисбатига тенг, яъни:

$$G = E_A^2 / E_H^2,$$

бунда,  $E_A = E(\theta_1, \varphi_1)$  – берилган антеннанинг берилган йўналишда ҳосил қилган майдон кучланганлиги;

$E_H$  - йўналтирилмаган (изотроп) антенна ҳосил қилган майдон кучланаганлиги.

Антеннанинг кучайтириш коэффиценти изотроп антеннани йўналтирилган антеннага алмаштириш учун бериладиган қувватни неча мартага камайтириш кераклигини кўрсатади. Уни ҳисоблаш ЙТК учун келтирилган ифодани фойдали иш коэффицентиغا кўпайтириш орқали амалга оширилади:

$$G = D\eta,$$

Фидернинг ФИК унинг чиқишига уланган юклама қуввати  $P_2$  нинг киришдаги қувват  $P_1$  нисбатига тенг

$$\eta = P_2 / P_1.$$

Фидер қанча узун бўлса, унинг сўниш коэффиценти шунча катта бўлади. Бу эса ўз навбатида ФИК камайишига олиб келади.

### Саволлар:

1. Антенна тушунчасига таъриф беринг.
2. Антенналарни тавсифланишини келтиринг.
3. Узатувчи антенна ва қабул қилувчи антенналарнинг хусусиятларини тушинтириб беринг.
4. Антеннанинг кириш қаршилигини тушинтириб беринг.
5. Антеннанинг нурлатиш қаршилигини тушинтириб беринг.
6. Антеннанинг ўтказиш полосаси деганда нимани тушинамиз?
7. Антеннанинг фойдали иш коэффиценти деганда нимани тушинамиз?

### Адабиётлар:

1. Распространение радиоволн и антенны спутниковых систем связи. Сомов А.М. М.:Горячая линия – Телеком, 2015
2. Антенны КВ и УКВ. Основы и практика . И.В.Гончаренко. М.:Радио, 2006
3. Антенны. Карл Ротхаммель. М.:Данвел 2007
4. Спутники и цифровая радиосвязь. Г.Тяпичев М.:ДЕСЕ, 2004
5. Практические конструкции антенн. Григоров И.Н. М.:Пресс, 2006
6. Электродинамика и распространение радиоволн. В.В.Никольский, Т.И.Никольская. М.:URSS, 2014
7. Гончаренко И.В. Антенны КВ и УКВ. Компьютерное моделирование. ММАН. М.: ИП Радиософт, журнал «Радио», 2004.
8. <http://etuit.uz/dl/course/category.phpid=41>
9. Warren L. Stutzman , Gary A. Thiele. Antenna Theory and Design. 3rd Edition. John Wiley, 2012.



## Мавзу 2. Тебратгичли антенналар турлари (2 соат)

**Режа:**

- 2.1. Симметрик тебратгич. Ток ва заряд тақсимоти.
- 2.2. Симметрик тебратгичнинг йўналганлиги хусусиятлари.
- 2.3. Боғлиқ тебратгичлардан ташкил топган тизимнинг нурлатиши.

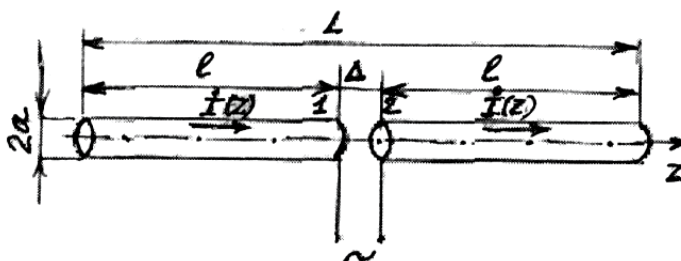
### 2.1. Симметрик тебратгич бўйлаб ток ва заряд тақсимоти

Энг содда симметрик тебратгич (СТ) иккита бир хилдаги ўтказгичдан иборат бўлиб, уларнинг бир учи манба орқали энергия билан таъминланади. Симметрик тебратгичнинг инженерлик назарияси симметрик нурлатгич ва икки симли йўқотишсиз линия ёпик учларининг ички аналогиясига асосланади.

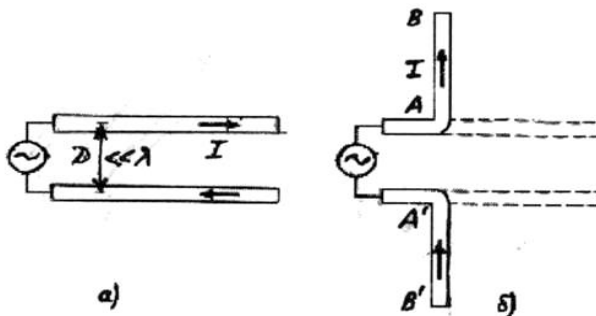
Икки ўтказгичли линия электромагнит тўлқинларни нормаллаштириш учун хизмат қилади ва амалий жиҳатдан умуман нурлатмайдиган тизим ҳисобланади. Бундай ўтказгичда ток қуйидаги қонуният асосида тарқалади:

$$I_z = I_n * \text{sinc}(l - |z|)$$

бунда:  $I$  - симметрик тебратгичдан оқиб ўтаётган ток;  $I_n$  - амплитуда токи (комплекс катталиқ);  $l$  - тебратгичнинг 1 та елкасининг узунлиги;  $z$  - тебратгич учидан ток манбаигача бўлган масофа;  $k = 2\pi/\lambda$  - тўлқин сони.



2.1-расм. Симметрик тебратгич



2.2-расм. Икки ўтказгичли линиядан симметрик тебратгич ҳосил қилиш (а-линия, б-тебратгич)

Агар икки ўтказгичли симни симметрик тебратгичга айлантирсак, ундаги ток бир томонга қараб оқади. СТ учларидаги ўтказувчанлик токи 0 гача камаяди ва силжиш токига ўтади. Тебратгич нурлатишни бошлайди ва нурлатишда йўқотишлар вужудга келади. Яъни, йўқотишсиз икки ўтказгичли линия билан симметрик тебратгич орасидаги аналогияни тўлдириш мумкин. СТ даги кучланиш ундаги токка нисбатан  $90^\circ$  га фарк қилади.

Радиотехникада симметрик тебратгични ўрганишга бўлган қизиқиш нихоятда катта бўлиб, биринчидан бу тебратгичдан мустақил антенна сифатида фойдаланиш мумкин. Иккинчидан эса, у бир қатор мураккаб антенналарнинг таркибий қисми ҳисобланади. Қисқа тўлқинда ишловчи радиоалоқанинг пайдо бўлиши ва тараққиёти натижасида СТ лардан

1920-йилнинг биринчи ярим давридан бошлаб фойдаланила бошланди. Ҳозирги даврга келиб СТ мустақил антенна сифатида қисқа, метрли ва дециметрли тўлқинларда фойдаланилмоқда. Айнан шу диапазонларда бир нечта СТ лардан таркиб топган мураккаб антенналар ҳам қўлланилади.

Антенналар назарияси курсида антенна елкасининг узунлиги  $l$  ни тўлқин узунлигига нисбати  $l/\lambda$  ни қараш қабул қилинган. Тебратгич елкасининг электр узунлиги  $kl = 2\pi l/\lambda$  га тенг.

$l/\lambda=0,25$  га тенг бўлган тебратгич ярим тўлқинли,  $l/\lambda=0,5$  эса тўлқинли тебратгич деб номланади.

## 2.2. Симметрик тебратгичнинг йўналганлик хусусиятлари

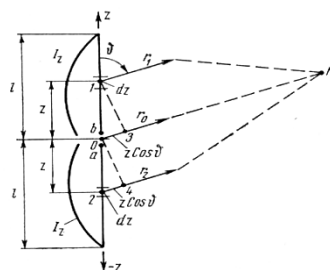
Ҳаёлан симметрик тебратгични чексиз кўп бўлган элементларга  $dz$  бўламиз. Ҳар бир элементнинг узунлиги чексиз кичик бўлгани учун бу ораликда токнинг фазаси ҳам, амплитудаси ҳам ўзгармасдир. Шундай қилиб СТ бошдан охирига қадар чексиз элементар электр тебратгичларнинг  $dz$  йиғиндиси деб қараш мумкин. 2.3-расмда СТ нинг майдон тақсимоти келтирилган бўлиб, бунда:  $I_z$  - элементдаги ток амплитудаси бўлиб, тебратгич  $Z$  масофада жойлашган;  $r_1$  - биринчи элементдан кузатув нуқтасигача  $M$  бўлган масофа;  $r_2$  - иккинчи элементдан  $M$  гача бўлган масофа;  $\nu$  - тебратгич ўқлари орасидаги ва кузатув нуқтасига томон йўналиш орасидаги бурчак;  $M$  - кузатув нуқтаси.

Кузатув нуқтаси  $M$  узоқ зонада жойлашганлиги сабабли  $r_1$ ,  $r_0$  ва  $r_2$  ларни ўзаро параллел деб қараш мумкин. Агар 1 ва 2 нуқталарда жойлашган элементар нурлатгичларни қарайдиган бўлсак, уларнинг кузатув нуқтасида ҳосил қилган натижавайий майдони қуйидагига тенг бўлади:

$$dE=dE_1+dE_2 = j (60 \pi I_z dz / \lambda) \cdot \sin \nu [\exp(jkr_1)/r_1 + \exp(-jkr_2)/r_2]$$

$r_1$  ва  $r_2$  масофани  $r_0$  орқали ифодалаймиз. Бунинг учун 1-нуқтадан (2.3-расм)  $r_0$  йўналиш томон ва 0-нуқтадан  $r_2$  йўналиш томон перпендикуляр чизик тортамиз. Ҳосил бўлган 1-0-3 ва 2-0-4 учбурчаклар ёрдамида

тебратгич марказидан кузатув нуқтасигача бўлган масофада элементларнинг масофа фарқини аниқлаймиз:  $\Delta r = |z| \cos \vartheta$ .



2.3-расм. Симметрик тебратгичнинг майдон тақсимоти

Шунингдек,  $r_1 = r_0 - |z| \cdot \cos \vartheta$  ва  $r_2 = r_0 + |z| \cdot \cos \vartheta$ .

Одатда  $\Delta r$  - нурнинг юриш фарқи деб юритилади. Кузатув нуқтаси узоқ зонада жойлашганлиги сабабли,  $\Delta r$  нинг ўлчамлари  $r_0$  га нисбатан кичик ва  $r_1$  ва  $r_2$  масофалар бир-биридан кам фарқ қилади. Шу сабабли 1 ва 2 элементларнинг  $M$  қабул нуқтасида ҳосил бўлган майдон кучланганликларининг амплитудалари ўзаро тенг.

Натижавий майдон кучланганлиги фазодаги фаза силжиши ва манбадаги фаза силжишларини ҳисобга олган ҳолда, антенна елкасини бутун узунлиги бўйича интеграллаш ёрдамида ифодаланади. Интеграллаш натижасида ҳосил бўлган ифода куйдагига тенг:

$$E = j[60 I_0 / (r_0 \sin kl)] * \cos [(kl \cos \vartheta) - \cos kl] / \sin \vartheta * e^{-jkr_0}.$$

Бу формуладаги йўналиш характериға эға бўлган ифода:

$$f(\vartheta) = [\cos(kl \cos \vartheta) - \cos kl] / \sin \vartheta.$$

Ушбу формулалар таҳлилиға кўра СТ қуйидаги хусусиятларға эға:

1. СТ нинг майдон кучланганлиги азимутал бурчакка боғлиқ эмас, яъни симметрик тебратгичда  $\mathbf{H}$  вектор йўналиш хусусиятиға эға эмас.
2. Тебратгич  $l/\lambda$  ихтиёрий қийматларида ўз ўқи бўйлаб нурлатмайди.
3. Тебранишнинг йўналиш хусусиятлари тебратгич елкасининг узунлигини тўлқин узунлигига нисбати орқали ифодаланади.

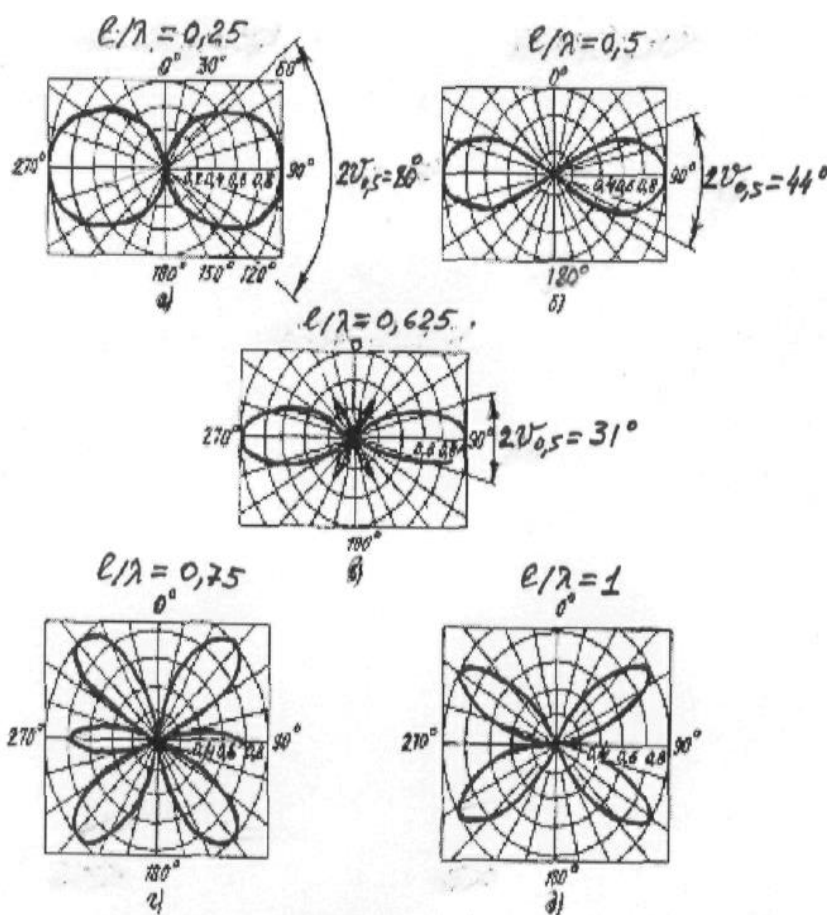
Агар қабул нуқтасини экватор текислигида белгилаб,  $l/\lambda$  муносабатини ошириб борсак  $l/\lambda = 0,5$  га тенглашгунча бош баргчалар аста секинлик билан сиқилиб боради.

Агар  $l/\lambda > 0,5$  дан ошса, ён баргчалар вужудға келади (2.4.б-расм). Уларни қарама-қарши соҳадаги (участкадаги) тоқлар вужудға келтиради.

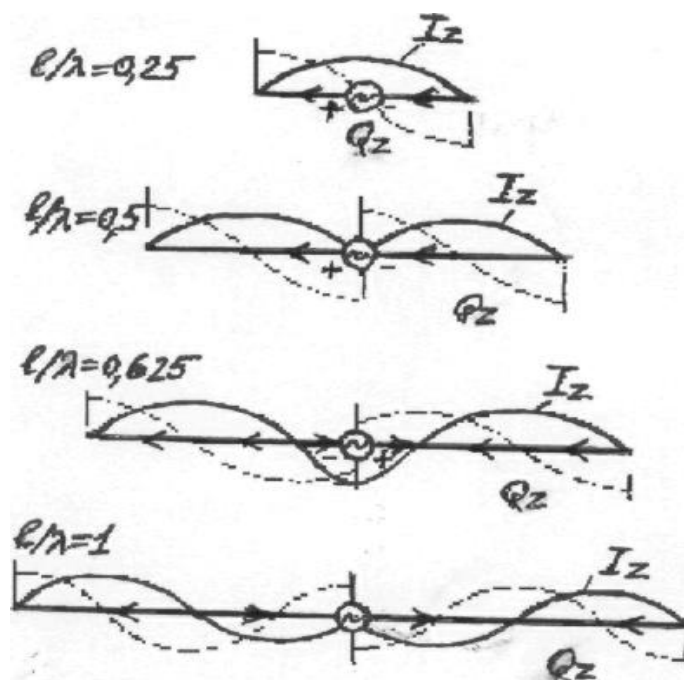
$l/\lambda = 0,625$  бўлганда симметрик тебраткич максимал йўналиш таъсир коэффициентига эришади, бунда йўналганлик диаграммаси тор ва ён баргчалар сатҳи жуда кичик бўлади (2.4.в-расм).

$l/\lambda > 0,7$  дан бошлаб асосий баргчалар кичрайиб, ён баргчалар ўсиб боради (3.4.з-расм).

$l/\lambda = 1$  бўлганда бош баргчалар йўқолади. Бунга сабаб, берилган йўналишдаги элементар нурлатгич билан нурлатиладиган натижавий майдоннинг фаза силжиши, шу тебратгичларни кўзгатувчи фазовий фаза силжиши ва тоқларнинг фаза силжиши билан ифодаланadi (2.4.д-расм). Шу сабабли ушбу ҳолатда асосий йўналишдаги фазовий фаза силжиши «0» га тенг бўлса ҳам, тебратгичнинг алоҳида элементлари нурлатадиган майдон носинфаз тарзда устма - уст тушади, яъни геометрик  $l/\lambda = 1$  (ёки  $l/\lambda = n, n = 1,2,3\dots$ ) бўлганда асосий йўналишда нурлатиш йўқолади, чунки тебратгичнинг қарама-қарши фазалари бир хил узунликка эга бўлади.



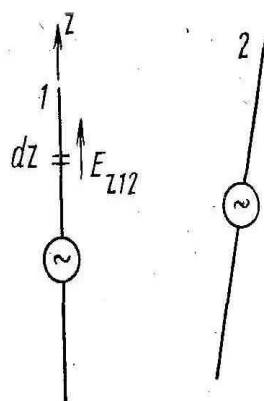
2.4-расм. СТ йўналганлик диаграммалари



2.5-расм. Турли ўлчамдаги СТ елкаларидаги ток амплитудаси ва заряди тақсимоти

### 2.3. Боғлиқ тебратгичлардан ташкил топган тизимнинг йуналганлик хоссалари

Симметрик тебратгич ва бошқа шунга ўхшаш якка тебратгичлар кучсиз йуналганлик хусусиятига эга. Бир йўналишли нурлатиш ёки тор йўналганлик диаграммасини ҳосил қилиш талаб этилган ҳолатларда икки ёки ундан ортиқ тебратгичлардан ташкил топган антенналардан фойдаланилади. Бундай тебратгичлар бир - бирига сезиларли таъсир кўрсатганлиги сабабли боғлиқ тебратгичлар деб аталади. Боғлиқ тебратгичлар (БТ) ЭЮК киритиш усули ёрдамида амалга оширилади. Бу ғоя 1922 йилда Ражинский ва Бриллюэн томонидан бир-бирига боғлиқ бўлмаган ҳолатда тарғиб қилган. Турлича жойлаштирилган иккита тебратгичдан иборат бўлган тизимни кўриб чиқамиз.



2.6-расм. Боғлиқ тебратгичларнинг нурлатиш майдонининг ифодаланиши

Бунда 2-тебратгич таъсирида 1-тебратгичнинг сиртида электр майдон кучланганлигининг тангенциал (уринмавий) ташкил этувчилари ҳосил бўлади, у эса ўз навбатида 1-тебратгичда ЭЮК ни ҳосил қилади. Лекин бунинг натижасида чегаравий шартлар бузилади. Чунки электр майдон кучланганлигининг тангенциал ташкил этувчилари идеал ўтказгич сиртида «0»га тенг бўлиши керак. Шу сабабли чегаравий шартлар бажарилиши учун 2-чи тебратгич ўз энергиясини 1-чи тебратгичнинг сиртида тангенциал ташкил этувчилар ҳосил қилиш учун сарфлайди, фақат уларнинг ишораси карама-қарши бўлиши керак. Яъни тебратгичнинг энергияси қайта тақсимланади ва тебратгичнинг нурлатиш қаршилиги ҳам ўзгаради.

Тебратгичнинг хусусий қаршиликлари қуйидагига тенг

$$\begin{aligned} Z_{\Sigma 1} &= Z_{\Sigma 11} + Z_{\Sigma 12}, \\ Z_{\Sigma 2} &= Z_{\Sigma 22} + Z_{\Sigma 21} \end{aligned}$$

бунда,  $Z_{\Sigma 11}$  ва  $Z_{\Sigma 22}$  - эркин фазодаги антеннанинг хусусий нурлатиш қаршилиги;  $Z_{\Sigma 12}$  ва  $Z_{\Sigma 21}$  - ҳосил қилинган қаршилик.

$$Z_{\Sigma 12 \text{ кир}} = R_{\Sigma 12 \text{ кир}} + jX_{12 \text{ кир}}$$

Ифодадаги  $R_{\Sigma 12 \text{ кир}}$  - иккинчи тебратгич таъсирида биринчи тебратгичдан сочилган қувватни ифодалайди;  $X_{\Sigma 12 \text{ кирит}}$  - иккинчи тебратгич таъсирида биринчи тебратгичга боғлиқ бўлган қувват.

Умумий ҳолатда ҳосил қилинган қаршиликларни ҳисоблаш анча қийинчилик туғдиради. Киритилган қаршиликни ҳисоблашда (тебратгичнинг параллел жойлашуви энгиллик яратади) амплитуда ва фазалари бир хил бўлган, бир хил узунликдаги параллел жойлашган тебратгичдан фойдаланиш анча қулай. Бундай хусусий ҳолатдаги келтирилган қаршилик ўзаро мос деб аталади. Мос қаршиликлар фақат геометрик параметрлар:  $d/\lambda$ ,  $H/\lambda$ ,  $l/\lambda$  боғлиқ.

Агар,  $R_{12}$  манфий бўлса, у ҳолда 2-тебратгич таъсирида 1-тебратгичда сочилувчи қувват камаяди. Мос қаршиликлар учун график ва жадваллар мавжуд.

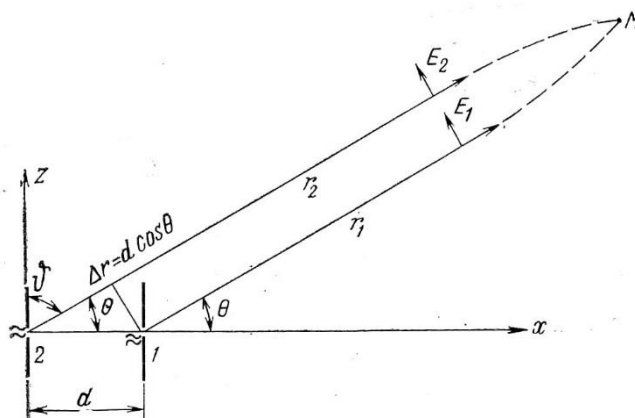
### **Боғлиқ тебратгичлардан ташкил топган тизимининг йўналганлик хусусиятлари**

БТ йўналганлик хусусиятларини кўриб чиқадиган бўлсак,

1-тебратгичдаги ток 2-тебратгичдаги ток фазасидан  $90^\circ$  илгарилаб кетади. 1-тебратгичдан нурлатилган тўлқин  $\lambda/4$  масофани босиб ўтгандан сўнг, фаза бўйича  $90^\circ$  ортда қолади ва 2-тебратгич майдони билан синфаз тарзида устма - уст тушади. Яъни бундай тизим бир томонлама нурлатишга эга бўлади. Манбада фаза силжишини ҳосил қилиш учун турли узунликдаги фидерлардан фойдаланиш мумкин.

Агар фидер узунлиги:

- бир тўлқин узунлигига фарқ қилса, синфазликни таъминлайди;
- ( $l/\lambda=0,5$ ) ярим тўлқин узунлигига фарқ қилса, қарама-қарши фаза билан таъминланади ( $\varphi=180^0$ );
- ( $l/\lambda=0,25$ ) чорак тўлқин узунлигига фарқ қилса, фаза бўйича  $90^0$  силжитиш керак.



2.7-расм. Боғлиқ тебратгичларнинг майдонини аниқлаш

Иккита БТ йўналиш тавсифи учун келтириб чиқарилган формуладан ўзаро параллел ва бир-биридан  $d$ -масофа узоқликда жойлашган (2.7-расм),  $I_1$  ва  $I_2$  тоқлар билан таъминланадиган, 1 ва 2-тебратгичлар учун ифодани ҳосил қиламиз.

$$I_2/I_1=q*\exp(i\varphi)$$

бунда,  $q$  - тоқ модулларининг нисбати,  $\varphi$  -  $I_2$  тоқ фазасининг  $I_1$  тоққа нисбатан силжиши.

Тебратгичнинг майдонини  $hoz$  меридионал текисликда кўриб чиқамиз. Тебратгичлар орасидаги масофа  $d$  кузатув нуқтасигача бўлган масофага нисбатан жуда кичик бўлганлиги сабабли,  $M$  нуқтага ўзаро параллел йўналган деб ҳисоблаш мумкин. 1-чи тебратгич марказидан  $x_2$  га перпендикуляр чизиқ йўналтириб, тебратгич билан кузатув нуқтаси орасидаги масофа фарқи  $\Delta x = d \cos \theta$ ни аниқлаймиз. Бунда  $\theta$  – тебратгич ўқиға нисбатан ўтказилган нормал ва кузатув нуқтасининг йўналиши орасидаги бурчак.

1-чи тебратгич кузатув натижасида ҳосил қилган майдон кучланганлигини  $E_1$  деб белгилаймиз. 2-чи тебратгич  $M$  қабул нуқтасида ҳосил қилган майдон кучланганлиги 1-чи тебратгичнинг майдон кучланганлиги орқали ифодалаймиз ва қабул нуқтасида 2-чи тебратгичнинг фазасини нолга тенг деб ҳисоблаймиз, у ҳолда

$E_2 = E_1 q \exp^{-ikd \cos \theta} \cdot \exp^{i\varphi}$  га тенг. Бунда,  $kd \cos \theta$  – фазодаги фаза силжиши;  $E_1$  - биринчи тебратгич ҳосил қилган майдон кучланганлиги;  $E_2$  - иккинчи тебратгич ҳосил қилган майдон кучланганлиги.

Иккала тебратгич ҳосил қилган майдон кучланганлигини куйидагича аниқлаймиз

$$E = E_1 + E_2 = E_1 \left( 1 + q \exp^{j(\varphi - kd \cos \theta)} \right)$$

Одатда, умумий майдон кучланганлиги, унинг фазасидан кўра ахамиятлироқ. Шунинг учун ифоданинг модулини аниқлаймиз

$$|E| = 60I_1 / (r \sin \theta) * [\cos(kl \sin \theta) - \cos kl / \cos \theta] * f_c(\theta)$$

ёки  $E = A * f_1(\theta) * f_c(\theta)$

Шуни таъкидлаб ўтиш жоизки, ихтиёрий тебраткичли антенналарнинг майдон кучланганлиги учта кўпаювчи орқали ифодаланади: кузатув нуқтасининг йўналишига боғлиқ бўлмаган доимий кўпаювчи – А; кузатув нуқтасининг йўналишига боғлиқ бўлган кўпаювчи - f(θ) ва фаза кўпаювчиси –  $ie^{-ikr}$ . Берилганларга амал қилган ҳолда боғлиқ тебраткичлар учун тизим кўпаювчиларини ёзамиз. Унга кўра ихтиёрий тебратгичли антенна учун:

$A = 60I_1 / (r)$  га тенг; кўпаювчи  $f_1(\theta)$  – симетрик тебраткичнинг йўналиш характеристикасини кўрсатади; кўпаювчи  $f_c(\theta)$  - тизим кўпаювчиси деб аталади ва  $f_c(\theta) = \sqrt{1 + q^2 + 2q \cos(\psi - kd \cos \theta)}$  га тенг.

**E** текисликда:

$$f^E(\theta) = \cos(kl \sin \theta) - \cos kl / \cos \theta * \sqrt{1 + q^2 + 2q \cos(\psi - kd \cos \theta)}$$

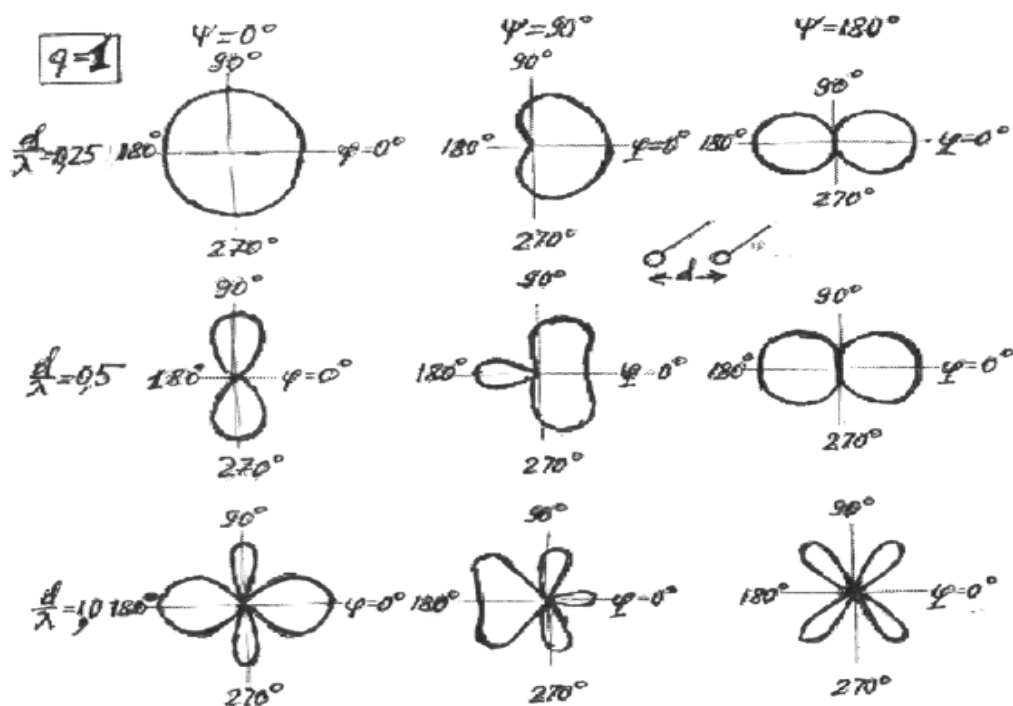
**H** текисликда:

$$f^H(\theta) = \sqrt{1 + q^2 + 2q[(\cos \varphi - kd \cos \varphi)]}$$

Йўналганлик диаграммаси  $d/\lambda$ ,  $q$  ва  $\varphi$  ларнинг қийматларига боғлиқ ҳолда турли шаклларни ҳосил қилади. Экваториал текисликда (**H** текислик) йўналганлик диаграммаси кўринишлари 2.8-расмда келтирилган.

Тебраткичлар орасидаги масофа ортиб бориши билан ( $d/\lambda = 0,5$  дан бошлаб) йўналганлик диаграммаси кўпбаргчали характерга эга бўлади;  $d/\lambda$  муносабати қанчалик катта бўлса, баргчалар сони шунча кўп бўлади (3.2-расм).





2.8-расм. Боғлиқ тебраткичларнинг йўналганлик диаграммаси

Нурлатишни кучайтириб, олдинги тебраткичга томон йўналтириб берувчи ва қарама-қарши томондаги нурланишни сусайтирувчи тебраткич – **рефлектор** (қайтарувчи) деб аталади. Тебраткичнинг рефлекторловчи ҳаракати тўлиқ бўлиши учун ( $d=\lambda/4$ ), ҳар иккала тебраткичлардаги тоқлар қиймат жихатидан тенг бўлиши шарт ( $q=1$ ), рефлектордаги ток эса иккинчи боғлиқ тебраткичдаги токдан  $90^\circ$  илгарилаб кетиши керак.

Иккинчи тебраткич томон йўналтирилган нурланишни сусайтириб, қарама-қарши томондаги нурланишни кучайтириб берувчи тебраткич – **директор** (йўналтирувчи) деб аталади. Идеал ҳолатда директор:  $q=1$ ;

$\varphi=-\pi/2$  режимида ишлаши керак. Ҳар иккала ҳолатда ҳам майдон кучланганлиги қўзғатилган ток фазаси ортда қолаётган томонга қараб ортиб боради.

Амалиётда пасив директор ва рефлекторлардан фойданилади (улар манбага уланмайди). Яъни, актив тебраткич майдон ёрдамида озикланади. Бундай ҳолларда рефлекторнинг ўлчами резонанс узунликдан бир оз узунроқ қилиб ясалади ( $\lambda/2$  катта), унинг кириш қаршилиги эса индуктив характерга эга бўлиши керак. Пасив директор эса резонанс узунликдан бир оз қисқароқ қилиб яшаш керак ( $\lambda/2$  қиска), унинг қаршилиги эса сиғим характерга эга бўлиши керак. Шунингдек, антеннанинг йўналганлик хусусиятлари ҳимоя таъсирининг коэффициенти (ХТК) ёрдамида ҳам ифодаланиши мумкин:

$$K_3 = E(\theta = 0^\circ)/E(\theta = 180^\circ) = f(\theta = 0^\circ)/f(\theta = 180^\circ)$$

Пасив рефлектор бўлган ҳолатларда  $q$  ва  $\varphi$  катталиклари ўзаро боғлиқ

бўлади. Шу сабабли бу ҳолатда ХТК 10...20 мартадан ошмайди. Пассив рефлекторда ҳар доим ЙД нинг орқа баргчаси кичик бўлади.

### Саволлар:

1. Симметрик тебратгич тушунчани тушунтириб беринг.
2. Ток ва заряд таксимотини кўрсатиб беринг.
3. Симметрик тебратгичнинг йўналганлик хусусиятларини очиб беринг.
4. Боғлиқ тебратгичлардан ташкил топган тизимнинг нурлатишини кўрсатиб беринг.

### Адабиётлар:

1. Распространение радиоволн и антенны спутниковых систем связи. Сомов А.М. М.:Горячая линия – Телеком, 2015
2. Антенны КВ и УКВ. Основы и практика . И.В.Гончаренко. М.:Радио, 2006
3. Антенны. Карл Ротхаммель. М.:Данвел 2007
4. Нано-антенны. Б.А.Панченко, М.Г.Гизатуллин. М.:Радиотехника. 2010
5. Логопериодические вибраторные антенны. Б.М.Петров, Г.И.Констромитин, Е.В.Горемыкин. М.:Горячая линия – Телеком, 2005
6. <http://etuit.uz/dl/course/category.phpid=41>
7. Warren L. Stutzman , Gary A. Thiele. Antenna Theory and Design. 3rd Edition. John Wiley, 2012.
8. Vitaliy Zhurbenko. Electromagnetic Waves. InTech 2011.
9. Антенны. Б.А.Панченко. Горячая линия – Телеком, 2015
10. EM Modeling of Antennas and RF Components for Wireless Communication Systems Gustrau, Frank, Manteuffel, Dirk, 2006

## Мавзу 3

### Апертур турдаги антенналар (2 соат)

#### *Режа:*

- 3.1. Рупорли антенна.
- 3.2. Параболик антенна

#### **3.1. Рупорли антенна**

Содда тузилишга эга бўлган антенналардан бири охири очик тўлқин ўтказгич ҳисобланади. Аммо тўлқин ўтказгич нурлатувчи майдонининг нисбий ўлчамларини кичиклиги ( $a/\lambda$ ,  $b/\lambda$ ), сирт тоқларини тўлқин ўтказгичнинг ташқи деворларига оқиб кириши, тўлқин ўтказгичнинг турли қаршиликлари ва ўраб турувчи муҳитда тўлқин ўтказгич учларидан

электромагнит тўлқинларни қисман қайтиши кенг ЙД ҳосил қилади.

Йўналганлик диаграммасини торайтириш учун эса нурлатувчи майдон ўлчамлари катта бўлиши керак. Лекин биз тўлқин ўтказгич ўлчамларини ўз-ўзидан катталаштира олмаймиз, акс ҳолда юқори даражали тўлқинлар ҳосил бўлади. Шу сабабли тўлқин ўтказгич ўлчамларини рупор кўринишида текис ошириш зарур. Бунда чўзилган чизиқлар ҳар доим тўлқин ўтказгичнинг кенг деворларига перпендикуляр жойлашиши керак.

*Е* - *секториал* рупор деб, электр майдоннинг куч чизиқларига параллел равишда тор деворларининг (*b*) ўлчамларини узайтирилишига айтилади.

*Н* - *секториал* рупор деб, магнит майдон куч чизиқларига параллел равишда кенг деворларининг (*a*) ўлчамларни узайтирилишига айтилади.

*Пирамидасимон* рупор эса тўлқин ўтказгичнинг тор ва кенг деворларини узайтириш ҳисобига ҳосил қилинади.

*Конуссимон* рупор эса доиравий тўлқин ўтказгични узайтириш ҳисобига ҳосил қилинади.

«Н» - текисликдаги рупор фақат *Н* текислик бўйича, «Е» - текисликдаги рупор фақат *Е* текислик бўйича, пирамидасимон рупор эса ҳар иккала текислик бўйича ЙД торайтиради.

Рупорлардаги тўлқин fronti тўлқин ўтказгичдаги сингари бўлмайди. У секториал рупорларда цилиндр шаклига, конуссимон ва пирамидасимон рупорларда эса сферик кўринишга эга бўлади. Шу сабабли рупор чеккаларида фаза хатоликлари вужудга келади.

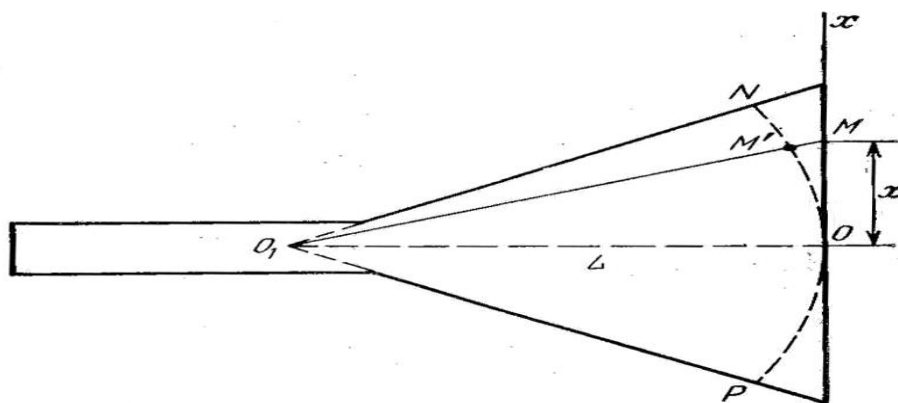
Фаза хатоликларининг максимал қийматини қуйидаги формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин

*Н* -секториал учун:

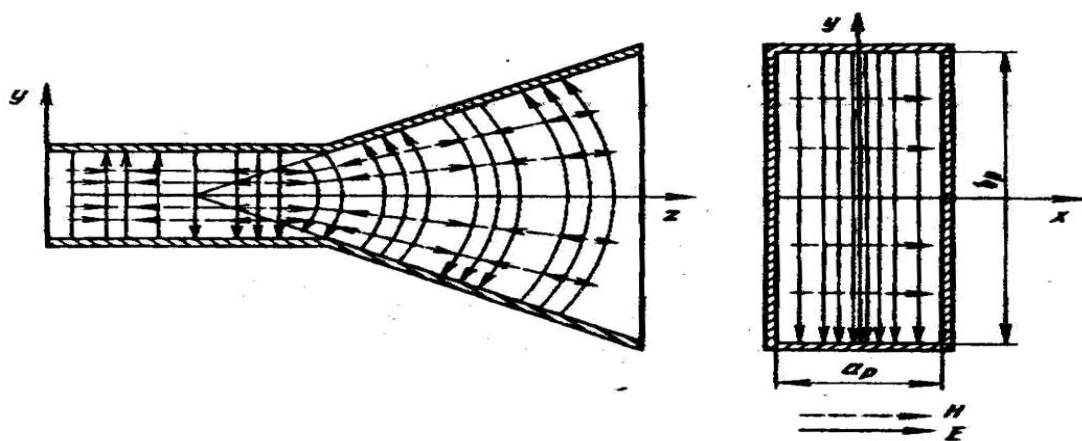
$$X_{\text{макс}}=a/2; \psi_{\text{макс}}=\pi a^2/4L_H\lambda$$

*Е* - секториал учун:

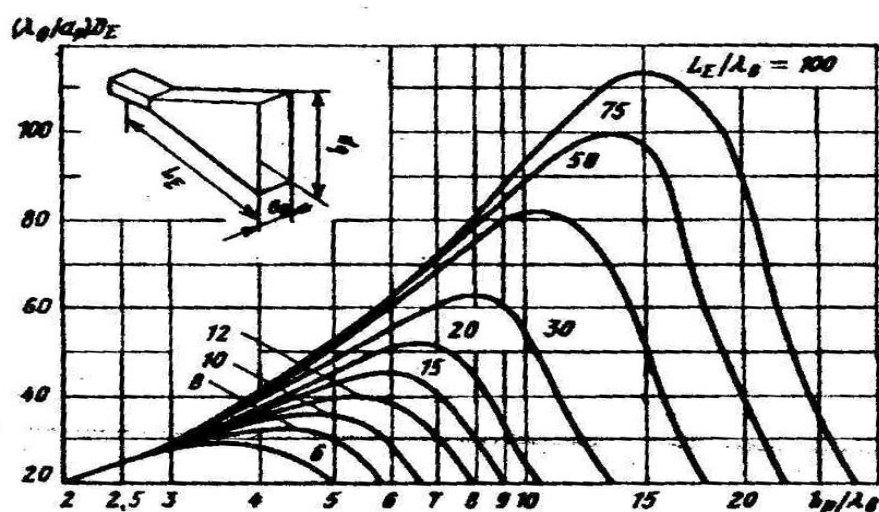
$$X_{\text{макс}}=b/2; \psi_{\text{макс}}=\pi a^2/4L_E\lambda$$



3.1-расм. Фаза хатоликларини аниқлаш (ММ<sup>1</sup>-фаза хатолиги)



3.2-расм. Рупордаги майдон тузилиши



3.3-расм. ЙТК ни рупорнинг узунлиги ва ёйилиш сирти ўлчамларига боғлиқлик графиги

Оптималь Е-текисликли (ёки Н) рупорнинг ЙТК қуйидагига тенг:

$$D = \nu * 4\pi S / \lambda^2$$

бунда,  $S$ - рупорнинг ёйилиш юзаси;  $\nu$  – сиртдан фойдаланиш коэффициентлари.

Максималь фаза силжишининг рухсат этилган қиймати рупорнинг берилган  $L/\lambda$  нисбий узунлигидаги максималь ЙТК ҳосил қилиш шarti асосида ифодаланади. Агар рупор ЙД узунлигини ўзгармас сақлаган ҳолда унинг ёйилмасидаги нисбий ўлчамларини  $(a/\lambda, b/\lambda)$  аста - секинлик билан ошириб борсак, аввалига ЙД тораяди ва ЙТК ортиб боради. Бунга сабаб, фаза хатолиги ҳисобига сиртдан фойдаланиш коэффициентлари ( $C_{ФК}$ )  $\nu$  қанча камайса, ёйилиш юзаси  $S$  шунча тез ортади. Лекин шундай ҳолат мавжудки, унда рупор ўлчамларининг кейинги ортиши фаза хатоликларини сезиларли ортишига олиб келади, натижада ЙД кенгайиб боради ва ЙТК камайд.  $L/\lambda$

маълум белгиланган қиймати учун  $a/\lambda$  ёки  $b/\lambda$  нинг оптимал ўлчамлари мавжуд бўлиб, унда антенна энг тор ЙД ва максимал ЙТК эга бўлади.

Максимал СФК эга бўлган рупор - *оптимал* деб юритилади. Рупорнинг ҳар бир узунлиги учун ёйилишнинг оптимал ўлчами мавжуд. Оптимал секториал рупор учун:  $v = 0.64$ , пирамидал рупор учун:  $v = 0.52$ , конуссимон рупор учун:  $v = 0.51$  га тенг. Ихтиёрий рупорнинг узунлиги оптимал кўрсаткичлардан оширилганда ёйилма майдони синфаз ҳолатга яқин келади ва коэффициент  $v$  ҳам ортади. Лекин бунга антеннанинг ташқи ўлчамларини ҳаддан зиёд ошириш эвазига эришилади.

Рупорли антенна квадратик фаза тақсимотига эга. Шунга кўра конуссимон рупор учун:

$$\Psi_{\max} = \pi R_0^2 / \lambda L$$

$$R \geq [(2R_0)^2 / 2, 4\lambda] - 0,15\lambda$$

H (ёки E) текисликдаги рупор учун:

$$\Psi_{\max} = \pi a_p^2 / 4\lambda L_H$$

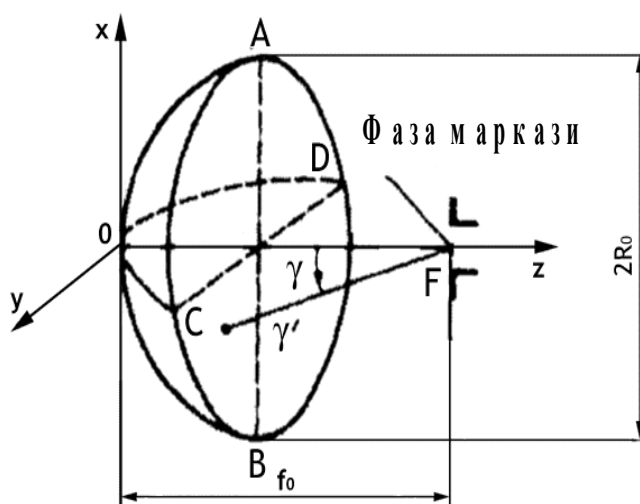
$$L_{\text{Нопт}} = a_p^2 / 3\lambda$$

бунда:  $a_p, (b_p)$  - рупорнинг тор ва кенг деворлари ўлчамлари;  $L$  - рупор узунлиги;  $R_0$  - конус радиуси.

### 3.2. Параболик антенна

**Параболик антенна** (кўзгули ёки рефлекторли) *деб, бирламчи нурлатувчи ҳосил қилган йўналтирилмаган электромагнит тўлқинларни ўткир йўналган тўлқинларга айлантириб берувчи қурилмага айтилади.* Бу турдаги антенналар ўзининг содда тузилиши, ЙТК нинг катта қийматларини олиш имконияти, яхши диапазонлик хусусиятлари ва нисбатан қиммат бўлмаган нархлари билан эътиборга лойиқ. Антенна кўзгуси яхши ўтказувчанликка эга бўлган материаллардан: алюминий ва унинг эритмасидан ёки қайтарувчи металл сирт билан қопланган пластмассалардан тайёрланади. Коррозияни олдини олиш мақсадида эса рефлекторлар сиртига бўёқ берилади. Кўзгули антенналарнинг турли хиллари мавжуд: кўзгу-рупорли, параболик кўзгули, сферик кўзгули, ясси ва бурчак кўзгули, махсус шаклдаги кўзгули, икки ёки кўп кўзгули.

Кўзгули параболик антенна *парабола айланмаси* шаклида тайёрланган металл сиртдан ва парабола фокусида жойлашган *антенна - нурлатгичдан* ташкил топган.



3.4-рasm. Параболик антеннанинг эскизи

Тўғри чизикли координаталар тизимидаги парабolik сирт куйидаги тенглама билан изоҳланади:  $x^2 + y^2 = 4f_0z$ , бунда,  $f_0$  – фокус масофа.

Бу сирт сферик координаталар тизимида куйидаги тенглама асосида ифодаланади:  $r' = 2f_0 / (1 + \cos\gamma)$ . Бунда,  $r'$  – фокусдан то параболанинг ички сиртидаги ихтиёрий нуқтагача бўлган масофа;  $\gamma$  – кўзгунинг фокал ўқи ва белгиланган нуқта йўналишлари орасидаги бурчак (майдоний бурчак).

Расмда ПА нинг эскизи келтирилган. Унда: F - кўзгу фокуси бўлиб, у сферик тўлқинларнинг нуқтавий манбаи ҳисобланади.

OF - оралиқ фокус масофа дейилади ва  $f_0$  билан белгиланади.  $z = z_0$  бўлганда, ярим текис парабола эгри чизиғи билан чегараланади ва кўзгунинг ёйилиши деб номланади.

CD - тўғри чизик парабола ёйилиш текислигининг кесимини ҳосил қилади.

FAB - синик чизиғи нурлатувчидаги электромагнит тўлқиннинг хусусий нури йўналишини кўрсатади. Бизга аналитик геометрия курсидан маълумки, бу йўналишнинг узунлиги парабола сиртидаги нуқталарнинг ҳолатига боғлиқ эмас.

Параболик антеннанинг  $z$  - ўқига перпендикуляр бўлган ихтиёрий текислик унинг ёйилиш текислиги деб аталади ва кўзғатилган сиртга синфаз бўлади.

Шундай қилиб, парабolik антенна нуқтавий манбадаги сферик тўлқинни ясси тўлқинга айлантириб беради. Реал нурлатувчи нуқтавий бўлмайди. Бироқ, нурлатувчининг фаза маркази параболанинг фокуси билан мос тушса, парабола фокусида жойлашган нурлатувчини нуқтавий манба деб ҳисоблаш мумкин.

Юқоридаги 3.4-рasmда келтирилган парабола айланмасидаги очилиш текислиги айланма шаклга эга бўлиб, бу текислик радиуси кўзгунинг ёйилма радиуси деб аталади ( $R_0$ ). Радиус очилмаси ва кўзгунинг очилиш бурчаги  $\gamma_0$  билан ўзаро куйидаги боғлиқликда:  $R_0 = 2f_0 \tan(\gamma_0/2)$ .

Кўзгу шакли  $R_0/2f_0$  ёки очилиш бурчаги  $\gamma_0$  билан характерланади. Агар  $R_0/2f_0 < 1$  бўлса, кўзгу узун фокусли дейилади. Агар  $R_0/2f_0 > 1$  бўлса, кўзгу қисқа фокусли дейилади.

Параболик антенна қуйидаги хусусиятларга эга: бирламчи нурлатгичдан электромагнит тўлқинлар кўзгуга тушиши натижасида электр сирт тўлқинлари ҳосил бўлади (электромагнит тўлқинларнинг иккиламчи манбаси); бу тоқлар нафақат кўзгунинг бирламчи нурлатувчига қаратилган ички сиртида, балки электромагнит тўлқинлари дифракцияси туфайли унинг ташқи сиртида ҳам мавжуд бўлади; кўзгули антенна ҳосил қилган фазонинг исталган нуқтасидаги майдон кучланганлиги – бирламчи нурлатувчи ва иккиламчи сирт тоқлари ҳосил қилган майдон йигиндисидан иборат бўлади.

Реал нурлаткичлардаги ЙД шундайки, унга кўра нурлатгич томонидан нурлатилган энергиянинг барчаси ҳам кўзгуга етиб бормайди. Чунки нурлатувчи энергиясининг бир қисми кўзгудан ўтиб кетади. Бу эса ўз навбатида ЙД ён баргчаларини ортишига олиб келади. Параболик антеннанинг ЙТК ихтиёрий нурлатувчи сиртга ўхшаш тарзда ҳисоблаш мумкин:

$$D = v_{\text{нат}} \frac{4\pi}{\lambda^2} S$$

бунда,  $S$  - кўзгунинг очилиш сирти;  $v_{\text{нат}} = v\eta_1$  – кўзгули антеннанинг натижавий СФК (сиртдан фойдаланиш коэффиценти);  $v$  – очилмадаги фақат амплитуда тақсимоти билан ифодаланувчи СФК;  $\eta_1 = P_{\Sigma} / P_{\Sigma \text{ нур}}$  - кўзгудан нурлатилган қувватнинг нурлатувчидан нурлатилган қувватга нисбати.

Параболик антеннанинг кучайтириш коэффиценти  $G$ , йўналтирилган таъсир коэффиценти  $D$  ва фойдали иш коэффиценти  $\eta_1$  билан боғлиқ:  $G = D\eta_2$ , бунда  $\eta_2 = P_{\Sigma} / P_{\text{нур}}$ ;  $P_{\text{нур}}$  - нурлатувчига берилган қувват.

Антеннанинг фойдали иш коэффиценти  $\eta_2$  нурлатувчидаги, нурлаткични маҳкамловчи элементларидаги, кўзгунинг ички сиртини коповчи бўёқдаги иссиқлик энергиясининг йўқотишларини ҳисобга олади.

Кўзгу очилишидаги нурлатувчи ёрдамида текис амплитуда тақсимоти ҳосил қилинса, бу кўзгу чеккаларини кесиб ўтади, натижада орқа ва ён баргчалар ҳосил бўлади,  $\gamma$  натижавий камайиши вужудга келади.

Кўпчилик нурлатувчиларнинг майдон чеккалари учун амплитуда тақсимоти кўзгу ёйилмасининг марказига қараганда 10 дБ га кам бўлса, оптимал вариант ҳисобланади.

Параболик антенналарнинг йўналиш характеристикасини икки хил усул билан ҳисоблаш мумкин:

1. *Тоқлар усули*, лекин бунинг учун кўзгу сиртидаги ток ва фазаларнинг тақсимланиш қонуниятини билиш керак.

2. *Апертура усули* бўлиб, энг оддий усул ҳисобланади. Унда апроксимация коэффицентларидан фойдаланилган ҳолда, реал ҳолатга яқин бўлган амплитуда тақсимоти назарий тақсимот ёрдамида танланади.

### ***Кўзгунинг нурлатувчига кўрсатган таъсири***

Кўзгунинг нурлатувчига кўрсатадиган таъсирга қарши курашиш усуллари ва уларнинг камчилиги қуйидагилардан иборат:

1. Ферритли вентиль. Камчилиги - торполосали.
2. Ёрдамчи пластина d-нинг ўлчами шундай танланиши керакки, пластинкадан келаётган ва ундан қайтаётган тўлқинлар ўзаро ейишиб кетиши керак. Камчилиги - торполосали.
3. Тирқиш тешиклари. Камчилиги - орқа баргчанинг катталиги.
4. Ёйилиш сиртининг бир қисмидан фойдаланиш. Камчилиги -ЙТК камаяди.
5. Доиравий қутбланишдан фойдаланишда камчилик йўқ.
6.  $45^0$  бурчак остида жойлашган, қутбланиш текислиги  $90^0$  айлантира оладиган металл қобирғалардан фойдаланиш. Камчилиги - доиравий қутбланиш билан ишлай олмайди.

Параболик кўзгунинг графикларини қуйидагича аниқлаш мумкин:

$x = \sqrt{4f_0 z}$ . Кўзгуни  $\lambda/30$  аниқликда тайёрлаш талаб этилади.

### ***Параболик антеннанинг йўналганлик диаграммасини Бошқариш***

Фаза хатоликлари чизикли бўлганда, йўналиш диаграммаси бузилмайди. Катта силжишларда учинчи даражали фаза силжишлари вужудга келади ва йўналиш диаграммаси бузилади. Нурлатувчини фокал ўқ бўйлаб жойи ўзгартирилганда квадратик фаза хатоликлари вужудга келади.

Нурлатувчига қўйиладиган асосий талаблар:

- нурланувчи минимал ўлчамда бўлиши шарт;
- кўзгу тарафига бир ёқлама нурлатиш керак;
- диапазонли бўлиши керак;
- нурланувчининг фаза маркази фокус билан мос тушиши шарт;
- берилган қувватга тешилишсиз бардош бериши керак.

### **Саволлар:**

1. Рупорли антенна тушунчасига таъриф беринг.
2. Рупорли антеннани хусусиятларини очиб беринг.
3. Параболик антенна тушунчасига таъриф беринг.
4. Параболик антенна хусусиятларини очиб беринг.
5. Рупорли антенна ва параболик антенналарнинг умумий ва хусусий ўлчовларни кўрсатинг.



### Адабиётлар:

1. Распространение радиоволн и антенны спутниковых систем связи. Сомов А.М. М.:Горячая линия – Телеком, 2015
2. Антенны КВ и УКВ. Основы и практика . И.В.Гончаренко. М.:Радио, 2006
3. Антенны. Карл Ротхаммель. М.:Данвел 2007
4. Нано-антенны. Б.А.Панченко, М.Г.Гизатуллин. М.:Радиотехника. 2010
5. Логопериодические вибраторные антенны. Б.М.Петров, Г.И.Констромитин, Е.В.Горемыкин. М.:Горячая линия – Телеком, 2005
6. <http://etuit.uz/dl/course/category.phpid=41>
7. Warren L. Stutzman , Gary A. Thiele. Antenna Theory and Design. 3rd Edition. John Wiley, 2012.
8. Vitaliy Zhurbenko. Electromagnetic Waves. InTech 2011.
9. Антенны. Б.А.Панченко. Горячая линия – Телеком, 2015
10. EM Modeling of Antennas and RF Components for Wireless Communication Systems Gustrau, Frank, Manteuffel, Dirk, 2006

### Мавзу 4

#### Антенна панжаралари. (2соат)

##### **Режа:**

- 4.1. Умумий тушунчалар.
- 4.2. Кўндаланг нурлатувчи АП.
- 4.3. Бўйлама нурлатувчи АП.

##### **4.1. Умумий тушунчалар.**

Тор ЙД ва юқори ФИК ҳосил қилиш учун кўп миқдордаги тебраткичлар тизимидан фойдаланиш керак. Бундай тизим мавжуд ва у **антенна панжаралари** деб номланади. Антенна панжаралари икки турга бўлинади:

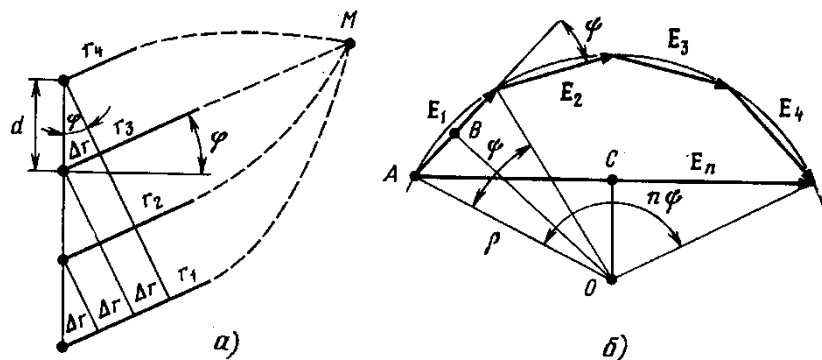
- 1). Кўндаланг нурлатувчи антенна панжаралари.
  - 2). Бўйлама нурлатувчи антенна панжаралари .
- Қуйида уларнинг ҳар бирини батафсил кўриб чиқамиз.

##### **4.2. Кўндаланг нурлатувчи антенна панжаралари**

ЙТК катта қийматларга эришиши ва тор ЙД эга бўлиш учун бир нечта тебраткичлардан иборат бўлган антенналардан фойдаланилади. Бу тизим антенна панжаралари деб аталади. *Агар панжара тебраткичлари бир хил фазага эга бўлса, бундай панжаралар **синфаз антенналар** деб аталади. Тенг амплитудали ток билан қўзғатилувчи,  $n$  - та йўналтирилмаган*

тебратгичлардан ташкил топган, бир-биридан  $d$ - узоқликда жойлашган, чизикли тизим эквидистант тенг амплитудали панжара деб аталади.

**Эквидистант тенг амплитудали панжара.** Жойлашилган кетма-кетликдаги ҳар бир тебратгичлар орасидаги ток фазаси аввалгисига нисбатан  $\Phi$  бурчакка ортда қолаётган бўлсин (4.1,а-расм). Агар  $d \ll r$  бўлса, у ҳолда алоҳида тебратгичларнинг антеннадан узоқ масофада жойлашган  $M$  нуқтадаги ҳосил қилган нурларини ўзаро параллел деб ҳисоблаш мумкин. Бунда биринчи тебратгичнинг  $M$  нуқтада ҳосил қилган майдон кучланганлигини  $E_1$ , иккинчи тебратгичникини  $E_2$  ва ҳ.к.,  $n$ -чи тебратгичникини  $E_n$  деб белгилаймиз. Узоқ масофада турли тебратгичлар ҳосил қилган тенг амплитудали панжарадаги майдон амплитудасини биринчи тебратгичнинг майдон амплитудасига тенг деб қабул қилиш мумкин. Бироқ бу майдонларнинг фазалари турлича бўлади. Яъни, иккинчи тебратгич майдони нурларининг  $\Delta r$  – юриш фарқи туфайли биринчи тебратгичнинг майдонидан фаза бўйича  $k\Delta r = kd \cdot \sin\varphi$  бурчакка илгарилаб кетади ва манба ҳисобига бурчак  $\Phi$  га ортда қолади. Ҳар иккала тебратгич ҳосил қилган майдонлар орасидаги натижавий фаза силжиши:  $\varphi = kdsin\varphi - \Phi$  га тенг. Ушбу фаза силжиши ихтиёрий кўшни тебратгичлар ҳосил қилган майдонлар учун ҳам ўринли.



4.1 - расм. Кўндаланг нурлатувчи панжара кўпайтувчисини аниқлаш

Бир бирига нисбатан  $\varphi$  бурчакка силжиган алоҳида тебратгич майдонларининг кўшилиши 4.2,б-расмда келтирилган. Ундаги барча тебратгичларнинг  $M$  нуқтада ҳосил қилган майдон йиғиндиларини  $E_n$  деб белгилаймиз. Ҳосил бўлган кўпбурчакнинг чеккаларидан туширилган перпендикулярлар  $O$  нуқтада кесишади ва бу нуқта айлана радиусининг маркази ҳисобланади. Энди  $OAB$  ва  $OAC$  учбурчаклар учун қуйидаги ифодаларни ёзамиз.

$\Delta OAB$  учун:

$$\sin(\varphi/2) = AB/\rho = E_1/\rho.$$

$\Delta OAC$  учун:

$$\sin(n\varphi/2) = AC/\rho = E_n/2\rho.$$

Биринчи тенгламани иккинчисига бўлиш натижасида,

$$\frac{E_n}{E_1} = \frac{\sin(0.5n\varphi)}{\sin(0.5\varphi)} \quad \text{ёки} \quad E_n = E_1 F_c(\varphi),$$

бунда  $\varphi = kd \sin \psi - \Phi$ ;  $F_c(\varphi)$  – нурлатгичнинг тизим кўпаювчиси.

$$F_c(\varphi) = \frac{\sin(0.5n\varphi)}{\sin(0.5\varphi)} = \frac{\sin[0.5n(kd \sin \psi - \Phi)]}{\sin[0.5(kd \sin \psi - \Phi)]}$$

Юқорида кўриб чиқилган антенна панжараси йўналтирилмаган нурлаткичлардан ташкил топган эди. Агар чизиқли панжара йўналтирилган симметрик тебратгичлардан ташкил топган бўлса, у ҳолда ҳар бир тебратгич ҳосил қилган майдон кучланганлиги  $E_1$  унинг йўналганлик хусусияти  $F_1(\varphi)$  билан ифодаланади ва натижавий йўналганлик характеристикаси қуйидагига тенг бўлади

$$F(\varphi) = F_1(\varphi) * F_c(\varphi) .$$

**Синфаз панжаралар.** Амалиётда ток фазалари ва амплитудалари бир хил бўлган (тенг тақсимланган синфаз панжаралар) тебратгичли антенна панжаралар йўналтирилган антенна сифатида радиоалоқада, овозли эшиттириш ва телевиденияда кенг қўлланилади. Синфаз панжаралар жойлашув чизиқларига нисбатан перпендикуляр йўналиш бўйича ( $\varphi=0$  ва  $180^\circ$ ) етарлича узок масофаларга энергия узатганда, алоҳида тебратгичларнинг нурлари бир хил йўлни босиб ўтади ва уларнинг майдонлари синфаз тарзда устма-уст тушади.  $\varphi=0$  ва  $180^\circ$  йўналишлар ЎД бош максимумига мос келади. Бошқа барча йўналишларида эса яқка тебраткичлар ҳосил қилган майдонлар фазаси бўйича фарқ қилади ва бу йўналишлардаги натижавий майдон бош йўналишниқидан кичик бўлади.

Синфаз панжара кўпайтирувчисини кўриб чиқамиз. Унга кўра (4.4) тенгламадаги қийматларнинг бевосита  $\varphi=0$  ва  $180^\circ$  га алмаштирилиши натижасида 0/0 ноаниқлик ҳосил бўлади

$$F_c(\varphi)_{\max} = (0.5nkd \sin \varphi) / (0.5kd \sin \varphi) = n.$$

Кўпайтирувчининг ушбу қиймати тебратгич жойлашган ўқга нисбатан перпендикуляр йўналишдаги ЎД бош максимумига мос келади. Синфаз панжаранинг меъёрлашган кўпайтирувчиси қуйдаги кўринишга эга бўлади

$$F_{c.m}(\varphi) = F_c(\varphi) / F_c(\varphi)_{\max}$$

ёки

$$F_{c.m}(\varphi) = [\sin(0.5nkd \sin \varphi)] / [n \sin(0.5kd \sin \varphi)]$$

Кўпайтирувчининг кейинги максимумларини тенглама суратини максимал қийматлари орқали аниқлаймиз. Синус функцияси  $(3/2)\pi$ ;  $(5/2)\pi$ ... бурчакларда максимумларга эга бўлади. Шунингдек,  $0.5nkd \sin \varphi_{\max} = (3/2)\pi$ ;  $(5/2)\pi$ ... қийматларда формуланинг суръати максимал бўлади. Ундаги  $\pi/2$  қийматини мос келмайдиган максимум сифатида эътиборга олмаймиз ва

максимал нурланишга мос келувчи бурчакни қуйидаги шартдан аниқлаш мумкин

$$\sin \varphi_{\max} = (\lambda/2nd) * N$$

бу ерда  $N = 3; 5 \dots$

Панжара нурлатмаётган йўналишни ифоданинг маҳражини нолга тенглаш орқали аниқлаймиз. Яъни  $0.5 nkd \sin \varphi_0 = (1, 2, 3 \dots) \pi$  ;  
 $\sin \varphi_0 = (1, 2, 3 \dots) \lambda/2nd$  ёки  $\sin \varphi_0 = N(\lambda/nd)$ ,  $N=1, 2, 3 \dots$  Биринчи нолнинг ҳолати синфаз антенна ЙД нинг бош баргчасининг кенглигини кўрсатади

$$\sin \varphi_0 = (\lambda/nd)$$

Юқори йўналганлик хусусиятига эга бўлган синфаз панжаралар учун бурчак  $\varphi_0$  ни аниқлаймиз:

$$\varphi_0 = (\lambda/nd) = 57.3^\circ \lambda/nd$$

Демак, йўналганлик диаграммасининг бош баргчаси шунчалик тор бўлади

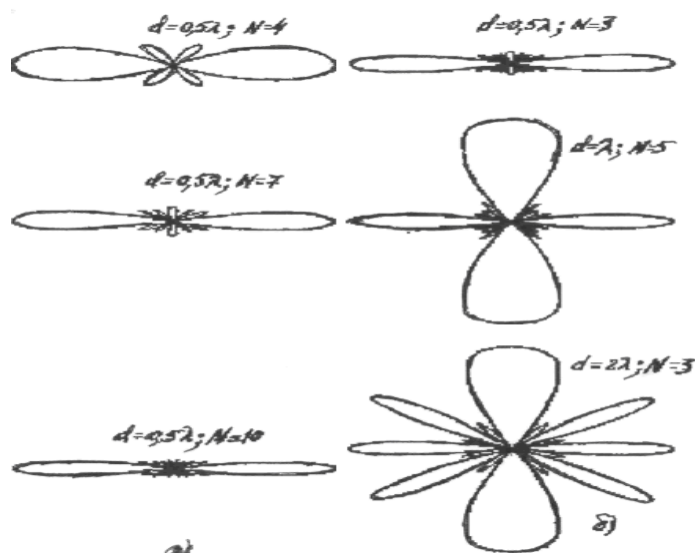
$$2\varphi_0 = \frac{2\lambda}{nd}, \text{ рад. ёки } 2\varphi_0 \approx 115^\circ \frac{\lambda}{nd} .$$

Ярим қувват бўйича синфаз панжаранинг йўналганлик диаграммасининг кенглиги қуйидагича аниқланади:

$$2\varphi_{0,5} = 0,89 \frac{\lambda}{nd}, \text{ рад. ёки } 2\varphi_{0,5} \approx 51^\circ \frac{\lambda}{nd}$$

4.2 – расмда синфаз панжаранинг ярим тўлқинли тебратгичларининг ва улар орасидаги масофанинг турли миқдорлари учун (E текисликдаги) ЙД келтирилган.

Нисбий узунлиги  $l/\lambda = 0,5$  бўлган симметрик тебратгич ярим қувват бўйича йўналганлик диаграммасининг кенглиги  $44^\circ$  га тенг. Йўналганлик диаграммасининг  $6,4^\circ$  гача торайтириш учун, яъни тахминан 7 марта, 8та синфаз симметрик тебратгичдан фойдаланиш керак, антенна ўлчами тахминан 8 марта катталаштирилиши керак.



4.2 - расм. Синфаз антенна панжарасининг ЙД

Антенна йўналганлик хусусиятлари нафақат йўналганлик диаграммаси бош баргчасининг кенлиги билан, балки ён баргчаларнинг сатҳи билан ҳам характерланади. Кўндаланг йўналишда нурлатувчи антенна панжараларининг ЙД асосан тизим кўпайтирувчиси орқали ифодаланади ва кўп баргчали характерга эга. Ён баргча сатҳини қуйидаги формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$\xi_N = \frac{1}{n \sin\left(\frac{2N+1}{n} \cdot \frac{\pi}{2}\right)}$$

Бунда:  $n$  – нурлаткичлар сони,  $N$  – ён баргчалар сони бўлиб,  $y$   $N - 1, 2, 3, 4, \dots$  та бўлиши мумкин.

Одатда нурлаткичлар  $dl \leq \lambda$  оралиғида жойлаштирилади. Агар  $dl \geq \lambda$  бўлган ҳолатда йўналиш диаграммаси асосий баргчаси 2 тага ортиб кетиши мумкин. Ён баргчаларнинг сатҳини инобатга олган ҳолда нурлаткичлар орасидаги масофани  $dl \leq 0,5\lambda$  қилиб белгилаш мақсадга мувофиқ.

Шуни айтиб ўтиш керакки, иккита асосий максимум ( $\varphi = 0^\circ$  и  $\varphi = 180^\circ$  да) бўлганда йўналганлик диаграммасининг иккита асосий барглари фақатгина  $d < \lambda$  шарт бажарилганда ҳосил бўлади.  $d \geq \lambda$  бўлганда бир вақтнинг ўзида тизим кўпайтирувчисининг ҳам суръати, ҳам махражи  $\varphi$  бурчакнинг  $0^\circ$  ва  $180^\circ$  лардан бошқа айрим қийматларида нолга тенг бўлиши мумкин. Бу қуйидаги шарт бажарилганда  $(k d \sin \varphi) / 2 = N \pi$  ёки  $k d \sin \varphi = 2N \pi$ , яъни қўшни тебраткичларнинг майдонлари орасидаги фаза силжиши  $2\pi$  га тенг ёки каррали бўлганда амалга ошиши мумкин. Бунда тизим кўпайтирувчиси  $\varphi = 0^\circ$  ва  $\varphi = 180^\circ$  каби  $n$  га тенг бўлган энг юқори максимумга эришади. Бу ЙД да қўшимча (иккиламчи) ён баргчаларнинг пайдо бўлишга олиб келади. Панжаранинг бир элементининг ЙД қанчалик кенг бўлса, иккиламчи ён баргчаларнинг сатҳи шунчалик юқори бўлади. Агар панжара элементлари йўналганлик

хусусиятларига эга бўлмаса уларнинг сатҳи 1 га тенг бўлади.

Экваториал текисликда симметрик тебратгич йўналганлик хусусиятларига эга эмаслигига сабаб, синфаз панжаранинг  $N$  текисликдаги йўналганлик диаграммаси тизим кўпайтирувчиси билан аниқланади. Иккала ( $E$  ва  $H$ ) текисликлардаги кўпайтирувчилар абсолют бир хилдир. Йўналганлик диаграммаси кенглиги, ён баргчаларнинг максимум йўналиши, уларнинг сатҳи  $E$  текислик учун келтирилган формулалар орқали аниқланади ва  $\varphi$  бурчак  $\theta$  бурчак билан алмаштирилади. Синфаз панжаранинг қаторлари сони  $m$  қанчалик кўп бўлса йўналганлик диаграммаси  $N$  текисликда шунча тор бўлади. Синфаз панжаранинг максимал нурланиш йўналишидаги  $JK$  қуйидаги формула орқали топилади:

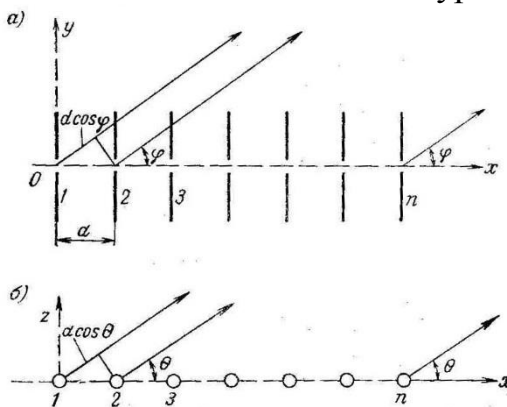
$$D = \frac{120}{R_{\Sigma m\lambda}} (mn)^2 (1 - \cos kl)^2$$

бу ерда,  $R_{\Sigma t\lambda}$  - антенна нурлатишидаги тўлиқ қаршилик.

Шундай қилиб, синфаз панжаранинг  $JK$  тўлқин узунлиги камайиши билан тораяди, тебратгичларнинг сонини кўпайиши ва улар орасидаги масофанинг ортиши билан кенгаяди. Агар синфаз панжарадаги тебратгичлар сони камайтириб, улар орасидаги масофа  $n \cdot d_2$  қийматлари ўзгармайдиган қилиб оширсак (яъни антеннани чизиқли ўлчамларини), у ҳолда бош баргчаси ўзгармасдан қолади.  $d_1 \leq 0,5\lambda$  бўлганда, ён баргчаларнинг сатҳи ўзгармас бўлиб қолди. Лекин бунда тебратгичлар сони ортиб кетади ва тизимни манба билан таъминлаш мураккаблашади. Шу сабабли, йўналтирилмаган ёки ярим тўлқинли тебратгичнинг марказлари орасидаги масофа  $d_1 = 0,5\lambda$  қилиб танланади. Бутун тўлқинли тебратгичда эса,  $\lambda$  га тенг бўлади.

### 4.3. Ўқ бўйича нурлатувчи антенна панжаралари

Ўқ бўйича нурлатувчи амплитудаси тенг тақсимланган чизиқли панжарани 4.3-расмда (а- $E$  текисликда; б- $H$  текисликда) кўриб чиқамиз. Ушбу амплитудадаги ҳар бир тебратгичнинг ўқлари ўзаро параллел бўлиб, панжара ўқи бўйлаб максимал интенсивлик билан нурлатади ( $x$  ўқи).



4.3-расм. Югурма тўлқин антеннаси

Антенна элементларидаги ток фазалари  $\varphi$  ни мос келувчи фаза ўзгартиргичлар ёрдамида амалга ошириш мумкин. Бироқ бундай антеннанинг манба билан таъминлаш схемаси жуда мураккаблашиб кетади. Шу сабабли антенна элементларини югурма тўлқин ёрдамида кетма-кет антенна бошидан охирига томон маълум бир белгиланган фаза тезлиги билан кўзгатиш қулайроқ. Бунда ҳар бир кейинги тебратгичнинг аввалги тебратгичдан ток фазаси бўйича  $\varphi = \beta d_1$  га ортда қолади.

Бунда,  $d_1$ —тебратгичлар орасидаги масофа;  $\beta = \omega/v = kc/v$  — фаза коэффиценти;  $c/v$ - сусайиш коэффиценти.

Шу тариқа тебратгичлардан оқиб ўтаётган ток амплитудаларини ўзаро тенг десак, у ҳолда:

$$I_2 = I_1 \exp\left(-ikd \cdot \frac{c}{V}\right), I_3 = I_2 \exp\left(-ikd \cdot \frac{c}{V}\right), I_n = I_1 \exp\left[-ik(n-1)d\left(\frac{c}{V}\right)\right]$$

Кейинги кўзгатиш олднгисидан сўнг кўзгатилаётганлиги, аммо кузатиш нуқтасига яқинроқ жойлашганлиги сабабли, бу нуқтада қўшни тебраткичлар майдонлари орасидаги фаза силжиши (биринчи тебраткич майдонининг фазаси 0 деб ҳисобланади) қуйидагига тенг

$$\psi_1 = \psi_p - \psi = kd \cos \varphi - kd \frac{c}{V} = kd \left( \cos \varphi - \frac{c}{V} \right).$$

Энг чекка тебратгич майдонлари орасидаг фаза силжиши

$$\psi_n = (n-1) kd \left( \cos \varphi - \frac{c}{V} \right).$$

Айтилганларни ҳисобга олиб, E текисликда йўналганлик тавсифининг формуласини ёзиш мумкин

$$F(\varphi) = \frac{\cos(kl \sin \varphi) - \cos kl}{\cos \varphi} \cdot \frac{\sin \left[ \frac{knd}{2} \left( \frac{c}{V} - \cos \varphi \right) \right]}{\sin \left[ \frac{kd}{2} \left( \frac{c}{V} - \cos \varphi \right) \right]}.$$

N текисликда антенна элементи йўналганлик хоссаларига эга бўлмаганлиги учун ( $\varphi = 0^0$ ) бу текисликда йўналганлик тавсифи қуйдагича аниқланилади

$$F(\theta) = (1 - \cos kl) \cdot \frac{\sin \left[ \frac{knd}{2} \left( \frac{c}{V} - \cos \theta \right) \right]}{\sin \left[ \frac{kd}{2} \left( \frac{c}{V} - \cos \theta \right) \right]}.$$

Келтирилган формулага асосан N текисликда йўналганлик характеристикаси фақат тизим кўпайтирувчиси орқали аниқланади; E текислигида йўналганлик характеристикаси антеннанинг битта элементининг

йўналганлик хоссасига боғлиқ. Лекин у асосан тизим кўпайтирувчилари  $f_c(\varphi)$  ёки  $f_c(\theta)$  билан аниқланади. Шунинг учун югурма тўлқин антенналарининг йўналганлик хоссаларини таҳлил қилишда фақат тизим кўпайтирувчисини кўриб ўтамиз. Бундан кўриниб турибдики югурма тўлқин антенналарининг йўналганлик хоссалари панжара элементлари сони  $n$  га, улар орасидаги масофа  $d$  га ва кўзгатувчи тўлқиннинг фаза тезлиги  $V$  га боғлиқ. Ён баргчалар максимумлари ва ноль бўйича нурланиш йўналишини аниқлаймиз. Ноль бўйича нурланиш йўналишини аниқлаш учун тизим кўпайтирувчисини ёки унинг аргументини 0 га тенглаштирамиз:

$$\frac{knd}{2} \left( \frac{c}{V} - \cos \varphi \right) = N\pi, \quad N = 1, 2, \dots$$

Бундан қуйидагига эга бўламиз:

$$nd \left( \frac{c}{V} - \cos \varphi \right) = N\lambda \quad \text{ва} \quad \theta_{ON} = \arccos \left( \frac{c}{V} - \frac{N\lambda}{nd} \right).$$

Ён баргчалар максимумлари йўналишини аниқлаш учун тизим кўпайтирувчиси ёки унинг аргументини 1 га тенглаштирамиз:

$$\frac{knd}{2} \left( \frac{c}{V} - \cos \varphi \right) = (2N + 1) \frac{\pi}{2}, \quad N = 1, 2, \dots$$

Натижада,

$$nd \left( \frac{c}{V} - \cos \varphi \right) = (2N + 1) \left[ \frac{\lambda}{2nd} \right] \quad \text{ва} \quad \varphi_{\max N} = \arccos \left( \frac{c}{V} - \frac{(2N + 1)\lambda}{2nd} \right).$$

Югурма тўлқин антеннасининг 3 та режимини кўриб чиқамиз:

- 1)  $V = c$ ;  $c/V = 1$  (эркин фаза тўлқини режими);
- 2)  $V > c$ ;  $c/V < 1$  (тез тўлқин режими);
- 3)  $V < c$ ;  $c/V > 1$  (секин тўлқин режими).

**1.  $c/v = 1$**  бўлганда тизим кўпайтирувчиси максимал ва  $\varphi = 0^\circ$  да  $n$  га тенг. Бу режим югурма тўлқин режими деб аталади (4.4-расм).

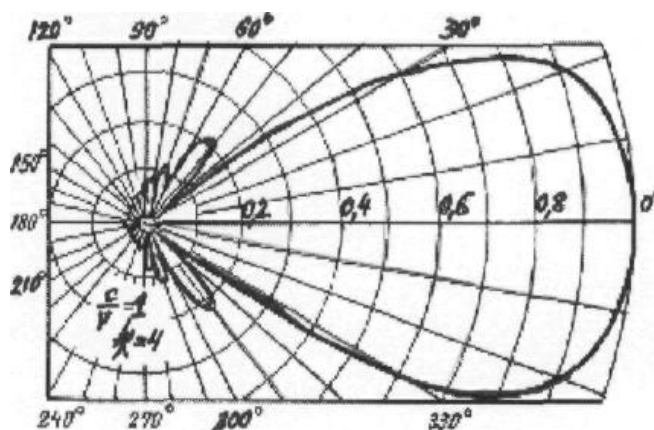
Йўналганлик характеристикасининг нормаллаштирилган тизим кўпайтирувчиси қуйидагига тенг

$$F_c(\varphi) = \frac{\sin \left[ \frac{knd}{2} (1 - \cos \varphi) \right]}{n \sin \left[ \frac{kd}{2} (1 - \cos \varphi) \right]}$$

Натижавий майдон  $\varphi = 0^\circ$  йўналишда максимал, чунки кузатиш нуқтасида барча антенна элементларининг майдони синфаз ҳолда қўшилади. Бунга сабаб носинфаз кўзгатилишдаги фаза силжиши  $\Psi$  бутунлай фазовий фаза силжиши  $\Psi_p$  билан компенсацияланади.  $\varphi$  бурчакни ўзгартиришда (бу  $\theta$  бурчакка ҳам таълуқли)  $\Psi \neq \Psi_p$  бўлади. Бунинг натижасида  $\varphi \neq 0^\circ$  бурчак билан характерланувчи кузатиш нуқтасидаги натижавий майдон кучланганлиги антенна ўқи бўйича жойлашган кузатиш нуқтасидагига



нисбатан кичик бўлади.



4.4-расм.  $c/v = 1$  бўлган ҳолат учун югурма тўлқин антеннасининг ЙД

**2.  $c/v < 1$**  бўлганда тизим кўпайтирувчиси максимал ва  $n$  га тенг (қачонки  $\cos \varphi = c/v$ ). Тизим кўпайтирувчисининг нормаллашган йўналганлик характеристикаси қуйидаги кўринишга эга:

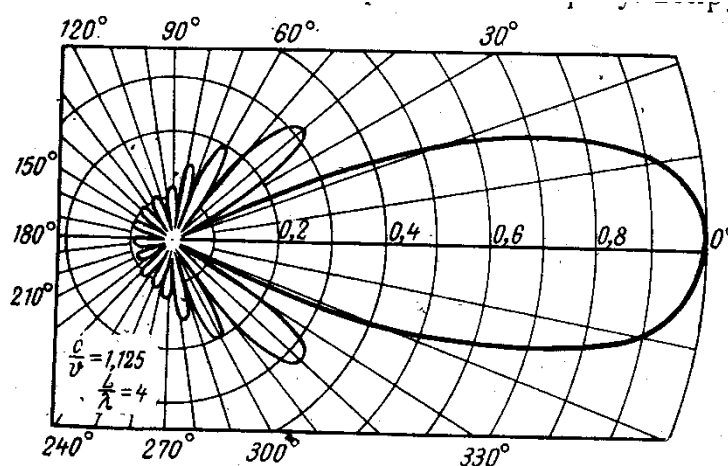
$$F_c(\varphi) = \frac{\sin \left[ \frac{kL}{2} \left( \frac{c}{v} - \cos \varphi \right) \right]}{\frac{kL}{2} \left( \frac{c}{v} - \cos \varphi \right)}$$

Бу формуладан кўришиб турибдики,  $\cos \varphi = c/v$  шарт  $\varphi = \pm \varphi_{\max}$  бурчакнинг икки қийматида бажарилади. Демак, антенна ўқига мос тушмайдиган максимал нурланишнинг иккита йўналиши мавжуд. Мазкур ишлаш режими антеннанинг йўналганлик хусусиятлари ёмонлаштирганлиги сабабли ундан фойдаланилмайди. Лекин тез тўлқин антенналари махсус кўринишдаги ЙД ҳосил қилиш учун қўлланилади.

**3.  $c/v > 1$**  бўлганда антенна алоҳида элементларининг майдонлари синфаз кўшилувчи йўналишда мавжуд эмас (5.7-расм). Чунки  $\theta$  нинг ҳеч бир қийматида  $c/v$  нисбат  $\cos \varphi$  га ва фаза силжиши 0 га тенг эмас. Тизим кўпайтирувчисининг йўналганлик характеристикаси

$$F_c(\varphi) = \frac{\sin \left[ \frac{kL}{2} \left( \frac{c}{v} - \cos \varphi \right) \right]}{\frac{kL}{2} \left( \frac{c}{v} - \cos \varphi \right)}$$

га тенг.



4.5– расм.  $c/v > 1$  учун югурма тўлқин антеннасининг ЙД

### Саволлар:

1. Кўндаланг нурлатувчи АП хусусиятларини кўрсатинг.
2. Бўйлама нурлатувчи АП хусусиятларини кўрсатинг.

### Адабиётлар:

1. Распространение радиоволн и антенны спутниковых систем связи. Сомов А.М. М.:Горячая линия – Телеком, 2015
2. Антенны КВ и УКВ. Основы и практика . И.В.Гончаренко. М.:Радио, 2006
3. Антенны. Карл Ротхаммель. М.:Данвел 2007
4. Нано-антенны. Б.А.Панченко, М.Г.Гизатуллин. М.:Радиотехника. 2010
5. <http://etuit.uz/dl/course/category.phpid=41>
6. Warren L. Stutzman , Gary A. Thiele. Antenna Theory and Design. 3rd Edition. John Wiley, 2012.
7. Vitaliy Zhurbenko. Electromagnetic Waves. InTech 2011.
8. Антенны. Б.А.Панченко. Горячая линия – Телеком, 2015

### Мавзу 5

#### УҚТ диапазонидаги антенналар. Директорли антенна. Спирал антенна. Логопериодик антенна (2соат)

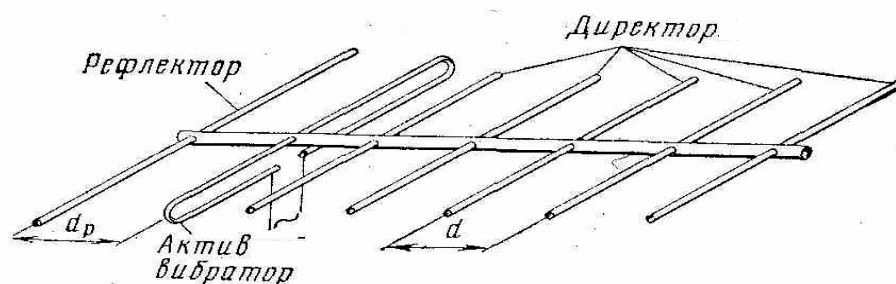
#### Режа:

- 5.1.Директорли антенна.
- 5.2.Спирал антенна.
- 5.3.Логопериодик антенна

### 5.1. Директорли антенна

Йўналтирилган антенналардан энг кўп тарқалгани директорли антенна хисобланади (6.2-расм). Ушбу антенна “тўлқинли канал” антеннаси деб ҳам юритилади. *Директорли антенна битта актив тебратгич (фидер билан уланувчи тебратгич шундай номланади) ва бир нечта пасив тебратгичлардан ташкил топган (бу тебратгичлар манбага уланмайди, шу сабабли шундай номланади). Пасив тебратгич актив тебратгичнинг электромагнит майдони орқали қўзғатилади. Актив тебратгич сифатида илмоқсимон шунтли тебратгичлардан фойданилади.*

Пасив тебратгич актив тебратгичга нисбатан максимал нурланиш йўналишига қарама-қарши бўлган йўналишда жойлашган бўлиб *рефлектор* деб номланади. «Reflektor» - қайтариш деган маънони англатади. Актив тебраткичнинг олдида жойлашган пасив тебраткичлар *директорлар* деб аталади. “Direktor” – йўналтирурчи, бошқарувчи деган маънони англатади. Берилган тебраткичлар тизими рефлектордан директорга томон йўналтирилган нурланишни таъминлайди.



5.1-расм. Кўп элементли директорли антенна

Директорли антенналардаги рефлектор узунлиги  $(0.5 \dots 0.53)\lambda$ , рефлектор ва директор орасидаги масофа  $(0.15 \dots 0.25)\lambda$  оралиғида танланади. Директорлар узунлиги  $(0.4 \dots 0.45)\lambda$ , тебраткичлар ва уларга яқин жойлашган директорлар орасидаги масофа  $(0.1 \dots 0.34)\lambda$  га тенг қилиб танланади.

Директорли антенна ўзида югурма тўлқин антенналари принципи бўйича қўзғалувчи чизиқли тебраткичларни мужассамлаштиради. Одатда фақат битта рефлектордан фойданилади, чунки уларнинг сони антеннанинг нурлатишига деярли таъсир кўрсатмайди.

Актив ва пасив тебраткичлардан ташкил топган антеннанинг ЙД пасив тебраткичдаги ток фазаси силжиш бурчагининг актив тебраткичдаги ток нисбатига боғлиқ:  $\gamma = \gamma_1 + \gamma_2$ . Бунда,  $\gamma_1$  – пасив тебраткичда ҳосил қилинган кучланиш фазасининг силжиш бурчагини актив тебраткичдаги токка нисбати;  $\gamma_2$  – пасив тебраткичдаги ток фазасининг силжишини шу тебраткичда ҳосил қилинган кучланишга нисбати.

Бурчак  $\gamma_1$  тебраткичлар орасидаги масофа  $d$  га боғлиқ, бурчак  $\gamma_2$  пасив тебраткичнинг узунлигига боғлиқ.

Хулоса:

1. Рефлектордаги ток актив тебраткичдаги токка нисбатан фаза бўйича илгарилаб кетади, директордаги ток эса фаза бўйича ортда қолади.

2.  $\gamma_1, \gamma_2$  ва  $\gamma$  бурчаклар учун шундай қийматлар борки, унда пасив тебраткичлар эффектив тарзда худди рефлектор ёки директор сифатида ишлайди. Масалан, рефлектор эффективни ҳосил қилиш учун:

а)  $d = 0.15\lambda (\gamma_1 = -180^\circ); \gamma_2 = -40^\circ;$

б)  $d = 0.2\lambda (\gamma_1 = -195^\circ); \gamma_2 = -40^\circ.$

ва директор эффективни ҳосил қилиш учун:

в)  $d = 0.1\lambda (\gamma_1 = -165^\circ); \gamma_2 = 20^\circ;$

г)  $d = 0/15\lambda (\gamma_1 = -180^\circ); \gamma_2 = 40^\circ.$

шартлар бажарилиши керак.

3. Рефлектор учун бурчак  $\gamma_2$  нинг манфий қийматлари ва директор учун мусбат қийматлари шундан дарак берадики, рефлектордаги ток унда ҳосил бўлган кучланиш туфайли фаза бўйича ортда қолади, директордаги ток эса ундан фаза бўйича илгарилаб кетади. Шу сабабли, *рефлектор – индуктив, директор – сизим қаршилик характерига эга бўлиши керак.* Бунинг учун эса резонансга созланган ярим тўлқинли актив тебраткичдаги рефлектор ярим тўлқин узунлигидан бир канча узунроқ, директор эса кичикроқ бўлиши керак.

4. Одатда, актив тебраткичнинг кириш қаршилиги пасив тебраткич таъсирида якка яримтўлқинли тебраткичнинг нурлатиш қаршилигидан кичик бўлади ( $R_{\Sigma} < 73.1$ ). Бу ўз навбатида антеннани фидер билан мослаштиришда қийинчилик туғдиради. Чунки директорли антенналарда актив тебраткич сифатида катта  $R_{\Sigma}$  га эга бўлган илмоқли тебраткичлардан фойдаланилади. Директорли антенна тўлқин қаршилиги 75 Ом бўлган озиклантирувчи фидер билан мослаштириш учун «U-тирсак» турига оид бўлган симметрияловчи қурилмадан фойдаланилади.

Директорли антеннанинг ЙД шакли антеннадаги тебраткичлар сонига боғлиқ. Директорлар сонининг ортиши ЙД торайишига олиб келади:

$$D = k_1 \frac{l_A}{\lambda}$$

бунда,  $l_A$  – антеннанинг умумий узунлиги (рефлектордан то чекка директоргача);  $k_1 = 5 \dots 10$  - директорлар сонига боғлиқ бўлган коэффициент.

Директорли антенналарнинг афзалликлари уларни таъминлаш схемаларини ва конструкцияларини қуришдаги оддийлик, ўлчамларини кичиклиги билан боғлиқ. Камчилиги эса, тебраткичларни ва улар орасидаги масофани танлашдаги қийинчиликдан иборат. Директорли антенналарнинг тор полосали бўлишига сабаб, бу каби антенналарнинг йўналганлиги кўп ҳолатларда частотага боғлиқ бўлган фаза муносабатлари билан ифодаланади.

## 5.2.Спиралсимон антенналар

Сунъий йулдошли алоқа тизимларида эллиптик ва доиравий

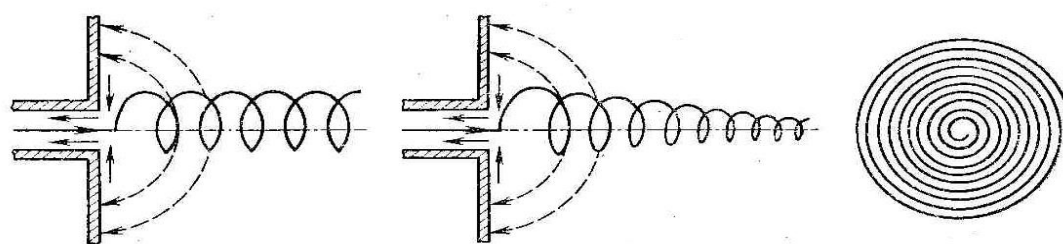
кутбланишга эга бўлган тўлқинлардан фойдаланилади. Спиралсимон антенналар бу каби кутбланиш ҳосил қилиш имконини беради.

Спирал антенна (5.2-расм) – ўзида спиралсимон ўтказгични мужассамлаштирган бўлиб, унинг бир учи очик, иккинчи учи коаксиал кабельнинг ички ўтказгичи билан туташтирилган. Коаксиал кабельнинг ташқи ўтказгичи эса қобик сиртидан ток оқиб ўтмаслиги учун ясси металл ёки панжарасимон экранга уланган. Шунингдек, у рефлектор вазифасини ўтайди ва антеннанинг орқага нурлатишини камайтиради.

Спиралсимон антенналарнинг цилиндрсимон, конуссимон ва ясси турлари мавжуд (5.4-расм, а,б,в).

Цилиндрик антенна (5.5-расм) қуйидаги геометрик параметрларга эга:  $L$  - бир чўлғамнинг узунлиги,  $l$  - спираль антеннанинг узунлиги,  $d$  – чўлғам диаметри,  $\alpha$  – спиралнинг қўтарилиш бурчаги. Бу параметрлар ўзаро қуйидаги боғлиқликка эга:  $L^2 = (\pi D)^2 + S^2$ ;  $\alpha = \arctg S / \pi D$ ;  $l = ns$ .

Спиралсимон антеннанинг хусусий шакли ҳалқасимон антенна ҳисобланади (рамка), унда  $\alpha \rightarrow 0$  спирал чизиқли ўтказгичга айланади,  $\alpha \rightarrow 90^\circ$  спиралга айланади.

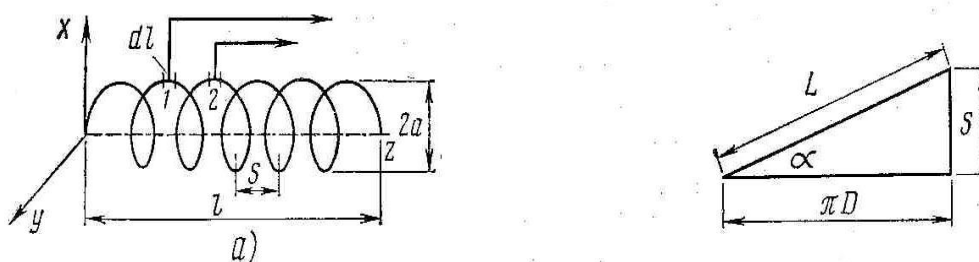


а) цилиндрсимон

б) конуссимон

в) ясси

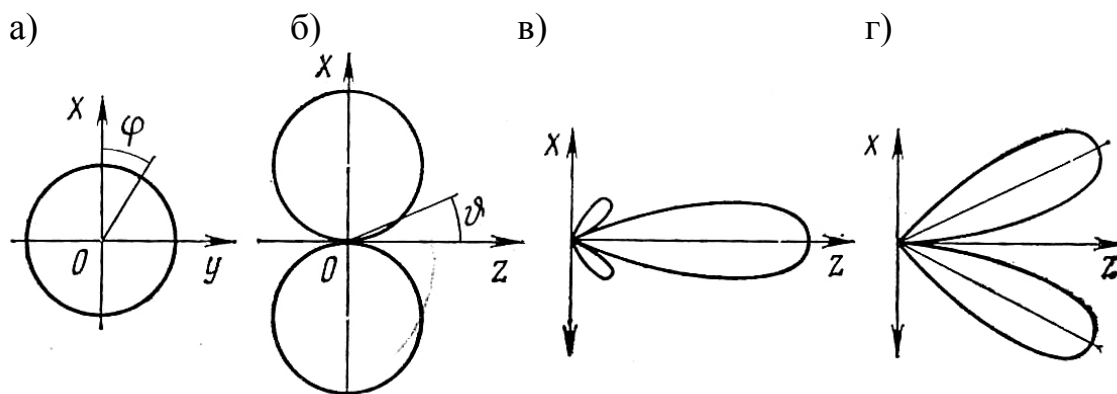
5.2-расм. Спиралсимон антенна турлари



5.3-расм. Цилиндрсимон спирал антенна ўлчамлари

Спиралсимон антеннанинг йўналганлик хусусиятлари унинг кўндаланг ўлчамларига боғлиқ. Тўлқин узунлигига нисбатан кичик диаметрдаги чулғамларни элементар ва ясси рамка деб ҳисобласак, бу спирал антеннани ўқлари антенна ўқи билан мос тушувчи элементар электр рамкалар йиғиндиси деб қараш мумкин. Бундай антенна ўз ўқи бўйлаб нурлатмайди. Яъни, антенна ўқига перпендикуляр йўналишда нурлатади. У

ЙД айлана кўринишига эга бўлади. (5.4-рasm, а). Антенна ўқиға параллел ва чулғамларига перпендикуляр текисликда ЙД 5.4,б-рasm кўринишига эга бўлади. Бу режим *йўналтирилмаган нурлатиш* режими деб аталади. Агар  $0.25\lambda \leq D \leq 0.45\lambda$  оралиғида бўлса (5.4,в-рasm) антеннанинг ўқ *бўйича нурлатиш режими* деб аталади. Спирал чулғамларининг диаметрини навбатдаги ошириш давомида спирал ўқи йўналишидаги нурлатиш йўқолади ва иккита йўналтирилган максимум юзага келади (5.4,г-рasm). Спирал антеннанинг бундай режими *конуссимон нурлатиш режими* деб аталади.



5.4-рasm. Спиралсимон антеннанинг ЙД

Ўқ бўйича нурлатиш режимиинг афзалликлари:

- максимал нурланиш йўналиш спиралнинг ўқи билан мос тушади;
- антеннадаги ток югурма тўлқин қонуни асосида ўзгаради;
- антенна ёрдамида нурлатилган электромагнит майдон ўқи бўйича доиравий кутбланишга эга бўлади. Антеннанинг баъзи бир бурчакларида кутбланиш ҳосил бўлади;
- антеннанинг кириш қаршилиги деярли актив бўлади;
- антенна яхши диапазон хусусиятларига эга бўлади.

Спиралсимон антенна югурма тўлқинли антенналар синфига киради. Унда югурма тўлқин тирқиш чулғам ўрамлари 3 тадан кўп бўлган ҳолларда ҳосил бўлади. Одатда спиралсимон антеннанинг ўрам, чулғам узунлиги тўлқин узунлигига тенг қилиб олинади:  $L = \lambda$ ,  $S = 0,22L \rightarrow$  бу  $L = \lambda$ ,  $n = 3 \dots 12$  чулғамлар сони;  $\alpha = 10^0 \dots 15^0$ ,  $R_{\text{кыр}} = 140L/\lambda$ -актив сон.

Спиралсимон антенна йўналтирилган таъсир коэффиценти қуйидаги формула ёрдамида ифодаланади

$$D = 15(L/\lambda)^2 ns/\lambda$$

Йўналганлик характеристикаси

$$F(\varphi) = \cos\varphi \cdot \sin[(kn/2)(c/v \cdot L - S \cos\varphi)] / \sin[(k/2)(c/v \cdot L - S \cos\varphi)]$$

бунда,  $c/v = 1 \dots 1,4$  - сусайтириш коэффицентлари;  $R = d/2$  - спираль радиуси;  $S$  - чулғамлар орасидаги масофа;  $L$  - битта чулғам узунлиги;

$\alpha$  - спиральнинг кўтарилиш бурчаги;  $n$  - чўлғамлар сони.

Спиралсимон антеннанинг тўла қувват бўйича йўналганлик диаграммасининг кенглиги

$$2\nu_0 = 115^\circ / L/\lambda \sqrt{ns/\lambda},$$

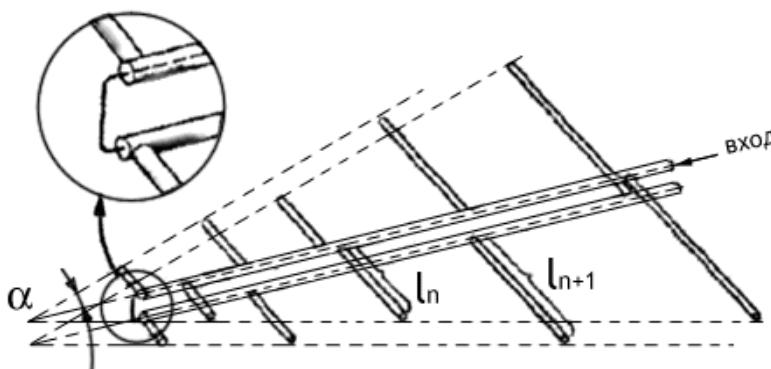
ярим қувват бўйича йўналганлик диаграммасининг кенглиги

$$2\nu_{0,5} = 52^\circ / L/\lambda.$$

Конуссимон спирал антенналарнинг цилиндрсимон спирал антеннага нисбатан диапазонли хусусияти юқори. Спиралсимон антеннанинг йўналиш хусусиятини яхшилаш мақсадида улар панжарасимон қилиб бирлаштирилади. Спиралсимон антенна дециметрли, сантиметрли, баъзи ҳолларда метрли диапазонларда ишлатилади.

### 5.3. Логопериодик антенналар

Логопериодик антенна (ЛПА) конструкторияси электродинамик ўхшашлик (мослик) принципига асосланган (5.5-расм). Шу принципга асосан ишчи тўлқин узунлиги  $m$  марта ўзгарганда тўлқиннинг электрик узунликлари ўзгармасдан қолади.



5.5-расм. Логопериодик антенна

ЛПА ўхшаш тебраткичлардан ташкил топган бўлиб, уларнинг ўлчамлари ва характеристикалари  $\alpha$  ва  $\tau$  параметрлар орқали ифодаланади;  $\tau$  - таркибнинг ўлчовсиз даври,  $\tau = l_1/l_2 = l_3/l_4 = \dots = l_n - 1/l_n$ ;  $l$  -  $n$ -чи тебраткичли елка узунлиги.

Антеннанинг актив соҳасига турли хилдаги елка узунлиги  $l = 0,25\lambda$  тенг бўлган тебраткичлар киради (ундан оқиб ўтувчи ток максимал қийматга эга бўлади). Уларнинг қушни тебраткичларидан оқиб ўтаётган ток эса реактив қаршилик ҳисобига кам бўлади. Шундай қилиб, актив зонага қуйидагилар киради: резонансли тебраткич 2-3 директорлар ва 1 рефлектор  $\lambda$  камайиши натижасида актив зона кичик тебраткичлар тарафига силжийди;  $\lambda$  ортганда эса узун тебраткичлар тарафига силжийди. Йўналиш диаграммаси  $E$  текисликда  $H$  текисликка нисбатан анча тор бўлади.  $H$  текисликдаги йўналиш диаграммасини торайтириш учун фазовий логопериодек антенна ясалади.

**Саволлар:**

1. Директорли антеннани хусусиятларини очиб беринг.
2. Спирал антеннани хусусиятларини очиб беринг..
3. Логопериодик антеннани хусусиятларини очиб беринг.

**Адабиётлар:**

1. Распространение радиоволн и антенны спутниковых систем связи. Сомов А.М. М.:Горячая линия – Телеком, 2015
2. Антенны КВ и УКВ. Основы и практика . И.В.Гончаренко. М.:Радио, 2006
3. Антенны. Карл Ротхаммель. М.:Данвел 2007
4. Нано-антенны. Б.А.Панченко, М.Г.Гизатуллин. М.:Радиотехника. 2010
5. Логопериодические вибраторные антенны. Б.М.Петров, Г.И.Констромитин, Е.В.Горемыкин. М.:Горячая линия – Телеком, 2005
6. <http://etuit.uz/dl/course/category.phpid=41>
7. Warren L. Stutzman , Gary A. Thiele. Antenna Theory and Design. 3rd Edition. John Wiley, 2012.
8. Vitaliy Zhurbenko. Electromagnetic Waves. InTech 2011.
9. Антенны. Б.А.Панченко. Горячая линия – Телеком, 2015
10. EM Modeling of Antennas and RF Components for Wireless Communication Systems Gustrau, Frank, Manteuffel, Dirk, 2006



## Кўчма машғулот

### Мавзу 6

#### Бир киришли узатувчи – қабул қилувчи антенналар. Қўл радиотелефонлари учун кичик ўлчамдаги антенналар (4 соат)

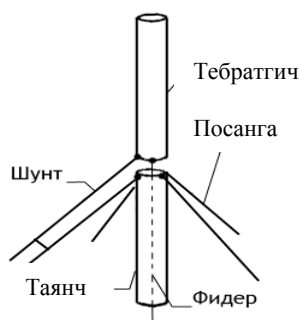
##### *Режа:*

- 6.1. Бир киришли узатувчи – қабул қилувчи антенналар.
- 6.2. Қўл радиотелефонлари учун кичик ўлчамдаги антенналар

##### **6.1. Бир киришли узатувчи – қабул қилувчи антенналар.**

Штирли антенналарни нисбатан катта бўлмаган кучайтиргичда, уларнинг ўлчамлари ва массаси катта бўлмаганлиги туфайли, ҳаракатдаги ёки вақтинчалик базавий станцияларда қўллаш мақсадга мувофиқ. Мисол сифатида ҳаракатдаги базавий станциялар ва транкинг тармоқларининг марказий ретрансляторлари учун қабул қилиб узатувчи штирсимон антеннани келтирамиз. У носимметрик тебратгич (штир), азимут бўйича бир хил йўналтирилган тўртта ўтказгичдан иборат посанги, посанги ўтказгичларидан бири билан мослашган шунт ва ичидан антеннани қўзғатувчи коаксиал фидер ўтган таянчдан иборат бўлади. Таянчнинг юқори нуқтасида фидернинг марказий ўтказгичи тебратгичга, унинг экрани эса таянчга уланади. Посанги ўтказгичлари электр жиҳатдан таянч билан унинг юқори нуқтасида уланади ва тебратгич учун Ер вазифасини ўтайди. Ўтказгичлардаги тоқлар радиал ҳолатда ҳар хил йўналишда (масалан, тебратгич томон) ва уларни горизонтал жойлашувида посанги деярли нурлатмайди, бу билан антеннанинг кириш импеданси ва яқиндаги майдонни аниқлайди.

6.1 - расмда кўрсатилганидек, посанги ўтказгичларининг оғма ҳолатида улардан оқувчи тоқларнинг горизонтал ташкил этувчилари аввалгидек қарама-қарши томонга йўналган, яъни горизонтал қутбланган тўлқиннинг паразит нурланиши мавжуд эмас. Шу билан бирга тоқларнинг вертикал ташкил этувчилари йўналишдош бўлади, бунинг натижасида посанги вертикал қутбланган тўлқин нурлатади, бу эса, антеннанинг ЙТКини оширади

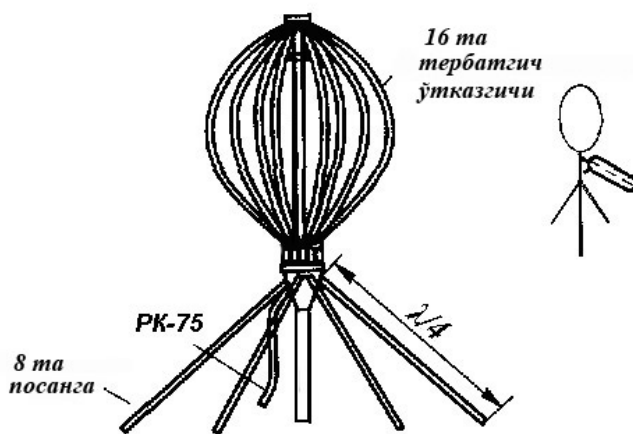


## 6.1 - расм. Штирсимон антенна (посангили штир)

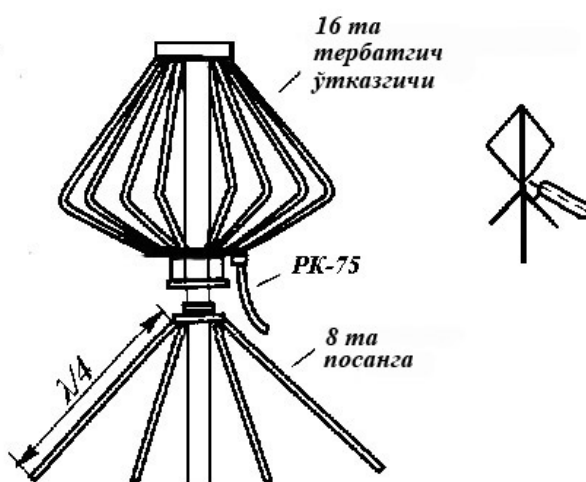
Шунт ўзида посанги ўтказгичларидан бирига унча узоқ бўлмаган масофада параллел, жойлашган (тўлқин узунлигига нисбатан) ўтказгични ифодалайди. Шунт юқори нуктада электр жиҳатдан тебратгич билан (унинг таъминот нуқталари ёнида), пастки қисмида посанги ўтказгичи билан уланган. Бунда шунт посанги билан мос холда тебратгичга параллел уланган қисқа туташган шлейф ҳосил қилади. Бундай шлейф икки диапазонли мослашиш учун хизмат қилади. Шлейфсиз тебратгични узатиш частоталарига созлаш керак бўлади. Шлейфни ўрнатиш билан иккинчи полосани қабул қилиш частоталарига мослаштириш мумкин бўлади. Бундан ташқари, шлейф антеннанинг момақалдироқдан ҳимоя қилиниши таъминлайди.

Штирсимон антеннанинг диапазонлик хоссаларини кенгайтириш учун, унинг юқориги ўтказгичи тўлқин қаршилиги пасайтирилган ҳолда тайёрланади. Расмда «ҳажмий тебратгич» кўрсатилган, унинг конструкцияси сфера ҳосил қилган ҳолдаги эгилган ўтказгичлар тизимини ифодалайди. Юқориги ва пастки қисмлардаги барча ўтказгичлар ўзаро туташтирилган ва унинг асоси билан фидернинг марказий ўтказгичига уланган. Экрэн қобиғи посанги ўтказгичи билан уланган. Нисбатан катта вазнга эга эканлиги мачта чўққисида ўрнатилган таянч изоляторга сезиларли кучдаги юкланишни таъминлайди (бу эса унинг бузилишига олиб келади).

Бу камчилик юқори елкаси «ҳажмий тебратгич» кўринишида тайёрланган ҳалқали тебратгич схемаси асосида фидерга уланган антеннада йўқотилган (6.2 - расм). Ҳар бир ўтказгич мачта чўққиси билан уланган ва унинг ташқи юзаси билан бирга юқориги нуқтасида (кучланиш тугуни) ток тугуни жойлашадиган рамкани ҳосил қилади. Барча рамкаларнинг пастки қисми бир-бири билан уланган, мачтадан изоляцияланган ва фидернинг марказий ўтказгичига уланган. Экрэн қобиғи эса, мачта билан ишончли электр боғланишга эга посанги ўтказгичлари билан бириктирилган. Бундай антеннанинг конструкцияси оддий «ҳажмий тебратгич»га нисбатан юқори механик мустаҳкамликка эга. Юқориги елкани ҳалқали тебратгич схемаси бўйича уланиши мослашув бўйича антенна диапазонлик хоссаларининг қўшимча кенгайтишига олиб келади.



6.2 - расм. «Хажмий тебратгич»



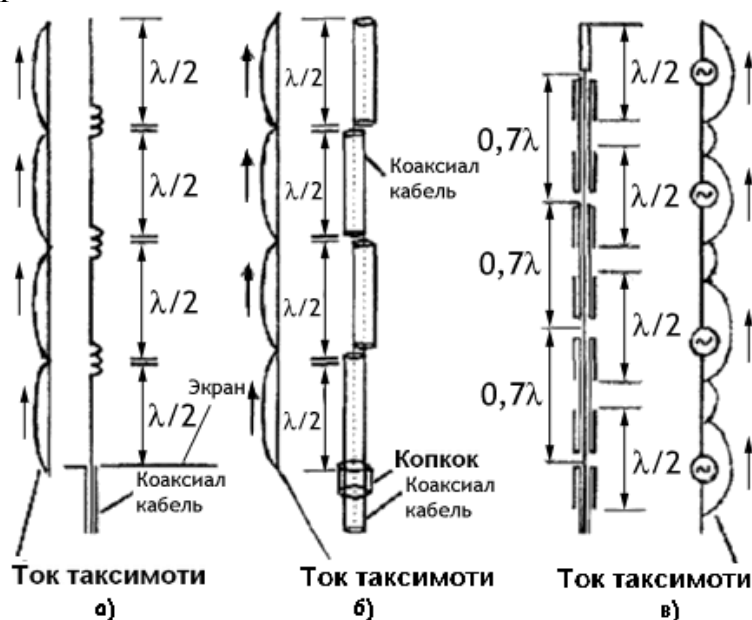
6.3 - расм. Ҳалқали тебратгич схемаси бўйича таъминланадиган «ҳажмий тебратгич»

Дроссел билан узайтирилган штир кўпроқ кучайтириш имкониятига эга. Штир асосида жойлашган дроссел мослашув учун хизмат қилади. Бу билан бирга антеннанинг кириш қаршилиги 50 Ом оралиғида бўлади (бу эса кабель билан мослашув учун қулайдир). Антеннани ўрнатиш учун текис металл юза ёки посангилар тизими керак бўлади. Бу антенна нисбатан тор полосали ҳисобланади.



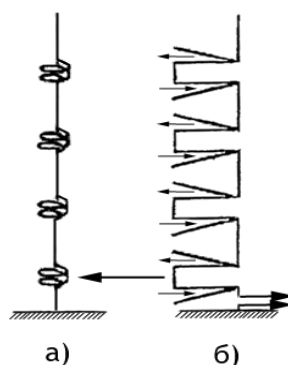
6.4 - расм. Дроссел билан узайтирилган штир

6.4 – расмда ишлаши график изохланган коллинеар антенналарнинг конструкциялари таъсвирланган. 6.4,а - расмдаги антеннада синфаз таъминот булиши учун ярим тўлқин узунликли нурлатувчи элементлар орасида индуктив ғалтаклар уланган. Бу тип антенна юкланган антенна деб аталади ва кўп ҳолларда автомобиль антеннаси сифатида қўлланилади. 6.4 б,в - расмларда кўрсатилган антенналар одатда коаксиал коллинеар антенналар сифатида маълум. Бу антенналар автомобиль антенналари ҳамда базавий станция антенналари сифатида қўлланилади. 6.4, б, в - расмларда кўрсатилган антенналарни таъминлаш синфазлиги нурлатувчи элементларнинг узунлиги ва улар орасидаги масофага боғлиқ, шунинг учун бу антенналар тор полосали ҳисобланади.

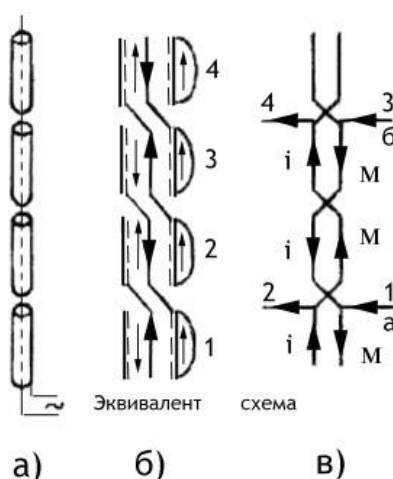


6.5 - расм. Коллинеар антенналар

6.6 - расмда Маркони – Франклин антеннасининг тайёрланиш вариантлари кўрсатилган. а - расмдаги ғалтаклар ва б - расмдаги линия соҳалари ярим тўлқин узунликка тенг электр узунликка эга; бу ғалтаклар ва соҳалардаги тоқлар қарама-қарши йўналишга эга, лекин улар нурлатмайди. Антеннанинг қолган нурлатувчи соҳаларида тоқлар синфаздир.



6.6 - расм. «Маркони – Франклин» антеннасининг вариантлари



6.7 - расм. Кесишувчи коаксиал линия бўлакларидан иборат коллинеар антеннан

7.8 - расмда коллинеар антеннанинг яна бир варианты келтирилган. Бу ерда коаксиал линия ташқи ўтказгичидаги тирқишлар симметрик тебратгичларнинг таъминот манба ҳисобланади. Коаксиал линия ташқи ўтказгичининг ташқи юзасига тоқларнинг ўтишидаги тўсиқ вазифасини тебратгичларни ташкил этувчи чорак тўлқин узунликдаги стаканлар ўтайди. Бу стаканларнинг очиқ охиридаги қаршилик жуда катта ва ток стакан ичига тушмайди.



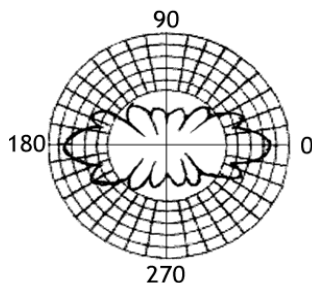
6.8 - расм. Коллинеар антенна варианты

Юқорида кўриб чиқилган, бир томондан таъминланадиган барча коллинеар антенналарда ток антеннанинг бошқа охирига яқинлашган сари,

асосан кўндаланг кесим юзаси нисбатан катта бўлган антенналарда, нурланиш билан боғлиқ сусайиш ҳисобига камаяди.

Қуйида замонавий коллинеар антенналарнинг характеристикалари кўрсатилган:

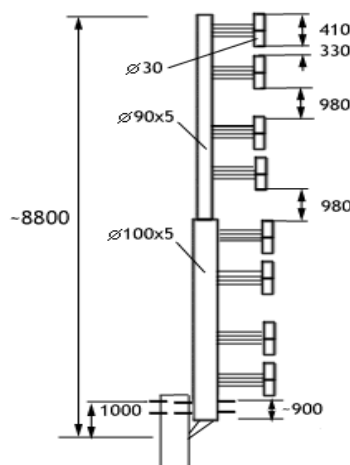
$K_{\text{т}}=1,5$  сатх бўйича қабул қилувчи антенна учун ишчи частоталар полосаси 820...855 МГц, узатувчи антенна учун 860...895 МГц, яримтўлқинли тебратгичга нисбатан кучайтириш коэффиценти 9 дБ, ярим қувват сатҳи бўйича йўналганлик диаграммаси асосий япроғининг вертикал текисликдаги кенглиги -  $7^\circ$ , қутбланиш – вертикал, кириш қуввати 0,5 кВт гача, вазни 9 кг, баландлиги 3470 мм, диаметри 71...58 мм (юқорига томон тораяди). Яна бир мисол: антенна 450...470 МГц, кириш қуввати 0,5 кВт, кучайтириш коэффиценти 4 дБ, йўналганлик диаграммаси асосий япроғининг кенглиги  $18^\circ$ , вазни 8 кг, баландлиги 2430 мм, диаметри 73 мм. 13.9 - расмда бундай антеннанинг диаграммаси кўрсатилган.



6.9 - расм. Коллинеар антеннанинг йўналганлик диаграммаси

Коллинеар антенналар ўзининг электр характеристикаларига кўра, ҳалқасимон панжарали кўп киришли антенна тизимларига кўп жиҳатдан йўл беради.

Базавий станцияларнинг антенналари сифатида тебратгичлари параллел таъминланадиган кўндаланг нурлатувчи чизиқли антенна панжаралари қўлланилади. 6.10 - расмда кўрсатилган антеннанинг диапазони 300 МГц.

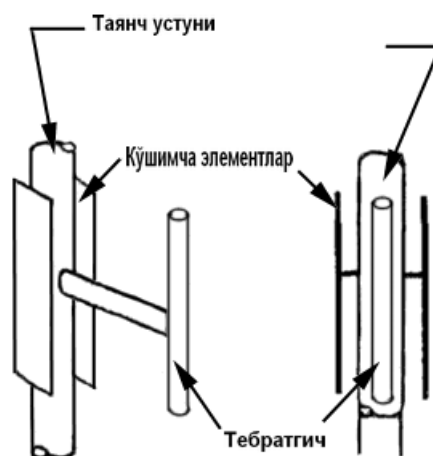


6.10 - расм. Тебратгичлари параллел таъминланадиган кўндаланг

## нурлатувчи антенна панжарасининг ўлчамлари

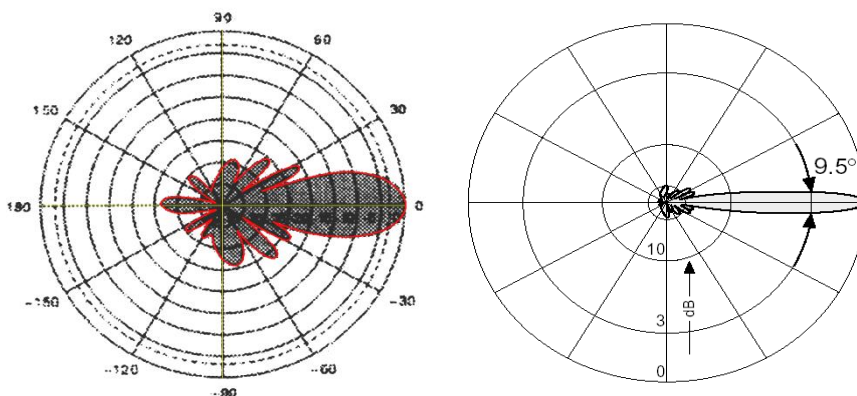
Белгиланган узунликдаги антеннани диэлектрик қобикқа эга холда тайёрлашнинг иложи йўқ бўлган бўлар эди. Шу билан бирга, металл устун антеннанинг горизонтал текисликдаги йўналганлик диаграммасига таъсир кўрсатади (йўналганлик диаграммасининг нотекислиги 6 дБ оралиғида). Йўналганлик диаграммасининг бир хиллигини яхшилаш, таянч устунининг иккала томони бўйича симметрик жойлаштирилувчи узайтирилган (узунлиги ярим тўлқин узунлигидан бир мунча кичик бўлган) металл элементларни қўшиш орқали эришилади.

Замонавий уяли алоқа тизимларида асосан частоталар такрорланиши қайтаришдаги афзаллик учун секторли антенналар қўлланилади. Горизонтал текисликда секторли йўналганлик диаграммасини, масалан, бурчаксимон рефлекторли ярим тўлқин узунликдаги симметрик тебратгични қўллаш орқали олиш мумкин.

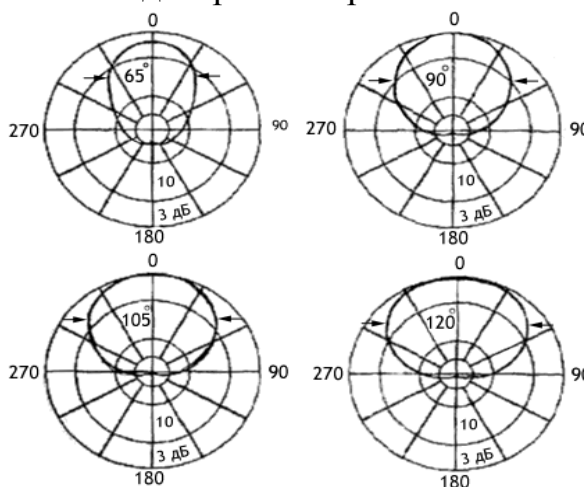


6.11 - расм. Тебратгичлари параллел таъминланадиган кўндаланг нурлатувчи панжара элементининг конструкцияси

Антеннанинг турли хил тайёрланиш вариантлари учун вертикал текисликдаги йўналганлик диаграммаси расмда, горизонтал текисликдагиси эса кейинги расмда келтирилган. Антенна ўлчамлари 1074×279×113 мм ва 1290×279×113 мм, вазни 8 ва 9,3 кг. Изотроп нурлатгичга нисбатан кучайтириш коэффициенти 15; 13,8; 13,2; 12,8; 16; 14,7; 14; 13,7 дБ; ҳимояланиш коэффициенти 30 дан 20 дБ гача. Антенналар иқлимий таъсирлардан диэлектрик қобик билан ҳимояланган.



6.12 - расм. GSM антенналарининг вертикал текисликдаги йўналганлик диаграммалар.



6.13 - расм GSM антенналарининг горизонтал текисликдаги йўналганлик диаграммалар.

Бошқа мисол – AMPS тизими учун антенналардан бирининг характеристикаси: частота полосаси 790...960 МГц, кириш қуввати 500 Вт гача, поласодаги  $K_{\text{т}}$  1,5 дан кичик бўлмайди, кучайтириш коэффиценти 16,1 дБ, ярим қувват сатҳи бўйича йўналганлик диаграммаси асосий япроғининг кенглиги горизонтал текисликда 60°, вертикал текисликда - 14°. Ўлчамлар 300×130×1250 мм. Антенна шишапластикдан иборат қоплама билан ҳимояланган. Антеннанинг ўрнатилиш конструкцияси вертикал текисликда 0°...10° оғиш бурчагини таъминлайди.

*Кўп киришли узатувчи – қабул қилувчи антенналар.* Ҳаракатдаги объектлар радиоалоқа тизимларининг базавий станциялари бир вақтда кўп сондаги каналлар билан ишлашни таъминлаши керак, бунда тизимнинг канал сифими унинг асосий характеристикаларидан бири ҳисобланади. Бу ҳолда бир вақтда бир нечта узаткич ва қабул қилгичнинг мустақил ишлашини таъминлаш масаласи юзага келади. Узаткич ва қабул қилгичларни базавий станциялар таркибига бирлаштириш усулига кўра, бир киришли, ё кўп киришли антенналар (антенна панжаралари) қўлланилади. Бир вақтда N та қабул қилгичнинг мустақил ишлашига махсус  $(2N + 2)$  кутбли қурилмалар –



сигналларни тармоқлагичларни қўллаш орқали эришилади.

Бундай қурилма битта киришга ва  $N$  та тармоқланган (ажратилган) чиқишларга эга (ажратилиш мустақил ишлашни таъминлаш учун керак) ҳамда конструктив жиҳатдан сигналнинг ажратилиши натижасида сусайишини компенсацияловчи антенна кучайтиргичи билан мослаштирилади.

Бир нечта узаткичнинг бир вақтда мустақил ишлашини таъминлаш мураккаб муаммо. Узаткичлар сигналларини уларни ўзаро ажратилган ҳолда қўшишнинг қуйидаги асосий усуллари қўлланилади: фазовий; частотавий ажратиш (частотавий зичлаш); схемали (кўприксимон) ва схема – фазовий.

*Фазовий қўшиш* ҳар бири маълум бир узаткич билан қўзғатилувчи ўзаро суст боғланган нурлатгичлардан иборат кўп киришли тизим – антенна панжарасини қўллаш орқали таъминланади. Узаткичлар ўзаро мустақил ишламоқда деб ҳисобланади, лекин ҳақиқий панжарада нурлатгичлар орасидаги ўзаро электромагнит алоқа натижасида, биринчидан, амалга ошириладиган ажратишда сезиларли чегаралар юзага келади, иккинчидан, йўналганлик диаграммаси маълум даражада бузилади. Барча томонга нурлатишда (ҳаракатдаги алоқада талаб этиладиган) панжарани дойлаштирилиш жойи ва усули нурлатгичларни маҳаллий жисимлар ва конструкция элементлари билан тўсилишининг олдини олиши керак. Буларнинг барчаси ҳаракатдаги объектлар билан алоқа тизимларида фазовий қўшиш усули қўлланилишини сезиларли даражада чеклайди.

Умумий фидердаги когерент бўлмаган сигналларни частота – танловчи қурилмалар ёрдамида қўшиш асосида (бир киришли антенна) трактни *частотавий зичлаш*ни қўшилувчи сигналлар орасидаги фарқ етарлича катта бўлганда, масалан, ҳар хил диапазондаги сигналларни қўшиш, ҳамда қабул қилиш ва узатилиш сигналларини ажратишда (дуплекс алоқани таъминлаш учун) қўллаш мақсадга мувофиқ. Частоталар орасидаги фарқ кичик бўлганда, филтрларнинг юқори танловчанлиги талаб этилганда, уларнинг вазн, ўлчам ва таннарх кўрсаткичлари ёмонлашади. Шунингдек, узаткичлар маълум частота полосаларига бириктирилиши кераклиги учун сигналларни частотавий зичлаш асосидаги қўшиш жуда кам ҳолларда қўлланилади.

Сигналларни қўшишнинг *схемали усули* ҳам бир киришли антеннани қўллаш имконини беради ва бир нечта нокогерент сигналларни умумий фидерда кўприксимон қурилмалар ёрдамида қўшишни ифодалайди. Нокогерент сигналларни кўприксимон қўшишнинг ФИКи жуда кичик.

Узаткичларни бирлаштиришнинг *схема - фазовий усули* (схемали – фазовий мультимплексия) ўзида қўшишнинг схемали ва фазовий усуллари ифодалайди. Узаткич сигналлари кўп киришли антенна панжарасини қўзғатувчи кўп кутбли тақсимловчи қурилма – диаграмма ҳосил қилувчи схема (ДХС) га тушади. Антенна киришларига узаткич сигналларининг аддитив аралашмаси узатилади, сигналларнинг натижавий қўшилиши эса, фазода юз беради.

Сигналларни қўшишнинг схемали ва схема - фазовий усуллари қолган

усулларга хос бўлган жиддий: антеннани жойлаштиришдаги чегара(фазовий кўшиш); частотавий фарқдаги чегара ва узаткичга частота полосаларини бириктириш (частотавий зичлаш) каби камчиликларга эга эмас. Бу эса, уларнинг ҳаракатдаги алоқада кенг қўлланилишини таъминлади. Эътиборга олиш керак, бу кўшиш усуллари бир-бири билан мослашиши мумкин.

*3G сотали алоқа тармоқлари ва TETRA транкинг тармоқлари учун интеллектуал антенналар.* Ҳозирги вақтда бутун дунёда сотали алоқа тармоқлари учун ақлли антенналарни (Smart-antennas) яратиш бўйича актив ишлар олиб борилмоқда. Бундай ишларнинг зарурлиги юқори зичликдаги абонентлар сони, трафикнинг ортиши (янги технологиялар жорий этилишига қараб, умумий трафикда узатилаётган маълумотлар улушининг ортиши), абонентларни кун, ҳафта мобайнида ёки бирор оммавий тадбир ўтказилиши сабабли, абонентлар трафикнинг нотекис тақсимланиши билан изоҳланади. Бундан ташқари, частота ресурсининг чекланганлиги ва шаҳарларда турли радиовоситалар ҳамда тармоқларнинг юқори даражада жамланганлиги ҳам сотали алоқа операторларига кучли таъсир кўрсатади.

SDMA технологияси (каналларни фазовий зичлаш) йўналганлик диаграммаси бошқарилувчи кўп нурли антенналарни қўллаш билан бир вақтда, абонентларга хизмат кўрсатиш сифатини оширган ҳолда материаллар ва частота ресурсларини тежаш имконини беради. Лекин ҳозирда нурнинг оғиш бурчаги электромеханик ва механик бошқариладиган хориж антенналари қўлланилмоқда. Биринчи ҳолда электрюритма орқали антеннанинг оғиши ўзгартирилади, иккинчи ҳолда эса, антенна панжараси элементларининг фазалар силжиши қайта соланади.

МДХда интеллектуал антенналарин яратиш бўйича катта ишлар олиб борилмоқда. Хусусан, «НИИДАР-ГРАД» фирмаси 100 ... 6000 МГц частота диапазонлари учун турли мақсадлардаги антенналарни яратишга ихтисослашган. Унда уч типдаги антенналарни яратиш бўйича ишлар олиб борилмоқда.

Биринчи тип – бу Х - қутбланишли икки диапазонли (900/1800 МГц) антеннанинг содда тури бўлиб, у фақат вертикал текисликда йўналганлик диаграммаси оғишини электрон бошқариш усулини ифодалайди.

Иккинчи тип ўзида вертикал текисликда йўналганлик диаграммасининг оғиши электрон бошқариладиган ва горизонтал текисликда кенглиги (30° дан 100° гача) бўлган антеннани ифодалайди.

Интеллектуал антеннанинг учинчи типи – бу бир вақтда иккита диапазонда 900 МГц ва 1800 МГц ишлайдиган, Х - қутбланишга эга, нурлари мустақил бошқарилувчи кўп нурли узатувчи - қабул қилувчи антенна ҳисобланади. Ҳар бир нур ташқи бошқариш буйруқлари, ёки ДХҚ сига киритилган антеннанинг дастури асосида бошқа нурлардан мустақил ҳолда, максимал йўналишни ва горизонтал текисликда ўз кенглигини (30°дан 100° гача) ўзгартириши мумкин. Бу антенналар ўзида, йўналганлик диаграммаси, таркибига фаза ўзгартиргичлар, ушлаб қолиш линиялари, коммутаторлар, рақамли сигналли процессор (DSP) лар кирадиган махсус диаграмма ҳосил

килувчи схемалар ёрдамида амалга оширилувчи кўп элементли антенна панжараларини ифода этади. Антенналарни бошқариш компьютер ёки тармоқ орқали амалга оширилади.

ГРАД-9099 PCS маҳсулоти ўзида 1830...1990 МГц частоталар диапазонида ишлайдиган иккита нурли антенна панжарасини ифода этади ва узатувчи - қабул қилувчи базавий антенна сифатида PCS (CDMA тармоқлари, АҚШ) стандартидаги сотали алоқа тизимлари учун мўлжалланган.

Антенна панжарасининг қурилиш ва ишлаш принципи қуйидагича. Икки мустақил нур конструктив жиҳатдан бир корпусда бирлаштирилган икки антенна панжараси қисмлари орқали яратилади. Зарур юқори частотавий ажралишни таъминлаш учун, антенна панжараси қисмлари иккита босма кўринишдаги нурлатгичлардан ясалган нурлатувчи тизими чизиқли ўзаро ортогонал  $\pm 45^\circ$  оғишли қутбланишга эга. Ҳар бир босма нурлатгич электрон бошқарилишига фаза ўзгартиргичлар (антенна панжарасида йўналганлик диаграммасини ҳосил қилиш учун керакли токлар фаза тақсимотини яратади), ҳамда мослашув ва юқори частотали тақсимлаш қурилмасидан (нурлатгич ва фаза ўзгартиргичлар бўлинмалари бўйлаб юқори частотали сигналларни тенг амплитудали тақсимотини таъминлайди) иборат ўзининг диаграмма ҳосил қилувчи схемаси орқали қўзғатилади. Антенна, ён япроқлар сатҳини пасайтириш мақсадида шундай ясалганки, унда бир устуннинг фаза ўзгартиргичларида синфаз тақсимот ўрнатилганда йўналганлик диаграммаси ер томонга  $4^\circ$  та оғиши керак. Шунинг учун, масалан, жойлашув бурчаги бўйича антеннанинг йўналганлик диаграммаси ноли оғиши учун, нурни электрон йўл билан юқори томон  $4^\circ$  га оғдириш керак.

## 6.2. Қўл радиотелефонлари учун кичик ўлчамдаги антенналар

Сотали алоқа телефонининг портатив антенналарини ишлаб чиқишнинг асосий омиллари – нисбатан юқори кенг полосалилик (10 % атрофида), ўлчамларига ҳамда 0 дБ ва ундан юқори кучайтириш коэффициентига эга азимутал бурчак бўйича максимал даражадаги бир текис нурланишни таъминлашга қўйиладиган қаттиқ талаблар. Нурланишнинг бир текислиги ва ўлчамларни камайтириш бўйича қўйиладиган талаблар бир далилга қарама қаршидир, бунда антенна фойдаланувчи бошига яқинлаштирилганда у электр хоссаларига кўра асосий ўқи тўлқин узунлигига тахминан тенг бўлган эллипсоид ютилишга яқинлашади. Фойдаланувчининг боши яқин жойлашган антенна нурлатаётган электромагнит энергияни ютади ва сочиб юборади, бу билан нурланишнинг азимутал бир текислиги бузилади. Азимутал бир текисликка эришишнинг оддий усули бу антеннани фойдаланувчи бошидан юқорига кўтариш. Бу ечим ўлчами 15 см га тенг нурлатмай ушлаб турувчи асосни талаб этади. Ярим тўлқин узунликли симметрик тебратгич ёки шундай кўринишдаги антенна ҳам 15 см узунликка эга бўлади. Бу ҳолда умумий ўлчам 30 см бўлади. Ўлчамнинг бундай бўлиши мумкин эмас, чунки уяли телефон ўлчами 25 смдан кўп бўлмаслиги керак, сабаби катта одамнинг кулоғи ва оғзи орасидаги масофа айни шу ўлчамга тенгдир. Шунинг учун тез

ривожланиб бораётган уяли телефонлар бозорида нисбатан кичик ўлчамли антенналар кенг қўлланилади.

Радиотелефонларнинг асосий параметри антеннанинг эффектив кучайтириш коэффициентни ҳисобланади. Ишлаб чиқишнинг асосий масалаларидан бири, бу талаб этилган частоталар диапазонида шу коэффициентни максималлаштиришдан иборат. Эффектив кучайтириш коэффициентни ўлчам ва қурилма вазнини камайтириш имконини беради. Бундан ташқари, катта кучайтириш коэффициентни портатив радиотелефонни майдон кучланганлиги паст бўлган жойларда ишлатиш ва узаткич қувватини камайтириш имконини беради.

Қуйида кейинги тур антенналарни: шлейфсимон симметрик тебратгич, спирал антенна, чорак тўлқин узунликли штир, паст профилли антенналарни кўриб чиқамиз. Бу антенналар сотали телефонлар технологиясида қўлланиладиган кўплаб нурлатгичларни ифода этади.

*Шлейфсимон симметрик тебратгич кўринишидаги антенна.* 800...900 МГц диапазонда ишловчи шлейфсимон симметрик тебратгич кўринишидаги антенна 7.12 - расмда кўрсатилган.



6.14 - расм. Шлейфсимон симметрик тебратгич

Бу бир томондан, коаксиал линия билан таъминладиган ярим тўлқин узунликли тебратгичдир. Бирламчи элемент бу ҳар хил диаметрға эга ўтказгичлардан иборат симметрик тебратгич. Ўтказгичлардан бири антеннани таъминланувчи коаксиал кабель ички ўтказгичи билан уланади. Бу ўтказгич ишчи полосада яхши мослашувға эришиш учун мос узунликка эга бўлиши керак. Охири ажратилган ва катта диаметрли ўтказгич, биринчидан, симметрик тебратгичнинг иккинчи ярми ҳисобланади, иккинчидан эса, юқори частотали тоқлар учун дроссел вазифасини бажаради. Бу ўтказгич

антеннани таъминловчи коаксиал кабель ташқи ўтказгичи билан уланади. Агар коаксиал линия ташқи ўтказгичи ва шлейф ички юзаси орқали ҳосил қилинган линия бўлаги резонанс бўлса, дроссел нисбатан эффектив ишлайди. У ҳолда бу линиянинг тўлиқ қаршилиги  $Z \approx \infty$  га тенг. Металл шлейфнинг ташқи юзаси симметрик тебратгичнинг бир қисми бўлади. Унинг резонанс узунлиги эркин фазодаги тўлқин узунликнинг чорагидан бир оз кичик бўлиши керак, у ташқи диаметрға боғлиқ бўлган қисқартириш коэффициенти билан ҳисобға олинади. Шлейфнинг резонанс частотасидан қанча узок бўлса,  $Z$  қиймати шунча кичик, юқори частота тоқлари таъминловчи линия бўйлаб пастға оқади ва натижада нафақат тебратгич, балки радиотелефон корпуси ҳам нурлатади. Ишчи диапазон резонанс частотадан  $\pm 5\%$  ораликда. Агар антеннанинг ишчи частотаси шлейф резонанс частотасидан  $\pm 5\%$  дан кўпға ўзгарса, у ҳолда йўналганлик диаграммаси горизонтал йўналишида номақбул тушишлар юзаға келади.

### Адабиётлар:

1. Распространение радиоволн и антенны спутниковых систем связи. Сомов А.М. М.:Горячая линия – Телеком, 2015
2. Антенны КВ и УКВ. Основы и практика . И.В.Гончаренко. М.:Радио, 2006
3. Антенны. Карл Ротхаммель. М.:Данвел 2007
4. Нано-антенны. Б.А.Панченко, М.Г.Гизатуллин. М.:Радиотехника. 2010
5. Логопериодические вибраторные антенны. Б.М.Петров, Г.И.Констромитин, Е.В.Горемыкин. М.:Горячая линия – Телеком, 2005
6. <http://etuit.uz/dl/course/category.phpid=41>
7. Warren L. Stutzman , Gary A. Thiele. Antenna Theory and Design. 3rd Edition. John Wiley, 2012.
8. Vitaliy Zhurbenko. Electromagnetic Waves. InTech 2011.
9. Антенны. Б.А.Панченко. Горячая линия – Телеком, 2015
10. EM Modeling of Antennas and RF Components for Wireless Communication Systems Gustrau, Frank, Manteuffel, Dirk, 2006

# IV БЎЛИМ

АМАЛИЙ МАШЎУЛОТ  
МАТЕРИАЛЛАРИ

## IV. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ

### 1 – амалий иш.

## СИММЕТРИК ВИБРАТОРНИНГ ЙЎНАЛГАНЛИК ТАВСИФИ (2 соат)

### Ишдан мақсад:

- токнинг симметрик вибратор юзаси бўйлаб тақсимланиш тахминий қонунини, симметрик вибраторнинг йўналганлик тавсифини ва йўналганлик диаграммасини ўрганиш, шунингдек, ток тақсимланиши ва йўналганлик диаграммаларининг вибраторнинг нисбий узунлигига боғлиқлигини аниқлаш;
- турли нисбий узунликка эга симметрик вибраторларнинг ток тақсимланиш графикларини ва йўналганлик диаграммаларини қуришни ўзлаштириш;
- симметрик вибраторнинг йўналганлик тавсифини ҳисоблаш кўникмаларини ҳосил қилиш.

### Методик кўрсатмалар

Симметрик вибратор симли антенналар турига киради. “Симметрик вибратор” деб аталиши унинг конструкциясининг симметрик эканлигидан дарак беради. У – хажм ва шакллари бир хил бўлган икки вибратор елкаларидан иборат. Шунини таъкидлаш лозимки, антенна нурлатаётган электромагнит тўлқинлар энергиясини фазода тақсимланишини математик ифода орқали, ёки бўлмаса, йўналганлик диаграммаси графиги шаклида қайд этиш мумкин.

Адабиётларнинг юқорида келтирилган бандларини ўрганиш жараёнида қўйидагига алоҳида эътибор беринг – симметрик вибраторнинг йўналганлик тавсифи бевосита токнинг вибратор юзаси бўйлаб тақсимланишига боғлиқ. Тақсимланиш эса, ўз навбатида, вибраторнинг нисбий узунлигига боғлиқдир. Амалий муҳандисликда токнинг вибратор бўйлаб синусоидал қонун бўйича оқиши тахмини йўлга қўйилган. Бу тахмин орқали, умуман олганда, етарли даражада аниқ ҳисоблашлар олиб бориш мумкин.

Адабиётларнинг керакли бандларини ўрганиб чиқиш натижасида талаба, симметрик вибраторнинг нисбий узунлиги ўзгариши билан унинг йўналганлик диаграммасининг ўзгариш қонуниятларини ўрганиши ва ушбу йўналганлик диаграммаларини тасвирлашни билиши лозим.

### Назорат саволлари

1. Симметрик вибратор деб нимага айтилади?
2. Ток симметрик вибратор бўйлаб қайси қонуният бўйича тақсимланади?
3. Герц диполи деб нимага айтилади? Қандай вибратор элементар вибратор деб аталади?
4. Антеннанинг йўналганлик тавсифи, йўналганлик диаграммасига таъриф беринг. Йўналганлик диаграммасининг бош баргчаси кенлиги қандай аниқланади?
5. Антеннанинг йўналган таъсир коэффиценти нима? Йўналтирилмаган антеннанинг йўналган таъсир коэффиценти нечага тенг?

### 1.1 – вазифа

Елкалари нисбий узунликлари  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ , бўлган учта симметрик вибратор берилган.  $a$  қийматлари вариантлари 1.1-жадвалда келтирилган.

1. Симметрик вибратор ва у билан боғлиқ бўлган сферик координаталар тизимини чизинг.
2. Токнинг симметрик вибратор бўйлаб оқиши тахминий қонунини ёзинг.
3. Токнинг вибраторлар бўйлаб тарқалиши графикларини тахминан тасвирланг.
4. Берилган вибраторлар учун майдоний координата тизимида  $E$  ва  $H$  текисликлари учун йўналганлик диаграммаларини тасвирланг.
5. Токнинг симметрик вибратор бўйлаб тақсимланишининг ўзгариши ушбу вибраторнинг йўналганлик диаграммасининг қандай ўзгаришига олиб келишини кузатиб боринг. Нима учун симметрик вибраторнинг нисбий узунлиги  $l/\lambda > 0,5$  бўлганда унинг йўналганлик диаграммасида ён баргчалар вужудга келади?
6. Вибраторларнинг тахминий йўналганлик диаграммаларини  $E$  текислигида солиштиринг ва вибратор ўқиға перпендикуляр йўналишда қайси вибраторнинг йўналган таъсир коэффиценти (ЙТК) энг катта қийматга эга бўлишини кўрсатинг.
7. II.6-расмдаги (иловаға қаранг) график бўйича вибраторларнинг ЙТК қийматларини аниқланг.
8. Нисбий елка узунлиги  $a_3$  га тенг симметрик вибраторнинг  $E$  текисликдаги йўналганлик диаграммасини декарт координаталар тизимида  $\Delta\varphi = 10^0$  қадам билан ҳисоблаб чиқаринг. Ҳисоб натижаларини 1.2-жадвал кўринишидаги жадвалға киритинг.
9. Қурилган йўналганлик диаграммасиға асосланиб, унинг бош баргчаси кенлигини нурлатиш даражаси ноль ( $2\varphi_0$ ) ва ярим қувват нурлатиш ( $2\varphi_{0,5}$ ) да аниқланг.
10. Симметрик вибратор йўналганлик диаграммасининг унинг нисбий узунлигиға боғлиқлик қонуниятлари ҳақида тегишли хулосалар



шакллантиринг.

1.1-жадвал

Вариант	$a_1$	$a_2$	$a_3$	Вариант	$a_1$	$a_2$	$a_3$
1	0,015	0,25	0,52	14	0,080	0,38	0,78
2	0,020	0,26	0,54	15	0,062	0,39	0,80
3	0,022	0,27	0,56	16	0,065	0,40	0,82
4	0,025	0,28	0,58	17	0,070	0,41	0,84
5	0,030	0,29	0,60	18	0,072	0,42	0,86
6	0,032	0,30	0,62	19	0,075	0,43	0,88
7	0,030	0,31	0,64	20	0,080	0,44	0,90
8	0,040	0,32	0,66	21	0,082	0,45	0,92
9	0,042	0,33	0,68	22	0,085	0,46	0,94
10	0,045	0,34	0,70	23	0,090	0,47	0,96
11	0,050	0,35	0,72	24	0,092	0,48	0,98
12	0,052	0,36	0,74	25	0,095	0,49	1,00
13	0,055	0,37	0,76	26	0,100	0,50	1,20

1.2-жадвал

Ҳисоб натижалари

$\varphi^0$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$f(\varphi)$										
$F(\varphi)$										

2 – амалий иш: 1-қисм.

### КЎНДАЛАНГ НУРЛАТУВЧИ ЧИЗИҚЛИ АНТЕННА ПАНЖАРАЛАРИ (1 соат)

**Ишдан мақсад:**

- кўп сонли кучсиз йўналтирилган нурлатгичлар майдонларини қўшиши орқали ўткир йўналтирилган нурланишни ҳосил қилиш усулини; йўналганлик тавсифларини кўпайтирув теоремасини, чизиқли эквидистант тенг амплитудали антенна панжара йўналганлик тавсифининг асосий параметрлари ва унинг (антеннанинг) конструктив параметрларининг фазавий тақсимланиши орасидаги боғлиқликни, антенна панжаранинг максимал нурланишга эришадиган йўналишини бошқариш усулини ўрганиш;
- чизиқли фазавий тақсимотга эга чизиқли эквидистант тенг амплитудали антенна панжарасининг асосий йўналганлик параметрларини, йўналган таъсир коэффициентини аниқлай олиш;
- эквидистант тенг амплитудали антенна панжарасининг йўналганлик тавсифини ҳисоблаш кўникмаларини ҳосил қилиш.

## Методик кўрсатмалар

Ўткир йўналган нурланишни ҳосил қилиш учун, одатда, бир нечта тузилиши бир ҳил ва фазода бир ҳил ориентирланган нурлатгичлардан иборат антенна панжараларидан фойдаланилади. Берилган йўналиш бўйича нурланиш концентрациясига нурлатгичлар майдони ушбу йўналишда синфаз кўшилиб, бошқа йўналишларда носинфаз кўшилганда эришилади.

Бир ҳил масофа узоқликда жойлашган (эквидистант), тузилиши ва фазода ориентирланиши бир ҳил бўлган нурлатгичлар тизими йўналганлик тавсифи бир нурлатгич йўналганлик характеристикалари ва тизим кўпайтувчиси (антенна панжара кўпайтувчиси) кўпайтмаси орқали топилади. Йўналганлик диаграммалари аниқланишининг бундай усули кўпайтирув теоремаси деб аталади. Тизим кўпайтувчиси – жойлашуви ва кўзғотилиши худди ушбу тизимникидагидек изотроп (йўналтирилмаган) нурлатгичлар тизими йўналганлик тавсифи эканлигига эътибор беринг.

Агар антенна панжаранинг нурлатиш элементлари сифатида султ йўналтирилган нурлатгичлар ишлатилса, унинг йўналганлик тавсифи, асосан, антенна панжара кўпайтувчиси орқали аниқланади. Антенна панжаранинг йўналганлик диаграммаси кўпбаргчали кўринишга эга.

Кўпинча радиоалоқада бир ҳил амплитудали, ва амплитудаси элементдан элементга бир ҳил кўзғатиш фазаси сакраши билан ўзгарувчи тоқлар билан кўзғатилувчи нурлатгич элементларга эга эквидистант антенна панжаралар кўлланилади. Чизиқли эквидистант тенг амплитудали антенна панжара кўпайтувчиси нурлатгичлар сони  $n$ , нурлатгичлар орасидаги нисбий масофа  $d/\lambda$  ва кўшни нурлатгичлардаги тоқлар фазалари фарқи  $\psi$  га боғлиқ.

Эътиборга лойиқлик шуки, чизиқли синфаз ( $\psi = 0^\circ$ ) антенна панжаранинг максимал нурлатиш йўналиши унинг ўқиға перпендикулярлигидир. Бу йўналишда ҳамма нурлатгичлар майдонлари узоқ зонада синфаз ҳолда кўшилади. Нурлатгичлар орасидаги масофа етарли даражада катта бўлганда, майдонлар синфаз кўшилиши бошқа йўналишларда ҳам мавжуд бўлиши мумкин. Бу ҳолда панжара йўналганлик диаграммасида бир нечта бош баргчалар ҳосил бўлади.  $d/\lambda$  қадамли синфаз панжара йўналганлик диаграммасида ягона бош баргча бўлиб, у панжара ўқиға перпендикуляр йўналган. Панжара қадами  $d > \lambda/2$  бўлса, чизиқли фаза қоплови киритилиши йўли билан панжара бош нурининг йўналишининг нормальдан оғиши натижасида йўналганлик диаграммасида иккинчи (ёки яна бир нечта) бош баргча ҳосил бўлиши мумкин. Кўшни нурлатгичлардаги тоқлар фазалари силжишини ўзгартириб бориб, антенна панжаранинг максимал нурлатиш йўналишини бошқариш мумкин. Агар нурлатгичлар орасидаги масофа  $d$  тўлқин узунлиги  $\lambda$  ярмидан кичик бўлса, фазавий силжиш  $\psi$  нинг хар қандай қийматида йўналганлик диаграммасида ягона бош баргча бўлади.

## Назорат саволлари

1. Қандай қилиб антенна панжаралар ёрдамида ўткир йўналтирилган нурланиш ҳосил қилинади?
2. Қандай антенна панжара чизиқли деб аталади?
3. Қандай антенна панжара эквидистант деб аталади?
4. Қандай антенна панжара тенг амплитудали деб аталади?
5. Қандай антенна панжара синфаз деб аталади?
6. Йўналганлик тавсифлари кўпайтирув теоремасини таърифлаб беринг.
7. Чизиқли фазавий тақсимотга эга чизиқли эквидистант тенг амплитудали антенна панжара кўпатувчиси қайси параметрларга боғлиқ?
8. Синфаз антенна панжаранинг максимал нурлатиш йўналишини кўрсатинг.
9. Қайси шарт бажарилганда чизиқли синфаз эквидистант антенна панжараси йўналганлик диаграммасида фақат битта бош баргча мавжуд бўлади?
10. Қандай қилиб антенна панжаранинг максимал нурлатиш йўналишини бошқариш мумкин?
11. Қайси шарт бажарилганда чизиқли фазавий тақсимотга эга чизиқли эквидистант антенна панжара йўналганлик диаграммасида фақат битта бош баргча мавжуд бўлади?

### 2.1 – вазифа

Чизиқли эквидистант тенг амплитудали антенна панжара ўқлари панжара ўқиға мос келувчи  $n$  та симметрик яримтўлқинли вибраторлардан ташкил топган. Нурлатгичлар орасидаги нисбий масофа  $d/\lambda$  га тенг (2.1-жадвалга қаранг).

1. Берилган антенна панжарасини чизинг. Расмда панжара қадами  $d$  ва кузатув нуқтаси бурчаги ҳисоби йўналишини (перпендикулярдан панжара ўқи томон) кўрсатинг.

2. Антенна панжаранинг йўналганлик тавсифи ифодасини  $E$  текислиги учун ёзинг.

Бунинг учун:

- йўналганлик тавсифлари кўпайтирув теоремаси бажарилувчи шарт тузинг;
- теореманинг берилган ҳолатда қўлланилиш имконияти ҳақида ҳулоса чиқаринг;
- бир нурлатгич йўналганлик тавсифини юқорида берилган текислик учун ёзинг, бунда  $\theta$  бурчаги перпендикулярдан панжара ўқи томон ҳисобланишини унутманг;
- антенна кўпайтувчиси ифодасини ёзинг;

– антенна панжаранинг йўналганлик тавсифи ифодасини ёзинг.

3. Ҳисоблашлар натижалари қайд этилувчи жадвални ҳозирланг (2.2-жадвалга қаранг)

4. Панжаранинг ҳамма нурлатгичлари кўзғалишини синфаз ( $\psi = 0$ ) ва панжаранинг йўналганлик тавсифи, асосан, панжара кўпайтувчиси билан аниқланади (яримтўлқинли вибратор сусти йўналтирилган нурлатгич ҳисобланади), деб ҳисобланса, қуйидагиларни аниқланг:

- максимал нурланиш йўналиши  $\theta_m$ ;
- $\theta_{0,1}, \theta_{0,2}$  нурланишлар мавжуд бўлмаган йўналишларни;
- нурланиш нолга тенг бўлган  $2\theta_0$  ва ярим қувват  $2\theta_{0,5}$  да йўналганлик диаграммаларининг бош баргчаси кенглигини;
- йўналганлик диаграммасининг биринчи ён баргчалари (максимал нурланиш йўналишига энг яқин баргчалар) йўналиши ва нисбий даражаларини  $\theta_{\max 1}, \theta_{\max 2}, \xi_1, \xi_2$ ;
- бош нурланиш йўналишида антенна панжаранинг йўналган таъсир коэффициентини  $D$  ни  $D = 2L/\lambda$  яқинлаштирилган формула бўйича (бунда  $L = (n-1)d$  - панжара узунлиги);

5. Кўшни нурлатгичлардаги фазавий силжиш  $\psi$  киритилган ҳолда антенна панжара бош баргчасининг йўналиши  $\theta_m$  ни ҳисобланг.

6. Ҳисоблашлар натижалари устида мулоҳаза юритинг.

2.1-жадвал

2.1-топшириқ учун вариантлар жадвали

Вариант	Панжара элементлари сони, $n$	Элементлар орасидаги нисбий масофа, $d/\lambda$	Кўшни элементлар тоқлари орасидаги фазавий силжиш, $\psi^0$	Вариант	Панжара элементлари сони, $n$	Элементлар орасидаги нисбий масофа, $d/\lambda$	Кўшни элементлар тоқлари орасидаги фазавий силжиш, $\psi^0$
1	11	0,5	45	14	24	0,37	60
2	12	0,49	40	15	25	0,36	55
3	13	0,48	35	16	24	0,35	60
4	14	0,47	30	17	23	0,34	55
5	15	0,46	25	18	22	0,33	50
6	16	0,45	20	19	21	0,32	45
7	17	0,44	25	20	20	0,31	40
8	18	0,43	20	21	19	0,30	35
9	19	0,42	25	22	18	0,29	30
10	20	0,41	30	23	17	0,23	25
11	21	0,40	35	24	16	0,27	20
12	22	0,39	40	25	15	0,26	15
13	23	0,38	45	26	14	0,25	10

## Ҳисоблашлар натижалари

Параметрлар белгиланиши	Ўлчов бирлиги	Ҳисоблашлар маълумотлари
$\theta_{\text{бош}}$	град	
$\theta_{\text{max1}}$	град	
$\theta_{\text{min1}}$	град	
$\theta_{\text{max2}}$	град	
$\theta_{\text{min2}}$	град	
$2\theta_0$	град	
$2\theta_{0,5}$	град	
$\xi_1, \xi_2$	дБ	
$D$	-	

**2 – амалий иш: 2-қисм.****ЎҚИ БЎЙЛАБ НУРЛАТУВИ ЧИЗИҚЛИ АНТЕННА  
ПАНЖАРАЛАР (1 соат)****Ишдан мақсад:**

- югурувчи тўлқин ёрдамида элементларни кетма-кет қўзғатиш орқали панжаранинг ўқи бўйлаб нурланишига эришишни, антенна панжара нурланиш режимлари ва нурлатгичларни қўзғатувчи тўлқин фаза тезлиги орасидаги боғлиқликни ўрганиш;

- ўқи бўйлаб нурлатувчи чизиқли эквидистант тенг амплитудали антенна панжара йўналганлик тавсифининг асосий параметрлари ва йўналган таъсир коэффициентини, нурлатгичларни қўзғатувчи тўлқин фаза тезлигининг оптимал қийматини аниқлай олиш;

- ўқи бўйлаб нурлатувчи чизиқли эквидистант тенг амплитудали антенна панжара йўналганлик тавсифининг асосий параметрларини ҳисоблаш кўникмаларини ҳосил қилиш.

**Методик кўрсатмалар**

Чизиқли антенна панжара югурувчи тўлқин ёрдамида қўзғатилганда, панжара иш режими тўлқиннинг фаза тезлиги  $V$  билан аниқланади. Уч хил иш режими мавжуд:

$\frac{c}{V} = 1$  ( $c$  – вакуумдаги ёруғлик тезлиги) бўлганда антенна панжара ўқ бўйлаб нурлатиш режимида ишлайди. Панжаранинг максимал нурлатиш йўналиши панжаранинг ўқиға мос келади, чунки бу йўналишда ҳамма нурлатгичлар майдонлари синфаз қўшилади.

$\frac{c}{V} > 1$  бўлганда бўлганда ҳам антенна панжара ўқ бўйлаб нурлатиш режимида ишлай олади. Бунда эътиборга таҳсин шуки, максимал нурлатиш йўналишида (панжара ўқи бўйлаб) нурлатгичлар майдонлари носинфаз қўшилади. Бу режимда берилган маълум фаза тезлиги қийматида антенна панжаранинг оптимал узунлиги мавжуд бўлиб, у максимал йўналган таъсир коэффициентига мос келади. Бошқа томондан, антенна панжара узунлиги маълум бўлса, максимал йўналган таъсир коэффициентига мос келувчи оптимал фаза тезлигини аниқлаш мумкин.

$\frac{c}{V} < 1$  бўлганда антенна панжара ўқ бўйламай нурлатиш режимида ишлайди, чунки максимал нурлатиш йўналиши панжара ўқиға нисбатан маълум бурчак остида бўлади.

### Назорат саволлари

1. Қандай қилиб панжара элементларида қўзғатувчи тоқларнинг чизиқли фаза тақсимотини амалга ошириш мумкин?
2. Фаза тезлигининг қандай қийматларида антенна панжара ўқ бўйлаб нурлатиш режимида ишлайди?
3. Нурлатгичлар майдонларининг панжара ўқи йўналишида қўшилиши вектор чизмасини  $\frac{c}{V} = 1$  ва  $\frac{c}{V} > 1$  учун чизинг.
4. Оптимал фаза тезлиги деб нимаға айтилади (антенна панжаранинг узунлиги маълум бўлганда)?
5. Оптимал антенна панжара узунлиги деб нимаға айтилади (фаза тезлиги  $V < C$  бўлганда)?

### 2.1 – вазифа

Чизиқли эквидистант антенна панжара ўқлари панжара ўқиға перпендикуляр бўлган яримтўлқинли симметрик вибраторлардан иборат бўлиб, нурлатгичлар орасидаги нисбий масофа  $d/\lambda$  га тенг (3.1-жадвалға қаранг). Нурлатгичлар кетма-кет равишда югурувчи электромагнит тўлқин ёрдамида қўзғатилади.

1. Берилган антенна панжарани чизинг ва  $\theta$  бурчак ҳисоби йўналишини кўрсатинг (панжара ўқидан бошлаб).
2. Йўналганлик тавсифларини кўпайтируви теоремаси қўлланилиши шарти бажарилишини текширинг.
3. Вибраторлар ўқидан ўтувчи текислик учун антенна панжара йўналганлик тавсифлари ифодаларини ёзинг.
4. Йўналганлик тавсифлари параметралари ҳисоби натижаларини қайд этиш учун жадвал тайёрланг (3.2-жадвалға қаранг)
5. Қўзғатувчи тўлқин фаза тезлиги ёруғлик тезлигига тенг ( $C/V = 1$ ) деб

олинса ва йўналганлик тавсифи, асосан, антенна панжара кўпайтувчиси билан белгиланса (яримтўлқинли вибраторлар сусти йўналтирилган нурлатгичлардир), қуйидагилар аниқлансин:

- максимал нурлатиш йўналиши  $\theta_{\text{бош}}$ ;
- ён баргчлара максимумлари йўналишлари  $\theta_{\text{max1}}, \theta_{\text{max2}}$ ;
- нурлатиш нолга тенг йўналишлар  $\theta_{\text{min1}}, \theta_{\text{min2}}$ ;
- нолинчи даража  $2\theta_0$  да йўналганлик диаграммасанинг бош баргчаси кенглиги;
- яримқувват даража  $2\theta_{0,5}$  да йўналганлик диаграммасанинг бош баргчаси кенглиги;
- $D=4L/\lambda$  формула бўйича йўналган таъсир коэффициентини, бу ерда  $L=(n-1)\cdot d$ .

6. Берилган антенна панжара учун  $C/V$  нисбатнинг оптимал қийматини қуйидаги формула бўйича аниқланг:

$$(C/V)_{\text{opt}} = 1 + \lambda/(2L).$$

7. Электромагнит майдон қўзғатувчи тўлқини оптимал фаза тезлиги билан тарқалади, деб ҳисобланса, П.5 да кўрсатилган йўналганлик тавсифи параметрларини ва қуйидаги формула бўйича йўналган таъсир коэффициентини аниқланг:

$$D = 7,2L/\lambda$$

8. Ҳисоблашлар натижалари устида 2.1 ва 3.1 топшириқлардаги антенна панжараларнинг узунликлари тенглини эътиборга олган ҳолда мулоҳаза юритинг.

2.1-жадвал

2.1-топшириқ учун вариантлар жадвали

Вариант	Панжара элементлари сони, $n$	Элементлар орасидаги нисбий масофа, $d/\lambda$	Вариант	Панжара элементлари сони, $n$	Элементлар орасидаги нисбий масофа, $d/\lambda$
1	22	0,250	14	48	0,185
2	24	0,245	15	50	0,180
3	26	0,240	16	52	0,175
4	28	0,235	17	54	0,170
5	30	0,230	18	56	0,165
6	32	0,225	19	58	0,160
7	34	0,220	20	60	0,155
8	36	0,215	21	62	0,150
9	38	0,210	22	64	0,145

10	40	0,205	23	66	0,140
11	42	0,200	24	68	0,135
12	44	0,195	25	70	0,130
13	46	0,190			

2.2-жадвал

Ҳисоблашлар натижалари

Параметрлар белгиланиши	Ўлчов бирликлари	Ўқи бўйлаб нурлатувчи антенна панжара	
		$C/N = 1$	$C/N = (C/N)_{\text{опт}}$
$\theta_{\text{бош}}$	град		
$\theta_{\text{max1}}$	град		
$\theta_{\text{min1}}$	град		
$\theta_{\text{max2}}$	град		
$\theta_{\text{min2}}$	град		
$2\theta_0$	град		
$2\theta_{0,5}$	град		
$\xi_1$	дБ		
$D$	-		

**3 – амалий иш: 1-қисм.****РАДИОТЎЛҚИНЛАРНИНГ ЭРКИН ФАЗОДА ТАРҚАЛИШИ  
(1 соат)****Ишдан мақсад:**

- Эркин фазода радиотўлқинларнинг тарқалиши мобайнида “Узатиш йўқотилиши” тушунчасини ўзлаштириш.
- Эркин фазодаги йўқотилишлар коэффициентини ҳисоблашни ўрганиш.

**Методик кўрсатмалар**

Узатувчи ва қабул қилувчи қурилмалар параметрлари бир хил бўлганда қабул қилувчи ускуна киришида қувватлар ҳар хил бўлувчи 1- ва 2- типдаги радиолиниялар турлари мавжуд. 1-типдаги радиолинияларда узатувчи ва қабул қилувчи антенналар бир-бирининг тўғридан-тўғри кузатув радиусида жойлашган бўлишади, 2-типдаги радиолинияларда эса узатувчи ва қабул қилувчи антенналар орасида пасив нурлатгич ўрнатилган бўлади.

Эркин фазодаги йўқотилишлар, антенна нурлатаётган, масофа ошиши билан юзаси катталашувчи сферик тўлқин fronti юзасидаги электромагнит майдони оқими зичлигининг камайиши билан боғлиқ. Узатиш



йўқотилишлари ( $L$ ) узатувчи ва қабул қилувчи антенналар орасидаги масофа, антенналарнинг йўналганлик хоссалари ва тўлқин узунлиги орқали аниқланиб, узатувчи қурилманинг қувватига боғлиқ бўлмайдилар.

### Назорат саволлари ва топшириқлар

1. Узатиш йўқотилишлари тушунчаси, таърифи, ҳисобланувчи нисбатлари.
2. 1- ва 2-турдаги радиолинияларнинг структура схемаларини чизинг.
3. Узатиш йўқотилишлари қийматига тўлқин узунлиги, масофа ва антеннанинг йўналганлик хоссалари қандай таъсир кўрсатади?
4. Электромагнит энергиянинг эркин фазо бўйлаб узатилишдаги йўқотилишлар нима билан тушунтирилади?

#### 3.1- вазифа

1- ва 2-типдаги радиолинияларнинг структура схемаларини чизиш. Ушбу линиялар учун қабул қилиш қурилмаси киришидаги қувватни ҳисоблаш формулаларини келтириб чиқариш.

#### 3.2- вазифа

Бир-биридан  $r_1$  масофа узоқликда ўрнатилган узатувчи ва қабул қилувчи антенналар  $C_1$  ва  $C_2$  кучайтириш коэффицентларига эга. Вариантлар қийматлари 4.1-жадвалда берилган.

1. Радиотўлқинларнинг эркин фазода тарқалиш мобайнидаги йўқотилишлар қиймати ва масофа орасидаги боғлиқликни ҳисоблаб чиқариш, бунда масофа  $0,5r_1$  дан  $0,5 r_1$  қадам билан  $4r_1$  гача ҳисоблансин.
2. Йўқотилишлар қийматининг тўлқин узунлигига қандай боғлиқликни ( $r_1$  ўзгармас бўлган ҳолда) ҳисоблаш, бунда тўлқин узунликлари  $0,5\lambda$  дан  $0,5\lambda$  қадам билан  $4\lambda$  гача ҳисоблансин.
3. Юқоридаги ҳисоблашларни йўналган антенналар ўрнига изотроп антенналар учун бажарилсин.
4. Ҳисоблашлар натижаларини жадвалга киритилсин. Намуна сифатида 4.2-жадвал олиниши мумкин.
5. 1-, 2- ва 3-пунктлар натижаларига биноан йўқотилишлар қиймати билан масофа ва тўлқин узунликлари орасидаги боғлиқликлар графиклари чизилсин. Йўқотилишлар қиймати дБ ларда олинсин.
6. Олинган натижалар солиштирилсин. Хулосалар чиқарилсин.

## 3.1-топшириқ учун вариантлар

Параметр	Талабалик гувоҳномаси номерининг охиридан битта олдинги рақам									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\lambda$ , м	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45
$G_1$	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5
	Талабалик гувоҳномаси номерининг охири рақами									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$r_1$ , км	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$G_2$	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10

$r_1/r_2$	$r_1$	Йўналтирилган антенналар $L$		Йўналтирилмаган антенналар $L$		$\lambda_i/\lambda$	$\lambda$	Йўналтирилган антенналар $L$		Йўналтирилмаган антенналар $L$	
-	км		дБ		дБ	-	м		дБ		дБ
0,5						0,5					
1,0						1,0					
1,5						1,5					
2,0						2,0					
2,5						2,5					
3,0						3,0					
3,5						3,5					
4,0						4,0					

## 3 – амалий иш: 2-қисм.

МЕТРЛИ ВА ДЕЦИМЕТРЛИ РАДИОТЎЛҚИНЛАР  
ТРАССАСИНИ (ЙЎЛИНИ) ҲИСОБЛАШ (1 соат)

## Ишдан мақсад:

Ушбу топшириқни бажариш мобайнида талаба:

- берилган диапазондаги радиотўлқинларнинг ёритилган, хира ёритилган ва қоронғи зоналарда тарқалишининг асосий қонуниятлари ўзлаштириши;
- УҚТ радиотрассаларининг муҳандислик ҳисоблаш кўникмаларини ҳосил қилиши лозим.

## Методик кўрсатмалар

Ерлик ультрақиска тўлқинлар (метрли, дециметрли, сантиметрли) радиорелейли алоқада ва радиотелевизион эшиттиришда кенг қўлланадилар.

Физик нуқтаи назардан ерлик радиотўлқинларнинг тарқалиш механизми анча мураккаб бўлгани сабабли унинг математик анализи ҳам анча қийин. Аммо бир қатор муҳим амалий масалаларни ечишда баъзи бир соддалаштиришларга йўл қўйилади:

- атмосфера – ютмас муҳит деб ҳисобланади;
- ер юзаси силлиқ ва бир моддадан ташкил топган деб ҳисобланади;
- антенналар баландга кўтарилган ҳисобланадилар (бу баландлик тўлқин узунлигидан кўп мартаба катта ( $h \gg \lambda$ ), эл.таъминот эса нурлантормайдиган фидер орқали амалга оширилади).

Ерлик радиотўлқинларнинг тарқалиши физикавий жараёнларига биноан, радиотрасса уч зонага бўлинади: ёритилган зоналар, хира ёритилган зоналар ва қоронғи зоналар. Бу зоналар чегаралари узатувчи ва қабул қилувчи антенналар орасидаги тўғридан-тўғри кузатув масофаси ( $r_0$ )га га боғлиқ бўлиб, қуйидаги чегараларда аниқланади:

- ёритилган зона  $r \leq 0,8r_0$ ;
- хира ёритилган зона  $0,8r_0 < r < 1,2r_0$ ;
- қоронғи зона  $r \geq 1,2r_0$ ;

Тропосфера ҳолати берилган вертикал тропосфера синиши коэффициентини индекси градиенти  $dN/dh$  орқали ҳисобга олинади, бу катталиқ ернинг эквивалент радиусини ҳисоблашда керак бўлади.

Узатувчи антеннадан унча узоқ бўлмаган масофаларда ( $r \leq 0,2r_0$ ) в ер юзасини текис деб ҳисоблаб, ернинг сферик хусусиятини ҳисобга олмаслик мумкин. Ёритилган зонадаги ернинг сферик хусусияти узатувчи антенна ўрнатилган баландлик  $h_1$  ва қабул қилувчи антенна ўрнатилган баландлик  $h_2$  кийматларини ҳисоблаш формулаларида ишлатиш билан амалга оширилади.

Қоронғи зонада майдон сўниши экспоненциал қонунга мувофиқ тез кечади. Кўпгина амалий ҳолатларда ЎҚТ диапазонида майдон кучланганлигини тақрибий ҳисоби амалга оширилади.

Таъминловчи фидердаги йўқотишлар ва йўналганлик диаграммасининг нотекислигини ҳисобга олиб, узатувчи қурилманинг нурлантираётган эффектив қувватини қуйидаги формула орқали аниқлаш мумкин:

$$P_{\Sigma, \text{кВт}} = 10^{P_{\Sigma(\text{дБкВт})}/10},$$

бу ерда  $P_{\Sigma \text{дБкВт}} = 10 \lg(0,3 \cdot P_I) + G_I - \alpha - \xi$ ;

$P_I$  - узатувчи қурилма қуввати, кВт;

$G_I$  – узатувчи антенна кучайтириш коэффициенти, дБ;

$\alpha = \alpha_1 \cdot h_1$  - таъминловчи фидердаги сусайиш, дБ;

$\xi = 1,5$  дБ – горизонтал текисликдаги антенна йўналганлик диаграммаси нотекислиги учун запас, дБ.

## Назорат саволлари

1. Радиотўлқинларнинг қайси диапазонида антенналарни баланд кўтарилган деб ҳисоблаш мумкин?
2. Баланд кўтарилган антенналар майдонини ҳисобашда интерференцион формулалар қўлланилиш шартини айтинг.
3. Қабул қилиш зонасида радиотрассанинг мос нуқталари учун вектор диаграммаларни чизинг.
4. Қабул қилувчи ва узатувчи антенналар орасидаги тўғридан-тўғри кузатув масофаси трассанинг қайси параметрларига боғлиқ?
5. Майдон кучланганлиги максимал ва минимал қийматларга эришувчи масофа трассанинг қайси параметрларига боғлиқ?
6. Интерференцион ҳисоблаш формулалари қўлланилувчи зонадаги сусайиш кўпайтувчиси қандай қийматларни қабул қилиши мумкин?
7. Ёритилган, хира ёритилган ва қоронғи зоналар чегараларини айтинг.
8. Ёритилган зонадаги баланд кўтарилган антенна майдонини ҳисоблашда радио-тўлқинларнинг атмосфера рефракцияси қандай ҳисобга олинади?
9. Введенский формуласи қўлланилувчи зонада кўтарилган антенналар майдонини ҳисоблашда ернинг сферик хусусияти қандай ҳисобга олинади?
10. Қандай шароитда майдон кучланганлигини Введенский формуласи бўйича ҳисоблаш мумкин?

### 3.1- вазифа

$P_1$  қувватга эга телевизион узатиш қурилмаси  $f$  частотали тасвир ташувчи сигнал нурлантиряпти. Узатиш қурилмаси “Баха” (HF-75-120Д) русумидаги,  $\alpha_1=0,0043$  дБ/м узунасига сусайишга эга фидер орқали узатувчи антеннага уланган. Узатувчи антенна горизонтал-поляризацияланган тўлқин нурлантиряпти. Берилган: узатиш антеннаси кучайтириш коэффициенти  $G_1$ , тропосфера синдирирувчанлик коэффициенти индекси вертикал градиенти  $dN/dh$ , ўрта ҳисобдаги юза қопламаси ва узатувчи-қабул қилувчи антенналар ўрнатилган баландликлар -  $h_1, h_2$ .

5.1-жадвалдаги вариантлардан фойдаланиб, қуйидагиларни ҳисоблаш:

1. Эффе́ктив нурланаётган қувватни, кВт да.
2. Тўғридан-тўғри кузатув масофаси  $r_0$  ни, ёритилган, хира ёритилган ва қоронғи зоналар чегараларини.
3. Майдон кучланганлигининг биринчи 3 та максимум ва минимум қийматларига мос масофаларни, бу нуқталардаги сусайиш кўпайтувчиси ва майдон кучланганликлари қийматларини ҳисоблаш. Ҳисоблаш ернинг текис юзали ҳолати учун олиб борилсин.
4. Майдон кучланганлигининг биринчи максимум нуқтаси ва  $0,8r_0$  нуқта оралиғида ётувчи 4-5 нуқта кучланганлиги.
5.  $r_0$  нуқтасидаги кучланганлик қиймати.

6.  $r = 1,2r_0$  ва  $1,4r_0$  нуқталардаги майдон кучланганлиги.
7. Ҳисоблаш натижаларини жадвалларга киритинг. Намуна сифатида 3.2 ва 5.3.-жадвалларни олишингиз мумкин.
8.  $E, дБ = f(r)$  боғланишли график тузилсин.
9. Тегишли хулосалар чиқарилсин.

3.1.-жадвал

Топшириқ учун вариантлар жадвали

Параметр	Талабалик гувоҳномаси номеридаги охиридан битта олдинги рақам									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ТВ кан.№	1	3	5	7	9	11	25	30	35	40
$f, МГц$	49,75	77,25	93,25	183,25	199,25	215,25	503,25	543,25	582,25	623,25
$G_1, дБ$	7,8	7,8	7,8	9,0	9,0	9,0	14,8	14,8	14,8	14,8
$P_1, кВт$	10	20	20	20	20	20	10	10	10	10
$h_1, м$	200	235	290	310	315	325	335	330	320	345
$dN/dh, 1/м$	0	-0.02	-0.04	0	-0.02	-0.04	0	-0.02	-0.04	0
	Талабалик гувоҳномаси номерининг сўнги рақами									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$h_2, м$	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
Юзатури	Қум	Қурук тупроқ	Нам тупроқ	Денгиз	Қурук тупроқ	Нам тупроқ	Қум	Денгиз	Қурук тупроқ	Нам тупроқ

3.2-жадвал

Ҳисоблаш натижалари

$r$ (км)	$\gamma^0$	$\sin \gamma$	R	F	$E_0, мВ/м$	$\rho$	m	$E_d, мВ/м$	$E_d, мкВ/м$	$E_d, дБ$	Изоҳ
						-	-				1 макс.
						-	-				1 мин.
						-	-				2 макс.
						-	-				2 мин.
						-	-				3 макс.
						-	-				3 мин.
						-	-				
						-	-				

## Ҳисоблашлар натижалари

$$R \approx 1 \text{ ва } \theta = 180^\circ$$

г, км	Р	м	Е <sub>0</sub> , мВ/м	F(y <sub>1</sub> y <sub>2</sub> ), дБ	$\frac{r_0}{L} F(y_1 y_2)$	F	Е <sub>д</sub> , мВ/м	Е <sub>д</sub> , мкВ/м	Е <sub>д</sub> , дБ	Изоҳ
				-	-	-				
				-	-	-				
				-	-	-				
				-	-	-				r = 0,8r <sub>0</sub>
	-	-				-				r = r <sub>0</sub>
	-	-		-						r = 1,2r <sub>0</sub>
	-	-		-						r = 1,4r <sub>0</sub>

**4- амалий иш.****«MMANA-GAL» ДАСТУРИНИНГ ХУСУСИЯТЛАРИ (2 соат)****Ишдан мақсад:**

Ушбу топшириқни бажариш мобайнида талаба:

- «MMANA-GAL» дастурини ўрганиш;
- «MMANA-GAL» дастуридан фойдаланиш.

**Методик кўрсатмалар**

АП асосий электр ва йўналганлик характеристикаларини ҳисоблашда **MMANA-GAL** компьютер дастуридан фойдаланилади. Ушбу дастур AP асосий электр ва йўналганлик характеристикаларини ҳисоблаш ва уларни таҳлил қилиш имконини беради. Ҳисоблашлар лаҳзалар усулида амалга оширилади. Маълум ўтказгичлар тўплами (яъни, антенна элементлари) ҳақидаги дастлабки маълумотларни киритиш натижасида дастур ЙД шаклини қуради, КК, ТТК, ХТК ва бошқа шу каби асосий параметрларни ҳисоблайди. Дастур антенна параметрларини реал шароитларда ҳисоблаш имкониятига эга бўлиб, унда ўтказгич материалнинг турини, антеннанинг ўрнатилиш баландлиги танлаш, реал муҳит параметрлари ва ҳ.к. ларни киритиш мумкин.

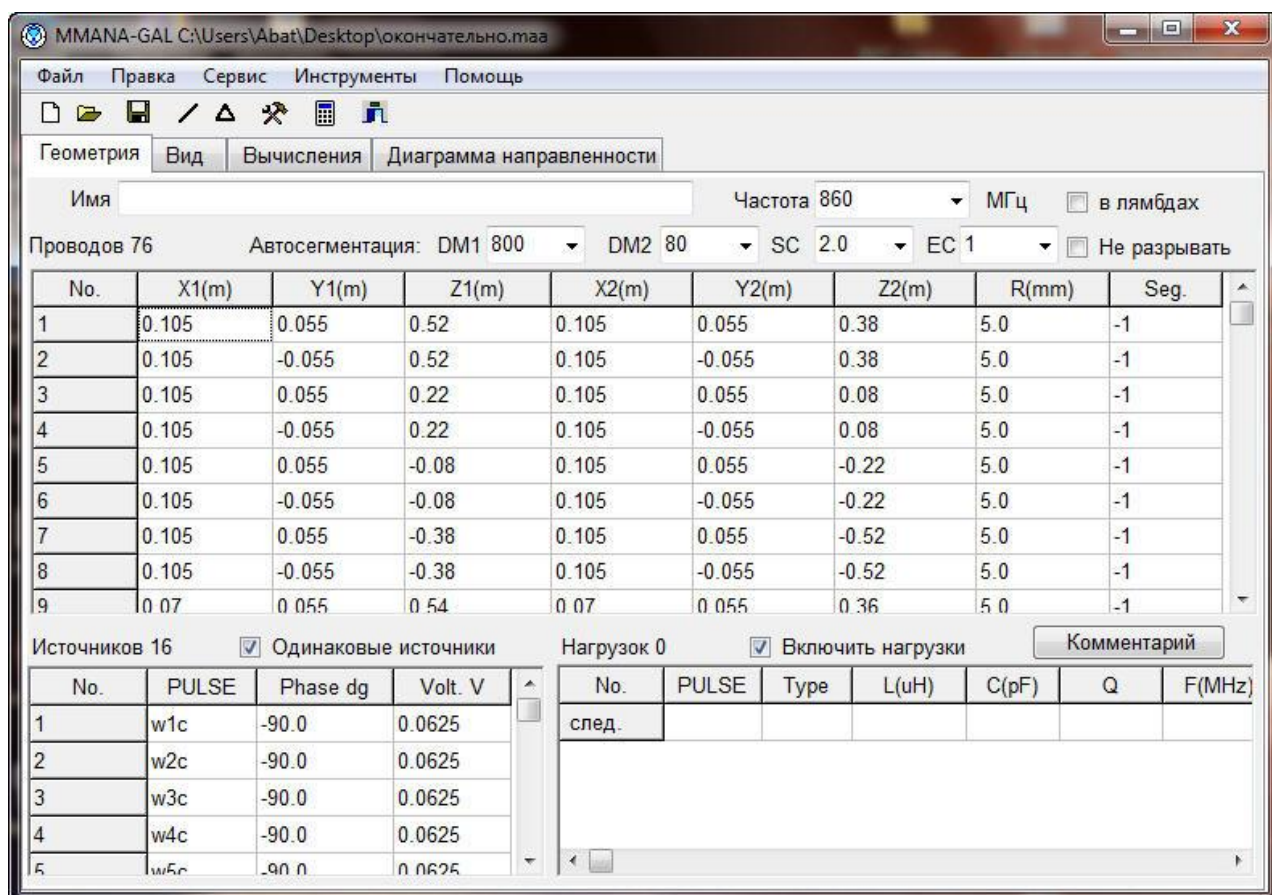
MMANA дастури антенналарни моделлаштириш ва таҳлил қилишда жуда кенг имкониятларни яратади. Бу дастур ёрдамида қуйидаги амалларни бажариш мумкин:

- антеннани сичқонча ёрдамида қизиш ёки жадвал ёрдамида киритиш;

- жуда кўп турдаги антенналарни моделлаштириш;
- антеннанинг йўналганлик диаграммасини ҳисоблаш;
- мавжуд антенналарни характеристикалари бўйича солиштириш;
- элементнинг резонанс частотасини сақлаб қолган ҳолда, унинг шаклини исталганча ўзгартириш;
- кўпқаватли антенналарни стеклар ёрдамида ҳосил қилиш;
- антеннанинг характеристикасини танланган параметри бўйича оптимизация қилиш, бунда оптимизация жараёнини кузатиш мумкин;
- оптимизация қадамларини жадвал кўринишида сақлаб қўйиш;
- антеннанинг турли характеристикаларини график кўринишида куриш;
- бир қатор мослаштирувчи қурилмаларни ҳисоблаш;
- барча маълумотларни график ва жадвал кўринишида сақлаб қўйиш;
- антеннанинг кириш қарилиги  $Z_{\text{кир}}$ , ТТК, КК бўйича оптималлаштириш жараёнини сошлаш.

Куйидаги 1...4 - расмларда дастурнинг антенна панжарасини моделлаштириш наъмуналари кўрсатилган асосий ойналари келтирилган.

Дастурнинг биринчи ойнаси 1-расмда тасвирланган бўлиб, унда моделаштирилаётган антеннанинг асосий параметрлари: ишчи частота (ёки тўлқин узунлиги), геометрик ўлчамлари, қўзғатувчи параметрлар (манбалар), юкламалар ва уларнинг параметрлари келтирилган.

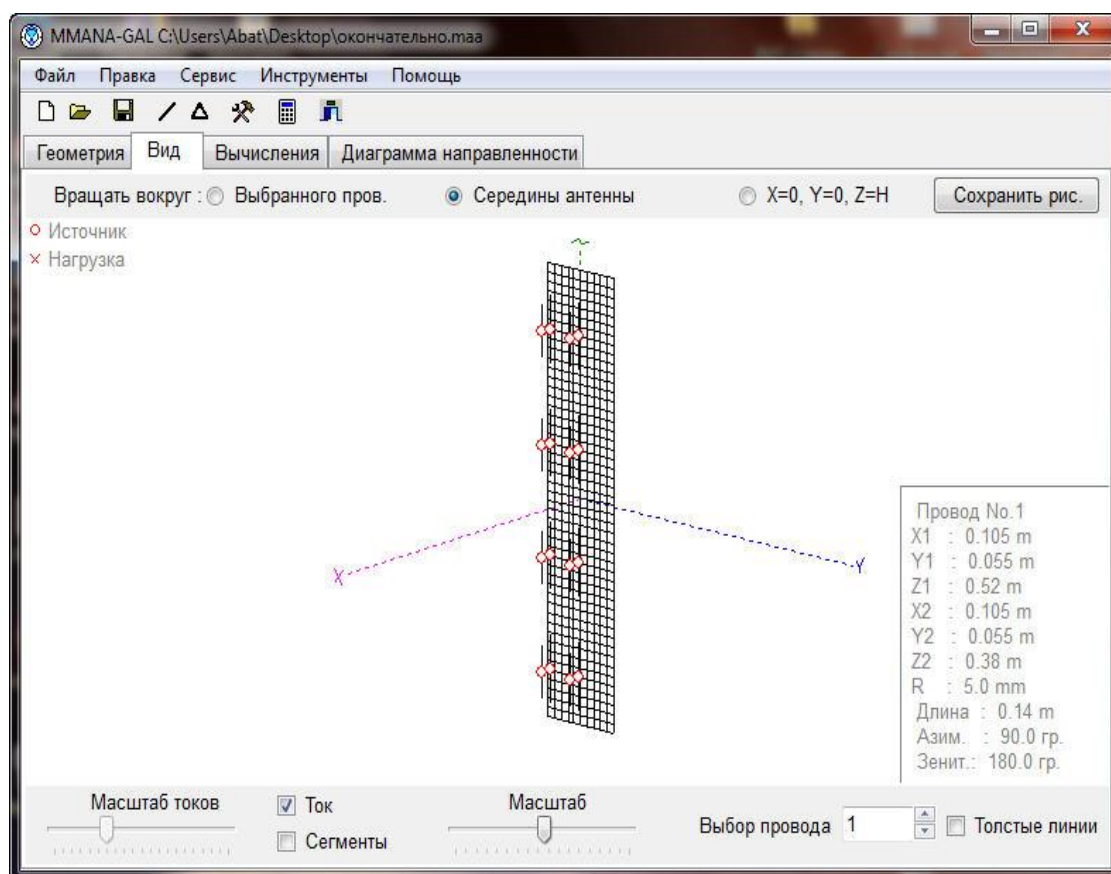


1-расм. MMANA-GAL дастурининг биринчи асосий «Геометрия» ойнаси

Дастурнинг антенна моделини намойиш (демонстрациялаш) этиш учун мўлжалланган ойна 2-расмда тасвирланган.

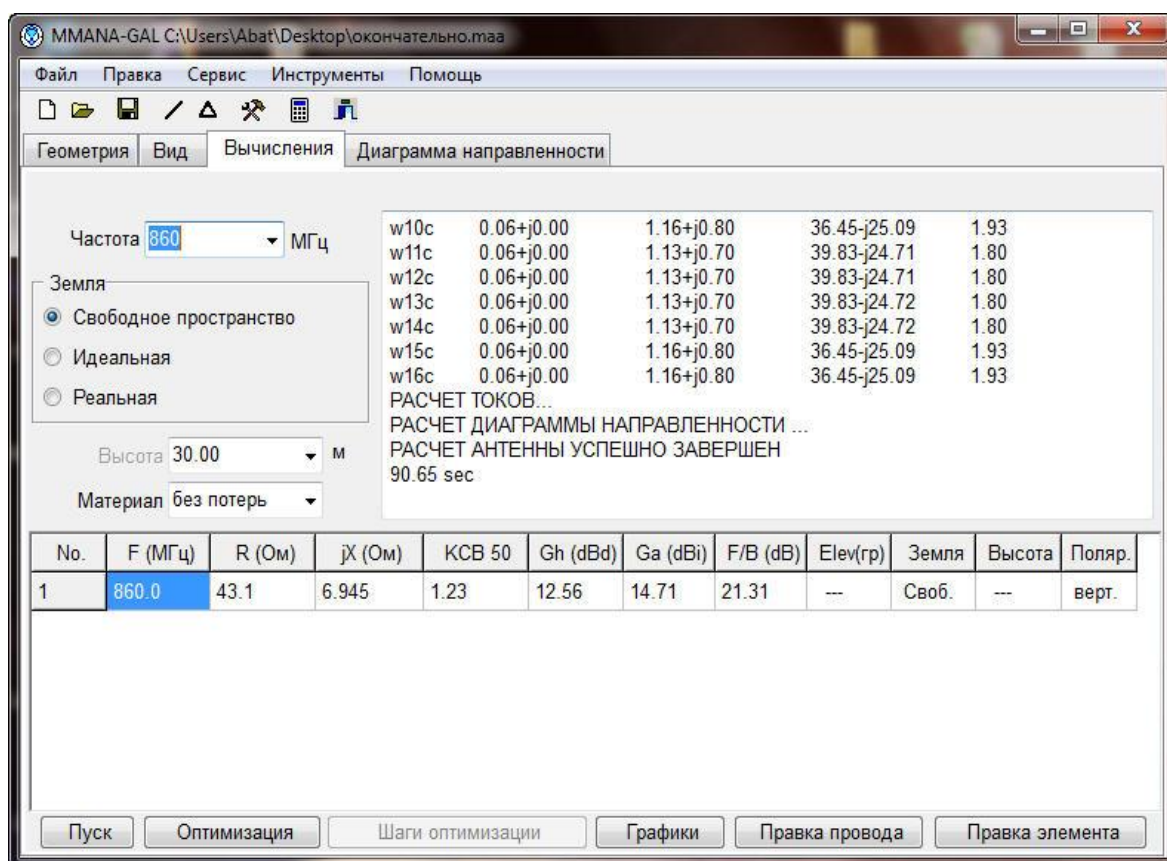
3-расмда дастурнинг учинчи ойнаси келтирилган бўлиб, унга муҳит параметрлари (“Земля” варақаси), антеннанинг кўтарилиш баландлиги, антенна ясалган материал тури киритилади шунингдек, ҳисоблаш натижалари олинади.

Дастурнинг тўртинчи ойнаси 4-расмда кетирилган. Унда антеннанинг майдоний координаталар тизимида (горизонтал ва вертикал текисликларда) ҳисобланган ЙД ва асосий характеристикалари келтирилади.



2-расм. MMANA-GAL дастурининг иккинчи асосий “Вид” ойнаси

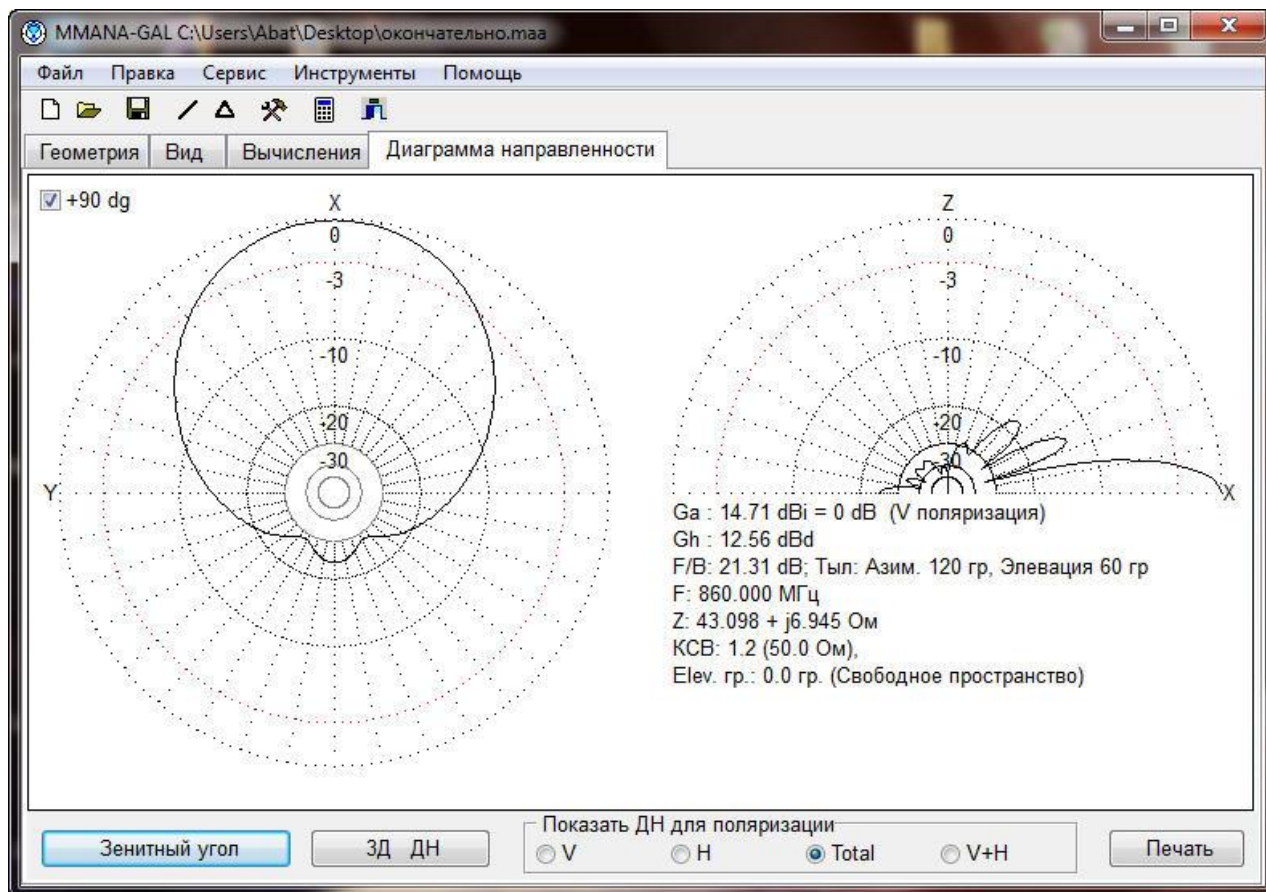




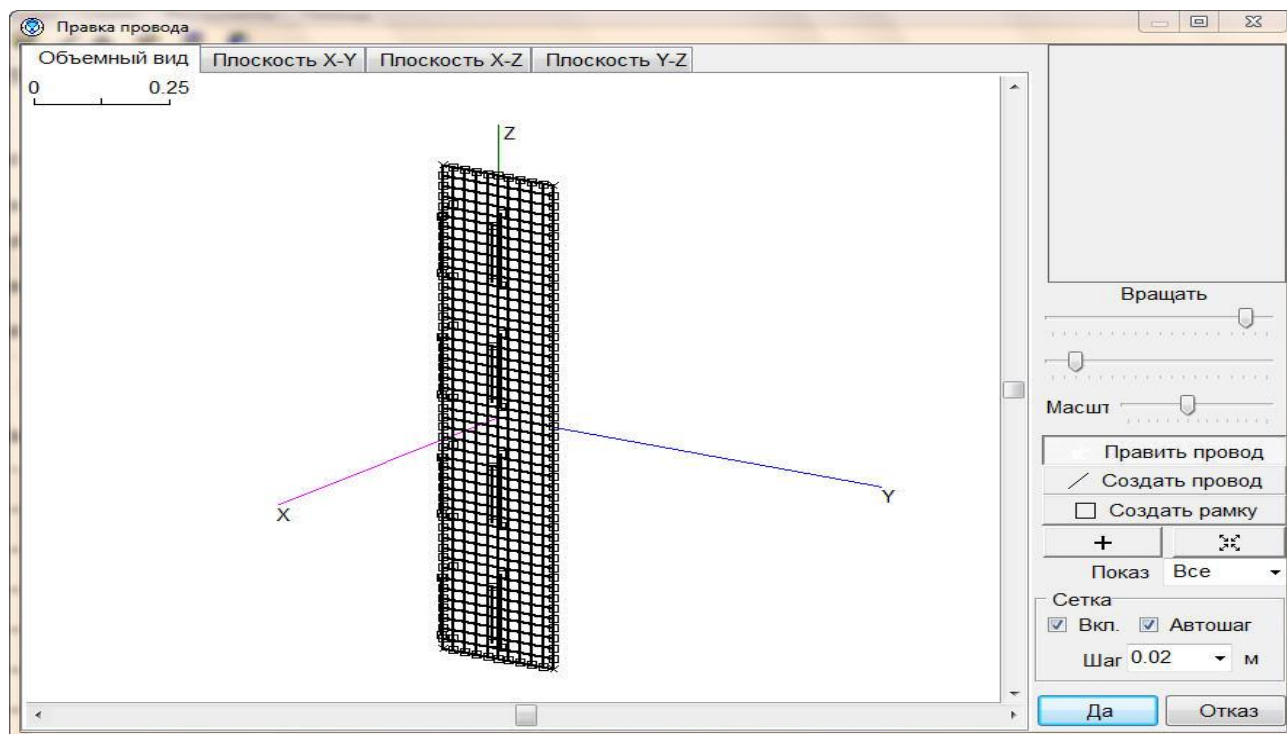
3-расм. MMANA-GAL дастурининг учинчи асосий “Вычисления” ойнаси

Модел параметрларини кириш ва уларни кўринишларини ўзгартиришнинг бир нечта йўллари мавжуд: 1-расмда кўрсатилган антеннани ташкил этувчи ўтказгичларни координата жадвалларини тўлдириш орқали; «Правка провода» ойнасида сичқонча ёрдамида ўтказгичларни чизиш орқали; «Правка провода» ойнасида жойлашган махсус ойнада ўтказгичларнинг координаталарини кириш орқали.

«Правка провода» ойнаси тўрта ойнадан (вкдалка) ташкил топган бўлиб, уларнинг ҳар бири чизиқли координаталар тизимининг белгиланган текислигига мос келади. Шу тариқа, антеннанинг узунлигини ўзгартириш орқали юқорида келтирилган ихтиёрий текисликда уни моделлаштириш мумкин.



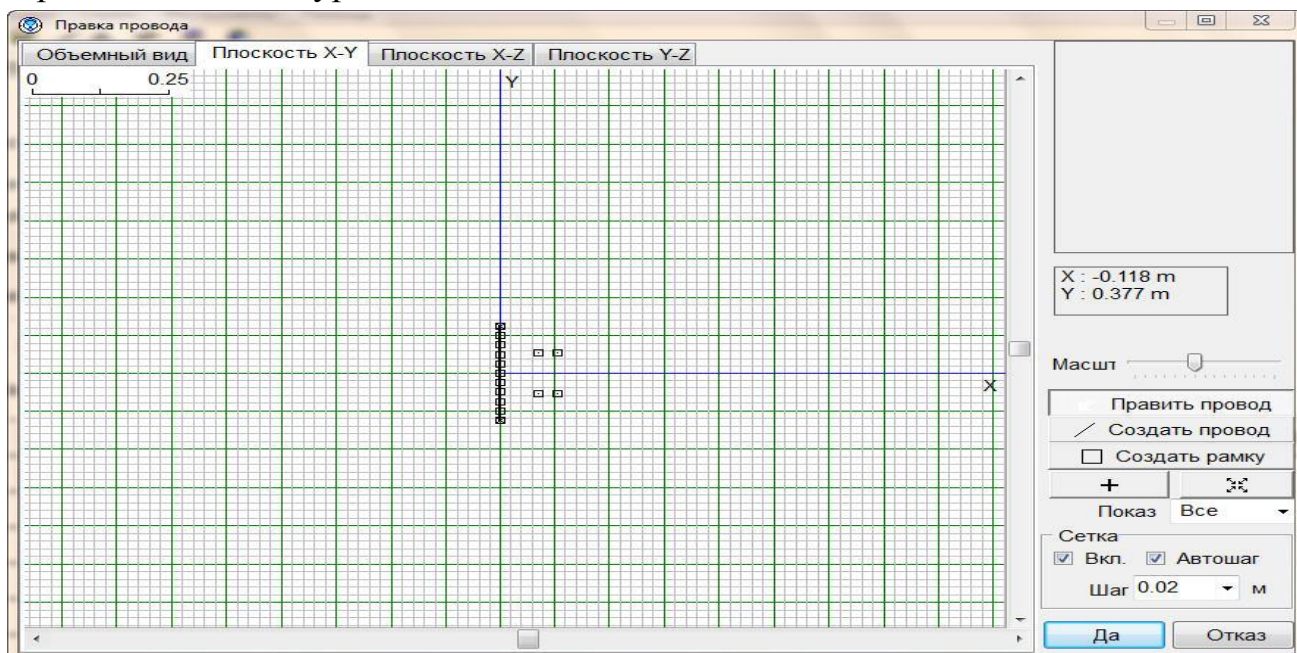
4-расм. MMANA-GAL дастурининг тўртинчи асосий “ДН” ойнаси



5-расм. «Правка провода» ойнаси, «Объемный вид» варақаси

Юқоридаги 5-расмда моделни уч ўлчовли фазода тасвирлаш учун «Правка провода» ойнаси кўрсатилган.

6-расмда моделнинг  $XOY$  текислигида тасвирлаш учун «Правка провода» ойнаси кўрсатилган.



6-расм. «Правка провода» ойнаси, «Плоскость  $XOY$ » варақаси

7-расмда моделни  $XOZ$  текислигида тасаввур этиш учун «Правка провода» ойнаси келтирилган.

8-расмда моделни  $YOZ$  текислигида тасаввур этиш учун «Правка провода» ойнаси келтирилган.

Шунингдек, айнан шу ойналарда «Создать провод» ёки «Создать рамку» тугмаларини фаоллаштирган ҳолатда сичқонча ёрдамида антенна моделини чизиш имконияти мавжуд.

MMANA-GAL дастурида асосийларидан ташқари кўшимча ойналарга эга бўлиб, уларда тадқиқ этилаётган антеннанинг дастлабки берилган параметрлари билан боғлиқ бўлган, ҳамда моделлаштириш натижасидаги электр ва йўналганлик хусусиятлари ҳақидаги маълумотларни кўриш мумкин.

Масалан, дастур моделлаштирилган антеннанинг ТТК, ХТК, кириш қаршилиги каби параметрларни кўрсатади.

Антеннанинг актив ва реактив қаршиликларини частотага боғлиқлик графиги 9-расмда тасвирланган. Частота диапазонининг қийматлари шу ойнадаги «Полоса» шаклида кўрсатилади. Шу билан бирга ҳисоблаш учун керакли бўлган кўшимча параметрларни ҳам киритиш мумкин.

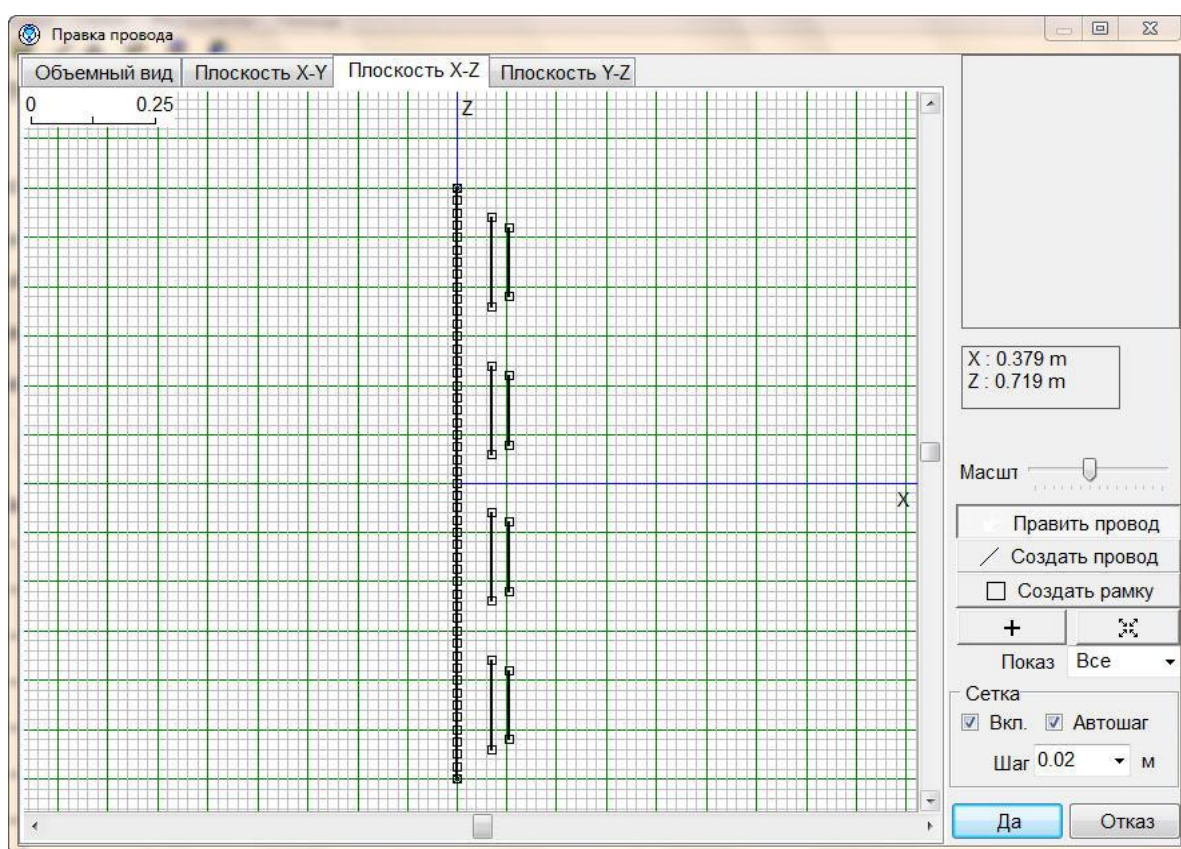
10-расмда ТТК нинг частотага боғлиқлик ойнаси келтирилган.

11-расмда антеннанинг кучайтириш коэффициенти (дБ) ҳамда ҳимоя таъсир коэффициенти боғлиқлик ойнаси келтирилган.

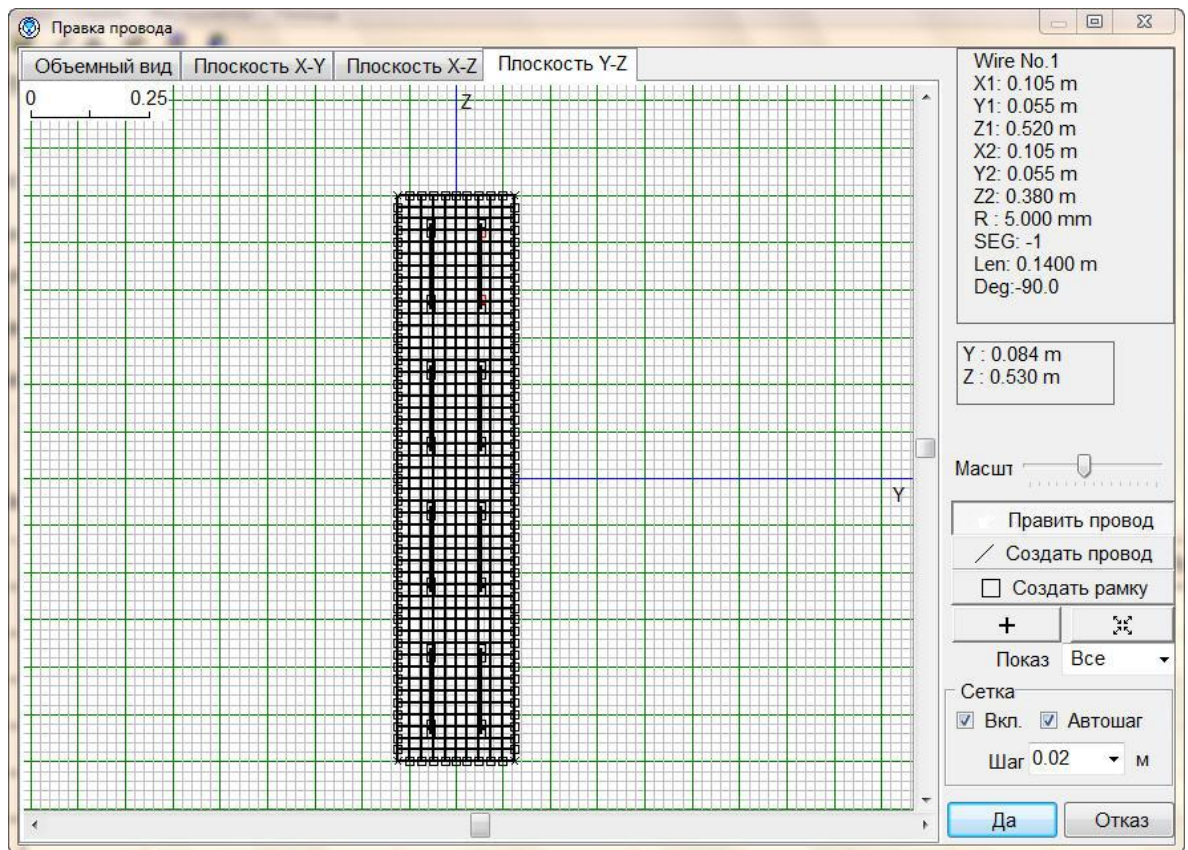
12-расмда вертикал ва горизонтал текисликларда қурилган ЙД тасвирланган ойна келтирилган.

Сўнги «Установки» ойнасида ҳисоблашдаги ўртача частота қиймати («Центральная частота»), ТТК ўзгариш оралиғи («Предел КСВ»), ҳисоблашнинг қўшимча нуқталари («Дополнительные точки»), мослаштирувчи қурилмалар («Установки согласования»), мослаштирувчи частота қиймати («Частота согласования»).

Хулоса сифатида шу таъкидлаб ўтиш лозимки, MMANA дастурининг такомиллашган интерфейс ва қўшимча имкониятларга эга бўлган янги талқинлари даврий равишда ишлаб чиқилмоқда. Аммо унинг асосий ишлаш принциплари ўзгармасдан қолмоқда.



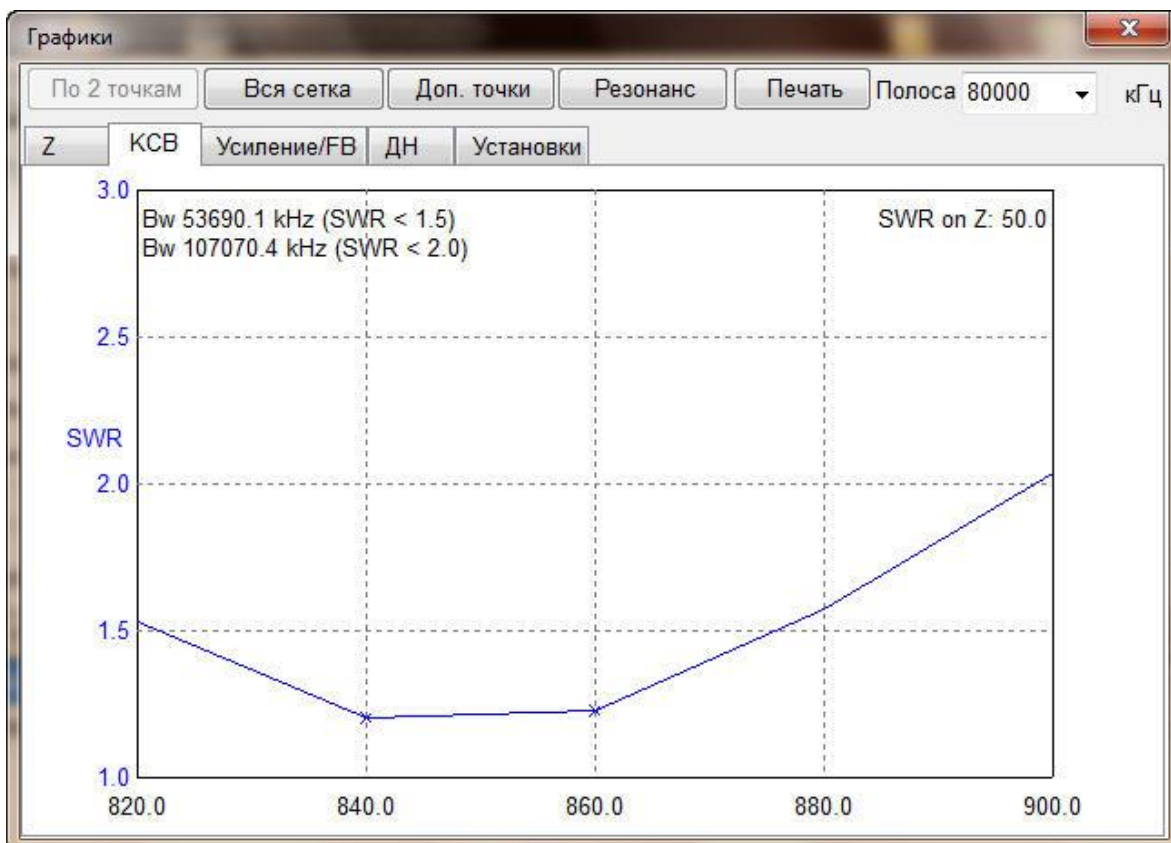
7-расм. «Правка провода» ойнаси, «Плоскость XOZ» варақаси



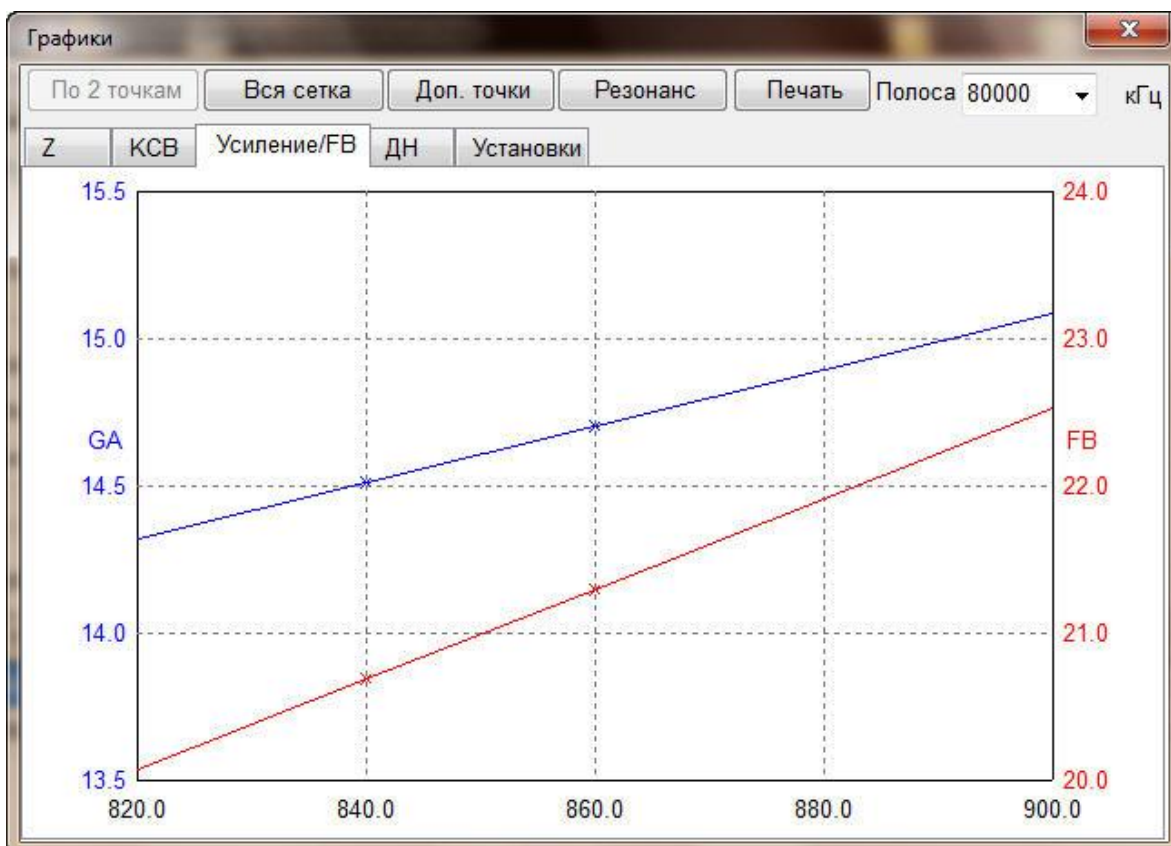
8-расм. «Правка провода» ойнаси, «Плоскость YOZ» варақаси



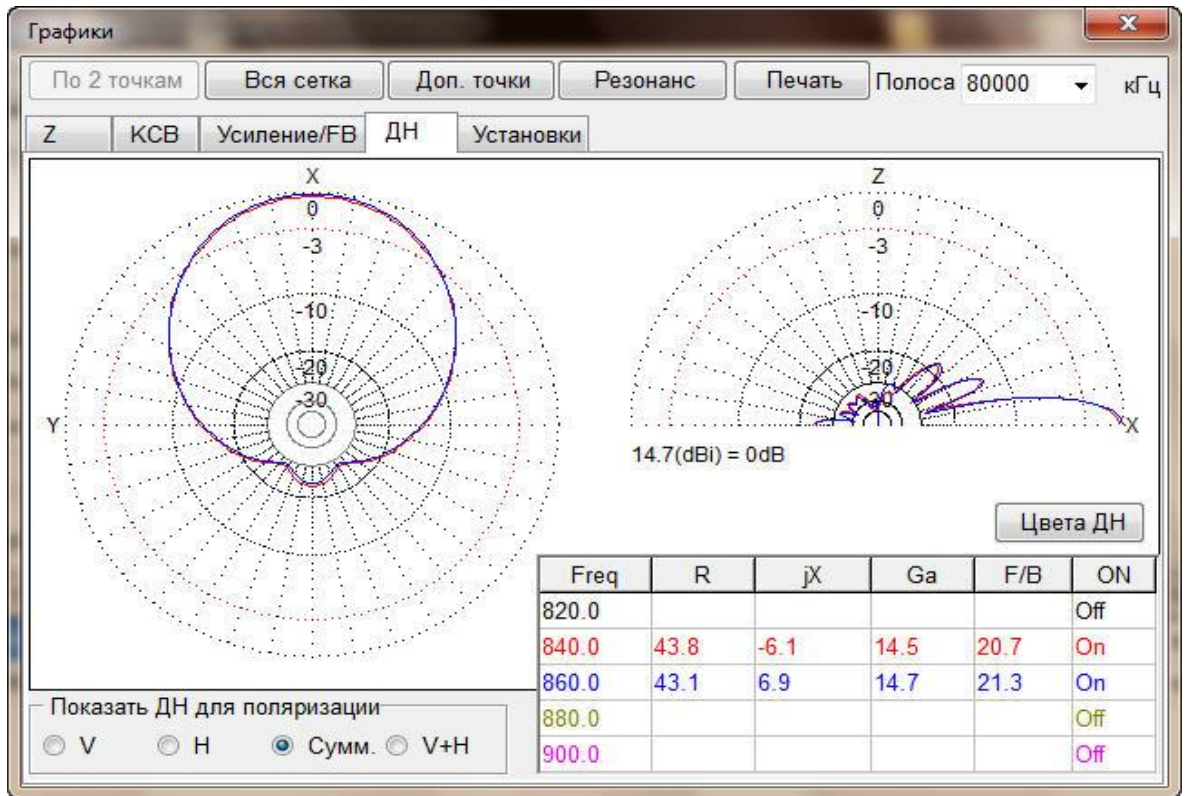
9-расм. Актив ва реактив қаршиликларнинг частотага боғлиқлик ойнаси



10-расм. ТТК частотага боғлиқлик ойнаси



11-расм. Антеннанинг кучайтириш коэффициенти ва химоя таъсир коэффициенти ларнинг частотага боғлиқлик ойнаси.



12-расм. Қурилган йўналганлик диаграммалари ойнаси

V. БУЛИМ

ГЛОССАРИЙ



## VII. ГЛОССАРИЙ

Термин	Ўзбек тилидаги шарҳи
<b>Антенна</b>	радиотўлқинларни нурлатиш ёки қабул қилиш учун мўлжалланган қурилмага айтилади. Антенналар қайтарувчанлик хусусиятига эга бўлиб, ҳам қабул қилувчи, ҳам узатувчи сифатида ишлаши мумкин. Улар бажарадиган вазифасига кўра қабул қилувчи, узатувчи, қабул қилиб – узатувчи турларга бўлинади.
<b>Узатувчи антенна</b>	Фойдали сигнал билан модуляцияланган юқори частотали тебранишнинг эркин тарқалувчи электромагнит тўлқинга айлантиради.
<b>Қабул қилувчи антенна</b>	электромагнит тўлқинларни қабул қилади ва юқори частотали тебранишларга айлантиради
<b>Қутбланиш</b>	текислиги деб, тўлқиннинг тарқалиш йўналишига нисбатан электр майдон кучланганлиги $E$ вектор йўналиши орқали ўтувчи текисликка айтилади. Агар $E$ вектор ер сиртига нисбатан вертикал равишда тарқалса, қутбланиш вертикал деб аталади. Агар $E$ вектор ер сиртига нисбатан горизонтал равишда тарқалса, қутбланиш горизонтал деб аталади.
<b>Антеннанинг таъсир этувчи узунлиги</b>	<i>(<math>l_m</math>)</i> деб, антенна узунлиги бўйлаб бир хил ток тақсимотиغا эга бўлган ва қабул нуқтасида ҳам худди шундай майдон сатҳини ҳосил қилувчи антенна узунлигига айтилади.
<b>Антеннанинг кириш қаршилиги</b>	деб, манба нуқтасидаги кучланишнинг манба нуқтасидаги токка бўлган нисбатига айтилади. Умумий ҳолда бу қаршилик комплекс катталиқ ҳисобланади ва антеннанинг нисбий узунлиги $l / \lambda$ га боғлиқ.
<b>Антеннанинг фойдали иш коэффициенти</b>	нурлатувчи ( $P_\Sigma$ ) қувватнинг антеннага узатиловчи ( $P_O$ ) қувватга бўлган нисбатига тенг, яъни $\eta = P_\Sigma / P_O$
<b>Антеннанинг йўналганлик тавсифи</b>	деб, нурлатувчи антенна ҳосил қилган майдон кучланганлигининг

	<p>антеннадан бир хил узоқликда жойлашган фазодаги кузатув бурчаклари <math>\theta</math> ва <math>\varphi</math> га боғлиқлигига айтилади.</p> <p>Ушбу тавсифнинг график тасвири <math>F(\theta, \varphi)</math> йўналганлик диаграммаси (ЙД) деб аталади.</p>
<b>Нолинчи нурлатишдаги ЙДкенглиги</b>	деб, майдон кучланганлиги 0 гача тушган ораликдаги бурчак 20 айтилади.
<b>Ярим қувват бўйича ЙД кенглиги</b>	деб, қувват зичлиги 2 марта камайган оралик 20.5 айтилади..
<b>Йўналтирилган таъсир коэффициентини -</b>	<p>нурлатувчи антеннанинг берилган йўналишда ҳосил қилинган майдон кучланганлиги квадратининг барча йўналишлардаги майдон кучланганликларининг ўртача қиймати квадратининг нисбатига тенг, яъни <math>D = E_2(\theta_1, \varphi_1) / E_2</math> ўрт</p>
<b>Антеннанинг кучайтириш коэффициентини</b>	<p>- нурлатувчи антеннанинг берилган йўналишда ҳосил қилинган электр майдон кучланганлиги квадрантасини умуман йўналтирилмаган нурлатгич ҳосил қилган майдон кучланганлиги квадрантасининг нисбатига тенг, яъни: <math>G = E_2 A / E_2 H</math>,</p>
<b>Рефлектор(қайтарувчи)</b>	Нурлатишни кучайтириб, олдинги тебраткичга томон йўналтириб берувчи ва қарама-қарши томондаги нурланишни сусайтирувчи тебраткич –
<b>Директор (йўналтирувчи)</b>	Иккинчи тебраткич томон йўналтирилган нурланишни сусайтириб, қарама-қарши томондаги нурланишни кучайтириб берувчи тебраткич
<b>Параболик антенна</b>	(кўзгули ёки рефлекторли) деб, бирламчи нурлатувчи ҳосил қилган йўналтирилмаган электромагнит тўлқинларни ўткир йўналган тўлқинларга айлантириб берувчи қурилмага айтилади.

<b>Спирал антенна</b>	Ўзида спиралсимон ўтказгични мужассамлаштирган бўлиб, унинг бир учи очик, иккинчи учи коаксиал кабельнинг ички ўтказгичи билан туташтирилган. Коаксиал кабельнинг ташқи ўтказгичи эса қобик сиртидан ток оқиб ўтмаслиги учун ясси металл ёки панжарасимон экранга уланган. Шунингдек, у рефлектор вазифасини ўтайди ва антеннанинг орқага нурлатишини камайтиради
-----------------------	---

# VI. БЎЛИМ

АДАБИЁТЛАР  
РЎЙХАТИ

## VIII. АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

### I. Ўзбекистон Республикаси Президентининг асарлари

1. Каримов И.А. Ўзбекистон мустақилликка эришиш оstonасида. - Т.:“Ўзбекистон”, 2011.
2. Мирзиёев Ш.М. Буюк келажакимизни мард ва олижаноб халқимиз билан бирга қурамиз. – Т.: “Ўзбекистон”. 2017. – 488 б.
3. Мирзиёев Ш.М. Миллий тараққиёт йўлимизни қатъият билан давом эттириб, янги босқичга кўтарамиз – Т.: “Ўзбекистон”. 2017. – 592 б.

### II. Норматив-ҳуқуқий ҳужжатлар

1. Ўзбекистон Республикасининг Конституцияси. – Т.: Ўзбекистон, 2017.
2. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги 4947-сонли Фармони.
3. Ўзбекистон Республикасининг “Таълим тўғрисида”ги Қонуни.
4. Ўзбекистон Республикаси Президентининг "Олий таълим тизимини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 2017 йил 20 апрелдаги ПҚ-2909-сонли қарори.
5. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Олий маълумотли мутахассислар тайёрлаш сифатини оширишда иқтисодиёт соҳалари ва тармоқларининг иштирокини янада кенгайтириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 2017 йил 27 июлдаги ПҚ-3151-сонли қарори.
6. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Нодавлат таълим хизматлари кўрсатиш фаолиятини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 2017 йил 15 сентябрдаги ПҚ-3276-сонли қарори.
7. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “2019-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини инновацион ривожлантириш стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида”ги 2018 йил 21 сентябрдаги ПФ-5544-сонли Фармони.
8. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Олий таълим муассасаларида таълим сифатини ошириш ва уларнинг мамлакатда амалга оширилаётган кенг қамровли ислохотларда фаол иштирокини таъминлаш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги 2018 йил 5 июндаги ПҚ-3775-сонли қарори.
9. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 12 июндаги “Олий таълим муассасаларининг раҳбар ва педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида” ги ПФ-4732-сонли Фармони.
10. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2012 йил 26 сентябрдаги “Олий таълим муассасалари педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва уларнинг малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 278-сонли Қарори.

### III. Махсус адабиётлар

1. Warren L. Stutzman , Gary A. Thiele. Antenna Theory and Design. 3rd Edition. John Wiley, 2012.
2. Vitaliy Zhurbenko. Electromagnetic Waves. InTech 2011.
3. Антенны. Б.А.Панченко. Горячая линия – Телеком, 2015
4. EM Modeling of Antennas and RF Components for Wireless Communication Systems Gustrau, Frank, Manteuffel, Dirk, 2006
5. Распространение радиоволн и антенны спутниковых систем связи. Сомов А.М. М.:Горячая линия – Телеком, 2015
6. Антенны КВ и УКВ. Основы и практика . И.В.Гончаренко. М.:Радио, 2006
7. Антенны. Карл Ротхаммель. М.:Данвел 2007
8. Нано-антенны. Б.А.Панченко, М.Г.Гизатуллин. М.:Радиотехника. 2010
9. Логопериодические вибраторные антенны. Б.М.Петров, Г.И.Констромитин, Е.В.Горемыкин. М.:Горячая линия – Телеком, 2005
10. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн. Под редакцией Г.А.Ерохина. М.:Горячая линия – Телеком, 2004
11. Спутники и цифровая радиосвязь. Г.Тяпичев М.:ДЕСЕ, 2004
12. Практические конструкции антенн. Григоров И.Н. М.:Пресс, 2006
13. Электродинамика и распространение радиоволн. В.В.Никольский, Т.И.Никольская. М.:URSS, 2014
14. Гончаренко И.В. Антенны КВ и УКВ. Компьютерное моделирование. ММАНА. М.: ИП Радиософт, журнал «Радио», 2004.

### Интернет ресурслар

1. *Wireless Mobile Telephony*. Arian Durresi. CIS Department. The Ohio State University. <http://www.cis.ohio-state.edu/~durresi/>
2. [http://www.3gpp.org/ftp/specs/archive/33\\_series/33.402/](http://www.3gpp.org/ftp/specs/archive/33_series/33.402/)
3. <http://www.WiMAXforum.org/>