**Мавзу: Бўшлиқли тўлқинўтказгичлар**

**Машғулотнинг мақсади**

Берилган машғулот мавзуси бўйича топшириқни бажариш натижасида талаба қуйидаги тушунчаларни ўзлаштириши керак:

* бўш тўлқинўтказгичларнинг конструкцияси ва ўлчамларининг қабул қилинган белгиланиши;
* тўлқинўтказгичларда тўлқин тарқалишининг геометрик концепцияси;
* электр ва магнит майдонларнинг тўлқинўтказгич ичида тарқалиши, λкр ва γ2 тушунчалари;
* тўлқинўтказгичларда асосий тўлқин параметрларини ҳисоблашни ўрганиш;
* тўлқинўтказгичнинг кўндаланг ва бўйлама кесимидаги *m* ва *n* индекслари қийматини куч чизиқлари ёрдамида тасвирлашни ўрганиш.

**Услубий кўрсатмалар**

Топшириқни бажаришдан аввал қуйидагиларни ўрганиб чиқиш фойдали: ([1] §§ 10.1-10.1.5; 10.2-10.2.3; [2] §§ 14.1-14.3; [3] §§ 9.1-9.2; 9.5; [4] §§ 19.1-19.8; 19.10-19.17)

Электромагнит тебранишларнинг тарқалиш ҳудудини чегараловчи ва оқимни берилган йўналишга йўналтирувчи қурилма узатиш линияси деб аталади. Бу линиялар энергияни манбадан қабул қилгичга узатиш учун қўлланилади, масалан узаткичдан антеннага, антеннадан қабул қилгич киришига ва ҳоказо. Масалан, йўналтирувчи тизимни идеал ўтказувчи сирт сифатида қаралса, шу сирт орқали тўлқинларнинг йўналиш жараёнини ўтказгичдаги ток ва зарядларнинг ўтказгичдан ташқаридаги майдон билан боғлиқлиги орқали тушунтирса бўлади.

Узатиш линияларини икки гуруҳга ажратиш мумкин: очиқ турдаги узатиш линиялари ва ёпиқ турдаги узатиш линиялари, яъни, тўлқинўтказгичлар. Тўлқинўтказгич – бу бир ёки бир неча туташтирилган ўтказгич контур кўринишидаги кўндаланг кесимли, ўтказувчи сиртлардан иборат узатиш линиясидир. Тўлқинўтказгич майдони ташқи қобиқ билан экранланади.

Бўш тўлқинўтказгичлардаги тўлқинларни тадқиқ қилиш қуйидаги шартлар билан бажарилади:

1. тўлқинўтказгичнинг ички юзаси идеал ўтказувчи (σ **= ∞**);
2. тўлқинўтказгичнинг ичи вакуумдир.

Бу чекловлар, масаланинг моҳиятини ўзгартирмаган холда майдон тахлилини осонлаштиради, чунки тўлқинўтказгичлар юқори солиштирма электр ўтказувчанликка эга бўлган металлардан тайёрланади, тўлқинўтказгичнинг ичини тўлдириб турувчи ҳаво эса ўзининг параметрлари бўйича вакуумга ўхшашдир.

**E** ва **H** тўлқинлар тўғри бурчакли тўлқинўтказгичларда *Emn* ва *Hmn* каби белгиланади. Тўлқинўтказгичнинг кўндаланг кесими юзасидаги майдон тузилиши турғун тўлқинларга мувофиқдир. *m* – кенг *а* девордаги турғун яримтўлқинлар сони, *n* – тор *b* девордаги турғун яримтўлқинлар сони (4.1-расм). *m* ва *n* сонларининг қийматига қараб ****, *λкр* ва қолган барча параметрлар ўзгаради. Шунинг учун *m* ва *n* сонлари тўлқинўтказгич турини аниқлаб беради.

, (4.1)

бунда **** - кўндаланг тўлқин сони.

, (4.2)

*λкр* – критик тўлқин узунлиги.

Тўғри бурчакли тўлқинўтказгичда майдон тузилиши, критик тўлқин узунлиги ва бошқа параметрлар бўйича ажралиб турувчи турли хил тўлқинлар тарқалиши мумкин.

Турли тўлқинларда майдон тузилиши турлича бўлганлиги сабабли, кўп тўлқинли режимда қутбланишнинг талаб қилинган кўринишига эришиб бўлмайди. Шунинг учун, бир тўлқинли режимдан фойдаланилади. Бир тўлқинли режимни максимал критик тўлқин узунлигига эга бўлган тўлқиндан фойдаланган холда амалга ошириш қулайдир. Энг катта критик узунликка эга бўлган тўлқин *асосий тўлқин* ҳисобланади (қуйи тартибли тўлқин), тўлқиннинг бошқа турлари эса юқори тартибли тўлқин деб аталади. Тўғри бурчакли тўлқинўтказгичнинг асосий тўлқини *H10* ҳисобланади. Унинг критик тўлқин узунлиги **** га тенг(бунда *m=1*, *n=0*).

*H10* тўлқин энг катта критик тўлқин узунлигига эга, шунинг учун берилган частотада тўлқинўтказгичнинг кўндаланг кесим ўлчамлари энг кичик бўлади. Умуман, тўлқинўтказгичларда ишчи тўлқин сифатида қуйи тартибли тўлқиндан фойдаланиш ижобий натижа беради ва тўлқинўтказгичнинг ўлчамлари ҳамда массасини, ва албатта унинг таннархини камайтирилишига сабаб бўлади.

*H10* тўлқиннинг қутбланиши кучли дискретланган ва ЎЮЧ қурилмалари ва тизимларининг ишлаши учун маъқул келади. Масалан, *H10*  тўлқинли тўғри бурчакли тўлқинўтказгичлар радиореле, радиолокацион ва бошқа сантиметрли диапазон тизимларида фидерлар сифатида кенг қўлланилади.

Айланали тўлқин ўтказгич 4.2-расмда келтирилган. Айланали тўлқинўтказгичлардаги тўлқинлар *Emn* ва *Hmn* каби белгиланади. Уларнинг майдонлари тўғри бурчакли тўлқин ўтказгичдаги тўлқинларга нисбатан кўндаланг координаталарга кўпроқ боғлиқ. Майдоннинг радиал боғлиқлиги Бессель функцияси  ва уларнинг биринчи даражали ҳосиласи  орқали тавсифланади. *m* ва *n* индекслар қуйидагиларни англатади: *m* – тўлқинўтказгичда айлана бўйлаб жойлашган турғун тўлқинлар сони, Бессель функциясининг тартиби ҳам ҳисобланади, *n* – турғун тўлқин майдонининг тўлқин ўтказгич радиуси бўйлаб тақсимланишини ифодалайди.

Айланали тўлқин ўтказгичда асосий тўлқин *H11* ҳисобланади, чунки .

*H11* тўлқинли айланали тўлқинўтказгичлардан узатиш трактларида фидер сифатида фойдаланиш уларнинг паст қутбланиш сифатига эга бўлганлиги билан чекланади. *H11* тўлқиннинг бу хусусияти майдоннинг паразит ортогонал қутбланишли ташкил этувчиларининг пайдо бўлиши билан тушунтирилади. Бу эса, тўлқинўтказгични ишлаб чиқаришда юзага келадиган ноаниқлик туфайли, яъни, кўндаланг кесимнинг эллипссимон бўлиши сабабли келиб чиқади. Лекин, *H11* тўлқинли тўлқинўтказгичнинг калта бўлакларидан турли хил ЎЮЧ қурилмалар тайёрланади: қутблантиргич, фаза айлантиргич, циркулятор ва бошқалар.

**4 - масала**

Тўғри бурчакли ёки айланали тўлқинўтказгичда *f* частотали электромагнит тўлқин тарқалмоқда. Тўлқинўтказгич тури ва унинг ўлчамлари вариантлар жадвалида келтирилган.

Талаб қилинади:

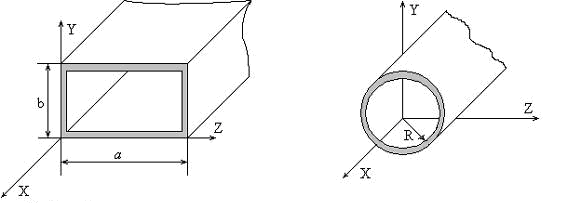
1. Берилган тўлқинўтказгич тури учун асосий тўлқин турини кўрсатинг ва кўндаланг кесимда тўлқин ташкил этувчиларининг амплитуда тақсимоти эпюрларини чизинг. Асосий тўлқиннинг критик узунлигини аниқланг.
2. Тўлқинўтказгичда берилган частотада мавжуд бўлиши мумкин бўлган тўлқин турларининг миқдорини аниқлаш ва уларнинг шартли белгиларини ёзинг.
3. Берилган тўлқинўтказгич учун бир тўлқинли режимнинг частота чегараларини аниқланг ва фақат асосий тўлқин тури тарқаладиган ишчи частоталарининг янги қийматларини танланг.
4. Танланган частотада ҳаво тўлдирилган тўлқинўтказгичдаги асосий тўлқиннинг қуйидаги параметрларини ҳисобланг:

* тўлқинўтказгичдаги тўлқин узунлиги (*λт*);
* фаза тезлиги (*vф*);
* гуруҳий тезлик (*vгур*);
* тавсифий қаршилик (*Zc*);
* фаза коэффициенти (*β*);
* сўниш коэффициенти (*α*).

1. Нисбий диэлектрик сингдирувчанлиги *ε* бўлган қаттиқ диэлектрик билан тўлдирилган тўлқинўтказгич учун ҳам юқоридаги параметрларни ҳисобланг ва натижаларни солиштиринг.
2. Асосий тўлқиннинг бўйлама ва кўндаланг ташкил этувчилари комплекс амплитудалари ифодаларини ҳисоблаб топилган катталикларни қўллаган ҳолда келтиринг.
3. Тўлқинўтказгичнинг кўндаланг ва бўйлама кесимларида куч чизиқлари ёрдамида асосий тўлқиннинг тузилишини тасвирланг.

**Кўрсатма:** Жуфт вариантлар тўғрибурчакли тўлқинўтказгични, тоқ вариантлар эса айланали тўлқинўтказгични хисобласинлар.

Масала вариантлари иловадаги 4 - жадвалда келтирилган.



|  |  |
| --- | --- |
| 4.1-расм. Тўғрибурчакли тўлқинўтказгич | 4.2-расм. Айланали тўлқинўтказгич |

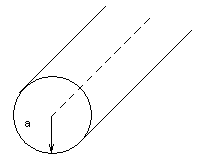
**4 – топшириқ учун назорат саволлари**

1. Узатиш линияларининг турлари, уларнинг хусусиятлари, узатиш линияларига қўйиладиган талаблар. Қўлланиш диапазонлари.
2. Йўналтирилган тўлқинларнинг синфланиши. *T*, *E*, ва *H* синфи тўлқинларининг хусусиятлари ва майдон тузилиши. Уларнинг афзалликлари ва камчиликлари.
3. Бриллюэн концепциясидан фойдаланиб *E* ва *H* синфи тўлқинларининг майдон тузилишидаги фарқини тушунтиринг.
4. Бир тўлқинли режимда ишловчи тўлқинўтказгичларда критик частота ва критик тўлқин узунлиги тушунчалари.
5. Тўғри бурчакли тўлқинўтказгичнинг асосий тўлқини, унинг параметрлари.
6. Айланали тўлқинўтказгичнинг асосий тўлқини, унинг параметрлари.
7. Тўғри бурчакли тўлқинўтказгичдаги *E* ва *H* синфи тўлқинларининг тавсифий қаршиликлари.
8. Айланали тўлқинўтказгичдаги дисперсия турлари. Параметрларнинг частотага боғлиқлиги.
9. Айланали тўлқинўтказгичларда тарқалмайдиган электромагнит майдоннинг мавжуд бўлиш шартлари.
10. Ўлчамлари 22,956,48 мм, 19,059,521 мм бўлган тўғри бурчакли тўлқинўтказгичларнинг ишчи частота диапазонини аниқланг.
11. Радиуси 6,3 мм бўлган айланали тўлқинўтказгич қандай частота диапазонида қўлланилиши мумкин?
12. Ўлчамлари 15,87,9 мм бўлган тўғри бурчакли тўлқинўтказгич кўп тўлқинли режимда қандай частота оралиқларида ишлай олади?
13. 4,12 мм радиусга эга бўлган айланали тўлқинўтказгичда юқори тартибли биринчи тўлқиннинг мавжуд бўлиш частотавий диапазонини аниқланг.

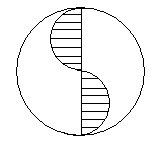
2-масала учун вариантлар бўйича дастлабки маълумотлар

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант  рақами | *f, ГГц* | | | ε | *a, мм* | | | *b, мм* | | |
| а | б | в | а | б | в | а | б | в |
| 1 | 3,0 | 3,2 | 2,9 | 2,5 | 220 | 130 | 140 |  |  |  |
| 2 | 3,5 | 1,2 | 3,0 | 2,8 | 119 | 100 | 130 | 59,0 | 50 | 65 |
| 3 | 3,8 | 4,6 | 3,4 | 3,0 | 120 | 80 | 110 |  |  |  |
| 4 | 4,0 | 2,6 | 2,1 | 3,4 | 117 | 74 | 108 | 58,5 | 35 | 51 |
| 5 | 4,5 | 2,5 | 2,6 | 3,6 | 116 | 56 | 104 |  |  |  |
| 6 | 4,8 | 6,9 | 3,2 | 3,8 | 114 | 48 | 98 | 57 | 24 | 45 |
| 7 | 5,0 | 3 | 2,8 | 4,0 | 112 | 44 | 96 |  |  |  |
| 8 | 5,2 | 4,5 | 1,5 | 4,2 | 110 | 32 | 90 | 55 | 18 | 43 |
| 9 | 5,6 | 2,1 | 1,6 | 4,4 | 108 | 40 | 88 |  |  |  |
| 10 | 6,0 | 4,2 | 3,1 | 4,6 | 102 | 36 | 84 | 51 | 18 | 40 |
| 11 | 6,2 | 2,4 | 1,1 | 4,8 | 100 | 32 | 76 |  |  |  |
| 12 | 6,8 | 12,6 | 6 | 5,0 | 98 | 30 | 80 | 49 | 13,5 | 40 |
| 13 | 7,0 | 3,9 | 1,5 | 5,2 | 94 | 24 | 78 |  |  |  |
| 14 | 7,5 | 5,8 | 4,6 | 5,4 | 92 | 25 | 72 | 46 | 12 | 35 |
| 15 | 7,8 | 6 | 2,1 | 5,6 | 80 | 28 | 68 |  |  |  |
| 16 | 8,0 | 5,7 | 2,4 | 5,8 | 76 | 34 | 60 | 38 | 15 | 31 |
| 17 | 8,2 | 6,3 | 3,8 | 6,0 | 72 | 73 | 58 |  |  |  |
| 18 | 8,6 | 7,3 | 6,4 | 6,5 | 70 | 110 | 92 | 35 | 54 | 45 |
| 19 | 9,0 | 4,2 | 1,6 | 7,0 | 68 | 86 | 86 |  |  |  |
| 20 | 9,2 | 9,1 | 10,8 | 7,4 | 66 | 78 | 76 | 33 | 34 | 37 |
| 21 | 9,6 | 6,8 | 1,2 | 8,0 | 64 | 47 | 70 |  |  |  |
| 22 | 9,8 | 11,4 | 3,4 | 8,8 | 62 | 42 | 50 | 31 | 20 | 24 |
| 23 | 10,0 | 7,25 | 2,6 | 9,2 | 60 | 35 | 48 |  |  |  |
| 24 | 10,3 | 4,1 | 8,0 | 9,8 | 58 | 36 | 42 | 29 | 15 | 20 |
| 25 | 10,6 | 6,4 | 6,6 | 10,2 | 56 | 29 | 38 |  |  |  |
| 26 | 11,0 | 7,8 | 9,0 | 10,6 | 54 | 23 | 36 | 27 | 12 | 16 |
| 27 | 11,3 | 8,7 | 5,9 | 11,0 | 52 | 25 | 30 |  |  |  |
| 28 | 11,6 | 3,6 | 7,0 | 12,0 | 50 | 28 | 86 | 25 | 13 | 12 |

**Ечиш:**



1)Берилган тўлқинўтказгич айланали бўлгани учун, ушбу тўлқинўтказгич учун асосий тўлқин тури . Чунки бу тўлқин енг кичик ***fкр*** ва енг катта *λ****кр*** га ега. Кўндаланг кесимда тўлқин ташкил этувчиларининг амплитуда тақсимоти эпюрлари чизмаси:



**Айланали тўлқинўтказгич учун критик тўлқин узунлиги:**

** = 3.41\*0.22м= 0.75м** λ = 3\*108 / 3\*109 = 0.1м

 - айланали тўлқинўтказгичнинг кўндаланг кесим юзасининг радиуси.

**2)Берилган частотада айланали тўлқинўтказгичда қуйидаги тўлқин турлари мавжуд бўлиши мумкин:**

А) электр тўлқинлар 

Б) магнит тўлқинлар 

Бундан келиб чиқадики, айланали тўлқинўтказгичда берилган частотадаалоҳида и  тўлқинлар мавжуд бўлиши мумкин.

**3) Бир тўлқинли шарти қуйидаги кўринишга эга :**

 2.61\*220 < λ>3.41\*220 = 0.57 < λ<0.75

Бундан келиб чиқадики, берилган, яъни айланали тўлқинўтказгич учун бир тўлқинли режимнинг частота чегаралари қуйидагига тенгдир:

, т.к. 

 *f1* = *f2* = =

Ушбу тенгсизликда айланали тўлқинўтказгич учун бир тўлқинли режимнинг частота чегаралари тенгдир.

Тебранишларнинг ишлчи частотасининг, унда фақат асосий тўлқин турилари, яъни . тарқаладиган янги қийматларини танлаймиз.



**Ишчи тўлқин узунлиги:**



1. Ҳаво тўлдирилган айланали тўлқинўтказгич учун биз танлаган иш частотаси учун асосий тўлқин параметрларини ҳисоблаймиз. Бу масалда идеал айланали тўлқинўтказгич кўриб чиқилгани сабабли:



 - диэлектриклар учун ф-ла.

ε = 1 бўлгани учун, бу ҳолда ишчи тўлқин узунлиги λр ҳаво билан тўлдирилган муҳитдаги тўлқин узунлигига тенг, яъни λр = λ(ҳавода тўлқин узунлиги).

**Айланали тўлқинўтказгич учун:**

**Тўлқин ўтказгичдаги тўлқин узунлиги:**



фаза тезлиги (*vф*)**:**



* гуруҳий тезлик (*vгур*)**:**



тавсифий қаршилик (*Zc*):



фаза коэффициенти (*β*)



Нисбий ўтказувчанлиги **ε** бўлган қаттиқ диелектрик билан тўлдирилган айланали тўлқинўтказгич учун учун асосий тўлқин параметрлари . Бундай ҳолда, ишчи тўлқин узунлиги

 λр =











5) Айланали тўлкин ўтказгичдаги асосий тўлқиннинг бўйлама ва кўндаланг ташкил этувчиларнинг комплекс амплитудалари учун формулалар:

а) айланали тўлкин ўтказгичдаги магнит майдоннинг бўйлама ташкил этувчиси учун ифода:





б) майдоннинг кўндаланг ташкил этувчилари:







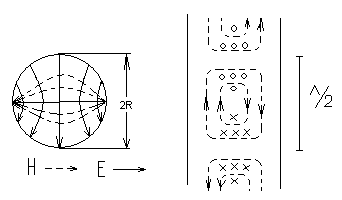


 - Бессель функцияси.

 - Бессель функцияси аргументи.

 - кўндаланг тўлқин сони.

6)Айланали тўлкин ўтказгичдаги асосий тўлкиннинг кўндаланг ва бўйлама кесимларидаги структураси:



Хулоса: