**6-LABORATORIYA ISHI. YO'NALTIRUVCHI TIZIMLARINING KO'NDALANG KESIMIDA T SINFIDAGI TO'LQINLARNING ELEKTROMAGNIT MAYDONINING TUZILISHINI O'RGANISH**

**1. ISHNING MAQSADI**

1. T sinfli to‘lqinlarning yo‘naltiruvchi tizimlarda tarqalish jarayoni asosiy qonuniyatlarini o‘rganish.
2. Elektrostatik analogiya uslubini o‘rganish.
3. T sinfli to‘lqinlarning tuzilishini yo‘naltiruvchi tizimlarning ko‘ndalang kesimida eksperimental tadqiq etish uslubini o‘rganish.
4. T sinfli to‘lqinlarning tuzilishi xaqidagi nazariy ma’lumotlarni amalda tasdiqlash.

**2. QISQACHA NAZARIY MA’LUMOTLAR**

**2.1. Yo‘naltiruvchi tizimlar haqida ba’zi ma’lumotlar**

Elektromagnit to‘lqin energiyasini manbaadan iste’molchiga uzatish uchun (masalan: uzatgichdan antennaga) amalda yo‘naltiruvchi tizimlar qo‘llaniladi. Bo‘ylama yo‘nalishda (z o‘qi bo‘ylab) ko‘ndalang kesimi va uni to‘ldiruvchi muhit hossalari o‘zgarmas bo‘lgan yo‘naltiruvchi tizimlar doimiy (regulyar) hisoblanadi. Yo‘naltiruvchi tizimlardagi maydonni tahlil qilishda biron bir vaqt lahzasi uchun (t=const) maydon tuzilishini aniqlash - maydon vektorlarining tashkil etuvchilarini hisoblash formulalarini aniqlash, ularga binoan maydonning kuch chiziqlari va taqsimot epyuralarini qurish asosiy masala bo‘lib hisoblanadi.

Hisoblash uslubi quyidagi tartibda amalga oshiriladi;

Gelmgols tenglamasigi binoan vektorlarning biron bir bo‘ylama tashkil etuvchisi aniqlanadi;

so‘ngra, Maksvell tenglamalari bo‘yicha topilgan bo‘ylama tashkil etuvchilar orqali maydonning ko‘ndalang tashkil etuvchilari aniqlanadi.

Ushbu uslubni  vektorining bo‘ylama tashkil etuvchisini to‘g‘riburchakli koordinatalar tizimida aniqlash uchun qo‘llanilishini ko‘rib chiqamiz. Tarqalish yo‘nalishi z o‘qiga mos kelganligi uchun hisob formulasiga  ko‘paytma kiritiladi (γ1-yo‘naltirilgan to‘lqin amplitudasi va fazasining o‘zgarishini ko‘rsatuvchi bo‘ylama tarqalish koeffitsiyenti).

Shunga ko‘ra, izlanayotgan funksiyalarni quyidagi ifodalar orqali tasvirlash o‘rinli:

yoki  (2.1)

Tanlangan koordinatalar tizimida qo‘yidagi ko‘rinishli Gelmgolsning birjinsli tenglamasini yechish talab etiladi:

. (2.2)

(2.1) ga hususiy hosila olish amalini qo‘llab (2.2) ni quyidagicha yozishimiz mumkin:

 (2.3)

bu yerda: k-cheksiz (erkin) fazoda to‘lqin tarqalish koeffitsiyenti.

 kattalikni yana ko‘ndalang tarqalish koeffitsiyenti , deb ham atashadi, ya’ni

. (2.4)

Agar (2.3) differensial tenglamani o‘zgaruvchilarni ajratish usuli bilan yechsak, quyidagini hosil qilamiz:



. (2.5)

**N**z bo‘ylama tashkil etuvchisini topishda ham xuddi shu amallar bajariladi va natija ham shunday bo‘ladi.

γ2x i γ2u lar ko‘ndalang to‘lqin koeffitsiyentlari hisoblanadi. Ular γ2 bilan quyidagicha bog‘liq:

 (2.6)

(2.5) ifodaning yechimiga binoan, elektromagnit to‘lqinning bo‘ylama tashkil etuvchisi ko‘ndalang kesim tekisligida sinus va kosinus qonunlari bo‘yicha o‘zgarishi namoyon bo‘ladi. Shunga ko‘ra, γ2x i γ2u koeffitsiyentlari maydonning ko‘ndalang kesimidagi o‘zgarish davrini aniqlab beradi. Har bir juft ko‘ndalang to‘lqin sonlari yo‘naltirilgan elektromagnit to‘lqinning o‘z maydon tuzilishini (to‘lqin turini) aniqlab beradi.

Maydonning **Ye**x, **Ye**u, **N**x va **N**u ko‘ndalang tashkil etuvchilarini topish uchun Maksvell tenglamalarining to‘g‘riburchakli koordinatalar tizimidagi ifodalaridan foydalanamiz. Tenglamalarning koordinatalar o‘qiga proyeksiyalarida **Ye**x, **Ye**u, **N**x va **N**u tashkil etuvchilarining z o‘qidagi hususiy hosilalari quyidagi ko‘rinishga ega:



Yo‘qotishlarsiz doimiy yo‘naltiruvchi tizimlar ko‘ndalang kesimining qar bir bo‘lagida maydon taqsimoti o‘zgarmas bo‘lganligi uchun  ifoda o‘rinli. Bu tenglamaning soddalashtirilgan shakli shaklga ega.

Yuqoridagilarga binoan, Maksvellning birinchi tenglamasining koordinatalar o‘qiga proyeksiyasi quyidagi ko‘rinishga ega:



ikkinchi tenglama esa:



Ushbu tenglamalardan foydalanib, bo‘ylama tashkil etuvchilar orqali ko‘ndalang tashkil etuvchilarning koordinataga bog‘liqligini aniqlaymiz. (2.8 b) va (2.7 a) tenglamalardan foydalanib **Ye**x tashkil etuvchisini hisoblash formulasini topamiz. qolgan tashkil etuvchilarni hisoblash Maksvell tenglamalari proyeksiyalarining kombinatsiyalaridan amalga oshiriladi. Almashtirishlarda (γ12qω2εaμa)q γ22 tengsizlikni ham qo‘llash lozim. Yengil almashtirishlardan so‘ng quyidagi tenglamalar hosil bo‘ladi:

 (2.9)

Turli to‘lqino‘tkazgichlardagi har bir turdagi to‘lqinlar turlicha γ2 koeffitsiyentlarga ega. Bu koeffitsiyentni aniqlash to‘lqino‘tkazgichlar nazariyasining asosiy masalasi hisoblanadi.

Real to‘lqino‘tkazgichlarda mavjud bo‘ladigan ko‘p turdagi to‘lqinlarni 4 asosiy sinfga ajratish mumkin: **T**-sinfli to‘lqin, **Ye-to‘lqin**, **N**-to‘lqin hamda gibrid **YeN va** **NYe**-to‘lqinlar.

T-to‘lqin deb - uning elektr va magnit maydoni kuchlanganliklari vektorlari tarqalish yo‘nalishiga perpendikulyar tekislikda yotuvchi elektromagnit to‘lqinga aytiladi (ya’ni **Ye**z va **N**zq0). **Ye**-to‘lqinda **N**zq0, N-to‘lqinda **Ye**zq0, gibrid to‘lqinda esa ikkala bo‘ylama tashkil etuvchisi ham birgalikda mavjuddir (**Ye**z≠0, **N**z≠0).

**2.2. T-sinfli to‘lqinlar**

Yuqorida aytib o‘tilganidek, T-sinfli to‘lqinlarda bo‘ylama tashkil etuvchilar mavjud emas (**Ye**zq**N**zq0). Ushbu shartni (2.9) ifodaga qo‘ysak, quyidagi tenglama hosil bo‘ladi:

γ22**Ye**x +γ22**Ye**u + γ22**N**u + γ22**N**x = 0. (2.10)

Elektromagnit to‘lqin uzatish liniyasida mavjud bo‘lishi uchun vektorlarning xech bo‘lmasa bir juft proyeksiyalari noldan farqli bo‘lishi lozim (masalan **Ye**x≠0, **N**y≠0). (2.10) shart γ2 q 0 bo‘lganda bajarilai, chunki **Ye**xq0/γ22 shart faqat noaniqlik holatida noldan farqli.

(2.4) ifodadan quyidagiga ega bo‘lamiz:

γ12 q –k2 yoki γ1 q jk, (2.11)

Bunga ko‘ra T-sinfli to‘lqin yo‘naltiruvchi tizimda huddi erkin fazodagi kabi hossalar bilan tarqaladi.

T-sinfli to‘lqin γ2koeffitsiyentining nolga tengligi, ushbu to‘lqinnig tuzilishi chastotaga bog‘liqligini ko‘rsatadi. Ushbu olat eng quyi chastotada ham (fq0, λq∞) o‘rinli (ya’ni doimiy tokda).

Boshqa tomondan, ixtiyoriy uzatish liniyasida:

γ12 q γ22 – k2.

Agar to‘lqino‘tkazgich bo‘laklaridagi yo‘qotishlarni hisobga olmasak:

γ1 q αqjβ ≈ jβ,

ya’ni



yoki



Bunga ko‘ra, γ2≠0 bo‘lgan liniyalarda (**Ye** va **N** sinfli) k > γ2, yoki (2π/λ) > γ2, yoki

 (2.12)

(2.12) ifodani quyidagicha tahlil qilish lozim:

dispersiyali to‘lqinli (**Ye**, **N**, **YeN** va **NYe**) to‘lqino‘tkazgichlarda ixtiyoriy uzunlikli to‘lqin emas, balki, (2.13) shartni qondiruvchi to‘lqinlar yo‘qotishlarsiz tarqaladi.

 (2.13)

T-to‘lqinli liniyalarda esa λkrq∞, ya’ni, ixtiyoriy uzunlikli to‘lqin va doimiy tok ham yo‘qotishlarsiz tarqaladi. Doimiy tok tarqalishi uchun kamida ikkita o‘tkazgich bo‘lishi lozim. To‘lqino‘tkazgichda ham ikkita yoki undan ko‘p o‘tkazgich bo‘lishi lozim.

Aytib o‘tilgan xossalar quyidagi hulosalarga olib keladi:

* T-sinfli to‘lqinning yo‘naltiruvchi tizim ko‘ndalang kesimidagi maydon tuzilishi shu tizimdagi elektrostatik maydon tuzilishiga mos keladi;
* T-sinfli to‘lqinlar faqat elektrostatik maydon mavjud bo‘lishi mumkin bo‘lgan yo‘naltiruvchi tizimlarda (bu shartga koaksial, ikki simli, poloskali to‘lqino‘tkazgichlar kabi ikki yoki undan ortiq o‘tkazgichga ega bo‘lgan yo‘naltiruvchi tizimlar javob beradi).

T-sinfli to‘lqin va elektrostatik maydonning o‘xshashliklari bilan birgalikda, ularning o‘zaro farqlarini ham aytib o‘tish lozim. Bo‘ylama yo‘nalishda T-sinfli to‘lqinning vektorlari vaqt mobaynida o‘zgaruvchan, elektrostatik maydonda esa ushbu vektorlar doimiy qiymatga ega.

**2.3. Elektrolitik vannada elektrostatik maydonni modellash**

Eksperimental tadqiqotlarni o‘tkazish uchun ko‘pincha elektrostatik maydonni doimiy tok elektr maydoni bilan modellanadi [3]. Modellash imkoniyati elektrostatik maydon va doimiy tok elektr maydoni orasidagi analogiya bilan shartlanadi. Bu analogiya quyidagicha ta’riflanadi.

Erkin zaryadlar bo‘lmagan birjinsli dielektrikda elektrostatik maydon tenglamasi

 (2.14)

va tashqi manbalari bo‘lmagan birjinsli o‘tkazgich muhitda doimiy tok va elektr maydoni tenglamasi

 (2.15)

ni ko‘rib chiqamiz.

Bu yerda: - o‘tkazuvchanlik toki vektorining zichligi.

Om qonuniga ko‘ra  (σ - muhit o‘tkazuvchanligi),  ifoda tenglamaga ekvivalent.

(2.14)- va (2.15)-tenglamalarga ko‘ra, ikkala maydon ham potensial maydon bo‘lib, Laplas tenglamasiga javob beradilar.

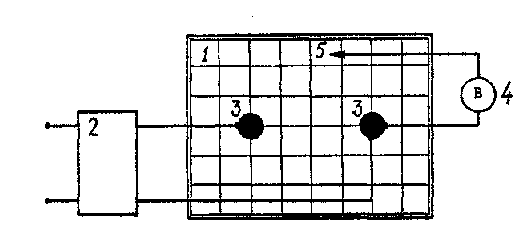
 (2.16)

Ikkala maydonda ham o‘tkazuvchi jismlarning shakli, o‘lchami va o‘zaro joylashuvlarini bir xil deb hisoblasak, o‘tkazuvchi jismlar yuzasidagi potensiallar uchun chegaraviy shartlar bir hil bo‘lganda, (2.16)-tenglamaning yechimi ikkala holatda ham bir hil bo‘lishi tasdiqlanadi. Ma’lumki, elektrostatik maydonda o‘tkazgich yuzasi ekvipotensial sirt hisoblanadi. Doimiy tok maydonida esa o‘tkazgichda tarqalayotgan tok kuchlanish pasayishini hosil qilganligi uchun o‘tkazgich yuzasi ekvipotensial emas. Biroq o‘tkazgich yuzasi yomon o‘tkazgich bilan chegaradosh bo‘lganda, ushbu o‘tkazgichning yuzasini ekvipotensial sirt deb hisoblasa bo‘ladi. Bunda, ikkala maydon uchun chegaraviy shartlar o‘zaro mos bo‘ladi.

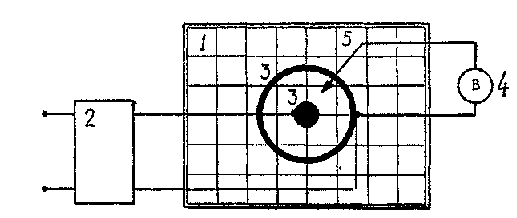
Aytib o‘tilgan analogiya elektrolitik vannada elektrostatik maydonni modellash imkoniyatini beradi. Suv bilan to‘ldirilgan vannada doimiy tok bilan ta’minlanuvchi ma’lum shaklli metall elektrodlar joylanadi. Voltmetr yordamida elektrodlar orasidagi potensiallar farqini o‘lchab, elektrostatik maydonning ekvipotensial sirtini aniqlash mumkin. Tadqiqot vaqtida doimiy tok holatida elektrolitik vannada elektrodlarning qutblanishi kuzatiladi. Ushbu hodisani bartaraf etish uchun tadqiqot past chastotali (chastotasi 50 Gts) o‘zgaruvchan tokda amalga oshiriladi.

**3. LABORATORIYA QURILMASINING TAVSIFI**

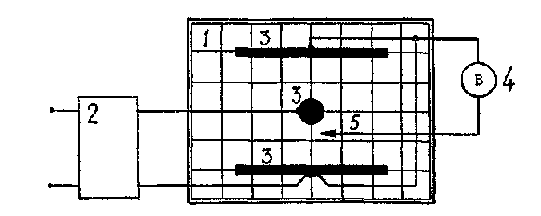
Laboratoriya qurilmasi elektrolitik vanna, ta’minot qurilmasi va zondli voltmetrdan tashkil topgan. Elektrolit sifatida oddiy suvdan foydalanish mumkin. Ta’minot qurilmasi kuchlanishni pasaytiruvchi transformatordan tashkil topgan. Tadqiqot o‘tkazish uchun ikkisimli, koaksial, simmetrik va nosimmetrik uzatish liniyalarining ko‘ndalang kesimidagi maydonni hosil qiluvchi elektrodlar to‘plami mavjud. Uzatish liniyalarining eksperimental sxemalari quyidagi 3.1-a....3.1-g rasmlarda keltirilgan.



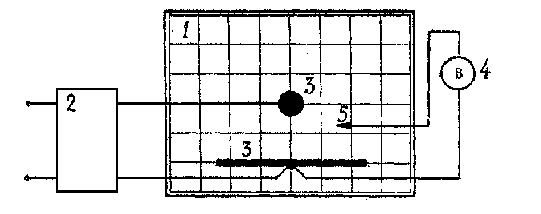
a) ikkisimli liniyaning ko‘ndalang kesimida T-sinfli to‘lqin maydoni tuzilishini tadqiq etish uchun qurilma sxemasi



b) koaksial liniyaning ko‘ndalang kesimida T-sinfli to‘lqin maydoni tuzilishini tadqiq etish uchun qurilma sxemasi



v) simmetrik poloskali liniyaning ko‘ndalang kesimida T-sinfli to‘lqin maydoni tuzilishini tadqiq etish uchun qurilma sxemasi



g) nosimmetrik poloskali liniyaning ko‘ndalang kesimida T-sinfli to‘lqin maydoni tuzilishini tadqiq etish uchun qurilma sxemasi

3.1-rasm. Eksperiment o‘tkaziladigan qurilmaning sxemalari

(1 – elektrolitik vanna, 2 – pasaytiruvchi transformator,

3 – elektrodlar, 4 – voltmetr, 5 – zond)

**4. TOPSHIRIQ**

4.1. quyida sanab o‘tilgan uzatish liniyalari ko‘ndalang kesimlarida modellangan elektrostatik maydonning ekvipotensial sirtlari koordinata nuqtalarini aniqlang:

a) ikkisimli;

b) koaksial;

v) simmetrik poloskali;

g) nosimmetrik poloskali.

4.2. Olingan natijalar bo‘yicha tegishli uzatish liniyalarining ko‘ndalang kesimlaridagi T-sinfli to‘lqin elektr va magnit maydonlari kuch chiziqlarini koordinatalar tizimida grafik ko‘rinishda tasvirlang.

**Diqqat. Ishni bajarish vaqtida texnika xavfsizligi qoidalariga to‘liq amal qilish va quyidagilarga e’tibor berish lozim:**

**a) sxemani yig‘ish va o‘zgartirish vaqtida ta’minot qurilmasini o‘chiring;**

**b) ishni bajarish vaqtida elektrodlar va elektrolitga tegmang;**

**v) zondni himoyalangan qismidan bir qo‘l bilan ushlang va bu vaqtda laboratoriya qurilmasining boshqa qismlariga tegmang.**

1. **ISHNI BAJARISH TARTIBI**

5.1. Ta’minot qurilmasining ulanmaganligiga ishonch hosil qilib, vannani elektrolit (suv) bilan to‘ldiring.

5.2. 3.1-rasm asosida tadqiq etiladigan qurilma sxemasini yig‘ing.

5.3. Yig‘ilgan sxemaning to‘g‘riligini laborant yoki o‘qituvchi tomonidan tekshirilgandan so‘ng, ta’minot qurilmasini yoqing va elektrodlarda Uq20 V kuchlanish o‘rnating (ikkisimli uzatish liniyasi sxemasida Uq25 V).

5.4. Zondni elektrolit bo‘ylab xarakatlantirib, ϕ1q5 V bo‘lgan ixtiyoriy nuqtani toping.

5.5. Zondni xarakatlantirib, ϕ1q5 V potensialli ikkinchi nuqtani toping va tegishli ***x*** va ***u*** koordinatalar qiymatlarini 5.1-jadvalga kiriting.

5.6. 5.4 va 5.5-punktlarda keltirilgan amallarni bajarib, ϕ2q10 V, ϕ3q15 V va (faqat ikkisimli uzatish liniyasi uchun) ϕ4q20 V potensiallarga tegishli ***x*** va ***u*** koordinatalar qiymatlarini yozib oling.

5.7. Ta’minot qurilmasini manbaadan uzib, keyingi sxemani yig‘ing va 5.3...5.6-punktlardagi amallarni qaytaring. Olingan qiymatlarni 5.1-jadvalga kiriting.

5.1-jadval

………………… uzatish liniyasining ko‘ndalang kesimida T-sinfli to‘lqin maydoni tuzilishini tadqiq etish natijalari

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ϕ1q5 B | x |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| y |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ϕ2q10 B | x |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| y |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ϕ3q15 B | x |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| y |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ϕ4q20 B | x |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| y |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

5.8. Jadval asosida tadqiq etilgan uzatish liniyalari ko‘ndalang kesimlarida T-sinfli to‘lqin maydonini kuch chiziqlari yordamida tasvirlang.

Ekvipotensial chiziqlar eksperiment natijasida olingan koordinatalar nuqtalari asosida chiziladi. Elektr maydoni kuch chiziqlari ekvipotensial sirtga perpendikulyar yo‘nalishda o‘tkaziladi. Bunda, o‘tkazgich yuzasi ekvipotensial sirt ekanligini yodda tuting.  vektori potensial kamayishi tomon yo‘nalganligi uchun uning kuch chiziqlari potensiali katta elektroddan boshlanadi.

Bundan tashqari, ekvipotensial sirt katta potensialli elektrodga qanchalik yaqin joylashsa, u yerda shunchalik chiziqlar ko‘p (jips) bo‘ladi.

Yuqorida aytib o‘tilgandek, T-sinfli to‘lqin magnit maydonning kuch chiziqlari elektrostatik maydonning ekvipotensial sirtiga mos keladi. Magnit maydoni kuch chiziqlarining yo‘nalishi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi

.

1. **HISOBOT TARKIBI**

Hisobotda quyidagi ma’lumotlar keltirilishi lozim.

6.1. Ishning nomi va maqsadi.

6.2. Laboratoriya qurilmasining sxemalari

6.3. Eksperimental tadqiqot natijalari.

6.4. Tadqiq etilgan yo‘naltiruvchi tizimlar ko‘ndalang kesimlarida T-sinfli to‘lqin maydonining kuch chiziqlarini tasvirlang.

1. **NAZORAT SAVOLLARI**

7.1. qanday to‘lqin T-sinfli to‘lqin deyiladi? ([1] §13.2; [2]§§2.4, 2.7; [3] §§17.2, 17.3).

7.2. Kritik chastota (kritik to‘lqin uzunligi) deb nimaga aytiladi? T-sinfli to‘lqinning kritik chastotasi (kritik to‘lqin uzunligi) nimaga teng? ([l]§§13.4, 13.5; [2]§2.4; [3]§§18.2, 18.3).

7.3. T-sinfli to‘lqinning yo‘naltiruvchi tizimda mavjud bo‘lish sharti qanday? ([1] §13.4; [2] §2.4; [3] §§18.2, 18.3).

7.4. Yo‘naltiruvchi tizimlarda T-sinfli to‘lqin qanday faza tezligi bilan tarqaladi? ([l] §13.5; [2] §2.3; [3] §18.3).

7.5. Yo‘naltiruvchi tizimlarning ko‘ndalang kesimida T-sinfli to‘lqinning kuchlanganlik vektori qanday tenglamalarni qoniqtiradi? ([1] §13.5; [2] §2.3).

7.6. T-sinfli to‘lqinlar qanday yo‘naltiruvchi tizimlarda majud bo‘ladi? ([1] §13.5; [2]§2.5; [3]§17.3).

7.7. T-sinfli to‘lqinning vektorlari o‘zaro qanday bog‘liq? Bu vektorlarning o‘zaro joylashuvi qanday? ([1] §13.5; [3] §18.3).

7.8. Bir yo‘naltiruvchi tizimning o‘zida T-sinfli to‘lqin va elektrostatik maydon tuzilishlaridagi farq va o‘xshashlikni ko‘rsating. ([1] §13.5).

7.9. Elektr maydoni kuchlanganligi vektoriga ta’rif bering. U qanday birliklarda o‘lchanadi? ([l] §1.2; [3] §2.3).

7.10. Maydon vektorlarining kuch chiziqlari nima? ([l] §1.4; [3] §2.3).

7.11. Ekvipotensial sirt deb nimaga aytiladi? ([1] §6.2).

7.12.  vektorining kuch chiziqlari ekvipotensial sirtga qanday yo‘nalgan? ([l]§6.2).