

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI AXBOROT
TEXNOLOGIYALARI VA KOMMUNIKATSIYALARINI
RIVOJLANTIRISH VAZIRLIGI**

**MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI
TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI
UNIVERSITETI**

Aripova Umida Xayrullaevna

ANTENNA ASOSLARI

fanidan

O‘QUV QO‘LLANMA

1 - qism

Toshkent– 2019

Muallif: Aripova U.X. Antenna asoslari.1- qism. O‘quv qo‘llanma.
– Toshkent, TATU, 2019, 128 b.

Maskur o‘quv qo‘llanmada telekommunikatsiyaning zamonaviy simsiz tizimlari antennalarining vazifalari, tasniflanishi, xarakteristikalari va parametrlari ko‘rib chiqilgan. Qo‘llanmaning birinchi qismida simmetrik tebratgich hamda bog‘liq vibratorlar tizimining asosiy elektr va yo‘nalganlik xususiyatlari, antenna panjaralar yordamida tor yo‘nalganlik diagrammalarini hosil qilish, qo‘zg‘atilgan yassi yuzaning nurlatishi haqida batafsil ma’lumotlar keltirilgan.

O‘quv qo‘llanma 5350100 - “Telekommunikatsiya texnologiyalari” (Teleradioeshittirish, Mobil tizimlar) yo‘nalishlarida ta’lim olayotgan talabalar uchun mo‘ljallangan.

Uslubiy ko‘rsatma Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti ilmiy-uslubiy Kengashining qarori bilan chop etishga tavsiya etilgan (2019 yil 23 aprel 10 (122) – sonli bayonnoma).

Taqrizchilar: Yarmuxamedov A.A. – texnika fanlari nomzodi, dotsent

Pulatov Sh.U. – texnika fanlari nomzodi, dotsent

©Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti, 2019

1. ANTENNALARNING TASNIFLANISHI VA PARAMETRLARI

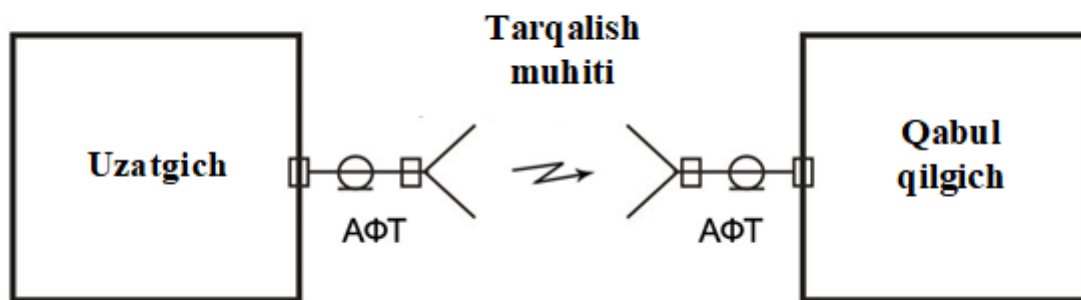
1.1. Radioto‘lqinlarni nurlatish va qabul qilishning umumiy tamoyillari

Antenna deb, elektromagnit to‘lqinlarni nurlatish yoki qabul qilish uchun mo‘ljallangan qurilmaga aytiladi. Antennalar radio to‘lqinlarni erkin fazoda tarqalishini ta'minlovchi, shuningdek, turli telekommunikatsiya tizimlarini ishlashi uchun zarur bo‘lgan simsiz aloqa kanallarini tashkillashtiruvchi juda muhim qurilma hisoblanadi.

Uzatuvchi antenna deb, uning kirishiga uzatgich chiqishidan fider liniyasi orqali yetib kelgan tok shaklidagi yuqori chastotali tebranishlarni fazoda nurlanuvchi elektromagnit to‘lqinlarga aylantirib beruvchi qurilmaga aytiladi.

Qabul qiluvchi antenna deb, fazodagi elektromagnit to‘lqinlarni ushlab, ularni qaytadan yuqori chastotali tokka aylantirib, fider liniyasi orqali qabul qilgichning kirish zanjiriga uzatuvchi qurilmaga aytiladi.

Quyidagi 1.1-rasmda radioaloqa liniyasining soddalashgan sxemasi keltirilgan bo‘lib, u uzatgich va qabul qilgichdan hamda uzatuvchi va qabul qiluvchi antennalarning to‘lqin o‘tkazgich trakti elementlaridan tashkil topgan. Antennalar o‘rtasida radio to‘lqinlar tarqaladigan fazo yoki muhit mavjud.



1.1- rasm. Radioaloqa liniyasining soddalashgan sxemasi

To‘lqin o‘tkazgich trakti be’vosita to‘lqin o‘tkazgich (koaksial, to‘ldirilgan, yassi va h.k.) hamda uning elementlari bo‘lgan: raz’emlar, burilish qurilmalari, tarmoqlagichlar va boshqalardan tashkil topgan. Antenna bilan to‘lqin o‘tkazgich trakti o‘zaro biriktirilganda hosil bo‘lgan tizim antenna-fider trakti (AFT) deb ataladi.

Ixtiyoriy antenna ikkita asosiy vazifani bajaradi – qayta o‘zgartiruvchi (moslashtiruvchi element) va konsentrator (kuchaytirgich).

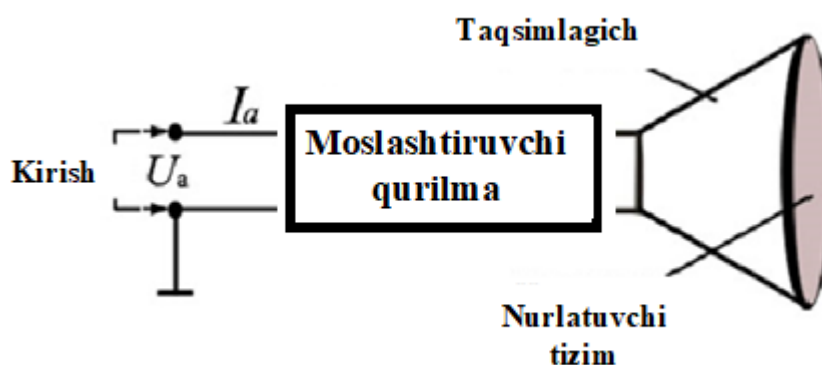
Birinchisi yuqori chastotali tokni elektromagnit to‘lqinga (uzatuvchi antenna), yoki aksincha, elektromagnit to‘lqinni yuqori chastotali tokka (qabul qiluvchi antenna) aylantirib beradi.

Antennaning umumlashgan struktura sxemasi 1.2-rasmda keltirilgan bo‘lib, unda: kirish (U_a – antenna kirishidagi kuchlanish, I_a – antennadagi tok), moslashtiruvchi element, taqsimlagich va nurlatuvchi tizimlarni ko‘rsatish mumkin.

Odatda, antenna kirishi deganda, berilgan to‘lqin turiga ega bo‘lgan uzatish liniyasining ko‘ndalang kesimi tushuniladi. Zamonaviy antennalar bir nechta, ba’zida esa yuzlab, minglab kirishlarga ega

bo'lishi mumkin. Bu kirishlar antennalarga bir vaqtning o'zida bir nechta chastotalarda ishlash, bir vaqtning o'zida uzatuvchi va qabul qiluvchi sifatida ishlash, shuningdek, bir-biriga bog'liq bo'lmagan turlicha yo'nalganlik xarakteristikalarini hosil qilish imkonini beradi.

Antennalar uzatuvchi va qabul qiluvchi qurilmalarga moslashtiruvchi qurilma yordamida biriktiriladi. Bu yerda, moslashtiruvchi qurilmaning asosiy vazifasi manba liniyasini yugurmato'lqinga yaqin bo'lgan rejim bilan ta'minlashdan iborat. Amaliyotda an'anaviy tor polosali va keng polosali ulanish sxemalari bilan bir qatorda, taqsimlagichning konstruktiv o'lchamlarini ratsional tanlash orqali ham antennalar kirishini moslashtirish imkoniyatlaridan foydalaniladi.



1.2-rasm. Antennaning tarkibiy sxemasi

Taqsimlagich o'tkazgichlardan va dielektriklardan tayyorlangan bo'lib, uning asosiy vazifasi elektromagnit maydon energiyasini fazoda konsentratsiyalashdan iborat. Uning shakli berilgan yo'nalishda talab etilgan yo'nalganlik xarakteristikasi bilan ta'minlay oladigan tok taqsimotini hosil qilishga mo'ljallangan bo'lishi kerak.

Nurlatish tizimi o'zida fazoning elektromagnit to'lqinlarni qo'zg'atuvchi tok oqib o'tadigan sohasini mujassamlashtiradi. Antennalar qaytuvchanlik prinsipiga asoslanganligi sababli, xuddi shu talabalarni qabul qiluvchi antennalarga nisbatan ham qo'llash mumkin.

Amaliy jihatdan barcha real antennalar yo'nalgan hisoblanadi. Ya'ni, ixtiyoriy antenna fazoning ma'lum sohasida nurlatilgan elektromagnit to'lqin energiyasini jamlaydi. Lekin shu bilan birga, ba'zi nurlatuvchi antennalar faqat asosiy tekislik bo'yicha maksimal nurlatib, boshqa yo'nalishlarda yo'nalganlik xususiyatiga ega emasligini yoddan chiqarmaslik kerak. Shu sababli antennalarning yo'nalganlik darajalarini aniqlash uchun ular ideallashtirilgan absolyut yo'nalmagan (izotrop) antenna bilan solishtiriladi.

Endi radio to'lqinlarni tarqalishining umumiy prinsiplarini ko'rib chiqamiz.

Radioto'lqinlar asosan to'rt xil usulda tarqaladi:

1. to'g'ri (radio to'lqinlarni erkin fazoda uzatuvchi antennadan qabul qiluvchi antennaga to'g'ri chiziqli traektoriya bo'yicha tarqalishi);
2. akslanish (radio to'lqin o'lchamlari to'lqin uzunligidan ancha katta bo'lgan ob'yektlarga tushganda o'z sohasiga ega bo'lishi);
3. diffraksiya (radio to'lqinlarni o'tkir qirrali to'siqlarga tushishi natijasida ikkinchi darajali to'lqinlarning hosil bo'lishi. Yuqori chastotalarda esa diffraksiya ham akslanish kabi ob'yektning geometrik shakliga, shuningdek, maydon amplitudasi, fazasi va qutblanishiga bog'liq bo'ladi);
4. sochilish (radio to'lqinlar o'lchamlari to'lqin uzunligidan ancha kichik bo'lgan ob'yektlarga tushganda o'z sohasiga ega bo'lishi).

Radio to‘lqinlarning tarqalish tabiati va ularning parametrlari asosan chastotaga bog‘liq. Bundan tashqari, radio to‘lqin tarqalayotgan muhit va bo‘linish chegaralari ham muhim ahamiyat kasb etadi. Masalan, ulardan eng ko‘p kuzatiladigani “havo-yer” turidagi bo‘linish chegarasi hisoblanadi.

Radio to‘lqinlar real muhitda tarqalganda so‘nadi. Ularning so‘nish darajasi quyidagi elektrodinamik muhit parametrlari orqali aniqlanadi: ε – nisbiy dielektrik singdiruvchanlik, μ – nisbiy magnit singdiruvchanlik, σ – solishtirma o‘tkazuvchanlik. Ushbu parametrlar qabul qiladigan qiymatlarga ko‘ra muhitlar sinflanadi: dielektrik, yarim o‘tkazgich, o‘tkazgich.

Dielektrik xususiyatlarga ega bo‘lgan muhitlarda radio to‘lqinlarning so‘nishi eng minimal darajada kuzatiladi. Yarim o‘tkazgich muhitlarda yo‘qotishlar sezilarli, o‘tkazgich muhitlarda esa radio to‘lqinlar umuman tarqalmaydi.

Shuningdek, radio to‘lqinni butun fazo bo‘ylab yoki ma’lum bir yo‘nalishda tarqalishi hisobiga ham uning energiyasini susayishi kuzatiladi. Ya’ni, qabul qilgich uzatgichdan qancha uzoqda joylashgan bo‘lsa, birlik yuzaga shuncha kam energiya to‘g‘ri keladi va undan ham kam qismi qabul qiluvchi antennaga yetib keladi.

Vakuumba muhit ta’sirida susayishlar kuzatilmaydi, lekin, masofa hisobiga yuzaga kelgan energiya sochilishi signal sathini sezilarli kamayishiga olib keladi.

1.2. Antennalarning tasniflanishi

Antennalarni turli me'zonlar bo'yicha tasniflash mumkin. Aksariyat hollarda antennalar quyidagicha tasniflanadi:

- nurlatilgan maydonni hosil qilish xususiyatiga ko'ra;
- diapazonlik xususiyatiga ko'ra;
- yo'nalganlik xususiyatiga ko'ra.

Antennalarni nurlatilgan maydonni hosil qilish xususiyatiga ko'ra tasniflanishi

1. Uncha katta o'lchamda bo'lmagan antennalar ($l < \lambda$), 10 kHz ... 1 GHz chastota diapazonlari uchun. Bu turga yakka tebratgichli antennalar va tirqishli nurlatgichlar, chiziqli va mikrochiziqli antennalar, ramkasimon antennalar va chastotaga bog'liq bo'lmagan antennalar kiradi.

2. Yugurma to'lqinli antennalar ($\lambda < l < 10 \lambda$), 3 MHz ... 10 GHz chastota diapazonlari uchun. Bu turga spiralsimon, direktorli, dielektrik, impedans antennalar kiradi.

3. Antenna panjaralari ($\lambda < l < 100\lambda$), 3 MHz ... 30 GHz chastota diapazonlari uchun. Bu turdagi antennalar ko'p sonli alohida nurlatgichlardan tashkil topgan bo'lib, panjaradagi har bir elementn fazasini mustaqil o'zgartirish orqali antennani qo'zg'atish mumkinligi uning yo'nalganlik diagrammasini elektr boshqarish imkonini beradi. Amaliyotda chiziqli, yassi, xalqasimon turdagi antenna panjaralaridan foydalaniladi. Antenna panjaralari asosida shovqinli sharoitlar vujudga

kelganda moslasha oladigan signalni qayta ishlovchi antenna tizimlarini (adaptiv) ham hosil qilish mumkin.

4. Apertur antennalar ($\lambda < l < 1000\lambda$), 100 MHz ... 100 GHz chastota diapazonlari uchun. Apertura – nurlatuvchi metall yuza degan ma’noni bildiradi. Bu turdagi antennalardan eng ko‘p tarqalganlari ko‘zguli, ruporli, linzasimon antennalar hisoblanadi. Shuningdek, apertur antennalarga antenna panjarasi ko‘rinishidagi “duragay” antennalar ham kiradi. Apertur antennalar optik prinsiplarga asoslangan holda qurilgan bo‘lib, o‘ta yuqori yo‘naltirilgan nurlanishni ta’minlaydi. Shu sababli apertur antennalar hosil qilgan yo‘nalganlik diagrammalariga “ignasimon” deb nom berilgan.

Antennalarni diapazonlik xususiyatlari bo‘yicha tasniflanishi

– tor polosali (yo‘nalgan), nisbiy ishchi chastotasi nominal chastotaning 10% kam;

– keng polosali, nisbiy ishchi chastotasi nominal chastotaning 10 ... 50% oralig‘ida;

– diapazonli, qamrash chastotasining koeffitsienti (f_{max} / f_{min}) taxminan 2 ... 5 tashkil etadi;

– chastotaga bog‘liq bo‘lmagan antennalar, qamrash chastotasining koeffitsienti (f_{max} / f_{min}) taxminan 5 dan katta.

Antennaning diapazonlik xususiyati uning asosiy parametrlarini chastotaga bog‘liqligi bilan xarakterlanadi. Ko‘pincha antennaning diapazonligi haqida gap ketganda, antenna bir chastotadan

ikkinchisiga o'tganda, uning yo'nalganlik va elektr xususiyatlari qanchalik o'zgarishi nazarda tutiladi.

Antennalarni yo'nalganlik xususiyati bo'yicha tasniflanishi

- sust yo'nalgan;
- yo'nalgan;
- tor yo'nalgan.

Sust yo'nalgan antennalar kam yo'nalganlik xususiyatiga ega bo'lib, ular odatda uzatuvchi va qabul qiluvchi antennalar orasida to'g'ridan - to'g'ri ko'rish masofasida, signal sathi yuqori bo'lgan radio tizimlarda ishlash uchun mo'ljallangan. Masalan, simmetrik tebratgich va uning turli ko'rishishlarini keltirish mumkin.

Yo'nalgan antennalar yuqori yo'nalganlik xususiyatlariga ega bo'lib, fazoda elektromagnit maydon energiyasini yuqori konsentratsiyasini hosil qiladi. Yo'nalgan antennalar sarasiga direktorli, dielektrik antennalarni kiritish mumkin.

Tor yo'nalgan antennalar o'ta yuqori yo'nalganlik xususiyatiga ega bo'lib, uzoq va haddan ziyod uzoq bo'lgan masoqalarda radioaloqani tashkillashtirish imkonini beradi (masalan, Yer va sun'iy yo'ldosh aloqasida). Tor yo'nalgan antennalarga misol tariqasida ko'p elementli antenna panjaralarini, ko'zguli - parabolik antennalarni keltirish mumkin.

1.3. Antennalarning yoʻnalganlik xususiyatlari

Yuqorida taʼkidlab oʻtilganidek, ixtiyoriy antenna fazoning belgilangan yoʻnalishida elektromagnit maydon energiyasini konsentratsiyalash xususiyatiga ega.

Antenaning yoʻnalganlik xususiyatini yoʻnalganlik amplituda xarakteristikasi (yoʻnalganlik xarakteristikasi – YX) deb nomlanuvchi parametr orqali ifodalash qabul qilingan. *Yoʻnalganlik xarakteristikasi* deb, nurlatuvchi antenna hosil qilgan maydon kuchlanganligi amplitudasining $A(\theta, \varphi)$ antennadan bir xil masofa uzoqlikda joylashgan ($r = \text{const}$) fazodagi kuzatuv burchaklari θ va φ ga bogʻliqligiga aytiladi. Odatda, YX ikkita: meridional va azimutal (ekvatorial) tekisliklarda koʻrib chiqiladi.

Antennaning YX jadval yoki formula koʻrinishida ifodalanishi mumkin. Jadval koʻrinishdagi YX fizik oʻlchashlar natijasida aniqlanadi. Bunda, tadqiq etilayotgan qabul qiluvchi antenaning elektr maydon sathini berilgan H tekislikdagi burchak koordinatalariga bogʻliqligi tadqiq etiladi. Olingan natijalar YX qiymatlari boʻlib, jadvalga kiritiladi.

Formula shaklida esa, tadqiq etiladigan har bir antenaning konstruktiv tuzilishidan kelib chiqqan holda hisoblanadi. Bu yerda ham maydon sathining burchak koordinatalariga bogʻliqligi koʻrinishidagi hisoblash natijalari jadvalga kiritiladi. Lekin amaliyotda aksariyat antennalarning YX fizik oʻlchashlarga asoslangan holda tadqiq etiladi. Faqat baʼzi antennalargina tenglama yordamida hisoblanadi.

Shuningdek, antenaning yoʻnalganlik faza xarakteristikasi deb nomlanuvchi parametri ham mavjud (YFX). *Yoʻnalganlik faza xarakteristikasi* deb, antenna kuzatuv nuqtasida hosil qilgan maydon kuchlanganligi fazasining $\Psi(\Theta, \varphi)$ antennadan bir xil masofa uzoqlikda joylashgan ($r=const$) fazodagi kuzatuv burchaklari Θ va φ ga bogʻliqligiga aytiladi.

Elektromagnit maydonning vektor xususiyatlari eʼtiborga olinmagan uzoq zonadagi ixtiyoriy real antenaning kompleks elektr maydon kuchlanganligi amplitudasi quyidagi koʻrinishga ega boʻladi:

$$\dot{E}(\Theta, \varphi) = A f(\Theta, \varphi) \exp[i \Psi(\Theta, \varphi)]. \quad (1.1)$$

Formulada keltirilgan $f(\Theta, \varphi)$ faqat kattalikni emas, balki maydon kuchlanganligini ham ifodalaydi. Chunki $f(\Theta, \varphi)$ funksiya noldan oʻtishi bilan uning ishorasi oʻzgaradi, bu esa maydon kuchlanganligi fazasini 180° ga sakrashiga mos keladi. Shu sababli, bu funksiyaning moduli $|f(\Theta, \varphi)|$ amplituda YX hisoblanadi.

Umumiy holatda YX vektor va kompleks kattalik hisoblanadi. Formuladagi $f(\Theta, \varphi) \exp[i \Psi(\Theta, \varphi)]$ ifoda antenaning kompleks YX deb ataladi. U antennani uzoq zonasidagi nurlatilgan elektromagnit maydonning burchak taqsimotini va faza xususiyatlarini toʻliq ifodalaydi. Antenaning YX uning oʻlchamlariga, shakliga, shuningdek, qoʻzgʻatuvchi tok taqsimotiga bogʻliq.

Antennalar texnikasida uning absolyut oʻlchamlaridan koʻra, elektr maydon kuchlanganligining kuzatuv nuqtasiga bogʻliqlik xususiyati koʻproq ahamiyatli hisoblanadi. Shu sababli, meʼyorlashgan YX dan

foydalanish qulay hisoblanadi. Ya'ni, antenaning ixtiyoriy yo'nalishdagi maydon kuchlanganligi qiymatlarini maksimal nurlanish yo'nalishdagi maydon kuchlanganligi qiymatiga nisbati orqali ifodalanadi:

$$F(\Theta, \varphi) = |E(\Theta, \varphi)| / |E_{max}(\Theta_0, \varphi_0)| = f(\Theta, \varphi) / f_{max}(\Theta_0, \varphi_0). \quad (1.2)$$

Bu yerda, $F(\Theta, \varphi)$ ning maksimal qiymati doim birga teng bo'ladi.

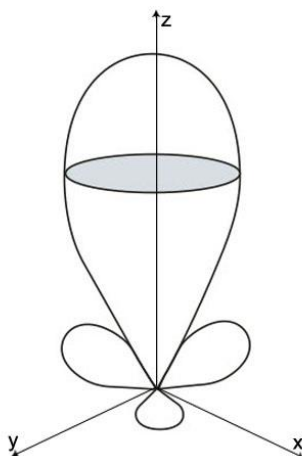
YX asosida qurilgan grafik tasvir *antennaning yo'nalganlik diagrammasi* (YD) deb ataladi. Odatda YD maydoniy yoki dekart (to'g'ri burchakli) koordinatalar tizimida tasvirlanadi (1.3 - 1.5 rasmlar). Ba'zida esa fazoviy YD kartografiya usulida tasvirlashdan ham foydalaniladi.

Uch o'lchovli fazoda tasvirlangan YD antenaning yo'nalganlik xususiyatlarini samarali baholash imkonini beradi, ammo bu ko'rinishda YD qurishda bir qator noqulayliklar mavjud.

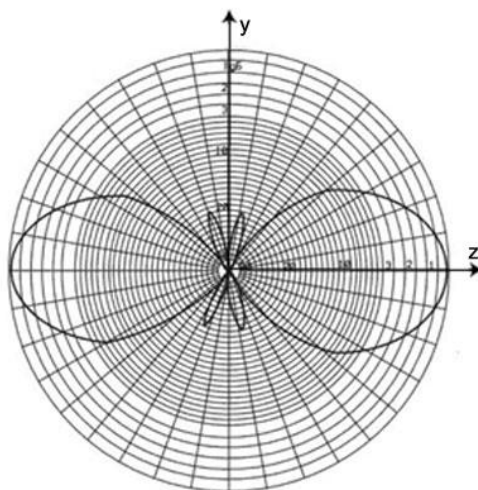
Asosan o'zaro perpendikulyar bo'lgan ikkita: vertikal (E vektor tekisligi) va gorizontal (H vektor tekisligi) tekisliklarda qurilgan YD lari antenaning yo'nalganlik xususiyatlarini ko'rib chiqish imkonini beradi.

Ammo bunda yuqorida keltirilgan ma'lumotlar faqat chiziqli qutblangan to'lqinlarni nurlatuvchi (qabul qiluvchi) antennalar uchungina o'rinli ekanligini doim yodda saqlash kerak. Sababi, aylanma maydon nurlanishida E va H tekisliklari haqidagi tushunchalar mutlaqo o'rinsiz hisoblanadi.

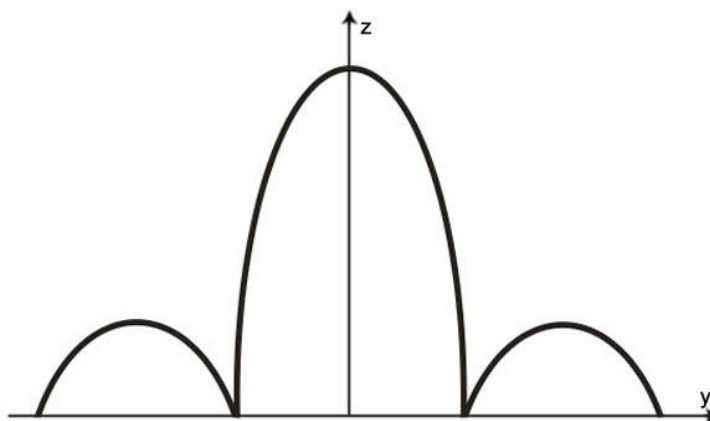
Quyida (1.3 - 1.5 rasmlar) turli tekisliklarda tasvirlangan YD lari keltirilgan.



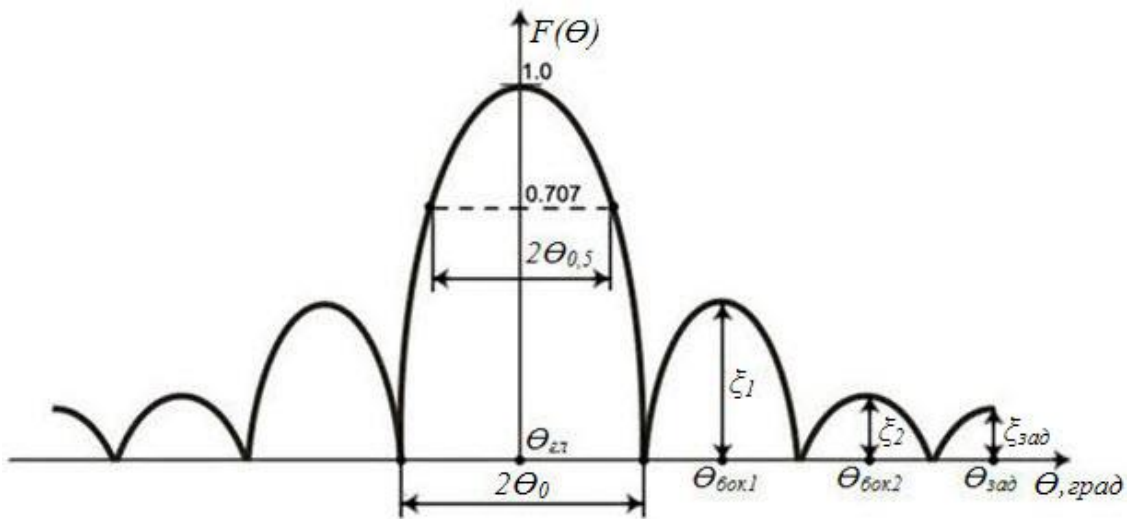
1.3-rasm. Fazoviy yo‘nalganlik diagrammasi



1.4 - rasm. Maydoniy koordinatalar tizimida yo‘nalganlik diagrammasi



1.5- rasm. Dekart koordinatalar tizimida yo‘nalganlik diagrammasi



1.5 - rasm. Yo‘nalganlik diagrammasi parametrlari

Antennaning YD bosh bargcha, yon bargchalar va orqa bargchadan tashkil topadi (1.6 - rasm).

YD bosh bargchasi deb, antennaning maksimal nurlatishi oraliq‘idagi sohasiga aytiladi. Unga nisbatan 180^0 burchak ostida joylashgani bargchaga **orqa bargcha** deb ataladi. Bosh va orqa bargchalardan qolganlari **yon bargchalar** deb nomlanadi.

YD to‘liq quvvat bo‘yicha kengligi ($2\theta_0$) deb, maydon kuchlanganligi nolgacha tushgan oralikdagi burchakka aytiladi.

YD yarim quvvat bo‘yicha kengligi ($2\theta_{0.5}$) deb, quvvat zichligi $\sqrt{0.5}$ marta (0.707) kamaygan oraliq aytiladi.

YD bosh bargchasi quyidagi parametrlar bilan xarakterlanadi:

– graduslarda o‘lchanuvchi θ_{bosh} yo‘nalishi hamda marta yoki detsibellarda o‘lchanuvchi sathi;

- graduslarda o‘lchanuvchi YD ning nol nurlanishdagi to‘liq quvvat bo‘yicha kengligi $2\theta_0$;
- graduslarda o‘lchanuvchi YD ning yarim quvvat bo‘yicha kengligi $2\theta_{0,5}$;

YD yon bargchalari quyidagi parametrlar bilan xarakterlanadi:

- soni;
- graduslarda o‘lchanuvchi θ_{yon} yo‘nalishi;
- martta yoki detsibellarda o‘lchanuvchi ξ_{yon} sathi;

Orqa bargchalar θ_{orqa} yo‘nalishi va martta yoki detsibellarda o‘lchanuvchi ξ_{orqa} sath bilan xarakterlanadi.

Yon bargchalarning sathi quyidagi formula orqali ifodalanadi:

$$\zeta_n = |E_N| / |E_{max}| = f(\theta_1, \varphi_1) / f_{max}(\theta_0, \varphi_0) = F(\theta_1, \varphi_1) \quad (1.3)$$

Antennaning yo‘nalganlik xususiyatlarini **yo‘nalganlik koeffitsienti** (YK) bilan baholash juda qulay. YK nurlatuvchi antennaning berilgan yo‘nalishda hosil qilingan maydon kuchlanganligi kvadratining barcha yo‘nalishlardagi maydon kuchlanganliklarining o‘rtacha qiymati kvadratining nisbatiga teng, ya’ni:

$$D = E^2(\theta_1, \varphi_1) / E_{o'r}^2, \quad (1.4)$$

bu yerda, $E(\theta_1, \varphi_1)$ – antenna tomonidan kuzatuv nuqtasida hosil qilinadigan, yo‘nalishi θ_1 va φ_1 burchaklari bilan ifodalanadigan maydon kuchlanganligi; $E_{o'r}$ – antennadan ma’lum r masofa uzoqlikda

joylashgan fazoning istalgan nuqtasida hosil bo'lgan maydon kuchlanganligi. Antennaning YK martta yoki detsibellarda o'lchanadi.

Agar antenna barcha yo'nalishlarda bir xilda nurlatsa, *izotrop* (umuman yo'naltirilmagan) deb ataladi.

Shuning uchun antenning YK ni aniqlashda aynan bir xil quvvat bilan nurlatuvchi faraz qilingan izotrop antenna bilan solishtiriladi. Bunda, antennaga uzatilayotgan quvvat va uning FIK ahamiyatsiz hisoblanadi.

Eslatma: antenning maksimal nurlatish yo'nalishidagi YK ning qiymati ahamiyatli bo'lib, u qaysi nuqtaga yo'nalishiga ko'ra, ixtiyoriy qiymatlarga ega bo'lishi mumkin.

Odatda, YD bosh bargchasining kengligi qancha tor, yon bargchalarning sathi qancha past bo'lsa, YK shuncha katta qiymatga ega bo'ladi.

Antenning YK o'zining mohiyatiga ko'ra, boshqa yo'nalishlardagi nurlatishni susaytirib, bosh maksimum yo'nalishida nurlatishni konsentratsiyalash hisobiga quvvatdan qancha foyda qilish mumkinligini ko'rsatadi. Shu sababli, ixtiyoriy antennaga elektromagnit maydon energiyasini kuchaytiruvchi kuchaytirgich yoki konsentrator sifatida qarash mumkin. Unga ko'ra, antenning kuchaytirish xususiyati qancha yuqori bo'lsa, YK ham shuncha katta qiymatga ega bo'ladi.

Amaliyotda *kuchaytirish koeffitsienti* (KK) tushunchasi juda ko'p qo'llaniladi. *Antenning kuchaytirish koeffitsienti* - nurlatuvchi antenning berilgan yo'nalishda hosil qilingan elektr maydon

kuchlanganligi kvadrantasini umuman yoʻnaltirilmagan nurlatgich hosil qilgan maydon kuchlanganligi kvadrantasining nisbatiga teng, yaʼni:

$$G = E_A^2/E_Y^2, \quad (1.5)$$

bu yerda, $E_A = E(\Theta_l, \varphi_l)$ – berilgan antenning berilgan yoʻnalishda hosil qilgan maydon kuchlanganligi, E_Y – yoʻnaltirilmagan (izotrop) antenna hosil qilgan maydon kuchlanganligi. Antennaning KK martta yoki detsibellarda oʻlchanadi.

Antennaning KK izotrop antenmani yoʻnaltirilgan antennaga almashtirilganda, antenna kirishda beriladigan quvvatni necha martaga kamaytirish kerakligini koʻrsatuvchi parameter hisoblanadi. Uni hisoblash YK uchun keltirilgan ifodani foydali ish koeffitsientiga koʻpaytirish orqali amalga oshiriladi:

$$G = D\eta. \quad (1.6)$$

Shu tariqa, antenning KK qabul nuqtasidagi maydon kuchlanganligini \sqrt{G} martaga oshirish imkonini beradi.

Koʻpchilik hollarda qabul nuqtasidagi maydon kuchlanganligini oshirish uchun yoʻnaltirilgan antennalardan foydalanish, yoʻnaltirilmagan antennalardan foydalanilganga qaraganda iqtisodiy jihatdan yaxshi samara beradi.

Bundan tashqari, yoʻnaltirilgan antenna boshqa radiostansiyalarga taʼsir etuvchi halaqitlarni kamaytirish imkonini beradi va boshqa radio stansiyalardan qabul qilishda halaqit sathini kamaytiradi.

Shu oʻrinda, radio toʻlqinning tarqalish yoʻnalishida joylashgan qabul qiluvchi antenmani uzatilayotgan toʻlqin energiyasini maʼlum qismini yutuvchi toʻsiq sifatida koʻrib chiqish mumkin:

$$P_{to's.} = (E^2/120\pi)S_{eff}. \quad (1.7)$$

Bu yerda, S_{eff} – elektromagnit maydon energiyasini to‘liq yutuvchi antenaning effektiv yuzasi.

Umumiy ko‘rinishda antenaning effektiv yuzasi quyidagicha ifodalanadi:

$$S_{eff} = (30\pi l_t^2) / R_{kir}, \quad (1.8)$$

bu yerda, l_t – antenaning ta’sir etuvchi uzunligi, R_{kir} – antenaning kirish qarshiligi.

Agar R_{kir} KK orqali ifodalasak, quyidagiga ega bo‘lamiz

$$G = (4\pi S_{eff}) / \lambda^2. \quad (1.9)$$

Odatda effektiv yuza tushunchasi qabul qiluvchi antennaga nisbatan ishlatiladi. Ammo S_{eff} uzatish rejimida antenna parametrlari (l_t , R_{kir} , G) orqali ifodalanganligi sababli, uzatuvchi antenna parametri sifatida ham yuritiladi.

Shuningdek, ko‘pgina antennalarda effektiv yuza uning geometrik yuzasi bilan juda sodda munosabatda ifodalanganligi uchun bu parametr taxminiy hisoblashlarda juda qulay (masalan, ko‘zguli, linzasimon, ruporli antennalarning yoyilma maydonini hisoblashda)

$$S_{eff} = v S_{geom.}, \quad (1.10)$$

bu yerda, v – antenna yoyilmasining sirtidan foydalanish koeffitsienti (SFK) bo‘lib, birligi marttada o‘lchanadi.

Aksariyat antennalarda $v = 0,5 \dots 0,6$ oralig'ida bo'lib, ba'zan biroz kattaroq qiymatga ham erishishi mumkin. Lekin hech qachon birga teng bo'lmaydi. Shu sababli, antenna yuzasini va kelayotgan to'lqinning maydon kuchlanganligini bilgan holda (1.7) tenglama bo'yicha dastlab uning optimal rejimdagi quvvatini, so'ngra esa bizni qiziqtirgan boshqa kattaliklarni aniqlash mumkin.

Ixtiyoriy antenna fazoda ma'lum shaklga va xarakteristikaga ega bo'lgan YD shakllantiradi. Bundan tashqari antenna ma'lum bir qutblanishga ega bo'lgan maydonni nurlatadi yoki qabul qiladi.

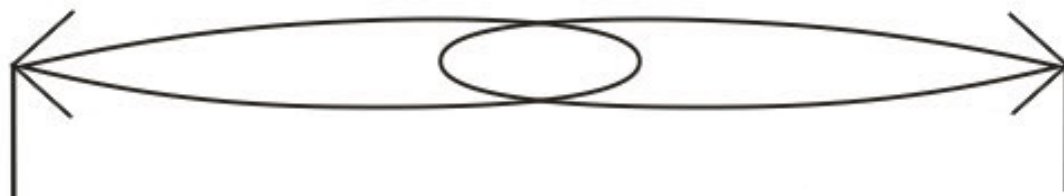
Eslatma: qutblanish deb, elektr maydon kuchlanganligi vektorini vaqt va fazo bo'yicha o'zgarish qonuniga aytiladi. Qutblanishning: chiziqli, elliptik va doiraviy turlari mavjud.

Antennaning qutblanish xususiyatlarini aniqlash uchun elliptiklik koeffisienti deb nomlanuvchi parametr kiritilgan. *Elliptiklik koeffisienti* deb, qutblanish ellipsining katta va kichik yarim o'qlarining nisbatiga aytiladi. Chiziqli qutblanish uchun ushbu koeffisient cheksizga, doiraviy uchun birga teng.

Simsiz telekommunikatsiya tizimlari optimal ishlashi uchun ularning uzatuvchi va qabul qiluvchi antennalari fazo va qutblanishi bo'yicha o'zaro mos bo'lishi kerak.

Antennalarning *fazoviy moslashuvchanligi* deb, ularning YD bosh bargchalarini fazoda bir-biriga yo'nalgan tarzda elektromagnit maydon energiyasini maksimal uzatilishini ta'minlovchi holatda joylashuviga aytiladi. Bunda antennalardan biri uzatuvchi, ikkinchisi qabul qiluvchi deb tushuniladi.

Tor yoʻnaltirilgan antennalarda bu talab bir muncha qatʻiyroq boʻlib, uzatuvchi antenna YD bosh bargchasi qabul qiluvchi antenaning bosh bargchasi bilan aniq mos tushishi kerak (1.7-rasm).



1.6- rasm. Uzatuvchi va qabul qiluvchi antennalar yoʻnalganlik diagrammalarining fazoviy moslashuvi

Antennalar moslashuvining yana bir muhim jihati, ular qutblanish turi boʻyicha ham moslashgan boʻlishi shart, aks holda signal qabuli amalga oshirilmaydi.

Antennalarning qutblanishi boʻyicha moslashuvi masalasi koʻrib chiqilayotganda, uzatuvchi va qabul qiluvchi antennalar oʻzaro qaytuvchanlik prinsipiga asoslanganligini taʼkidlab oʻtish zarur. Yaʼni, uzatuvchi antenaning qutblanganlik xususiyatlari, qabul qiluvchi rejimda ishlayotgan antenaning qutblanganlik parametrlari bilan bir xilda ifodalanadi.

Yuqoridagi taʼrifga koʻra, ikkita bir xildagi antennani olib, birini uzatuvchi ikkinchisini qabul qiluvchi sifatida fazoda joylashtirsak, antennalarning qutblanganlik moslashuvi avtomatik tarzda amalga oshiriladi.

Toʻliq qutblanganlik moslashuvi yuzaga kelishi uchun quyidagi shartlar taʼminlanishi kerak:

– uzatuvchi va qabul qiluvchi antennalarning elliptiklik koeffitsienti modul bo‘yicha teng bo‘lishi;

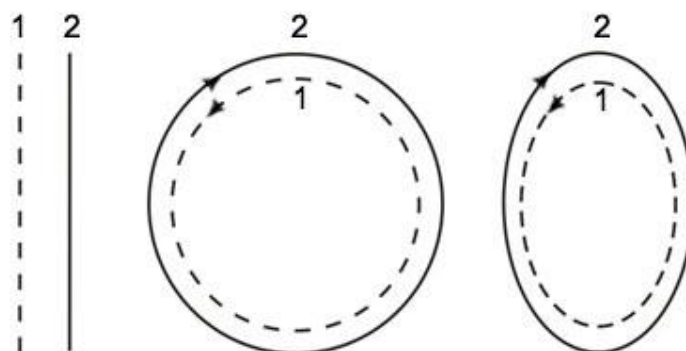
– uzatuvchi va qabul qiluvchi antennalarning qutblangan ellipslarining og‘ish burchaklari teng bo‘lishi;

– agar qutblanish ellipsi biror antenaning yon tomonidan qaralayotgan bo‘lsa, maydon vektorlarining aylanish yo‘nalishlari o‘zaro qarama-qarshi bo‘lishi.

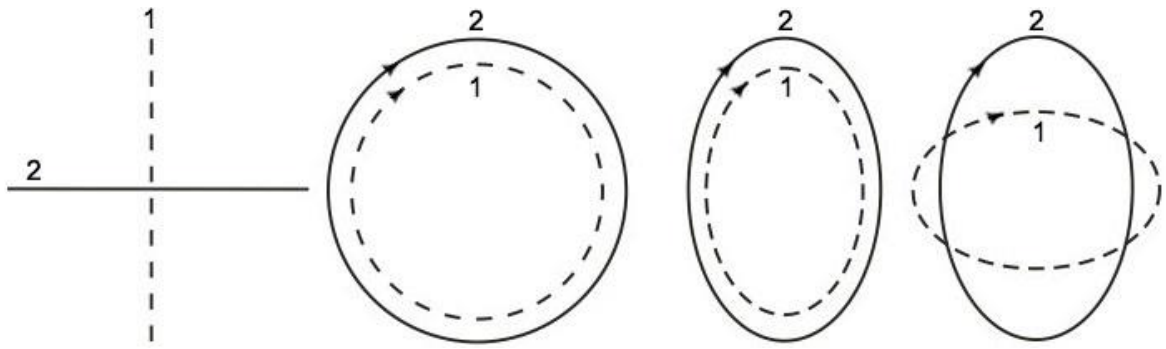
Quyidagi 1.8 - rasmda uzatuvchi (1) va qabul qiluvchi (2) antennalarning qutblanishli moslashuv sharti bajarilgandagi qutblangan ellipslarning joylashuvi keltirilgan.

To‘liq qutblanishli moslashuvchanlik holatida elektromagnit maydon qabul qiluvchi chiziqli antennada maksimal EYK hosil qiladi, apertur turdagi antenaning chiqishida esa, maksimal quvvat yuzaga keladi.

Signal qabul qilishning imkoni bo‘lmagan, antennalarning o‘zaro moslashmagan qutblanganligi 1.9- rasmda keltirilgan.



1.7 - rasm. Uzatuvchi va qabul qiluvchi antennalarning qutblanganlik moslashuvi



1.8 - rasm. Uzatuvchi va qabul qiluvchi antennalarning moslashmagan qutblanganligi

1.4. Antennalarning elektr xususiyatlari

Antenna ixtiyoriy simsiz axborot uzatish tizimining oxirgi chekka qurilmasi hisoblanadi. Shunga ko‘ra, uzatuvchi antenna uzatgich uchun, qabul qiluvchi antenna qabul qilgich kirish zanjiri uchun *yuklama* vazifasini o‘taydi. Mana shu butun bir tizimning ish rejimi aynan antennani uzatgichning (qabul qilgichni) chiqish (kirish) zanjirini fider trakti bilan moslashganlik darajasi orqali aniqlanadi.

Fider so‘zi inglizcha “to feed” fe‘lidan olingan bo‘lib, ta’minlamoq degan ma’noni bildiradi. Fider antennani uzatgich bilan bog‘lovchi (yoki qabul qilgich bilan) qurilma sifatida nurlatmasligi, to‘lqin energiyasini minimal yo‘qotishi, antannaning kirish qarshiligini uzatgichning chiqish qarshiligi bilan moslashi (yoki qabul qilgichning kirish qarshiligi bilan) kerak. Fider yugurma to‘lqin rejimiga yaqin bo‘lgan rejimda ishlashi maqsadga muvofiq.

Antennaning asosiy vazifasi, uning kirishida uzatilgan yuqori chastotali signal quvvatini elektromagnit to‘lqinning nurlatish quvvatiga samarali o‘zgartirishdan iborat bo‘lib, bunda antenna - fider

traktidagi (AFT) yo‘qotishlar minimal bo‘lishi kerak (aynan shu talablar qabul qiluvchi antenna uchun ham o‘rinli). AFT dagi yo‘qotishlar akslangan to‘lqin quvvati bilan ifodalaniib, umumiy holda ikkita quvvat: tushuvchi va akslangan to‘lqin quvvati nazarda tutiladi.

Amaliyotda real antennalar yo‘qotishlarga ega bo‘lgan simlardan, chekka o‘tkazgichli metall yuzalardan, dielektriklardan tayyorlanadi. Shu sababli, antennaga uzatilgan barcha quvvat nurlanish quvvatiga aylanada, uning bir qismi antennada, unga yaqin joylashgan jismlarda hamda yerda issiqlik ko‘rinishida yo‘qoladi.

Endi esa navbat bilan antenaning elektr xususiyatlarini tavsiflovchi parametrlarini ko‘rib chiqamiz.

Foydali ish koeffitsienti (FIK) deb, antenna chiqishidagi nurlatish quvvati P_{Σ} ni antenna kirishiga uzatilgan P_0 quvvatga nisbatiga aytiladi va quyidagicha aniqlanadi:

$$\eta = P_{\Sigma} / P_0. \quad (1.10)$$

Antenna kirishiga uzatilgan quvvat nurlatish quvvati va yo‘qotishlar quvvatining yig‘indisiga teng:

$$P_0 = P_{\Sigma} + P_{yo'q.} = (I_0^2 R_{\Sigma 0}) / 2 + (I_0^2 R_{yo'q.}) / 2. \quad (1.11)$$

Bu yerda, I_0 – antenna manbasidagi amplituda toki; $R_{\Sigma 0}$ – nurlatish qarshiligi;

$R_{yo'q.}$ – yo‘qotish qarshiligi.

Yuqoridagilarni hisobga olganda, (1.10) tenglamani quyidagicha qayta yozish mumkin

$$\eta = R_{\Sigma 0} / (R_{\Sigma 0} + R_{y o'q}) = R_{\Sigma 0} / R_{kir}, \quad (1.12)$$

bu yerda, R_{kir} – antenaning kirish qarshiligi (aktiv tashkil etuvchi).

Antenaning nurlatish qarshiligi (R_{Σ}) deb, nurlanuvchi quvvat P_{Σ} ni antenaning ko'ndalang yuzasi bo'ylab oqib o'tuvchi tok kvadratining nisbatiga aytiladi

$$R_{\Sigma} = P_{\Sigma} / I_A^2. \quad (1.13)$$

Antenna uzunligi bo'ylab tok va kuchlanish notekis taqsimlanganligi sababli, ko'pincha R_{Σ} kattalikni yaxlitlash maqsadida nurlatuvchi quvvatni amplituda tokiga nisbati olinadi.

Nurlatish qarshiligi R_{Σ} antenna o'lchami va to'lqin uzunligi munosabatiga, antenna shakliga va boshqa faktorlarga bog'liq. Umumiy holda R_{Σ} kompleks xarakterga ega bo'lgan kattalik hisoblanadi.

Uzatgichdan antennaga uzatilayotgan quvvatning bir qismi nurlatiladi. Qolgan qismi antenaning o'zida (o'tkazgichlar qizishi hisobiga), izolyatorlarda, antenani o'rab turuvchi predmetlarda yo'qoladi.

Nurlatilgan quvvatga nurlatishning aktiv qarshiligi, yo'qotilgan quvvatga nurlatish aktiv quvvati mos keladi. Bulardan tashqari antenna atrofida tebranuvchi maydon mavjud bo'lib, u reaktiv quvvatga mos keladi. Ushbu quvvat yaqin maydonga o'tganda uzatgichdan goh

beriladi, goh unga yana qaytib keladi. Reaktiv quvvat aksariyat holatlarda antenaning reaktiv qarshiligiga mos keladi.

Shu tariqa, antennaga fider orqali ulangan uzatgichning chiqish kaskadi aslida, antenaning kirish qarshiligi deb nomlanuvchi kompleks qarshilikka yuklangan.

Antenaning kirish qarshiligi (R_{kir}) deb, manba nuqtasidagi kuchlanishning manba nuqtasidagi tokka bo'lgan nisbatiga aytiladi. Umumiy holda bu qarshilik kompleks kattalik hisoblanadi va antenaning nisbiy uzunligi l/λ ga bog'liq.

$$Z_{kir} = U_0 / I_0 = R_{kir} + jX_{kir} \quad (1.14)$$

bu yerda, R_{kir} – kirish qarshiligining aktiv tashkil etuvchisi; jX_{kir} - kirish qarshiligining reaktiv tashkil etuvchi.

Ideal holatda antenaning kirish qarshiligi toza aktiv bo'lishi va fiderning to'liq qarshiligiga teng bo'lishi kerak.

Kirish qarshiligining qiymati va xarakteri antennaga ulangan uzatgichning ish rejimini belgilaydi. AFT da yuzaga keladigan yo'qotishlar qarshiligi quyida keltirilgan tenglama yordamida aniqlanadi:

$$R_y = R_q + R_i + R_{yer}, \quad (1.15)$$

bu yerda, R_q – o'tkazgichlarni qizishidagi yo'qotish qarshiligi; R_i – antenna izolyatorlaridagi yo'qotish qarshiligi; R_{yer} – yerdagi va yerlatish tizimidagi yo'qotish qarshiligi.

Uzatgichning maksimal samarali ish rejimini va radioto‘lqinlarni erkin fazoda maksimal quvvat bilan nurlatishihosil qilish uchun: uzatgich chiqish kaskadining qarshiligi, fiderning to‘lqin qarshiligi hamda antenaning kirish qarshiligi o‘zaro teng bo‘lishi kerak. Aks holda, ular orasida nomuttanosibliklar vujudga keladi, bu esa o‘z navbatida, uzatgichning ishlash samaradorligi pasaytiradi, natijada antenaning nurlatish quvvatining sathi kamayadi.

AFT va uzatgich chiqish kaskadining moslashuvchanlik darajalari quyidagi parametrlar bilan xarakterlanadi:

- akslanish koeffitsientining moduli ($|\Gamma|$);
- turg‘un to‘lqin koeffitsienti (TTK);
- yugurma to‘lqin koeffitsienti (YuTK).

Ushbu parametrlar AFT da bevosita o‘zgaradi. Masalan, eng yuqori moslashuvchanlikda, ya’ni, AFT da to‘lqin umuman akslanmaganda (ideal holat), $|\Gamma|=0$, $\text{YuTK}=1$, $\text{TTK}=1$ bo‘ladi.

Qisqa tutashuv holatida (uzatgich uchun ruxsat etilmagan rejim!), ya’ni, akslangan to‘lqinning quvvati tushuvchi to‘lqinning quvvatiga teng bo‘lganda, $|\Gamma|=1$, $\text{YuTK}=0$, $\text{TTK}=\infty$ bo‘ladi.

Radiotizimning real holatdagi ish rejimida $|\Gamma|$ ning qiymati nolga, YuTK va TTK larining qiymatlari birga yaqin bo‘lishi kerak.

Antenaning to‘lqin qarshiligi W antenaning muhim parametrlaridan biri hisoblanib, uning ifodasi uzun liniyalar usuli bo‘yicha ko‘rib chiqiladi. Ideal uzun liniya uchun to‘lqin qarshiligi ifodasi:

$$W = \sqrt{\frac{C_{\text{pog}}}{L_{\text{pog}}}}, \quad (1.15)$$

bu yerda, L_{pog} – pogon induktivlik (G/m); S_{pog} – pogon sig‘im (F/m), u muhitning dielektrik ε va magnet μ singdiruvchanliklari bilan quyidagicha munosabatda

$$\sqrt{L_{pog} C_{pog}} = \sqrt{\varepsilon \mu} . \quad (1.16)$$

Agar o‘tkazgich havoda joylashgan bo‘lsa,

$$W = 1/(cS_{pog}) = cL_{pog} , \quad (1.17)$$

bu yerda, c – vakuumdagi yorug‘lik tezligi.

Yuqoridagi (1.17) munosabatga ko‘ra, antenaning to‘lqin qarshiligini aniqlashda quyidagi usuldan foydalaniladi: avval antenaning sig‘imi S (elektr) aniqlanadi, so‘ng sig‘imni (o‘lchov birligi faradda) uzunlikka (o‘lchov birligi metrda) bo‘lish orqali pogon sig‘im S_{pog} aniqlanadi, undan keyin (1.17) ifodaga asosan to‘lqin qarshiligi W hisoblanadi.

Ixtiyoriy antenna ma‘lum ishchi chastota polosasida berilgan parametrlarga ega bo‘ladi. Shunga ko‘ra, o‘tkazish polosasi va ishchi diapazoni kabi antenaning muhim xarakteristikalari keltiriladi.

Antenaning o‘tkazish polosasi deb, uzatilayotgan (qabul qilinayotgan) signalning butun chastota spektri bo‘yicha buzilishlarsiz uzatilishini (qabul qilinishini) ta‘minlab beradigan chastota polosasi oralig‘iga aytiladi.

Antenaning o‘tkazish polosasi kengligi asosan uning kirish qarshiligini chastotaga bog‘liqligi orqali ifodalanadi. Bu bog‘liqlik

signal spektrining turli chastotalaridagi maydon kuchlanganligining amplituda va faza munosabatlarini o'zgarishiga sababchi bo'lib, qabulda buzilishlarni yuzaga keltiradi.

Antenna fiderdan ta'minlanishi jarayonida uning kirish qarshiligini o'zgarishi nomuttanosiblikni keltirib chiqaradi, ya'ni fiderda akslangan to'lqin hosil bo'ladi. Bu esa, fiderning faza xarakteristikasini nochiziqli o'zgarishiga hamda uzatilayotgan yoki qabul qilinayotgan signal shaklining buzilishiga olib keladi. Ayniksa, keng polosali signallarni jiddiy buzilishli kuzatiladi (televidenie, ko'p kanalli radioreley aloqasi, ma'lumotlarni simsiz uzatish tizimlari).

Shuningdek, antenna YX ning chastotaga bog'liqligi ham uzatilayotgan signal spektrining turli chastotalarida qabul nuqtasidagi maydon kuchlanganligining nisbiy qiymatiga ta'sir ko'rsatib, signalning buzilishiga sababchi bo'lishi mumkin.

Antennaning ishchi diapazoni deb, uning ma'lum texnik talablarni qanoatlantiruvchi chastota diapazoni oralig'iga aytiladi.

Ishchi diapazonning kengligi, shuningdek, bu oraliqdagi antennaga qo'yiladigan talablar turlicha bo'lishi mumkin. Masalan, past chastota diapazonidagi antennalarning FIK ishchi diapazonda belgilangan qiymatdan kichik bo'lmasligi, berilgan quvvatni nurlatish imkoniyatiga ega bo'lishi, berilgan diapazonning turli ishchi to'lqinlarida zarur bo'lgan o'tkazish polosasi bilan ta'minlay olishi kerak.

Yuqori chastota diapazonidagi antennalar holatida, ularning yo'nalganlik xususiyatlari butun ishchi chastota polosasi bo'yicha maqbul bo'lishi, kirish qarshiligi ruxsat etilgan oraliqlarda o'zgarishi kerak. Antenna parametrlari o'z qiymatlarini qancha keng chastota

polosasi oralig'ida o'zgartirmasdan saqlasa, shuncha diapazonlik hisoblanadi (antennalarning diapazonlik xususiyatlari bo'yicha tavsiflanishi, 1.2 - bo'limga qarang).

Antennalarning asosiy parametrlaridan yana biri, ularning *chastota bo'yicha moslashuvchanligi* hisoblanadi. Chastota bo'yicha moslashuvchanlik deyilganda, ularning bir xildagi chastota diapazonida ishlay olish qobiliyati tushuniladi. Agar uzatuvchi va qabul qiluvchi antennalar boshqa-boshqa chastota diapazonlarda ishlasa, chastota bo'yicha moslashuvchanlik ta'minlanmaydi. Garchi qabul qiluvchi antenna atrofida boshqa chastota ta'sirida EYK yuzaga kelsa ham, antenning fider bilan moslashuvi yomonligi hisobiga qabul qiluvchi antenna kirishidagi signal quvvati juda past bo'ladi.

Vibrator turidagi antennalar uchun *ta'sir etuvchi uzunlik* muhim parametr hisoblanadi.

Ta'sir etuvchi uzunlik iborasini eng sodda vibratorli antennalardan bo'lgan simmetrik vibrator misolida tushuntirish mumkin.

Simmetrik vibrator yelkalaridagi tok amplitudasining notekis taqsimoti tufayli uning butun uzunligidan samarali foydalanishning imkoni yo'q. Vibratorning tok maksimumga teng bo'lgan qismlarida tok minimumga teng bo'lgan qismlariga nisbatan intensiv nurlatish kuzatiladi. Antennalar nazariyasida, o'tkazgichning turli nuqtalarida turlicha tokga ega bo'lgan antennalarni, o'tkazgichning butun uzunligi bo'ylab bir xilda tok amplitudasi va fazasiga ega bo'lgan *gipotetik* antenna bilan solishtirish maqsadida antenning ta'sir etuvchi uzunligi tushunchasidan foydalaniladi.

Antennaning ta'sir etuvchi uzunligi (l_t) deb, antenna uzunligi bo'ylab bir xil tok taqsimotiga ega bo'lgan va qabul nuqtasida ham huddi shunday maydon sathini hosil qiluvchi antenna uzunligiga aytiladi.

Ixtiyoriy vibratorning ta'sir etuvchi uzunligi quyidagi ifoda bilan hisoblanadi:

$$l_t = (\lambda/\pi)(f_{max}(\Theta_0, \varphi_0) / \sin \alpha). \quad (1.18)$$

Formulaga ko'ra, antennaning ta'sir etuvchi uzunligi to'lqin uzunligiga hamda antennaning nisbiy yelka uzunligiga bog'liq bo'lib, uning geometrik uzunligiga teng emas. Amaliy jihatdan antennaning ta'sir etuvchi uzunligi uning geometrik uzunligidan kichik. Ular o'rtasidagi bu farqni ko'rsatuvchi parametr *qisqartirish koeffitsienti* deb ataladi.

Ixtiyoriy antennaning kirish qisqichlarida foydali signal hosil qilgan EYK bilan birgalikda turli xalaqit manbalari ta'sirida ham EYK qo'zatiladi. Ushbu xalaqit beruvchi EYK larning sathi *shovqin temperaturasi* T_a deb nomalnuvchi parametr yordamida ifodalanib, Kelvin graduslarida o'lchanadi.

Bu parametr faqat qabul qiluvchi antennalargagina taaluqli bo'lib, antenna yuqori sezgirlikdagi qabul qiluvchi qurilmalar bilan birgalikda qo'lanilganda uning qiymatlari o'ta ahamiyatli hisoblanadi. Ya'ni, antenna nafaqat signallar generatori, balki shovqin manbai sifatida ham namoyon bo'ladi.

Shuningdek, sanoat elektr va radioqurilmalarning o'zgaruvchan maydonlari, atmosferadagi gaz razryadlari, yerning issiqlik nurlatishi hamda kosmik nurlanish manbalarining o'zgaruvchan maydonlari ta'sirida barcha tashqi xalaqitlarning quvvatiga va ularning antennaga nisbatan fazodagi taqsimotiga bog'liq bo'lgan EYK hosil bo'ladi.

Qabul qilgich kirishidagi shovqin quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$P_{sh} = k T_A \Delta f, \quad (1.19)$$

bu yerda, $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ [Vt*s/grad] – Boltsman doimiysi; T_A – antenaning shovqin temperaturasi [K⁰]; Δf – ishchi chastota polosasi.

Antenaning shovqin temperatuarsi T_A aniqlash formulasi berilgan yo'nalishdagi YK ga hamda tashqi xalaqitlar jadalligini xarakterlovchi fazodagi yorug'lik temperaturasi $T_{yo}(\theta, \varphi)$ ga bog'liq

$$T_A = (D/4\pi) \int_{\theta=0}^{\pi} \int_{\varphi=0}^{2\pi} F^2(\theta, \varphi) T_{yo}(\theta, \varphi) \sin(\theta) d\varphi d\theta \quad (1.20)$$

Shu tariqa, qabul qiluvchi antenaning shovqin temperaturasi qaysidir darajada antenaning YD joylashuvining shovqin manbaiga nisbati orqali ham ifodalanadi. Qoidaga ko'ra, Yerning va katta miqdordagi atmosferaning issiqlik nurlatishi YD ning yon bargchalariga katta ta'sir ko'rsatadi. YD bosh bargchasining kosmik nurlanishlar manbaiga yo'naltirilgan holatida (masalan, kosmik aloqa tizimlarida, ionosfera radioaloqasi) antenaning shovqin temperaturasi juda ortib ketadi.

Bundan tashqari, yorug'lik temperaturasi taqsimoti ishchi chastota diapazoniga ham bog'liq. Yorug'lik temperaturasi maxsus grafiklar

bo'yicha aniqlanadi. Umuman olganda, antenning xususiy yo'qotishlar qarshiligi bilan aniqlanadi, bu yerda, uning temperaturasi atrof muhit temperaturasiga teng deb qaralishi.

Agar antenning "qamrov doirasiga" kosmik radionurlanishlarning katta quvvatli diskret manbalari kirmasa, u holda, kosmik shovqinlar hisobiga yuzaga keluvchi shovqinlar temperaturasini taxminan - 5 K^0 , atmosfera shovqinlari hisobiga hosil bo'ladiganini taxminan - 15 K^0 , Yer issiqlik radionurlanishini YD ning bosh va orqa bargchalari orqali qabul qilingandagisini taxminan - 3 K^0 ga teng deb hisoblash mumkin.

Nazorat savollari

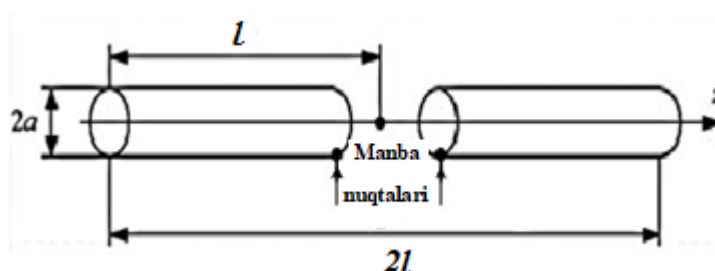
1. Antenna deb qanday qurilmaga aytiladi?
2. Antennalarning tasniflanishi.
3. Antenning yo'nalganlik xususiyatlarini tavsiflovchi parametrlar.
4. Antenning elektr xususiyatlarini tavsiflovchi parametrlar.
5. Fider deb nimaga aytiladi va unga nisbatan qanday talablar qo'yiladi.
6. Antenning fider bilan moslashuvchanlik darajasi qaysi parametrlar bilan xarakterlanadi?
7. Antenning YD qaysi parametrlar bilan xarakterlanadi?
8. Qutblanish tekisligi deb nimaga aytiladi?
9. Qutblanish moslashuvchanligi deb nimaga aytiladi?
10. Antenning ishchi diapazoni deb nimaga aytiladi?

2. SIMMETRIK VIBRATORLARNING KUCHSIZ YO‘NALTIRILGAN NURLANISHI

2.1. Simmetrik vibratorlarning qisqacha nazariyasi

Simmetrik vibrator (SV) va uning turlari eng sodda antennalar hisoblanadi. Ulardan QT va UQT diapazonlarida ishlovchi turli telekommunikatsiya tizimlarida mustaqil antenna yoki murakkab antenna konstruksiyalarinig elementi sifatida keng foydalaniladi.

SV o‘zida ikkita bir xildagi metall o‘tkazgichdan iborat bo‘lgan konstruksiyani mujassamlashtiradi. Quyidagi 2.1- rasmda har birining uzunligi l ga, radiusi – a ga teng bo‘lgan ikkita silindr shakldagi o‘tkazgichdan tashkil topgan SV keltirilgan.



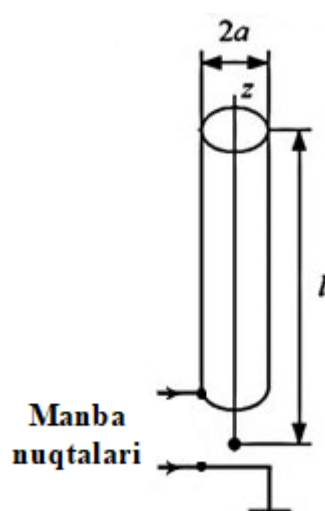
2.1 - rasm. Simmetrik vibrator konstruksiyasi

O‘tkazgichlar orasidagi markazga yuqori chastotali tok manbai ulanadi (generator yoki uzatgich). Vibratorning har bir o‘tkazgichi “SV ning yelkasi” deb ataladi. Shuningdek, antennalar texnikasida bitta yelkadan tashkil topgan, metall yuzaga joylashtirilgan vibratorlar ham mavjud bo‘lib, ular “shtirsimon antennalar” yoki “monopllar” deb nomlanadi (2.2 - rasm). Amaliyotda bu turdagi antennalar ham keng

qoʻllaniladi (masalan avtomobil kuzovida, radioqabul qilgichlarda va h.k.).

Odatda, SV yelkalari alyuminiy, latun, mis kabi rangli nomagnit metallardan tayyorlanib, ular silindrsimon, yassi, bikonik shakllarda boʻlishi mumkin.

Yuqori chastotali tok manbai SV taʼminot nuqtasiga ulanganda (elektromagnit toʻlqin energiyasining nurlanishi) uning yelkalari boʻylab taqsimotini aniq bir shaklda ifodalab boʻlmaydigan tok oqib oʻtishni boshlaydi.

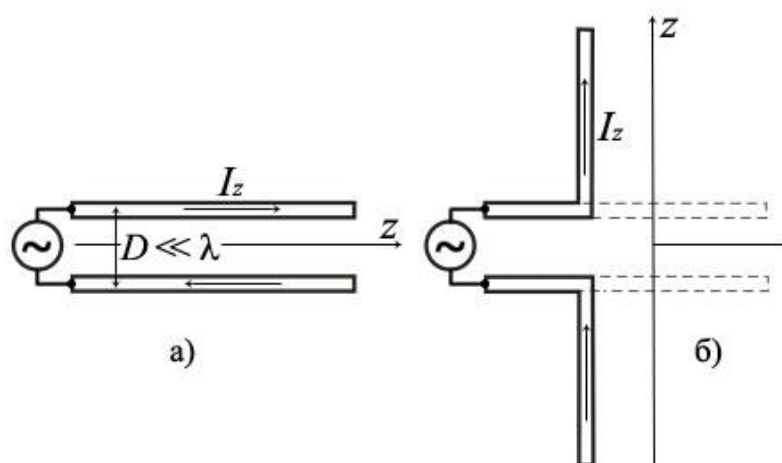


2.2 - rasm. Monopl konstruksiyasi

Antennalar nazariyasida SV bilan bogʻliq asosiy masalalarning aniq yechimida juda katta qiyinchiliklar mavjud (antenna boʻylab taqsimlangan tok va zaryadlarning uni oʻrab turgan muhitning ixtiyoriy nuqtasida hosil qilgan elektromagnit maydonini aniqlash). Sababi, hozirgi kungacha SV yelkalaridagi tok taqsimotining aniq bir qonuniyati maʼlum emas.

Ammo, SV uzoq zonada hosil qilgan maydonni hisoblashning taxminiy usuli mavjud bo‘lib, unga ko‘ra SV bo‘ylab tok sinusoidal taqsimlanadi, deb faraz qilish mumkin.

SV ning injenerlik nazariyasi simmetrik nurlatgich va ikki simli yo‘qotishsiz liniya yopiq uchlarining ichki analogiyasiga asoslanadi (2.3. a - rasm). Agar ikki o‘tkazgichli simni 180° burchak ostida qarama - qarshi tomonga ochib, SV ga aylantirsak, undagi toklar bir tomonga qarab oqishni boshlaydi (2.3. b - rasm). SV uchlaridagi o‘tkazuvchanlik toki nolgacha kamayadi va siljish tokiga o‘tadi. Vibrator nurlatishni boshlaydi va nurlatishda yo‘qotishlar vujudga keladi. Ya’ni, yo‘qotishsiz ikki o‘tkazgichli liniya bilan SV orasidagi analogiyani to‘ldirish mumkin. SV dagi kuchlanish undagi tokka nisbatan 90° ga farq qiladi.



2.3 - rasm. Ikki o‘tkazgichli liniya va simmetrik vibrator o‘rtasidagi analogiya

Yuqoridagilarga asoslangan holda, ikki o‘tkazgichli liniyadan SV o‘tilganda tok taqsimotining qonuniyati buzilmaydi, degan xulosaga kelish mumkin, ya’ni,

$$I_z = I_n \operatorname{sinc}(l - |z|), \quad (2.1)$$

bu yerda: I_z – simmetrik vibrator bo‘ylab oqib o‘tayotgan tok; I_n – amplituda toki (kompleks kattalik); l – vibratorning bitta yelkasi uzunligi; z – vibrator uchidan tok manbaigacha bo‘lgan masofa; $k = 2\pi/\lambda$ – to‘lqin soni (vibratoridagi tok fazasi koeffitsienti).

Odatda, SV dagi to‘lqinning uzunligi erkin fazodagi to‘lqinning uzunligiga teng, deb qaraladi. Sababi, liniya va SV ning har ikkallasi ham taqsimlangan parametrli tebratuvchi tizimlar hisoblanadi. Lekin aslida, bu analogiya taxminiy bo‘lib, ular biri ikkinchisidan sezilarli darajada farq qiladi.

Birinchi, liniyaning taqsimlangan parametrlari (induktivlik va sig‘im) uzunlik bo‘yicha o‘zgarmas, SV ning taqsimlangan parametrlari esa uzunlik bo‘yicha doimiy emas.

Ikkinchi, liniya elektromagnit to‘lqinlarni faqat kanalizatsiyalash uchun xizmat qilib, unda yo‘qotishlar yuzaga kelmaydi. Shu sababli, amaliy jihatdan u umuman nurlatmaydi, SV esa nurlatadi. Faqat liniya ideal o‘tkazgichdan tayyorlangan bo‘lsagina, uning ochiq uchi oxiridagi tok turg‘un to‘lqin qonuni asosida o‘zgaradi, ya’ni, energiya yo‘qotilmaydi.

SV da esa aksincha, eng qimmat metallardan tayyorlangan taqdirda ham yo‘qotishlar (foydali) mavjud. Shunga asosan, SV dagi tok turg‘un to‘lqin qonuni asosida o‘zgarishi mumkin emas.

Lekin, SV maydonining sinusoidal tok taqsimotiga asoslangan formulalar yordamida aniqlangan hisoblashlar, uzoq zonada kichik

diametrli SV uchun olingan eksperimental ma'lumotlar bilan juda yaqin o'xshashlikda ekanligini kuzatish mumkin. Shu sababli, bir qator holatlardagi injenerlik hisoblashlari uchun bu yondoshuv o'rinlidir.

2.2. Simmetrik vibratorning yo'nalganlik xarakteristikalar

SV kuchsiz yo'nalgan antenna bo'lib, faqat E tekislik (SV o'qidan o'tuvchi meridional tekislik) bo'yicha yo'nalganlik xususiyatiga ega, H tekislik (SV o'qiga perpendikulyar bo'lgan ekvotrial tekislik) bo'yicha yo'nalganlik xususiyatiga ega emas.

SV fazoga chiziqli qutblangan elektromagnit to'lqinlarni nurlatadi (qabul qiladi). Qutblangan E vektorning yo'nalishi SV qutblanish tekisligiga nisbatan joylashuviga qarab aniqlanadi. Agar SV tekislikka nisbatan vertikal joylashgan bo'lsa – vertikal chiziqli qutblanishni, gorizontal joylashgan bo'lsa – gorizontal chiziqli qutblanishni, qiya joylashgan bo'lsa – qiya chiziqli qutblanishni hosil qiladi.

Odatda, SV yo'nalganlik xususiyatlarini tahlil qilishda uning M nuqtada hosil qilgan elektr maydon kuchlanganligi mos tekislikdagi burchak koordinatalariga bog'liqligi orqali aniqlanadi. Bunda M nuqta uzoq zonada, SVning faza markaziga nisbatan o'zgarmas r masofa uzoqlikda joylashadi hamda $r \gg \lambda_i$ (λ_i – ishchi to'lqin uzunligi) sharti asosida aniqlanadi. SV ning faza markazi uning o'rtasida joylashgan.

SV yo'nalganlik xususiyatlari ko'rib chiqish uchun uni butun uzunligi bo'ylab hayolan cheksiz ko'p bo'lgan elementar dz sohalrga bo'lamiz. Har bir elementning uzunligi cheksiz kichik bo'lgani uchun,

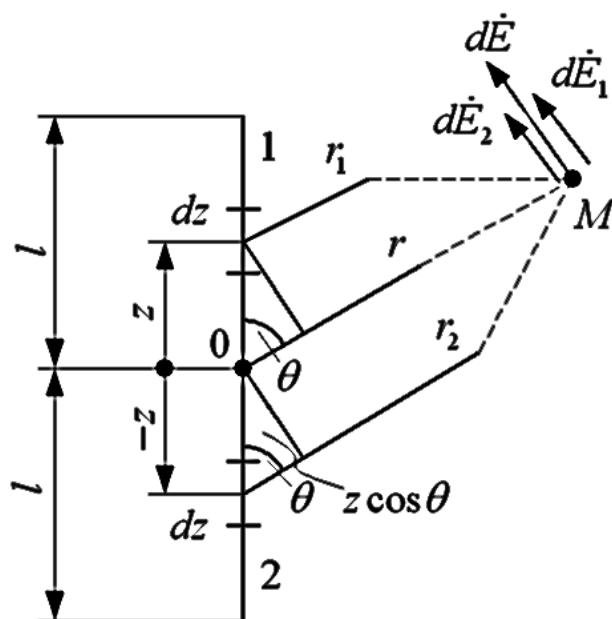
bu oraliqda tokning fazasi ham, amplitudasi ham o'zgarmasdir. Shunday qilib, SV ni boshidan oxiriga qadar cheksiz elementar elektr vibratorlar yoki Gers dipolining dz yig'indisi, deb qarash mumkin.

Quyida (2.4 – rasm) SV ning maydon taqsimoti keltirilgan, unda: r_1 – birinchi elementdan kuzatuv nuqtasi M gacha bo'lgan masofa; r_2 – ikkinchi elementdan M nuqtagacha bo'lgan masofa; θ – tebratgich o'qlari orasidagi va kuzatuv nuqtasiga tomon yo'nalish orasidagi burchak; M – kuzatuv nuqtasi.

Kuzatuv nuqtasi M uzoq zonada joylashganligi sababli r_1 , r_0 va r_2 larni o'zaro parallel deb qarash mumkin. Agar 1 va 2 nuqtalarda joylashgan elementar nurlatgichlarni qaraydigan bo'lsak, ularning kuzatuv nuqtasida hosil qilgan natijavaiy maydoni quyidagiga teng bo'ladi:

$$dE = dE_1 + dE_2 = j (60 \pi I_z d_z / \lambda) \cdot \sin \theta [\exp(jkr_1)/r_1 + \exp(-jkr_2)/r_2] \quad (2.2)$$

r_1 va r_2 masofani r_0 orqali ifodalaymiz. Buning uchun 1– nuqtadan r_0 yo'nalish tomon va 0 - nuqtadan r_2 yo'nalish tomon perpendikulyar chiziq tortamiz. Hosil bo'lgan 1-0-3 va 2-0-4 uchburchaklar yordamida tebratgich markazidan kuzatuv nuqtasigacha bo'lgan masofada elementlarning masofa farqini aniqlaymiz: $\Delta r = |z| \cos \theta$.



2.4 - rasm. Simmetrik vibratorning maydon taqsimoti

Shuningdek, $r_1 = r_0 - |z| \cdot \cos \varphi$ va $r_2 = r_0 + |z| \cdot \cos \varphi$.

Odatda Δr - *nurning yurish farqi* deb yuritiladi. Kuzatuv nuqtasi uzoq zonada joylashganligi sababli, Δr ning o'lchamlari r_0 ga nisbatan kichik va r_1 va r_2 masofalar bir-biridan kam farq qiladi. Shu sababli 1 va 2 elementlarning M qabul nuqtasida hosil bo'lgan maydon kuchlanganliklarining amplitudalari o'zaro teng.

Natijaviy maydon kuchlanganligi fazodagi faza siljishi va manbadagi faza siljishlarini hisobga olgan holda, antenna yelkasining butun uzunligi bo'yicha integrallash yordamida ifodalanadi. Integrallash natijasida hosil bo'lgan ifoda quydagiga teng:

$$E(\theta) = i (60I_0/r) \exp(-jkr) [(\cos(kl \cos \theta) - \cos(kl)) / \sin \theta]. \quad (2.2)$$

Aksariyat hollarda SV ning θ burchakka bog'liq bo'lgan ko'paytuvchisi (2.2) orqali ifodalanuvchi YX ahamiyatli hisoblanadi. Shu tariqa SV ning E tekislikdagi YX:

$$f(\theta) = (\cos(kl\cos\theta) - \cos(kl)) / \sin\theta \quad (2.3)$$

ko'rinishida ifodalanadi.

SV ning H tekislikdagi YX quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

$$f(\varphi) = 1 - \cos(kl), \quad (2.4)$$

unga ko'ra, SV H tekislikda yo'nalganlik xususiyatiga ega emas.

SV ning E tekislikdagi $F(\theta) = f(\theta)/f(90^\circ)$ ifoda ko'rinishida anirlanuvchi me'yorlashgan YX quyidagiga teng:

$$F(\varphi) = \frac{\cos(kl\cos\theta) - \cos kl}{(1 - \cos kl) \cdot \sin\theta} \quad (2.5)$$

Ushbu formulalar tahliliga ko'ra, SV quyidagi xususiyatlarga ega bo'ladi:

1. SV ning maydon kuchlanganligi azimutal burchakka bog'liq emas. Ya'ni, simmetrik vibratorida H vektor yo'nalganlik xususiyatiga ega emas.

2. SV l/λ ixtiyoriy qiymatlarida o'z o'qi bo'ylab nurlatmaydi.

3. SV ning yo'nalganlik xususiyatlari vibrator yelkasi uzunligining to'lqin uzunligiga nisbati (l/λ – nisbiy yelka uzunligi) orqali ifodalanadi.

SV ning maydoni o'qiga nisbatan perpendikulyar yo'nalishda maksimal nurlatadi, bu yo'nalish asosiy deb ataladi. Ammo bu hodisa

l/λ ning ixtiyoriy qiymatlarida kuzatilmasligini doim yodda tutish kerak, sababi l/λ ning kichik qiymatlarida SV ikkita bosh bargchaga ega bo‘ladi.

Agar qabul nuqtasini ekvator tekisligida belgilab, l/λ munosabatini oshirib borsak, $l/\lambda = 0,5$ ga tenglashguncha bosh bargchalar asta sekinlik bilan torayib boradi (2.5, a - rasm).

Agar $l/\lambda > 0,5$ dan oshsa, yon bargchalar vujudga keladi (2.5, b - rasm), ularni qarama - qarshi sohadagi toklar vujudga keltiradi.

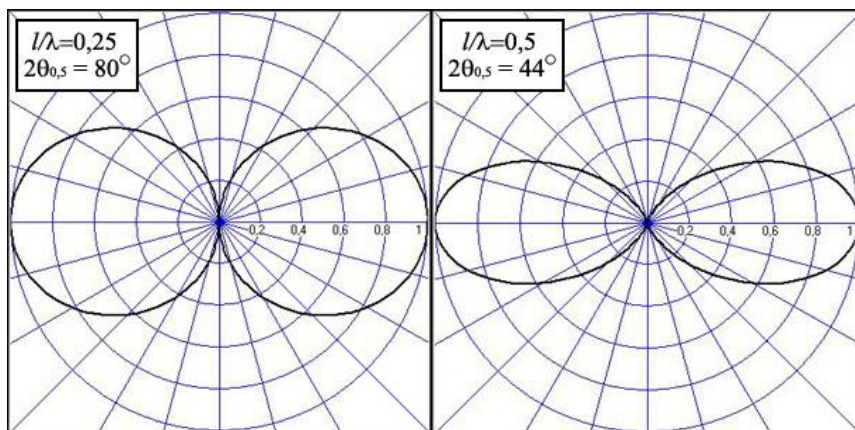
$l/\lambda = 0,625$ bo‘lganda simmetrik tebratkich maksimal YK erishadi, bunda yo‘nalganlik diagrammasining bosh bargchalari tor va yon bargchalarining sathi eng kichik bo‘ladi (2.5, v - rasm).

$l/\lambda > 0,7$ dan boshlab asosiy bargchalar kichrayib, yon bargchalar o‘sib boradi (2.5, g - rasm).

$l/\lambda = 1$ bo‘lganda bosh bargchalar yo‘qoladi. Sababi, berilgan yo‘nalishdagi elementar nurlatgich bilan nurlatiladigan natijaviy maydonning faza siljishi, shu vibratorlarni qo‘zg‘atuvchi fazoviy faza siljishi va toklarning faza siljishi bilan ifodalanadi (2.5, d - rasm). Shuning uchun, ushbu holatda asosiy yo‘nalishdagi fazoviy faza siljishi «0» ga teng bo‘lsa ham, vibratorning alohida elementlari nurlatadigan maydon nosinfaz tarzda ustma - ust tushadi, ya’ni, geometrik $l/\lambda = 1$ (yoki $l/\lambda = n, n=1,2,3\dots$) bo‘lganda asosiy yo‘nalishda nurlatish yo‘qoladi. Chunki vibratorning qarama - qarshi fazalari bir hil uzunlikka ega bo‘ladi, natijada SV ning YK nolga teng bo‘ladi.

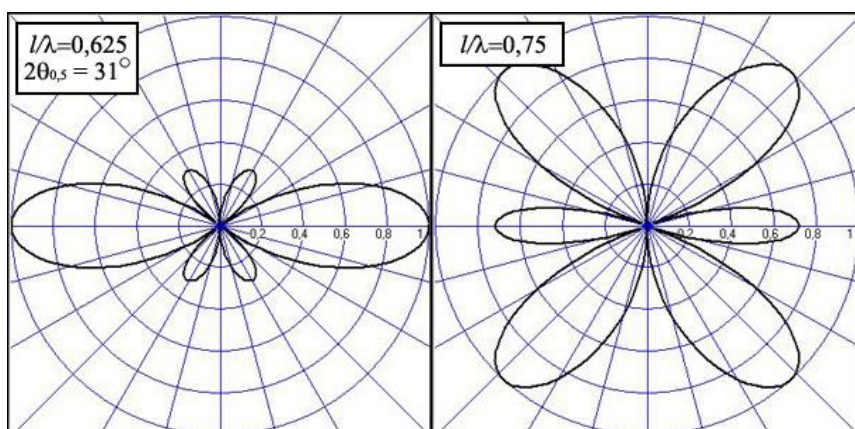
Nisbiy yelka uzunligi l/λ qabul qiladigan qiymatlarga ko‘ra SV turlicha nomlanadi: $l/\lambda = 0,25$ ga teng bo‘lgan vibrator – *yarim to‘lqinli*, $l/\lambda = 0,5$ ga teng bo‘lgan vibrator – *bir to‘lqinli* deb ataladi.

SV yoʻnalganlik diagrammasi (YD) l/λ munosabatlariga bogʻliqligini tahlil qiladigan boʻlsak, uning YK $l/\lambda = 0,625$ gacha ortib boradi, soʻngra kamayib borib, $l/\lambda=1$ da nolga teng boʻladi.



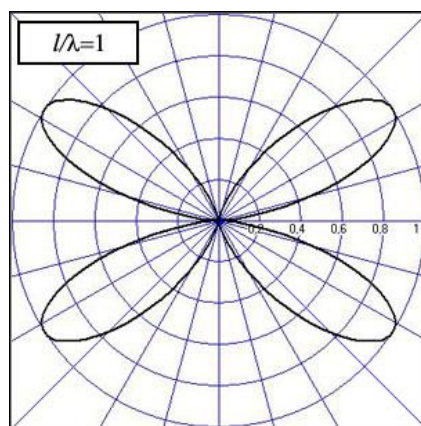
a)

b)



v)

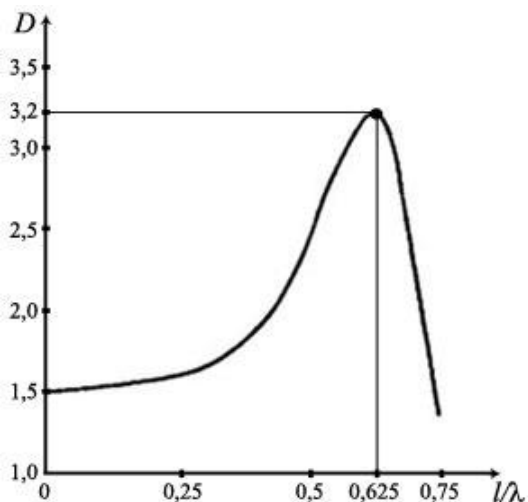
g)



d)

2.5 – rasm. Simmetrik vibratorning yoʻnalganlik diagrammalari

Quyidagi 2.6 - rasmda SV YK ning l/λ munosabatiga bog‘liqlik grafiqi keltirilgan.



2.6 - rasm. Simmetrik vibrator YK ning l/λ munosabatiga bog‘liqlik grafiqi

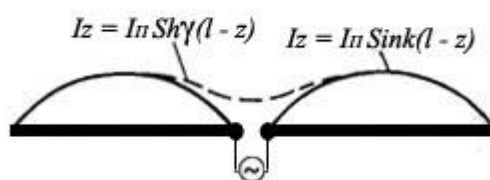
Asosiy xulosalar:

- SV faqat E tekislik bo‘yicha yo‘nalganlik xususiyatiga ega;
- SV H tekislik bo‘yicha yo‘nalganlik xususiyatiga ega emas;
- SV o‘z o‘qi bo‘yicha nurlatmaydi;
- SV chiziqli qutblangan to‘lqinlarni nurlatadi;
- SV YD ning bosh bargchasi uning o‘qiga nisbatan perpendikulyar yo‘nalgan;
- SV yo‘nalganlik xususiyatlari l/λ qiymatiga bog‘liq;
- SV ning YK l/λ nolga teng bo‘lganda minimal qiymatga ega bo‘ladi;
- SV ning YK $l/\lambda=0,625$ bo‘lganda maksimal qiymatga ega bo‘ladi;
- SV ning asosiy yo‘nalishdagi nurlanishi $l/\lambda=1$ da butkul yo‘qoladi.

2.3. Simmetrik vibratorning elektr xususiyatlari

Yuqoridagi 2.1- bo'limda SV fazoda hosil qilgan maydonni hisoblashda, uning ikki o'tkazgichli oxiri ajratilgan yo'qotishlarsiz liniya bilan analogiyasi keltirilgan edi. Unga ko'ra, SV yelkalari bo'ylab tok taqsimoti qonuni ma'lum shaklga ega deb hisoblash mumkin. Lekin bu yerda, SV tok taqsimoti qonuni oxiri ajratilgan yo'qotishlarsiz liniya bilan bir xilda ko'rinishga ega bo'ladi, deb hisoblash noo'rin. Ammo aksariyat holatlarda, injenerlik maqsadlari uchun kirish qarshiligi katta aniqlik bilan SV bo'ylab taqsimlangan tokning taxminiy qonunlari asosida hisoblanadi.

Shunga asoslangan holda kirish qarshiligini hisoblashning taxminiy (injenenlik) usulini ko'rib chiqamiz. Bu yerda, tok nisbiy yelka uzunliklari $l/\lambda=0,5$ ga teng bo'lgan SV o'tkazgichlari bo'ylab sinusoidal qonun asosida taqsimlangan, deb taxmin qilgan holda, uning kirish qarshiligini hisoblaymiz (2.7- rasm). Ushbu tok taqsimotiga nazar tashlaydigan bo'lsak, u manba uchlarida nol qiymatga teng, ya'ni:

$$Z_{kir} = U_0/I_0 = \infty.$$


2.7 - rasm. Simmetrik vibrator yelkalari bo'ylab tok taqsimoti

Lekin aslida tok manba uchlarida hech qachon nolga teng bo'lmaydi va o'z navbatida SV kirish qarshiligi ham cheksiz katta bo'lishi mumkin emas. Fizik jihatdan yuqoridagi holatga asos bor. Sababi, sinus qonuni

(turg'un to'lqin) faqat yo'qotishsiz liniyalarda o'rinli, SV esa nurlatishga mo'ljallangan yo'qotishli tizim. Shu sababli, SV kirish qarshiligini hisoblashda oxiri ajratilgan yo'qotishli liniyaning analogiyasidan foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

U holda, yo'qotishli liniyada tok giperbolik sinus qonuni asosida taqsimlanishi bizga ma'lum

$$I_z = I_n \operatorname{sh} \gamma (l - |z|), \quad (2.6)$$

bu yerda, $\gamma = \alpha + i\beta$ – tarqalishning kompleks koeffitsienti; α – so'nish koeffitsienti; β – faza koeffitsienti.

Yuqoridagi 2.7- rasmda keltirilgan taqsimotdan ko'rinadiki, sinusoidal va giperbolik sinus qonuni asosidagi tok taqsimotlari orasidagi asosiy farq tok tugunlariga nisbatan juda yaqin bo'lgan masofalardagina mavjud.

Shu sababli, nisbiy yelka uzunliklari $l/\lambda \leq 0,35 \dots 0,4$ va $0,6 \dots 0,65 \leq l/\lambda \leq 0,85 \dots 0,9$ ga teng bo'lgan, ya'ni, tok tugunlari manba nuqtasiga $(0,1 \dots 0,15)$ l/λ masofadan yaqin joylashmagan SV larning kirish qarshiliklarini hisoblashda sinusoidal tok taqsimotidan foydalaniladi. Bu turdagi SV “*qisqa vibratorlar*” deb ataladi.

Nisbiy yelka uzunliklari $0,35 \leq l/\lambda \leq 0,65$ oralig'ida bo'lgan SV larning kirish qarshiliklarini hisoblashda esa, tok taqsimotining giperbolik sinus qonunidan foydalaniladi va ular “*uzun vibratorlar*” deb yuritiladi.

Simmetrik vibratorning to'liq qarshiligi

Uzun liniyaning to'liq qarshiligi analogiyasiga binoan SV ning to'liq qarshili tushunchasi kiritilgan. Unga ko'ra, uzun liniya nazariyasida yo'qotishlarsiz ikki o'tkazgichli liniyaning to'liq qarshiligi quyidagi ifoda ko'rinishida aniqlanadi

$$W = \sqrt{L_1/C_1}, \quad (2.7)$$

bu yerda, L_1 – liniyaning induktivlik taqsimoti (birlik uzunlikdagi liniya induktivligi), Gn/m; C_1 – liniyaning taqsimlanagn sig'imi, F/m.

Yorug'lik tezligi $c = 1/\sqrt{L_1/C_1}$, m/s ekanligini inobatga olsak, u holda $W = 1/\sqrt{1/cC_1}$, Om.

SV ning to'liq qarshiligini shu formula bo'yicha hisoblash mumkin. Lekin, sig'im vibrator bo'ylab bir xilda taqsimlanmaganligi uchun, formulada keltirilgan C_1 sifatida, antenaning to'liq statik sig'imi C_A ning uning umimiy uzunligi $2l$ ga nisbatiga teng bo'lgan o'rtacha kattalik nazarda tutiladi.

To'liq statik sig'imni hisoblashning eng keng tarqalgan taxminiy usullaridan biri Xou usuli, yoki o'rtacha potensiallar usuli hisoblanadi.

Silindr shaklidagi o'tkazgichdan tayyorlangan SV kirish qarshiligini Xou usuli yordamida hisoblash formulasi quyidagicha ko'rinishga ega bo'lib,

$$W_A = 120(\ln(l/a) - 1), \quad (2.8)$$

bu yerda, l – vibrator yelkasining uzunligi; a – o'tkazgich radiusi.

Shu o'rinda, Xou usuli uzunligi to'liq uzunligidan kichik bo'lgan SV larning kirish qarshiliklarini hisoblashdagina maqsadga muvofiq bo'lgan aniqliklarni berishini alohida ta'kidlash zarur. Sababi, vibratorning uzunligi ortishi bilan formulaning aniqlik darajasi ham mos ravishda kamayib boradi.

Simmetrik vibratorning nurlatish qarshiligi

SV nurlatadigan elektromagnit maydon qarshiligini elementar vibrator singari, Poynting vektori usuli bilan aniqlash mumkin. Bu usulga muvofiq, SV uzunligi λ to'liq uzunligidan juda katta bo'lgan r radiusli sfera bilan o'ralgan. Sfera yuzasi vibrator maydonining uzoq zonasida joylashgan bo'lsin. SV markazi sfera markazi bilan mos tushib, o'qi to'g'ri chiziqli dekart koordinatalar sistemasining oz o'qida yotadi.

Umumiy holda SV ning nurlatish quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$P_{\Sigma} = \frac{I_{\Pi}^2 R_{\Sigma\Pi}}{2}, \quad (2.9)$$

bu yerda, $R_{\Sigma\Pi}$ – maksimal tokdagi nurlatish qarshiligi.

SV ning nurlatish qarshiligini quyida keltirilgan ifoda yordamida ham aniqlash mumkin

$$R_{\Sigma p} = 30[2(\tau + \ln 2kl - Ci2kl) + \cos 2kl (\tau + \ln kl + Ci4kl - 2Ci2kl) + \sin 2kl (Si4kl - 2Si2kl)], \quad (2.10)$$

bu yerda, $\tau = 0,5772\dots$ – Eylar doimiysi; $Si x = \int_0^x \left(\frac{\sin u}{u}\right) du$ – integral

sinus; $Ci x = \int_x^{\infty} \left(\frac{\cos u}{u}\right) du$ – integral kosinus.

Ifodaga ko‘ra, SV ning nurlatish qarshiligi faqat l/λ munosabatiga bog‘liq bo‘lib, hisoblash natijalari eksperimental natijalar bilan deyarli o‘xshash. Bu esa, maydon yordamida aniqlanadigan uzoq zonadagi nurlatish qarshiligi vibrator qalinligiga juda kam bog‘liqligini ko‘rsatadi.

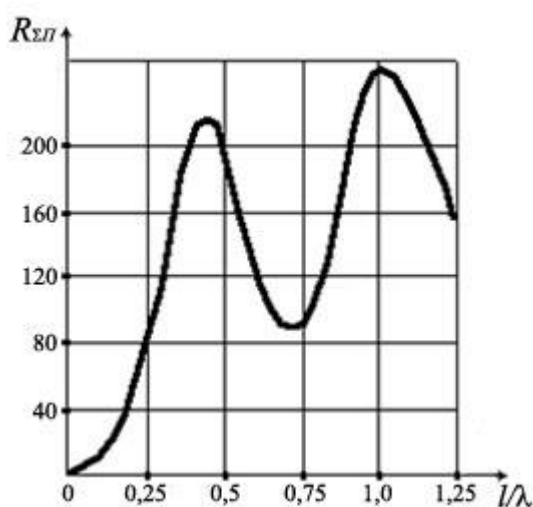
Shuningdek, uni aniqlash uchun grafik (2.8 - rasm) va jadval mavjud bo‘lib, unda uzoq zonadagi maydonning interferentsion ko‘rinishi l/λ ga bog‘liq tarzda o‘zgarishini ko‘rish mumkin.

Nisbiy yelka uzunligi l/λ ning 0,1 dan kichik bo‘lgan qiymatlarida nurlatish qarshiligini ushbu formula yordamida aniqlash mumkin

$$R_{\Sigma P} = 20 (kl)^4. \quad (2.11)$$

SV ning nurlatish qarshiligini grafik usulda yoki tenglama yordamida hisoblab, uning YK quyidagi tenglama yordamida aniqlaymiz:

$$D = (120/R_{\Sigma P})(1 - \cos kl)^2. \quad (2.12)$$



2.8 - rasm. Simmetrik vibrator nurlatish qarshiligining uning nisbiy yelka uzunligiga bog‘liqlik grafiği

SV nisbiy yelka uzunligining ba'zi qiymatlari uchun olingan natijalar:

$$l/\lambda = 0,25 \quad R_{\Sigma P} = 73,1 \text{ Om} \quad D = 1,64;$$

$$l/\lambda = 0,5 \quad R_{\Sigma P} = 199 \text{ Om} \quad D = 2,4;$$

$$l/\lambda = 0,625 \quad R_{\Sigma P} = 110 \text{ Om} \quad D = 3,1.$$

Shu o'rinda, taqqoslash uchun elementar elektr nurlatgichning YK $D = 1,5$ ga tengligini eslatib o'tamiz.

Ixtiyoriy vibratorli antenaning YK ni quyidagi formula yordamida hisoblab topish mumkin

$$D = \frac{120}{R_{\Sigma to'l}} \cdot f^2 \max(\varphi, \theta), \quad (2.13)$$

bu yerda, $R_{\Sigma to'l}$ – antenaning to'liq nurlatish qarshiligi.

SV ning ta'sir etuvchi uzunligi quyidagicha aniqlanadi:

$$l_T = \frac{\lambda(1 - \cos kl)}{(\pi \sin kl)}. \quad (2.14)$$

Simmetrik vibratorning kirish qarshiligi

SV generator (uzatgich) uchun yuklama bo'lib, undan uzatilayotgan quvvatning bir qismi vibratorndan nurlatiladi, qolgan qismi vibratorning o'zida (o'tkazgichlarning qizishi natijasida), izolyatorlarda hamda vibratorni atrofidagi predmetlarda yo'qoladi.

Bu yo'qotishlar nurlatish qarshiligi va yo'qotishlarning aktiv qarshiligidan iborat. Ko'pchilik holatlarda antenna atrofida reaktiv

quvvatga ega boʻlgan elektromagnit maydon mavjud boʻladi. Bu reaktiv quvvat asosan kirish qarshiligining reaktiv tashkil etuvchisi bilan mos keladi.

Shu tariqa, antennaga ulangan generator antennaning kirish qarshiligi deb ataluvchi kompleks qarshilikka yuklangan. ST kirish qarshiligi manba kirishidagi kuchlanishning shu nuqtadagi tok nisbatiga teng:

$$Z_{kir} = \frac{U_0}{I_0} = R_{kir} + iX_{kir}, \quad (2.15)$$

bu yerda, R_{kir} – SV kirish qarshiligining aktiv tashkil etuvchisi; X_{kir} – SV kirish qarshiligining reaktiv tashkil etuvchisi.

Kirish qarshiligining qiymati va xususiyati generatorga ulangan SV ning ish rejimini ifodalaydi. Ideal rejimga yaqin boʻlgan ish rejimini hosil qilish uchun generatorning chiqish qarshiligi, SV manba bilan taʼminlovchi koaksial kabelning (fider) toʻlqin qarshiligi hamda SV ning kirish qarshiliklari imkon qadar oʻzaro teng boʻlishlari kerak. Buning natijasida SV kirish qarshiligining reaktiv tashkil etuvchisi nolga intiladi.

Hosil qilingan ideal sharoitda taʼminlovchi fiderdagi TTK va YTK birga, akslanish koeffitsienti moduli esa nolga intiladi. Yaʼni, antenna-fider traktida yugurma toʻlqin rejimiga yaqin boʻlgan rejim oʻrnatiladi.

Odatda, ST oʻtkazgichlaridagi yoʻqotishlar uncha katta boʻlmaganligi sababli $R_{kir} \approx R_{\Sigma 0}$ deb qarash mumkin. Bu yerda,

$R_{\Sigma 0}$ – vibratorning manba nuqtalaridagi tokga bog‘liq bo‘lgan nurlatish qarshiligi.

Endi SV kirish qarshiligining aktiv va reaktiv tashkil etuvchilarini hisoblash formulalarini keltirib chiqaramiz.

“Qisqa” SV bo‘lgan holat uchun

Vibratoridan nurlatilayotgan quvvatni maksimal tok (I_n) hamda manba nuqtasidagi toklarning (I_0) amplitudasi orqali ifodalaymiz, natijada quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$P_{\Sigma} = \frac{I_{\Pi}^2 R_{\Sigma\Pi}}{2} \quad \text{va} \quad P_{\Sigma} = \frac{I_0^2 R_{\Sigma 0}}{2}. \quad (2.16)$$

Ifodaning chap taraflari o‘zaro teng bo‘lganliklari uchun, $I_{\Pi}^2 R_{\Sigma\Pi} = I_0^2 R_{\Sigma 0}$. Bu yerda,

$$R_{\Sigma 0} = R_{\Sigma\Pi} \frac{I_{\Pi}^2}{I_0^2}. \quad (2.17)$$

Formuladagi I_0 kattalikni $I_0 = I_{\Pi} \sin kl$ orqali ifodalab, vibrator kirish qarshiligini (undagi yo‘qotishlarni hisobga olmaganda) aktiv tashkil etuvchisini quyidagi hisoblash formulasiga ega bo‘lamiz:

$$R_{\Sigma 0} = \frac{R_{\Sigma\Pi}}{\sin^2 kl}. \quad (2.18)$$

Berilgan o‘lchamdagi vibrator uchun $R_{\Sigma\Pi}$ qiymatni jadval yoki grafiklardan aniqlash mumkin.

Kirish qarshiligining reaktiv tashkil etuvchisini hisoblashda, oxiri

ochiq ikki o'tkazgichli yo'qotishsiz liniyaning kirish qarshiligini aniqlash formulasidan foydalanib, unda keltirilgan liniyaning to'lqin qarshiligini antenaning to'lqin qarshiligi bilan almashtiramiz, natijada

$$X_{kir} = -iW_A \operatorname{ctg} kl. \quad (2.19)$$

Shu tariqa, qisqa SV ning to'liq kirish qarshiligini hisoblash formulasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$Z_{kup} = \frac{R_{\Sigma\Pi}}{\sin^2 kl} - iW_A \operatorname{ctg} kl. \quad (2.20)$$

Keltirilgan (2.20) tenglama asosidagi hisoblashlarning aniqligi vibrator ko'ndalang kesimining o'lchamlari kamayib borgan sari oshib boradi.

“Uzun” SV bo'lgan holat uchun

Bu holatda kirish qarshiligi ikki o'tkazgichli oxiri ajratilgan yo'qotishli liniyaning kirish qarshiligi kabi aniqlanadi:

$$Z_{kup} = W_A \frac{\operatorname{sh}2\alpha l - \frac{\alpha}{\beta} \sin 2\beta l}{\operatorname{ch}2\alpha l - \cos 2\beta l} - iW_A \frac{\frac{\alpha}{\beta} \operatorname{sh}2\alpha l + \sin 2\beta l}{\operatorname{ch}2\alpha l - \cos 2\beta l}, \quad (2.21)$$

bu yerda, W_A – vibratorning to'lqin qarshiligi; l – vibrator yelkasining uzunligi; β – vibratoridagi to'lqinning faza koeffitsienti; α – susayish koeffitsienti.

Susayish ko'effitsientini uzun liniyalardagi kabi, vibrator o'tkzichlaridagi yo'qotishlarni e'tiborga olmagan holda quyidagicha hisoblash mumkin

$$\alpha = R_{\Sigma I}/W_A, \quad (2.22)$$

bu yerda, $R_{\Sigma I}$ – vibratorning birlik uzunligiga mos kelgan nurlatishning aktiv qarshiligi.

Agar, nurlatish qarshiligi $R_{\Sigma II}$ vibratorning butun uzunligi bo'ylab bir tekis taqsimlangan deb taxmin qiladigan bo'lsak, $R_{\Sigma I}$ hisoblash uchun quyidagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$R_{\Sigma I} = \frac{R_{\Sigma II}}{l \left(1 - \frac{\sin 2kl}{2kl} \right)}. \quad (2.23)$$

O'z navbatida (2.23) keltirilgan ifodaga binoan, susayish ko'effitsienti quyidagicha hisoblanadi:

$$\alpha = \frac{R_{\Sigma I}}{W_A} = \frac{R_{\Sigma II}}{iW_A \left(1 - \frac{\sin 2kl}{2kl} \right)}. \quad (2.24)$$

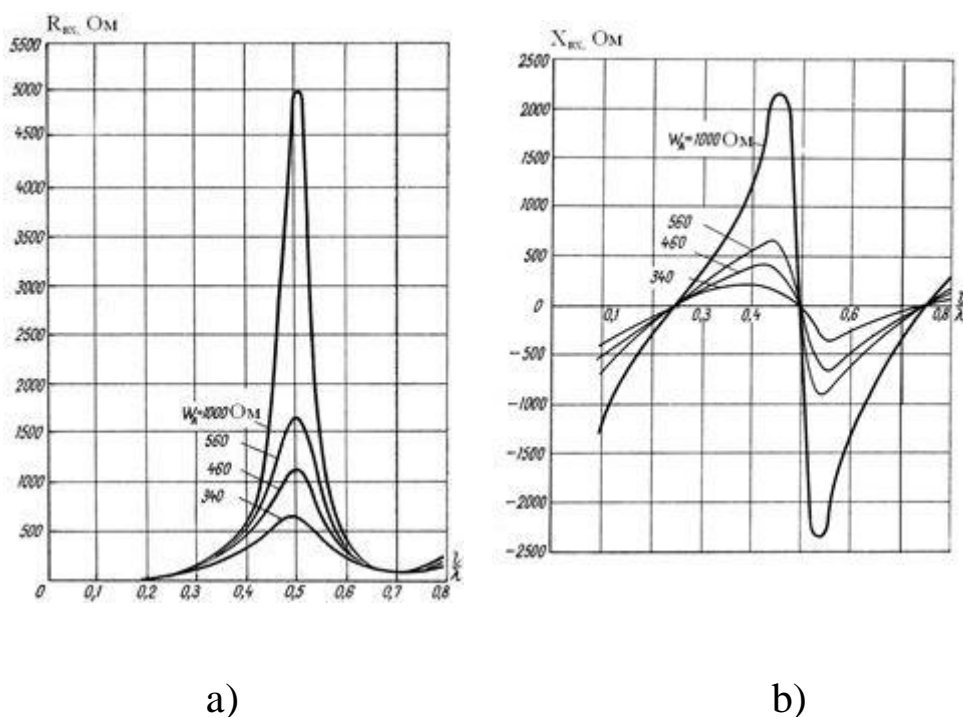
Odatda, viratordagi to'liqinning faza ko'effitsienti β erkin fazodagi to'liqinning faza ko'effitsientik dan bir muncha farq qiladi. Sababi, yo'qotishli liniyalardagi to'liqinning faza tezligi yorug'lik tezligidan ancha kichik bo'lgani kabi, buni vibratorlarda ham kuzatish mumkin.

Shuning uchun, $\beta = \omega/v > k = \omega/s$, bu yerda, v – vibratorning faza tezligi. Unga ko‘ra, vibratorning to‘lqin qarshiligi qancha kichik bo‘lsa (vibrator qancha qalin bo‘lsa), to‘lqinning faza tezligi ham shuncha kam bo‘ladi.

Yuqoridagi (2.21) formuladan ko‘rinib turibdiki, vibrator kirish qarshiligining aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari fakat tebratgich uzunligiga emas, balki uning diametriga ham bog‘liq ekan.

“Uzun” vibratorlarning kirish qarshiliklarini hisoblash natijalari uning aktiv va reaktiv tashkil etuvchilarini nisbiy yelka uzunliklari va to‘lqin qarshiliklariga bog‘liqlik grafiklarini qurish imkonini beradi.

Quyidagi 2.9-rasmda SV kirish qarshiligining aktiv (a) va reaktiv (b) tashkil etuvchilari uchun bog‘liqlik grafiklari keltirilgan.



2.9 - rasm. Simmetrik vibrator kirish qarshiligining bog‘liqlik grafiklari

Grafiklar faza koeffitsientlari $\beta = k$ bo'lgan holat uchun, ya'ni vibratoridagi faza koeffitsienti erkin fazodagi faza koeffitsientiga teng deb olingan shart uchun keltirilgan.

Keling, *SV kirish qarshiligining aktiv tashkil etuvchisi* (R_{kir}) uchun keltirilgan grafikni ko'rib chiqamiz.

Grafikdagi egri chiziqlardan l/λ ortib borishi bilan kirish qarshiligi ham sekin-asta oshib borishini, $l/\lambda = 0,5$ ga teng bo'lganda kirish qarshiligi maksimumga erishganini kuzatish mumkin. Unga ko'ra, W_A qancha katta bo'lsa, kirish qarshiligi ham shuncha katta. Ya'ni, vibrator qancha ingichka bo'lsa, kirish qarshiligi shuncha katta bo'ladi.

Nisbiy yelka uzunligi l/λ ning keyingi oshirilishi kirish qarshiligini asta kamaytirib, $l/\lambda = 0,75$ bo'lganda minimumga erishadi. So'ng yana oshishni boshlaydi va $l/\lambda = 1$ ga teng bo'lganda yangi maksimumga ega bo'ladi. Shu tariqa l/λ munosabatining 0,5 ga karrali bo'lgan qiymatlarida maksimumlar takrorlanib boradi (rasmda keltirilmagan). Kirish qarshiligining minimumlari esa nisbiy yelka uzunligi l/λ ning toq bo'lgan qiymatlariga teng bo'lganda kuzatiladi ($l/\lambda = 0,25; 0,75$ va h.k.).

Yarim to'liqinli vibrator uchun $R_{kir} = 73,1$ Om.

Kirish qarshiligining reaktiv tashkil etuvchisi (X_{kir}) uchun grafiklarni ko'rib chiqamiz.

SV kirish qarshiligining reaktiv tashkil etuvchisi $l/\lambda = 0,25; 0,5; 0,75; 1$ va h.z. qiymatlarida nol orqali o'tganda davriy tarzda o'zgarib boradi.

Nisbiy yelka uzunligi $l/\lambda < 0,25$ bo'lganda, reaktiv tashkil etuvchi X_{kir} sig'im xarakterga, $0,25 < l/\lambda < 0,5$ – induktiv xarakterga ega bo'ladi.

Antennaning xususiy uzunligi deb, vibratorni uni ta'minlovchi generator bilan rezonansga sozlovchi ($X_{kir} = 0$) eng katta to'liq uzunligiga aytiladi. SV kirish qarshiligi uchun keltirilgan formulaga binoan, uning xususiy to'liq uzunligi $\lambda_0 = 4l$ ga teng.

Amalda esa, vibratoridagi to'liq tarqalishining faza tezligi yorug'lik tezligiga nisbatan bir necha marta kichik ($\beta > k$) bo'lganligi sababli, uning rezonans uzunligi ham kichik bo'ladi. Bu yerda, vibrator yuzasi qancha keng bo'lsa, uning faza tezligi shuncha kichik, rezonans uzunligi shuncha qisqa bo'ladi. Xususan, nisbiy yelka uzunligi $l/\lambda = 0,25$ hamda radiusi nolga intilayotgan SV kirish qarshiligi: $Z_{kir} = 73,1 + j42,5 \text{ Om}$ ga teng. Bu yerda, $X_{kir} = +j42,5 \text{ (Om)}$ – kirish qarshiligining reaktiv tashkil etuvchisi.

Bundan ko'rinib turibdiki, SV to'liq uzunligi o'zgarishi bilan kirish qarshiliga deyarli o'zgarmaydi, ya'ni SV keng chastota diapazonida ishlashi mumkin.

Yuqorida ta'kidlanganidek, SV ningishchi chastotadagi eng yaxshi ish rejimini ta'minlash uchun, uning kirish qarshiligi reaktiv tashkil etuvchisi qiymatini nolga intiltirish kerak.

SV dagi faza tezligi kamayishini hisobga olgan holda, uning yelka uzunligi $\lambda/4$ yoki $\lambda/2$ dan kichikroq qilib tayyorlanadi. Bu yerda, vibrator yuzasi qancha keng bo'lsa, qisqartirish kattaligi shuncha katta bo'ladi.

SV kirish qarshiligining aktiv tashkil etuvchisi tok amplitudasining maksimal qiymatida $R_{kir} = R_{\Sigma 0} = R_{\Sigma \Pi}$ bo'ladi. Tugun yaqinidagi manbadan ta'minlanadigan uzun SV kirish qarshiligini aniqlashda, ya'ni, $\alpha l \ll 1$ (real holatga yaqin) bo'lganda, quyidagi

taxminiy formuladan foydalanish mumkin:

$$R_{kir} = \frac{R_{\Sigma\Pi}}{\sin^2 kl + \left(\frac{R_{\Sigma\Pi}}{W_A}\right)^2}, \quad (2.25)$$

$$X_{kir} = \frac{-i\left(\frac{W_A}{2}\right)\sin 2kl}{\sin^2 kl + \left(\frac{R_{\Sigma\Pi}}{W_A}\right)^2}. \quad (2.26)$$

Ushbu taxminiy formulalardan $0,35 \leq l/\lambda \leq 0,65$ holat uchun, SV kirish qarshiligini hisoblashda foydalanilsa bo'ladi. Shu o'rinda, SV to'lqin qarshiligi oshirilganda, undan oqayotgan tok taqsimoti sinusoidaga yaqin bo'lishini ta'kidlab o'tish maqsadga muvofiq.

Yuqoridagi 2.9 - rasmda keltirilgan grafiklardan SV to'lqin qarshiligini kamayishi natijasida, uning aktiv va reaktiv kirish qarshiliklarining chastotaga bog'liqligi ham kamayishini kuzatish mumkin. Shunday qilib, kichik qiymatli to'lqin qarshiligiga ega bo'lgan SV, katta to'lqin qarshiligiga ega bo'lgan SV ga nisbatan yaxshiroq diapazonlik xususiyatini namoyon etadi. Keltirilgan (2.8) formulaga binoan, SV qanchalik qalin bo'lsa (bu yerda SV yelkalarining ko'ndalang kesimi nazarda tutilmoqda), u shunchalik diapazonlik hisoblanadi deb aytish mumkin.

Oddiy tebranish konturida bo'lgani kabi, to'lqin qarshiligi W_A kamayishi bilan SV ning aslligi ham kamayib boradi. Bu yerda, uning reaktiv energiyani aktiv energiyaga nisbati (nurlatilgan va yo'qotilgan) orqali bog'liqligi tushuniladi.

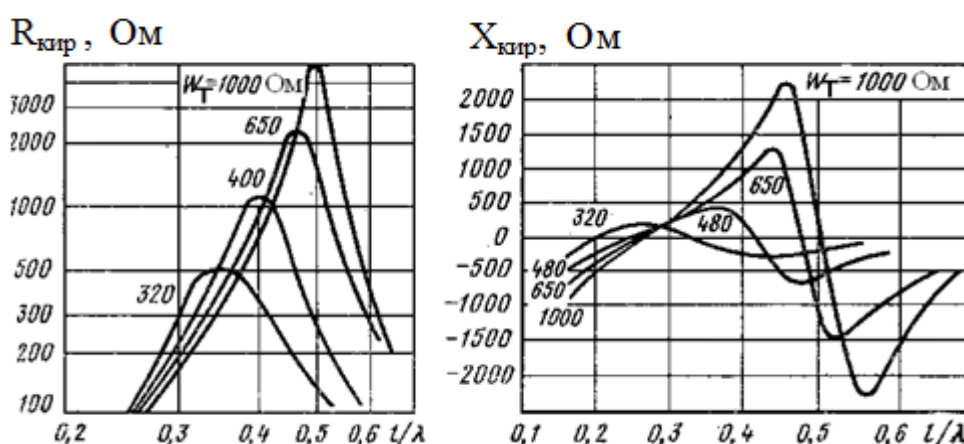
Vibrator aslligi quyidagi formula orqali ifodalanadi:

$$Q_A = A(W_A/R_{vx}), \quad (2.27)$$

bu yerda, A – proportsionallik koeffitsienti.

Shu o‘rinda, SV ko‘ndalang kesimini oshirishi hisobiga to‘lqin qarshiligining kamayishi, uning yelkalari bo‘ylab taqsimlangan C_1 sig‘imni oshishiga olib kelishini ta’kidlab o‘tish zarur.

R_{kir} va X_{kir} larning turli qalinlikdagi SV ning nisbiy uzunligiga bog‘liqlik grafiklari 2.10 - rasmda keltirilgan.



2.10 - rasm. O‘tkazgichlari turli diametrga ega bo‘lgan simmetrik vibrator kirish qarshiliklarining uning nisbiy yelka uzunligiga bog‘liqlik grafiklari

Asosiy xulosalar:

- SV kompleks kattalik bo‘lgan kirish qarshiligi bilan tavsiflanadi;
- SV ning kirish qarshiligi aktiv va reaktiv tashkil etuvchilardan iborat;
- SV kirish qarshiligining aktiv tashkil etuvchisi, vibrator dan fazoga nurlatilgan aktiv energiyani ifodalaydi;
- SV kirish qarshiligining reaktiv tashkil etuvchisi, vibrator atrofida tebranuvchi, fazoga nurlatilmagan reaktiv energiyani ifodalaydi;
- SV nurlatish qarshiligi bilan tavsiflanadi;

- SV o‘tkazgichlarida yo‘qotishlar kam bo‘lganda, nurlatish qarshiligi kirish qarshiligining aktiv tashkil etuvchisiga taxminan teng bo‘ladi;
- SV uning ko‘ndalang kesimiga bog‘liq bo‘lgan to‘lqin qarshiligi bilan tavsiflanadi;
- SV kirish qarshiligining qiymati (aktivva reaktiv tashkil etuvchilari) vibratorning nisbiy yelka uzunligiga va uning ko‘ndalang o‘lchamlariga bog‘liq.

Nazorat savollari

1. Simmetrik vibrator deb qanday qurilmaga aytiladi?
2. Simmetrik vibrator uchun maydon kuchlanganligi ifodasini keltiring.
3. Simmetrik vibratorning YD qanday holatlarda yon bargchalarga ega bo‘ladi?
4. Simmetrik vibratorning o‘tkazish polosasi nima bilan ifodalanadi?
5. Simmetrik vibratorning YXtaniqlash tenglamasini keltiring va tarif bering.
6. Simmetrik vibratorning elektr xususiyatlari haqida ma’lumot bering.
7. Simmetrik vibratorning yo‘nalganlik xususiyatlari haqada ma’lumot bering.
8. Simmetrik vibratorning kirish qarshiligi deb nimaga aytiladi?
9. Simmetrik vibratorning nurlatish qarshiligi deb nimaga aytiladi?
10. Simmetrik vibratorning to‘lqin qarshiligini aniqlash tenglamasini keltiring va ta’rif bering.

3. BOG‘LIQ VIBRATORLARDAN TASHKIL TOPGAN TIZIMNING NURLATISHI

3.1. Ikkita bog‘liq simmetrik vibratorlarning elektr xarakteristikasi

Yakka SV kuchsiz yo‘nalganlik xususiyatiga ega bo‘lib ($D_{maks} \approx 3,1$), faqat bitta tekislik (E vektor tekisligida) bo‘yicha yo‘nalgan, ikkinchi tekislik (H vektor tekisligida) bo‘yicha nurlatish maydoni barcha yo‘nalishlarda teng taqsimlangan.

Shuning uchun bir taraflama nurlanish hosil qilishda ikki yoki undan ortiq SV lardan tashkil topgan tizimdan foydalaniladi. Unda vibratorlar biri ikkinchisidan bir to‘lqin uzunligidan kichik bo‘lgan masofa uzoqlikda joylashganligi sababli, bir - biriga xususiy elektromagnit maydonlari orqali o‘zaro ta’siri yuzaga keladi. Shu sababli bunday tizim “*bog‘liq vibratorlar*” deb nomlanadi.

Unga ko‘ra birinchi vibratorning maydoni ikkinchi vibratorida uning nurlatish qarshiligi yoki kirish qarshiligiga teng bo‘lgan EYuK hosil qiladi.

Vibratorlar tizimi hosil qilgan maydon alohida vibratorlar hosil qilgan maydonlarning yig‘indisi bo‘lib, unda ma’lum shartlar bajarilgandagina bir tomonlama YD shakllanadi.

Endi Ikkita bog‘liq tebratgichdan tashkil topgan SV ning yo‘nalganlik va elektr xususiyatlarini ko‘rib chiqamiz.

Vibratorlar o‘zaro parallel bo‘lib, bitta o‘qda biri ikkinchisidan d masofa uzoqlikda joylashgan. Ular kompleks amplitudali I_1 va I_2 tok

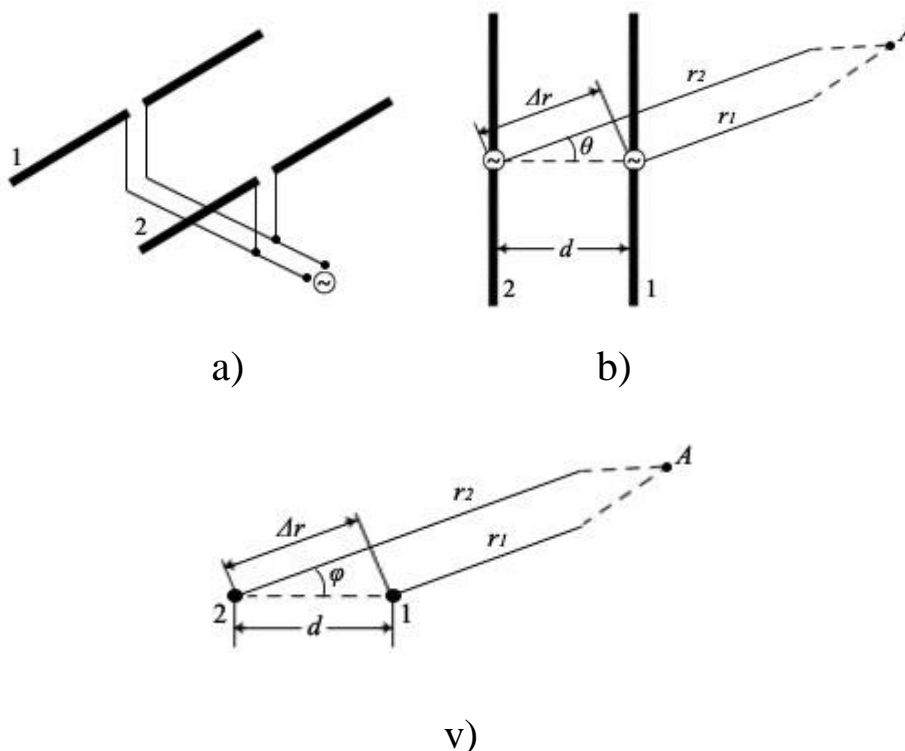
hamda ψ_1 va ψ_2 fazalar bilan qoʻzgʻatiladi (3.1- rasm, a - tizimning umumiy koʻrinishi, b - E vektor tekisligida, v - H vektor tekisligida).

Bogʻliq vibratorlar tizimining $r=const$ masofa uzoqlikda joylashgan A nuqtada hosil qilgan elektr maydonini meridial tekislikdagi burchak θ va azimutal tekislikdagi φ burchakka bogʻliqligini aniqlaymiz.

Buning uchun ikkita bogʻliq vibratorlar uchun YX hisoblash formulasini keltiramiz

$$\frac{\dot{I}_2}{\dot{I}_1} = q \cdot \exp(i\psi), \quad (3.1)$$

bu yerda, $q = \dot{I}_2 / \dot{I}_1$ tok modullarining nisbati; $\psi = I_2$ tok fazasining I_1 tokka nisbatan siljishi.



3.1- rasm. Ikkita bogʻliq vibratorlardan tashkil topgan tizim

Tizim nurlatishi natijasida kuzatuv nuqtasi A ga ikkita to‘lqin yetib keladi: 1 – birinchi vibrator hosil qilgan, 2 – ikkinchi vibrator hosil qilgan. A nuqta vibratorlarga nisbatan juda uzoq masofada joylashganligi sababli (ya’ni, $d \ll r$), 1 va 2 vibratorlar hosil qilgan to‘lqinlarning bosib o‘tgan yo‘llarini o‘zaro parallel deb hisoblaymiz.

Ammo A nuqtaga birinchi vibrator ikkinchi vibratorga nisbatan yaqinroq joylashgan, shu sababli birinchi va ikkinchi to‘lqinlar o‘rtasida meridional tekislikda $\Delta r = d \cos \theta$ ga teng bo‘lgan, azimutal tekislikda $\Delta r = d \cos \varphi$ ga teng bo‘lgan nurning yurish farqi yuzaga keladi.

Meridional tekislik bo‘lgan holatni ko‘rib chiqamiz.

Yuqoridagi (3.1) formulani va nurlarning yurish farqini hisobga olganda

$$\dot{E}_2 = q \exp(-ikd \cos \theta) \exp(i\psi), \quad (3.2)$$

bu yerda, $k d \cos \theta$ – nurning yurish farqi tufayli maydon fazalarining siljishi (fazodagi faza siljishi); E_1 – birinchi vibratorning kuzatuv nuqtasida hosil qilgan maydon kuchlanganligi; E_2 – ikkinchi vibratorning kuzatuv nuqtasida hosil qilgan maydon kuchlanganligi.

Har ikkala vibratorlarning o‘zidan r masofa uzoqlikda joylashgan kuzatuv nuqtasida hosil qilgan natijaviy maydon kuchlanganliklarining yig‘indisi quyidagiga teng

$$\dot{E} = \dot{E}_1 + \dot{E}_2 = \dot{E}_1 [1 + q \exp i(\psi - kd \cos \theta)] \quad (3.3)$$

bu yerda,

$$\dot{E}_1 = \frac{i60I_1}{r_1 \sin kl} \cdot \frac{\cos(kl \sin \theta) - \cos kl}{\cos \theta} \cdot \exp(-ikr_1) \quad (3.4)$$

Vibratorning umumiy maydon kuchlanganligi, uning fazasidan ko‘ra ahamiyatliroq ekanligini hisobga olgan holda, (3.4) ifodaning modulini aniqlash orqali ikkita bog‘liq tebratgichdan tashkil topgan tizimning YX uchun ifodani hosil qilamiz

$$f(\theta) = \frac{\cos(kl \sin \theta) - \cos kl}{\cos \theta} \cdot \sqrt{1 + 2q \cos(\psi - kd \cos \theta) + q^2} . \quad (3.5)$$

Ushbu ifodadagi (3.5) birinchi ko‘paytuvchi – bitta vibratorning YX, ikkinchisi – tizim ko‘paytuvchisi. Shunday qilib

$$f_1(\theta) = \frac{\cos(kl \sin \theta) - \cos kl}{\cos \theta} , \quad (3.6)$$

$$f_T(\theta) = \sqrt{1 + 2q \cos(\psi - kd \cos \theta) + q^2} . \quad (3.7)$$

Azimutal (ekvatorial) tekislik bo‘lgan holatda esa (masalan, SV bu tekislikda yo‘nalganlik xususiyatiga ega emas), ikkita bog‘liq tebratgichdan tashkil topgan tizimning YX ifodasi quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi

$$f(\varphi) = (1 - \cos kl) \sqrt{1 + 2q \cos(\psi - kd \cos \varphi) + q^2} . \quad (3.8)$$

Keltirilgan (3.5) va (3.8) ifodalardan ko‘rinadiki, ikkita vibratordan tashkil topgan tizimning YX bitta simmetrik vibratorning yo‘nalganlik xususiyati va har ikkala vibratorning birgalikdagi harakati bilan ifodalanadi. Shuningdek, tizim ko‘paytuvchisining ham bog‘liq vibratorlar tizimi YX ifodalashda katta hissasi mavjud.

Tizim ko‘paytuvchisi quyidagilarga bog‘liq:

- vibratorlar orasidagi d masofaga;
- vibratoridagi tok amplitudalari nisbati q ga, ya’ni ularni qo‘zg‘atuvchi tok amplitudasining qiymatiga;
- faza siljishi ψ ga, ya’ni, vibratorni qo‘zg‘atuvchi toklar orasidagi fazalar farqiga.

Bog‘liq vibratorlardan tashkil topgan tizimda bir taraflama nurlanish hosil qilish masalasining yechimi, berilgan chastotada d , q , ψ larning qiymatlarini tanlash orqali YX asosiy yo‘nalishda maksimumga hamda orqa tarafga minimumga ega bo‘lishiga olib kelishi kerak.

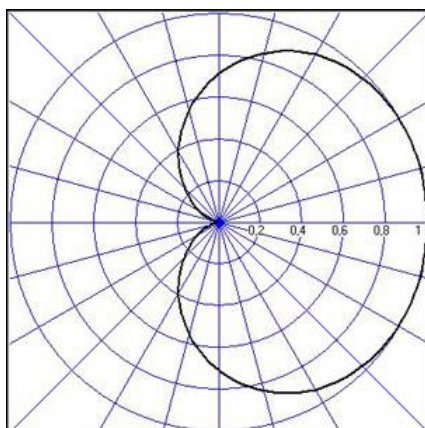
Shuningdek, d , q , ψ larning turli qiymatlarini tanlash va o‘rnatish orqali har xil shaklga ega bo‘lgan YX ega bo‘lish mumkin. Ammo bitta yagona kombinatsiya mavjud bo‘lib, unda hosil qilinadigan YX berilgan masalani qanoatlantiriladi.

Unga ko‘ra, nisbiy masofa $d/\lambda=0.25$, vibratoridagi tok amplitudalari munosabati $q=1$, toklar orasidagi faza siljishi $\psi=90^0$ teng bo‘lganda “kardioida” shaklidagi YD hosil bo‘ladi (3.2- rasm).

Muhim eslatma: bog‘liq vibratorlar tizimi yakka SV dan farqli o‘laroq har ikkala tekislik bo‘yicha yo‘nalganlik xususiyatiga ega. Uning meridional tekislikdagi YD azimutal tekislikdagiga nisbatan bir muncha tor bo‘ladi.

YD dan ko‘rinadiki, bog‘liq vibratorlardan tashkil topgan tizim maydonining asosiy yo‘nalishdagi nurlatishi maksimal ($\theta = 0^0$) bo‘lib, orqa tarafga nurlatish mavjud emas ($\theta=180^0$). Shuningdek, asosiy

yoʻnalishdagi maydon kuchlanganligi ham yakka SV maydonga nisbatan ikki marta ortadi.



3.2- rasm. Kardioda koʻrinishidagi yoʻnalganlik diagrammasi

Maydon kuchlanganliklarining qoʻshilishi qoʻshni vibratorlar orasidagi tok fazasi kechikkan tarafga ogʻadi. Shunday vibrator direktor deb ataladi.

Direktor (yoʻnaltiruvchi) deb, ikkinchi tebratkich tomon yoʻnaltirilgan nurlanishni susaytirib, qarama-qarshi tomondagi nurlanishni kuchaytirib beruvchi vibratorga aytiladi (3.3, a- rasm).

Reflektor (qaytaruvchi) deb, nurlatishni kuchaytirib, oldingi tebratkichga tomon yoʻnaltirib beruvchi va qarama-qarshi tomondagi nurlanishni susaytiruvchi vibratorga aytiladi.

Ideal holatda direktor: $q=1$, $\psi = -90^0$, $d/\lambda=0,25$ rejimda ishlashi kerak.

Ideal holatda reflektor: $q=1$, $\psi = +90^0$, $d/\lambda=0,25$ rejimda ishlashi kerak.

Vibratorlarning reflektorlovchi harakati toʻliq boʻlishi uchun ($d=\lambda/4$), har ikkala vibratorlardagi toklar qiymat jihatidan teng boʻlishi

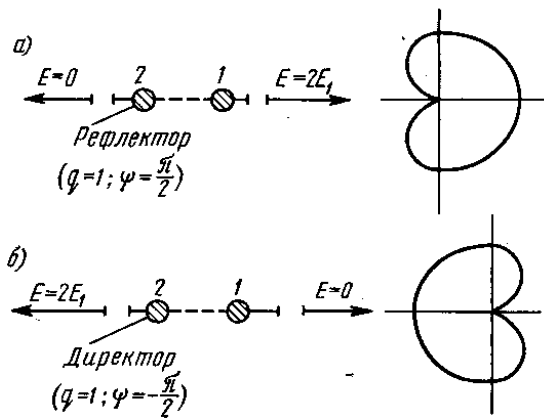
shart ($q=1$), reflektordagi tok esa ikkinchi bog‘liq vibratoridagi tokdan 90^0 ga ilgarilab ketishi kerak.

Muhim eslatma: har ikkala holatda ham maydon kuchlanganligi qo‘zg‘atilgan tok fazasi ortda qolayotgan tomonga qarab ortib boradi.

Amaliyotda passiv direktor va reflektorlardan foydalaniladi (ular manbaga ulanmaydi). Ya’ni, aktiv vibrator maydon yordamida oziqlanadi. Bunday hollarda reflektorning o‘lchami rezonans uzunlikdan bir oz uzunroq qilib yasaladi ($\lambda/2$ katta), uning kirish qarshiligi esa induktiv xarakterga ega bo‘lishi kerak. Passiv direktorni esa rezonans uzunlikdan bir oz qisqaroq qilib yasash ($\lambda/2$ qisqa) talab etiladi hamda uning qarshiligi sig‘im xarakterga ega bo‘lishi kerak.

Bog‘liq vibratorlardan tashkil topgan tizimda $\psi + kd = 180^0$ ifodasi $\theta=180^0$ yo‘nalishda nurlanish mavjud emasligining sharti hisoblanadi. Bu shart bajarilishi uchun $d/\lambda < 0,25$ da faza siljish burchagi $\psi > 90^0$ bo‘lishi shart. Shunda YD bir taraflama bo‘lib, maksimal nurlanish $\theta=0^0$ yotadi hamda maydon kuchlanganligi bu yo‘nalishda ikkilanmaydi.

Tizimdagi vibratorlar bir-biriga qancha yaqin joylashgan bo‘lsa, maksimal nurlanish yo‘nalishida shuncha kam maydon kuchlanganligiga ega bo‘ladi (d o‘zgarganda vibratorlardagi toklar doimiy deb hisoblanganda).



3.3- rasm. Reflektor va direktor xususiyatlari

Yuqoridagi holatga ko‘ra, har ikkala vibratorlar aktiv hisoblanadi, ya’ni, ularning ikkalasi ham manbaga ulangan. Ammo bu vibratorlarning har birini faza bo‘yicha siljirilgan toklar bilan qo‘zg‘atish tizim manbasini murakkablashtiradi.

Shu sababli, odatda reflektor yoki direktor vazifasini bajaruvchi vibratorlar manbaga (generatorga) ulanmaydi, ya’ni, passiv bo‘ladi. Ular aktiv (manbaga ulangan) vibrator hosil qilgan elektromagnit maydon yordamida qo‘zg‘atiladi.

Passiv vibrator holatida to‘liq reflektor yoki direktor rejimini amalga oshirib bo‘lmaydi, chunki, birgalikda $q = 1$ va $\psi = 90^\circ$ sharti bajarilmaydi. Shuning uchun, asosiy yo‘nalishda maydonning ikki martaga oshishiga va qarama-qarshi tarafda nol nurlanish hosil qilishiga erishib bo‘lmaydi.

3.2. Bog‘liq simmetrik vibratorlarning elektr xarakteristikalarini

Bog‘liq vibratorlar o‘zaro yaqin joylashganligi sababli xususiy elektromagnit maydonlari orqali bir-biriga ta’sir ko‘rsatadi. Bu esa

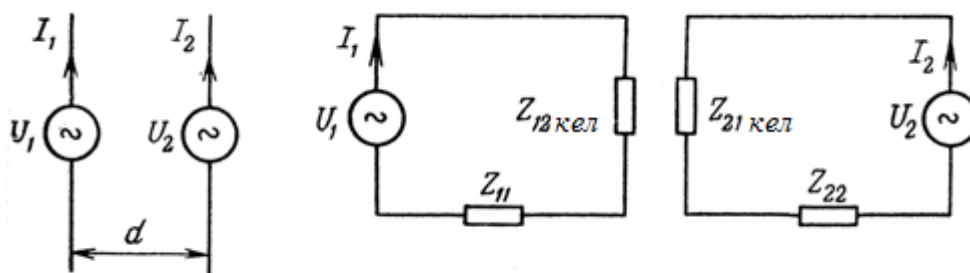
har bir vibratorning kirish qarshiligini (nurlatish qarshiligi) oʻzgarishiga olib keladi.

Ikkita bogʻliq vibratorlarning har birining toʻliq kirish qarshiligi (Z_1 va Z_2) ikki qismdan iborat: xususiy qarshiligi (Z_{11} va Z_{22}), yaʼni, ushbu vibratorning erkin fazoda ega boʻlgan qarshiligi hamda ikkinchi vibrator elektromagnit maydoni hosil qilgan qarshiligidan ($Z_{12}^{h.q.}$ va $Z_{21}^{h.q.}$)

$$\begin{aligned} Z_1 &= Z_{11} + Z_{12}^{h.q.}, \\ Z_2 &= Z_{22} + Z_{21}^{h.q.}. \end{aligned} \quad (3.9)$$

Demak, har ikkala vibratorning toʻliq qarshiligini hisoblash uchun, avval ularning hosil qilgan qarshiliklari qiymatlarini aniqlash zarur.

Ikkita bogʻliq vibratorning ekvivalent elektr sxemasi 3.4- rasmda keltirilgan (har ikkala vibrator aktiv).



3.4 - rasm. Ikkita bogʻliq vibratorlarning ekvivalent sxemasi

Qarshilikning aktiv qismi nurlatilgan quvvatni, reaktiv qismi – vibrator atrofida tebranuvchi elektromagnit maydonni ifodalaydi.

Birinchi vibratorida ikkinchi vibrator ta'sirida hosil qilingan keltirilgan qarshilikni aniqlash uchun birinchi vibrator sirtida ikkinchi vibrator ta'sirida hosil qilinuvchi tok taqsimoti qonuniyatini, tok amplitudasining maksimal qiymatini, elektr maydon kuchlanganligining tangensial tashkil etuvchilarini bilish zarur.

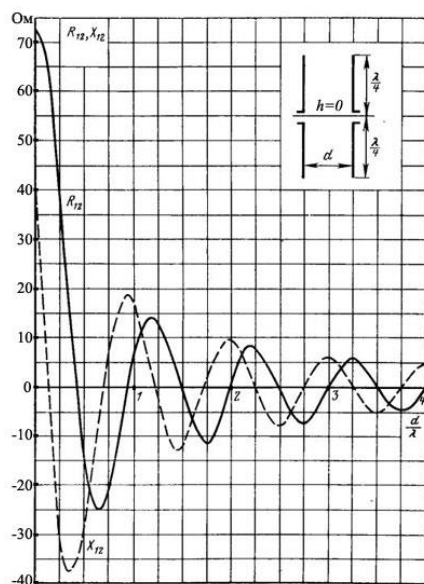
Keltirilgan qarshilik aktiv va reaktiv tashkil etuvchilardan tashkil topadi. Aktiv tashkil etuvchi $R_{12}^{h.q.}$ ikkinchi vibrator maydoni ta'sirida birinchi vibrator tomonidan nurlatituvchi aktiv quvvatni ifodalaydi. Reaktiv tashkil etuvchi $X_{12}^{h.q.}$ ikkinchi vibrator maydoni ta'sirida hosil qilingan elektromagnit maydon quvvatini ifodalaydi.

Keltirilgan qarshilikni hisoblash xususiy holda, bog'liq vibratorlar bir xildagi uzunlikka ega bo'lganda, ularning o'qlari parallel bo'lib, ulardagi toklar bir xil qiymatga va fazaga ega bo'ladi.

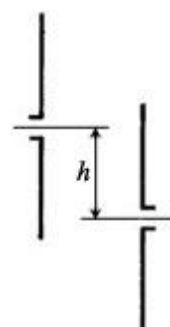
Va o'z navbatida, birinchi tebratgich ta'sirida ikkinchi tebratgichda hosil qilingan qarshilik, ikkinchi tebratgich ta'sirida birinchi tebratgichda hosil qilingan qarshilikka teng. Bu yerda, hosil qilingan qarshilik *o'zaro qarshilik* deb ataladi va Z_{12} deb belgilanadi (ular ham o'z navbatida R_{12} va X_{12} - aktiv va reaktiv tashkil etuvchilardan iborat).

Agar vibratorlardagi toklarning munosabatlari keltirilgan bo'lsa, ikki vibratorning ma'lum bo'lgan o'zaro qarshiliklari asosida osonlik bilan hosil qilingan qarshiliklarni hisoblash mumkin. O'zaro qarshiliklar l/λ , d/λ va h/λ kattaliklarning funksiyasi hisoblanadi, ya'ni, tizimning faqat geometrik o'lchamlari orqali aniqladani.

O‘zaro qarshiliklarning aktiv va reaktiv tashkil etuvchilarini R_{12} va X_{12} larning l/λ , d/λ va h/λ larga bog‘liqligini grafiklari yordamida aniqlash mumkin (3.5 - a, rasmda $h=0$ bo‘lgan holat uchun grafik yordamida hisoblash namunasi keltirilgan, bu yerda, h – vibrator o‘qlari orasidagi masofa (3.5 - b, rasm)).



a)



b)

3.5- rasm. Bog‘liq vibratorlarning o‘zaro qarshiliklarini aniqlash grafiklari

Har ikkala o‘zaro qarshiliklarning tashkil etuvchilari vibratorlar orasidagi d/λ masofaga bog‘liq holda musbat yoki manfiy qiymatlarni qabul qiladi, d/λ ba’zi qiymatlarida esa nol orqali ham o‘tadi. Ikkinchi vibratorning quvvat maydoni ta’sirida birinchi vibratorning maydoni kamaygandagina R_{12} qarshilik man’fiy bo‘lishi mumkin (birinchi vibratordagi tok o‘zgarmas bo‘lganda).

Grafikdagi o‘zaro qarshiliklarning bu ko‘rinishdagi egri chiziqlari vibratorlar orasidagi masofa o‘zgarishi natijasidagi hosil qilingan EYuK fazasining o‘zgarishi bilan izohlanadi.

Agar, hosil qilingan EYuK fazasi vibrator bo‘ylab oquvchi tok fazasiga teng yoki qarama-qarshi bo‘lsa, o‘zaro qarshilik toza aktiv bo‘ladi.

Agar, hosil qilingan EYuK fazasi vibrator bo‘ylab oquvchi tok fazasidan $\pi/2$ ga farq qilsa, o‘zaro qarshilik toza reaktiv bo‘ladi.

Shuningdek, hosil qilingan EYuK usulini vibratorning xususiy nurlatish qarshiligini aniqlashda ham qo‘llash mumkin.

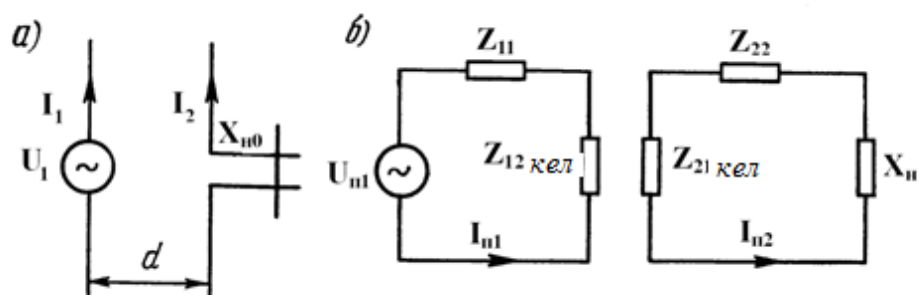
Odatda, bog‘liq vibratorlarni qo‘zg‘atishda “biri – aktiv vibrator”, “ikkinchisi – reaktiv vibrator” sxemasidan eng ko‘p foydalaniladi. Sababi, ushbu sxema vibratorlarning manbadan ta‘minlash tizimini birmuncha soddalashtiradi.

Amaliyotda passiv vibratorlar bir taraflama nurlanish hosil qilishda direktor yoki reflektor sifatida keng qo‘llaniladi.

Eslatma: vibrator direktor yoki reflektor sifatida ishlatilishi uchun undagi tok aktiv vibratoridagi tokka nisbatan ma‘lum qiymatga va fazaga ega bo‘lishi shart (ideal holda vibratorlar orasidagi masofa $d/\lambda=0,25$ bo‘lganda, $q=1$ va $\Psi=\pm 90^0$ sharti bajarilishi kerak).

Passiv vibratorlar uchun q va ψ kattaliklarining qiymatlari passiv va aktiv vibratorlar orasidagi masofaga hamda passiv vibratorning aktiv va reaktiv qarshiliklari qiymatlariga bog‘liq. Bu kattaliklarni passiv vibratoridagi reaktiv qarshilikni o‘zgartirish orqali boshqarish mumkin.

Quyidagi 3.6- rasmda biri – aktiv, ikkinchisi – passiv bo‘lgan ikki bog‘liq vibratorlarning elektr ekvivalent sxemalari keltirilgan.



3.6 - rasm. Ikki bog‘liq vibratorlarning elektr ekvivalent sxemalari

Sxemadan ko‘rinadiki, passiv vibratorning kirishiga sozlash qarshiligi X_s ulangan. Passiv vibratorlar uchun q va ψ kattaliklarining qiymatlari passiv va aktiv vibratorlar orasidagi masofaga hamda passiv vibratorning aktiv va reaktiv qarshiliklari qiymatlariga bog‘liq ekanligini hisobga olgan holda, q va ψ qiymatlarini boshqarish orqali X_s qiymatini o‘zgartirish mumkin. Bu yerda, q va Ψ o‘zaro bog‘liq, ya’ni, X_s o‘zgarishi natijasida bir vaqtning o‘zida q va Ψ kattaliklar ham o‘zgaradi. Shu sababli, passiv vibrator uchun bir vaqtning o‘zida q va Ψ ning kerakli qiymatlariga erishish mumkin emas.

q va Ψ hisoblash formulasi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$q = \frac{R_{12} + iX_{12}}{R_{22} + i(X_{22} + X_H)}, \quad (3.10)$$

$$\psi = \pi + \arctg\left(\frac{X_{12}}{R_{12}}\right) - \arctg\left(\frac{X_{22} + X_H}{R_{22}}\right). \quad (3.11)$$

Odatda passiv vibrator himoya ta'sir koeffitsientining maksimal qiymatiga ega bo'ladigan qilib sozlanadi. Bu yerda, hosil bo'lgan q va Ψ larning qiymatlari idealdan ($q = 1$, $\Psi = 90^0$) farq qilganligi uchun himoya ta'sir koeffitsientining maksimal qiymati odatda 10...20 dan katta bo'lmaydi.

Passiv vibrator reflektor rolini ijro etishi uchun undagi tok aktiv vibratoridagi tokdan faza bo'yicha 90^0 ilgarilab ketishi hamda induktiv xarakterga ega bo'lishi kerak. Ushbu xulosa $0,1\lambda \leq d \leq 0,25\lambda$ shart bajarilganda o'rinli bo'ladi.

Shuningdek, optimal reflektor ta'sirini hosil qilish uchun reflektor va aktiv vibrator orasidagi masofa taxminan $(0,15...0,25)\lambda$ etib tanlanishi, reflektorning reaktiv musbat qarshiligi esa 10...50 Om atrofida bo'lishi kerak.

Passiv vibrator direktor rolini ijro etishi uchun undagi tok aktiv vibratoridagi tokdan faza bo'yicha 90^0 ortda qolishi, shuningdek, $0,1\lambda \leq d \leq 0,25\lambda$ shart bajarilganda uning to'liq reaktiv qarshiligi manfiy, ya'ni sig'im xarakterga ega bo'lishi kerak.

Odatda past chastota diapazonlarida (dekametrli to'lqinlar) o'rtasiga qisqa tutashtiruvchi ikki o'tkazgichli liniya qirgimi ko'rinishidagi sozlanuvchi reaktiv qarshilik o'rnatilgan passiv vibratorlardan foydalaniladi.

Yuqori chastota diapazonlarida esa (metrli va detsimetrli) sozlanuvchi qarshiliklardan foydalanilmagan holda, passiv vibratorning uzunligi o'zgartirish orqali sozlanadi. Passiv vibrator reflektor rejimida ishlashi uchun uning to'liq uzunligi $\lambda/2$ dan kattaroq qilib tanlanishi hamda uning kirish qarshiligi induktiv xarakterga ega

bo'lishi shart.

Passiv vibrator direktor rejimida ishlashi uchun uning to'liq uzunligi $\lambda/2$ dan kichikroq qilib tanlanishi hamda uning kirish qarshiligi sig'im xarakterga ega bo'lishi shart. Vibratorlarni uzaytirish yoki qisqartirish uchun zarur bo'lgan o'lchamlar ular orasidagi masofa va ko'ndalang kesim yuzasi bilan aniqlanadi.

Asosiy xulosalar:

- ikki bog'liq vibratorlardan tashkil topgan tizim har ikkala asosiy yo'nalish bo'yicha bir taraflama nurlanish hosil qilish imkonini beradi;
- ikki bog'liq vibratorlarning yo'nalganlik xususiyatlari vibratorlar orasidagi masofa va ularni qo'zg'atuvchi parametrlarga bog'liq;
- vibratorlar bir-biriga xususiy elektromagnit maydonlari orqali ta'sir ko'rsatadi, shu sababli ularda xususiy qarshiliklaridan tashqari hosil qilingan qarshiliklar ham yuzaga keladi;
- maydon kuchlanganligining ortishi yo'nalishi tarafda joylashgan vibrator, direktor deb nomlanadi;
- maydon kuchlanganligining ortishini o'zi tomondan cheklaydigan vibrator, reflektor deb nomlanadi;
- direktordagi tok fazasi qo'shni vibratoridagi tok fazasidan ortda qolishi kerak;
- reflektordagi tok fazasi qo'shni vibratoridagi tok fazasidan ilgarilab ketishi kerak;
- alohida manbadan ta'minlanadigan vibrator, aktiv deb ataladi;
- alohida manbasiga ega bo'lmagan, qo'shni vibratorlarning maydoni hisobiga qo'zg'aladigan vibrator, passiv deb ataladi.

Nazorat savollari

1. Bog‘liq vibratorlar deb nimada aytiladi?
2. Bog‘liq vibratorlardan tashkil topgan tizimning xususiyatlari nimalardan iborat?
3. Bog‘liq vibratorlarni YX aniqlash tenglamasini keltiring va ta’rif bering.
4. Bog‘liq vibratorlarning elektr xarakteristikalarini.
5. Bog‘liq vibratorlarning to‘liq kirish qarshiliklarini aniqlash tenglamalarini keltiring va ta’rif bering.
6. O‘zaro qarshilik deb nimaga aytiladi?
7. Reflektor va direktorlarning bajaradigan vazifalarini tushuntiring.
8. Bog‘liq vibratorlar hosil qilgan YD larini tahlil qiling.
9. Aktiv vibrator deb qanday vibratorga aytiladi va qanday hosil qilinadi?
10. Passiv vibrator deb qanday vibratorga aytiladi va qanday hosil qilinadi?

4. ANTENNA PANJARALARINING O‘TKIR YO‘NALTIRILGAN NURLANISHI

4.1. Antenna panjaralari yordamida o‘tkir yo‘naltirilgan nurlanishni hosil qilish

Zamonaviy simsiz telekommunikatsiya tizimlari uchun tor YD hosil qilish muhim va dolzarb masalalardan biri hisoblanadi.

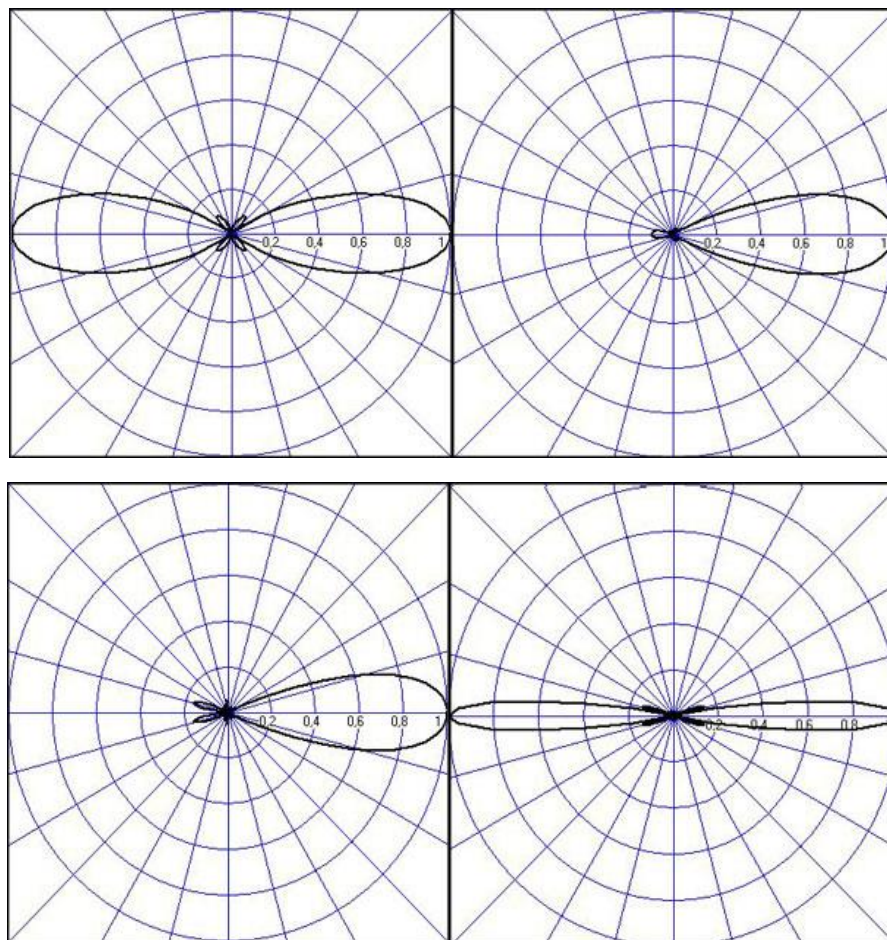
Tor YD ega bo‘lgan bu kabi antennalardan sun‘iy yo‘ldosh tizimlarida, radionavigatsiyada, radiolokatsiyada, radiopelengatsiyada, mobil va radioreley aloqasida keng foydalaniladi.

Tor YD deyilganda, juda kichik kenglikka ega bo‘lgan bosh bargcha tushuniladi. Bu antenning o‘tkir yo‘nalgan nurlanishga ega ekanligidan darak beradi. Ya’ni, antenna yuqori yo‘nalganlikka yoki katta KK ga ega bo‘ladi.

Yo‘nalgan antenna fazoda belgilangan yo‘nalishda elektromagnit maydon energiyasini tor dasta ko‘rinishida kontsentratsiyalab, boshqa yo‘nalishlarda nurlanishni minimumgacha kamaytirishi lozim. O‘tkir yo‘nalgan antennalarning YD lari 4.1- rasmda keltirilgan.

Yo‘nalgan antennalarning juda ko‘p turlari mavjud bo‘lib, ulardan biri antenna panjaralari (AP) hisoblanadi.

Umumiy holatda AP o‘zida ma’lum amplituda va fazaga ega bo‘lgan yuqori chastotali toklar bilar qo‘zg‘atiladigan, fazoda belgilangan tartibda joylashtirilgan elementlar tizimini mujassamlashtiradi.

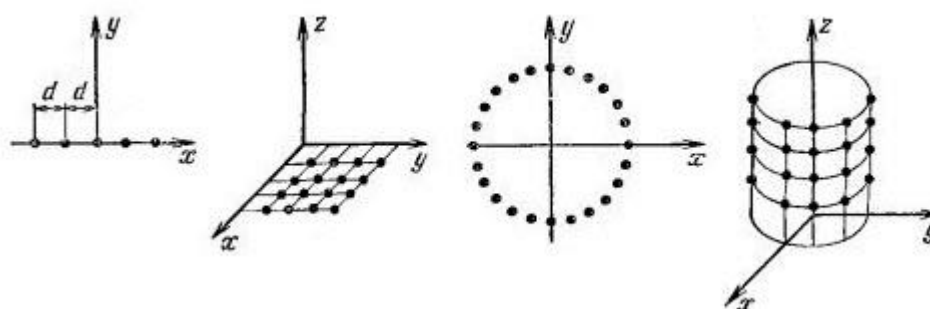


4.1- rasm. O‘tkir yo‘nalgan yo‘nalganlik diagrammalarining turlari

Elementlarning AP da joylashuviga ko‘ra chiziqli, yassi, xalqasimon, silindrsimon va boshqa turlarga bo‘linadi (4.2-rasm).

Amaliyotda AP elementi sifatida eng ko‘p: vibratorlar, tirqishlar, oxiri ochiq to‘lqin o‘tkazgichlar kabi sust yo‘naltirilgan nurlatgichlardan foydalaniladi. Ba’zi simsiz telekommunikatsiya tizimlarida AP elementi sifatida: spiral, “to‘lqin kanalli” antenna, ruporli antenna singari yo‘naltirilgan nurlatgichlardan ham foydalaniladi.

AP ning asosiy ish prinsipi panjaraning alohida elementlari tomonidan hosil qilingan elektromagnit maydonlarni belgilangan yoʻnalishda (asosiy) sinfaz tarzda qoʻshilishiga asoslanadi. Natijada, boshqa yoʻnalishdagi nurlatishni kamayishi hisobiga, berilgan yoʻnalishdagi maydon kuchlanganligining ortishi kuzatiladi.



4.2- rasm. Antenna panjara turlari

Tizimdagi elementlarni qoʻzgʻatish usuliga koʻra AP: sinfaz, nosinfaz (fazalashgan), teng amplitudali, teng boʻlmagan amplitudali turlarga boʻlinadi.

Elementlarning joylashuviga koʻra AP: ekvidistant va noekvidistant turlarga boʻlinadi.

Sinfaz AP deb, elementlari bir xil fazali tok bilan qoʻzgʻatiladigan panjaraga aytialdi.

Nosinfaz AP deb, elementlari har xil fazali tok bilan qoʻzgʻatiladigan panjaraga aytiladi. Bu yerda, tok fazalari elementdan elementga oʻzgarmas qiymat bilan siljishi yoki har xil qiymatlarga ega boʻlishi mumkin.

Teng amplitudali AP deb, elementlari bir xil amplitudali toklar bilan qoʻzgʻatiladigan panjaraga aytiladi.

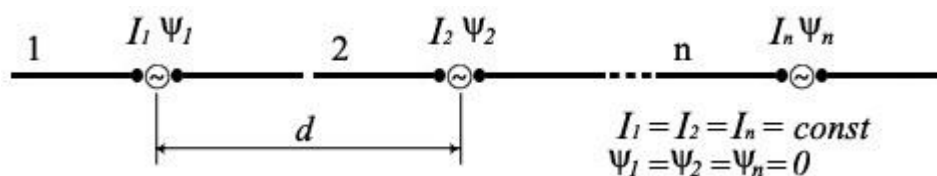
Teng boʻlmagan amplitudali AP deb, elementlari har xil amplitudali toklar bilan qoʻzgʻatiladigan panjaraga aytiladi.

Ekvidistant AP deb, elementlari bir-biridan bir xil masofa uzoqlikda joylashgan panjaraga aytiladi.

Noekvidistant AP deb, elementlari bir-biridan har xil masofa uzoqlikda joylashgan panjaraga aytiladi.

4.2. Koʻndalang nurlatuvchi antenna panjaralari

Chiziqli AP deb, bir xil turdagi elementlardan tashkil topgan, manbalari va yelkaları bitta toʻgʻri chiziq boʻylab joylashgan nurlatuvchi tizimga aytiladi. Keling, n-ta sust yoʻnaltirilgan nurlatgichlardan tashkil topgan sinfaz, teng amplitudali, ekvidistant AP ning yoʻnalganlik xususiyatlarini koʻrib chiqamiz (4.3- rasm).



4.3- rasm. Chiziqli, sinfaz, teng amplitudali, ekvidistant antenna panjarasi

Agar antenna panjarasi biri ikkinchisidan bir xil masofa uzoqlikda joylashgan, bir turdagi o'xshash elementlardan tashkil topgan bo'lsa, bu nurlatuvchi tizimning YX ni bitta elementning yo'nalganlik xarakteristikasini ($f_I(\theta, \varphi)$) tizim ko'paytuvchisiga ($f_T(\theta, \varphi)$) ko'paytmasi orqali ifodalash mumkin (4.1). Hosil qilingan ifoda **qayta ko'paytirish teoremasi** deb ataladi va quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$f(\theta, \varphi) = f_I(\theta, \varphi) f_T(\theta, \varphi), \quad (4.1)$$

bu yerda, $f_I(\theta, \varphi)$ – bitta elementning YX; $f_T(\theta, \varphi)$ – tizim ko'paytuvchisi.

Ifodadagi tizim ko'paytuvchisi element turiga emas, balki elementlar soni, ular orasidagi masofa va ishchi to'lqin uzunligiga bog'liq.

Agar element sifatida SV dan foydalanilsa, AP YX quyida ko'rinishga ega bo'ladi:

– meridional tekislikda

$$f(\theta) = \frac{\cos(kl \sin \theta) - \cos kl}{\cos \theta} \cdot \frac{\sin(0,5nkd \sin \theta)}{\sin(0,5kd \sin \theta)}, \quad (4.2)$$

– ekvatorial tekislikda

$$f(\varphi) = (1 - \cos kl) \cdot \frac{\sin(0,5nkd \sin \varphi)}{\sin(0,5kd \sin \varphi)}, \quad (4.3)$$

bunda, n – elementlar soni; d – elementlar orasidagi masofa; l – vibratorning yelka uzunligi; k – to'lqin soni ($2\pi/\lambda$).

Vibratorlar soni ortishi bilan tizim ko'paytuvchisi burchak θ o'zgarishiga mos holda ko'paytuvchi $f_1(\theta)$ ga nisbatan tezroq o'zgarishni boshlaydi. Sababi, $nkd/2$ kattalik kl ga nisbatan sezilarli darajada katta. Shuning uchun panjaraning YX asosan tizim ko'paytuvchisi orqali ifodalanadi.

Tizim ko'paytuvchisi davriy funksiya bo'lganligi sababli, θ burchak o'zgarishi bilan nolga aylanishi, so'ngra maksimum qiymatgacha ortishi, keyin yana kamayib nolga teng bo'lishi mumkin va h.z. Bundan ko'rinadiki, panjaraning YD meridional tekislikda ko'p bargli xarakterga ega.

Nurlatayotgan chiziqli AP ning maydon kuchlanganligi $\theta=0^\circ$ va $\theta=180^\circ$ yo'nalishlarda maksimumga ega bo'ladi, ya'ni YD o'qqa perpendikulyar yo'nalishda ikkita maksimumga ega. Shu sababli bu tizimga *ko'ndalang nurlatuvchi AP* deb nom berilgan.

Bu yo'nalishda tizimdagi nisbiy uzunligi $l/\lambda=0,625$ ga teng bo'lgan har bir vibrator maksimal intensivlikda nurlatadi. Alohida vibratorlarning maydonlari o'zaro sinfaz bo'lganligi uchun $\theta=0^\circ$ yo'nalishda arifmetik tarzda qo'shiladi.

Tizim ko'paytuvchisi ifoda $\theta=0^\circ$ va $\theta=180^\circ$ bo'lganda $0/0$ ko'rinishidagi noaniqlikka ega bo'ladi. Ifoda Lopital qoidasi asosida yoyib chiqilganda, tizim ko'paytuvchisi aynan shunda maksimumga ega bo'ladi hamda panjaradagi vibratorlar soni n ga bog'liq.

Muhim eslatma: SV ekvatorial tekislik bo'yicha yo'nalganlik xususiyatiga ega bo'lmaganligi sababli, AP ham bu tekislik bo'yicha yo'nalganlik xususiyatiga ega emas. Ya'ni, AP ning bu tekislikdagi

YD si aylana shaklida bo'ladi. Bu xususiyat faqat chiziqli AP uchungina tegishli.

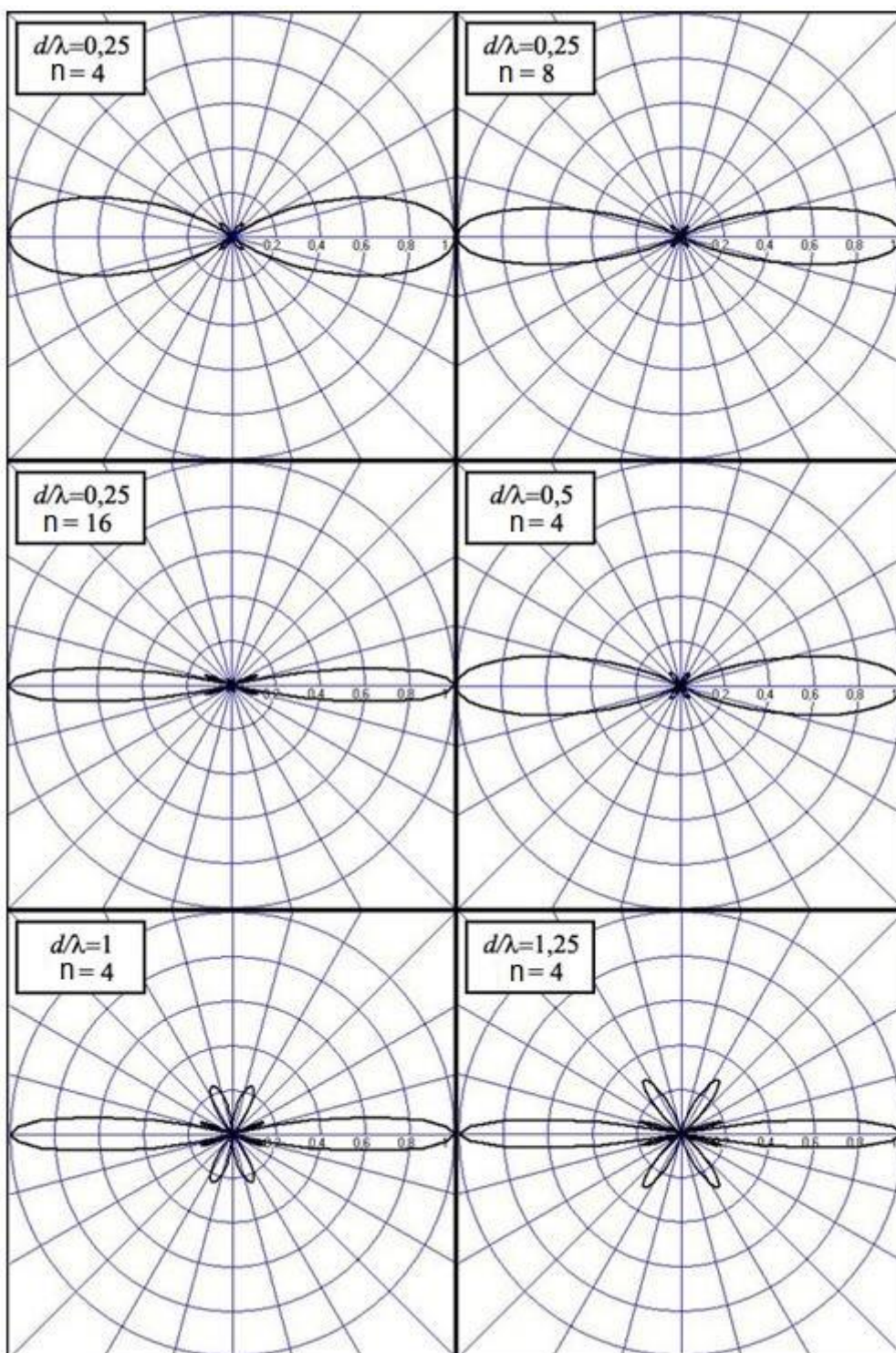
Chiziqli AN ning ba'zi n va d/λ qiymatlari uchun YD lari 4.4- rasmda keltirilgan. Unga ko'ra, AP dagi elementlar sonining ortishi (ya'ni, panjara o'lchamini ortishi) YD bosh bargchasining torayishiga va yon bargchalar sonini ortishiga olib keladi.

O'z navbatida elementlar orasidagi masofaning ortishi ham YD bosh bargchasini toraytirishi mumkin, ammo bu $d/\lambda < 1$ gacha bo'lgandagina o'rinli hisoblanadi. Ammo, masofaning belgilangan shartdan keyingi oshirilishi YD da sathi bosh bargchaga teng bo'lgan qo'shimcha maksimumlarni yuzaga kelishiga sababchi bo'ladi. Natijada panjara bir tomonlama yo'nalganlik xususiyatini yo'qotadi.

AP ning nurlatish mavjud bo'lmagan yo'nalishi YD minimumlari (nollari) deb ataladi. Ular tizim ko'paytuvchisi suratini nolga tenglash sharti orqali aniqlanadi. Ya'ni, $(0,5nkd)\sin\theta_0=N$, bu yerda, $\sin\theta_0 = N\lambda/(nd)$, $N = 1,2,3, \dots$ – minimumlar soni.

Shunga ko'ra, YD nollari quyidagicha aniqlanadi

$$\theta_{0N} = \arcsin\left(\frac{N\lambda}{nd}\right) \quad (4.4)$$



4.4- rasm. Antenna panjaraning yo‘nalganlik diagrammasi

YD yon bargchalarning maksimumlari yoʻnalishini tizim koʻpaytuvchisi suratining maksimumlarini aniqlash sharti yordamida hisoblash mumkin. Unga koʻra, koʻpaytuvchining surati $kd \ll nkd$ shart bajarilganda (vibratorlar soni koʻp boʻlganda) θ burchak oʻzgarishi bilan suratiga nisbatan ancha sekin oʻzgaradi. Bu shart quyidagi koʻrinishida ifodalanadi: $\sin[(nkd/2)\sin\theta_{max}] = \pm 1$, bu yerda, $(nkd/2)\sin\theta_{max} = (2N+1)\pi/2$, $N=1, 2, 3, \dots$ – maksimumlar soni.

YD yon bargchalari maksimumlarining yoʻnalishini quyidagicha aniqlaymiz

$$\theta_{\max N} = \arcsin\left[\frac{(2N+1)\lambda}{2nd}\right] . \quad (4.5)$$

Bosh bargchaning nol nurlanish boʻyicha kengligini aniqlash tenglamasi:

$$2\theta_0 \approx 115^\circ \frac{\lambda}{nd} , \quad (4.6)$$

Uning yarim quvvat boʻyicha kengligi esa, quyidagiga teng

$$2\theta_{0,5} \approx 51^\circ \frac{\lambda}{nd} . \quad (4.7)$$

Yon bargchalar sathini aniqlash tenglamasi

$$\xi_N = \frac{1}{n \sin\left(\frac{2N+1}{n} \cdot \frac{\pi}{2}\right)} \quad (4.8)$$

bu yerda, N – yon bargchalar soni.

Hisoblashlarga ko'ra YD birinchi yon bargchasining sathi taxminan 2,14 ga (-13,3 dB), ikkinchi yon bargchaning sathi 0,13 ga teng.

AP ning qo'shni elementlari tok fazalari orasidagi faza siljishi ψ inobatga olinganda meridional tekislikdagi YX quyidagicha ifodalanadi:

$$f(\theta) = \frac{\cos(kl \sin \theta) - \cos kl}{\cos \theta} \cdot \frac{\sin(0,5nkd \sin \theta - \psi)}{\sin(0,5kd \sin \theta - \psi)} \quad (4.9)$$

Buning natijasida YD bosh bargchasini normalga nisbatan burchak ostida og'ishini quyidagi tenglama yordamida ifodalaymiz:

$$\theta_{\max bosh} = \arcsin \frac{\psi \lambda}{2\pi d} \quad (4.10)$$

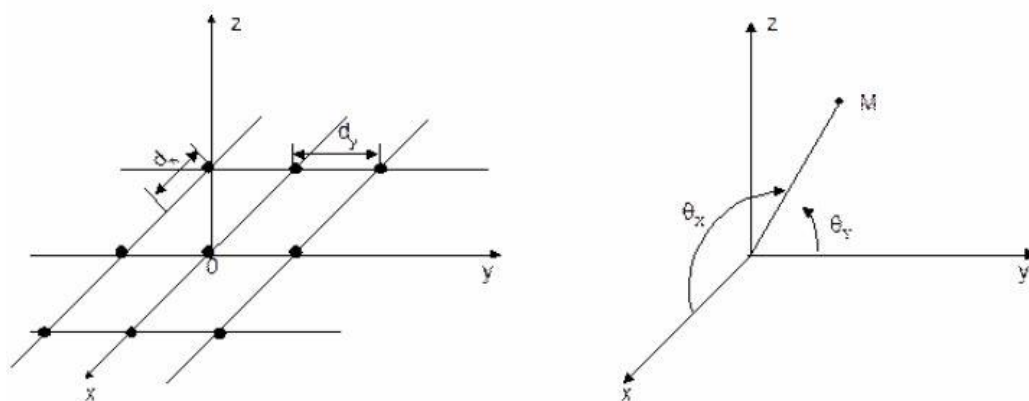
Shu tariqa, AP elementlarini qo'zg'atuvchi tok fazalarining chiziqli o'zgarish qonuni uning maksimal nurlatish yo'nalishining o'zgarishiga olib keladi. Bu yerda, YD ning bosh bargchasi qo'zg'atuvchi tok fazasining kechikkan tomoniga og'adi.

4.3. Ko'ndalang nurlatuvchi yassi antenna panjaralari

Yassi AP deb, ikki yoki undan ortiq chiziqli AP laridan tashkil topgan tizimga aytiladi. Yassi AP chiziqli AP dan farqli tarzda, har ikkala tekislik bo'yicha YD ni toraytirish imkonini beradi. Zamonaviy simsiz telekommunikatsiya tizimlarida eng ko'p yassi AP ning

kvadratik yoki to‘g‘ri burchakli, ba’zida aylanasimon, oltiburchakli va boshqa turlaridan foydalaniladi. Yassi AP tarkibi uning YD shakliga, shuningdek, konstruktiv xususiyatlariga nisbatan qo‘yiladigan talablar (element turlari, manbadan ta’minlash tizimi va b.q.) bilan ifodalanadi.

Ekvidistant, teng amplitudali, xoy tekislikda joylashgan to‘g‘ri burchakli tarkibdagi yassi AP ko‘rib chiqamiz (4.5 - rasm). Uning elementlari to‘g‘ri burchakli to‘r tugunlarida joylashgan.



4.5- rasm. Yassi antenna panjara

Unga ko‘ra, n_x va n_y – qatorlarda va ustunlarda joylashgan nurlatgichlar soni; d_x va d_y – ox va oy o‘qlariga mos tarzda joylashgan qo‘shni nurlatgichlar orasidagi masofa; θ_x va θ_y – ox va oy o‘qlaridan mos tarzda kuzatuv nuqtasigacha sanoq boshi bo‘lgan burchak.

Nurlatgichlarning har bir ustuni (ustunlar ox o‘qi bo‘yicha joylashgan nurlatgichlardan tashkil topgan deb hisoblaymiz) o‘zida to‘g‘ri chiziqli, ekvidistant, teng amplitudali AP mujassamlashtiradi.

Bu turdagi AP tizim ko‘paytuvchini (4.2) ga mos tarzda quyidagi ko‘rinishda ifodalash mumkin

$$f(\theta_x) = \frac{\sin(0,5n_x k d_x \sin \theta_x)}{\sin(0,5k d_x \sin \theta_x)} . \quad (4.11)$$

Agar yassi AP ning har bir ustunini xususiy YD ega bo'lgan, yakka gipotetik nurlatgich bilan ekvivalent tarzda alishtirsak, (4.11) ifodaga mos keladigan faqat oy o'qi bo'yicha joylashtirilgan chiziqli panjaraga ega bo'lamiz:

$$f(\theta_y) = \frac{\sin(0,5n_y k d_y \sin \theta_y)}{\sin(0,5k d_y \sin \theta_y)} . \quad (4.12)$$

Maydoniy (sferik) koordinatalar tizimida esa, tizim ko'paytuvchisi θ (meridional tekislik) va φ (ekvatorial tekislik) burchaklarning funksiyasi hisoblanadi. Ushbu burchaklar orasidagi bog'liqlikni (to'g'ri burchakli (θ_x va θ_y) hamda maydoniy (θ, φ) koordinatalar tizimi orasidagi bog'liqlik) e'tiborga olgan holda, yassi AP uchun ushbu natijaviy ifodaga ega bo'lish mumkin

$$f(\theta, \varphi) = \frac{\sin(0,5n_x k d_x \sin \theta \cos \varphi)}{\sin(0,5k d_x \sin \theta \cos \varphi)} \frac{\sin(0,5n_y k d_y \sin \theta \cos \varphi)}{\sin(0,5k d_y \sin \theta \cos \varphi)} . \quad (4.13)$$

Yuqoridagi (4.13) ifodadan ko'rinadiki, yassi AP ning asosiy xoz va yoz tekisliklaridagi fazoviy YD ning ko'ndalang kesimi chiziqli AP YD shakli bilan mos tushadi.

Asosiy xulosalar:

– yassi AP tizim ko‘paytuvchisi o‘zida ikkita chiziqli AP lari ko‘paytuvchilarining ko‘paytmasini ifodalaydi; ulardan birinchisi ustunni, ikkinchisi qatorni hosil qiluvchi nurlatgichlar sifatida keltiriladi;

– yassi AP ko‘paytuvchisini tahlili chiziqli AP ko‘paytuvchisining tahlili bilan mos bo‘lib, uni bir-biriga bog‘liq bo‘lmagan holda amalga oshirish mumkin.

Panjara elementlarini qo‘zg‘atuvchi tok fazalarining siljishi kiritilganda, (4.13) ifoda quyidagi ko‘rinishni o‘ladi:

$$f(\theta, \varphi) = \frac{\sin(0,5n_x kd_x \sin \theta \cos \varphi - \psi_x)}{\sin(0,5kd_x \sin \theta \cos \varphi - \psi_x)} \frac{\sin(0,5n_y kd_y \sin \theta \cos \varphi - \psi_y)}{\sin(0,5kd_y \sin \theta \cos \varphi - \psi_y)}. \quad (4.14)$$

YD bosh bargchalari yo‘nalishini chiziqli AP ga mos keladigan ifoda yordamida aniqlash mumkin:

$$\cos(\theta_{boshx}) = \frac{2m_x \pi}{kd_x} + \frac{\psi_x}{kd_x}, \quad \text{bu yerda, } m_x = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (4.15)$$

$$\cos(\theta_{boshy}) = \frac{2m_y \pi}{kd_y} + \frac{\psi_y}{kd_y}, \quad \text{bu yerda, } m_y = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (4.16)$$

Ketirilgan (4.15) va (4.16) tenglamalarga binoan, yassi AP bosh bargchasi yo‘nalishini qatorlardagi (ψ_y) va ustunlardagi (ψ_x) elementlarni qo‘zg‘atuvchi tok fazalarining qiymatlarini o‘zgartirish orqali mustaqil boshqarish mumkin.

Yassi AP, tizimni tashkil etuvchi har bir chiziqli AP bitta bosh bargchaga ega bo'lgandagina, uning o'zi ham bitta bosh bargchaga ega bo'ladi. Ya'ni, quyidagi shart bajarilganda:

$$d_x < \frac{1}{1 + \cos \theta_{boshx}} \quad \text{va} \quad d_y < \frac{1}{1 + \cos \theta_{boshy}} \quad . \quad (4.17)$$

Muhim eslatma: yassi AP da nurlatuvchi element sifatida SV dan foydalanilganda ikkita bosh bargchaga ega bo'ladi (oldi va orqa yarim fazoda).

Orqa yarim fazodagi nurlanishni cheklash uchun, chiziqli yoki yassi AP ga metalldan tayyorlangan yassi polotno (yaxlit yoki to'rsimon ko'rinishdagi) – reflektor o'rnatiladi.

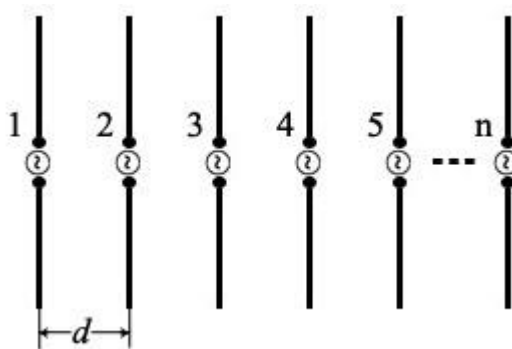
4.4. O'qi bo'yicha nurlatuvchi antenna panjaralari

O'qi bo'yicha (bo'ylama) nurlatuvchi AP deb, bitta o'qga o'zaro parallel joylashtirilgan nurlatuvchi elementlar tizimiga aytiladi.

Chiziqli, ekvidistant, elementlari bitta o'qda o'zaro parallel joylashtirilgan shunday tizimni ko'rib chiqamiz (4.6 - rasm). Har bir vibrator maksimum maydonni ox o'q bo'ylab nurlatmoqda (budna element sifatida SV foydalanilgan).

Agar vibratorlarda toklarning ma'lum faza taqsimotini yuzaga keltirsak, ox o'qi bo'ylab bir tomonlama nurlanishni hosil qilish mumkin.

Keyingi masala esa, ko‘rib chiqilayotgan AP yo‘nalganlik xususiyatlarini uning o‘lchamlari (uzunligi) va qo‘zg‘atish parametrlariga bog‘liqligi bo‘ladi.



4.6- rasm. O‘qi bo‘yicha nurlatuvchi antenna panjarasi

Masalaning yechimi esa, panjara elementlari toklari orasidagi o‘q bo‘yicha bir tomonlama maksimal samaradorlikdagi nurlanishni hosil qilish imkonini beruvchi faza siljishi bilan bog‘liq.

Ushbu shartni qanoatlantiruvchi panjara elementlaridagi tok fazasining siljishini (ψ) faza o‘zgartiruvchi tizim yordamida hosil qilish mumkin, lekin bunda, ta’minot sxemasi juda murakkablashib ketadi.

Shu sababli vibratorlarni yugurma elektromagnit to‘lqinlar yordamida qo‘zg‘atish usulidan foydalanish, uning konstruksiyasini birmuncha soddalashtirishi mumkin. Unda ko‘ra, to‘lqin panjara boshidan (birinchi vibratoridan) oxiriga tomon ma’lum faza tezligi bilan tarqaladi. Shu tariqa, birinchi vibrator oxiriga tomon elementdan - elementga siljuvchi to‘lqinning qo‘zg‘alishini hosil qiladi.

Qo‘zg‘atish natijasida har keyingi vibrator o‘zidan oldin joylashgan vibratoridan tok fazasi bo‘yicha $\psi = \beta d$ kattalikka ortda qoladi. Bu yerda, d – vibratorlar orasidagi masofa, $\beta = kc/v$ – faza

koeffitsienti, k – to‘lqin soni, c – yorug‘lik tezligi, v – to‘lqinning faza tezligi, c/v – sekinlatish koeffitsienti.

Agar vibratorlar soni n ga teng va ulardagi toklar bir xilda deb hisoblasak, u holda

$$\begin{aligned}
 I_2 &= I_1 \exp\left(-ikd \cdot \frac{c}{v}\right), \\
 I_3 &= I_2 \exp\left(-i2kd \cdot \frac{c}{v}\right), \\
 &\dots, \\
 I_n &= I_1 \exp\left[-ik(n-1)d\left(\frac{c}{v}\right)\right].
 \end{aligned}
 \tag{4.18}$$

Tizimdagi har keyingi vibrator o‘zidan oldingisidan kechroq qo‘zatiladi, lekin kuzatuv nuqtasiga unga nisbatan yaqinroq joylashganini hisobga oladigan bo‘lsak, shu nuqtadagi qo‘shni vibrator maydonlari orasidagi faza siljishi (birinchi vibrator maydonining fazasi nolga teng deb qabul qilinadi) quyidagiga teng

$$\psi_1 = \psi_p - \psi = kd \cos \theta - kd \frac{c}{v} = kd \left(\cos \theta - \frac{c}{v} \right).
 \tag{4.19}$$

Chekka vibrator maydonlari orasidagi faza siljishi esa:

$$\Psi_n = (n-1)kd (\cos \theta - c/v).
 \tag{4.20}$$

Yuqoridagi mulohazalarni inobatga olgan holda, o‘q bo‘yicha nurlatuvchi AP ning meridional tekislikdagi YX (E tekislik) aniqlaymiz

$$f(\theta) = \frac{\cos(kl \sin \theta) - \cos kl}{\cos \theta} \cdot \frac{\sin \left[\frac{knd}{2} \left(\frac{c}{v} - \cos \theta \right) \right]}{\sin \left[\frac{kd}{2} \left(\frac{c}{v} - \cos \theta \right) \right]}. \quad (4.21)$$

SV ekvatorial (azimutal) tekislikda yoʻnalganlik xususiyatiga ega boʻlsaganligi sababli (H tekislik), AP bu tekislikdagi YX quyidagi koʻrinishga ega boʻladi:

$$f(\varphi) = (1 - \cos kl) \cdot \frac{\sin \left[\frac{knd}{2} \left(\frac{c}{v} - \cos \varphi \right) \right]}{\sin \left[\frac{kd}{2} \left(\frac{c}{v} - \cos \varphi \right) \right]}. \quad (4.22)$$

Yuqorida keltirilgan (4.22) ifodadan koʻrinadiki, H tekislikdagi YX faqat tizim koʻpaytuvchisi $f_T(\varphi)$ orqali aniqlanadi. AP ning E tekislikdagi YX esa, panjaradagi bitta elementning yoʻnalganlik xususiyatiga ham bogʻliq, lekin asosan tizim koʻpaytuvchisi $f_T(\varphi)$ orqali ifodalanadi. Shu sababli, oʻq boʻyicha nurlatuvchi AP ning yoʻnalganlik xususiyatlari tahlil qilinganda aynan tizim koʻpaytuvchisiga koʻproq eʼtibor qaratish talab etiladi.

Ushbu antenna maydon maksimumini oʻz oʻqi boʻylab nurlatganligi uchun “*oʻqi boʻyicha nurlatuvchi antenna panjarasi*” degan nomni olgan.

Shuningdek, AP dagi yakuniy maydon birinchi elementdan keyingi elementga uzatilish hisobiga shakllanganligi sababli “*yugurma toʻlqin antenasi*” (YuTA) deb ham yuritiladi.

Muhim eslatma! YuTA yo‘nalganlik xususiyati panjaradagi n - elementlar soniga, d - vibratorlar orasidagi masofaga va v – to‘lqinning faza tezligiga bog‘liq.

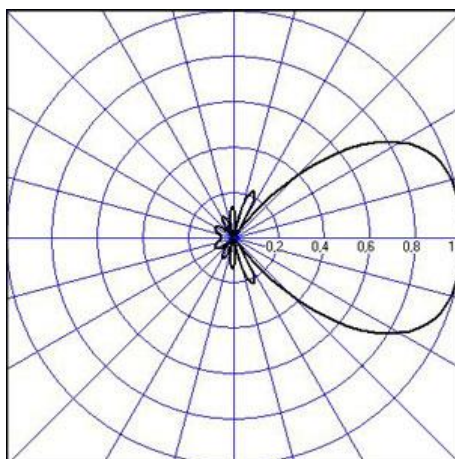
YuTA uchta ish rejimi farqlanadi:

- 1) $v = c$; $c/v = 1$ (erkin fazo to‘lqini);
- 2) $v > c$; $c/v < 1$ (tez to‘lqin);
- 3) $v < c$; $c/v > 1$ (sekin to‘lqin).

Erkin fazo to‘lqini rejimida tizim ko‘paytuvchisi maksimal bo‘lib, $\theta = 0^\circ$ da n ga teng. Bu rejim uchun YX ifodasi:

$$f(\theta) = \frac{\sin\left[\frac{knd}{2}(1 - \cos\theta)\right]}{\sin\left[\frac{kd}{2}(1 - \cos\theta)\right]}, \quad (4.23)$$

YD esa 4.7- rasmdagi ko‘rinishga ega bo‘ladi.



4.7- rasm. Antenna panjarasining erkin fazo to‘lqini rejimidagi yo‘nalganlik diagrammasi

Panjaraning YD dagi birinchi yon bargchasining sathi $\xi_1 = 0,214$ ga teng bo‘lib, ko‘ndalang nurlatuvchi chiziqli sinfaz AP kabi aniqlanadi (3.2 bo‘limga qarang).

YD bosh bargchasining to‘liq quvvat bo‘yicha kengligi (λ/L ning kichik qiymatlarida, bu yerda, $L=(n - 1)d$ – panjara uzunligi) quyidagicha aniqlanadi:

$$2\theta_0 = 2\sqrt{\frac{2\lambda}{L}} \approx 162^\circ \sqrt{\frac{\lambda}{L}}. \quad (4.24)$$

YD bosh bargchasining to‘liq quvvat bo‘yicha kengligi esa, taxminan quyidagiga teng bo‘ladi

$$2\theta_{0,5} \approx 108^\circ \sqrt{\frac{\lambda}{L}}. \quad (4.25)$$

YuTA ni sinfaz teng amplitudali AP bilan taqqoslanganda garchi YuTA hosil qilgan YD sinfaz AP YD dan keng bo‘lsa ham, yugurma to‘lqin yordamida qo‘zg‘atiladigan bir qator vibratorlar antenna o‘qi bo‘yicha o‘tuvchi ixtiyoriy tekislik bo‘yicha yo‘nalganlik xususiyatiga ega. Sinfaz teng amplitudali AP esa, faqat bitta tekislik bo‘yicha yo‘nalganlik xususiyatini namoyon etadi.

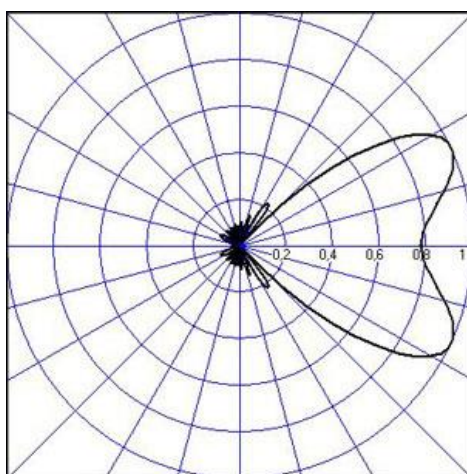
Agar, YuTA elementlari yo‘nalganlik xususiyatiga ega bo‘lmasa yoki sust yo‘nalgan bo‘lsa, uning YD ni ossimetrik deb hisoblash mumkin. Bu yerda, uning $L/\lambda > 1$ bo‘lgandagi YK quyidagi folmula bilan aniqlanadi:

$$D \approx 4L / \lambda. \quad (4.26)$$

YX ning tez to'liqin rejimidagi tizim ko'paytuvchisi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$f_T(\theta) = \frac{\sin \left[\frac{kL}{2} \left(\frac{c}{v} - \cos \theta \right) \right]}{\frac{kL}{2} \left(\frac{c}{v} - \cos \theta \right)}. \quad (4.27)$$

Keltirilgan (4.27) munosabatdan ko'rinadiki, $\cos = c/v$ sharti burchakning faqat ikkita qiymatida: $\theta = \pm \theta_{max}$ bo'lganda bajariladi. Shuning uchun, YD da antenna o'qi bilan mos kelmaydigan ikkita maksimum kuzatiladi (4.8 - rasm). Bu ish rejimi antenaning yo'nalganlik xususiyatlariga salbiy ta'sir ko'rsatganligi sababli foydalanish uchun yaroqsiz bo'lib, ammo ba'zida talab etilgan maxsus shakldagi YD larini hosil qilishda, shuningdek, burchakning ma'lum sektorlarini skanerlashda qo'llaniladi.



4.8 - rasm. Tez to'liqin rejimidagi antenna panjaraning yo'nalganlik diagrammasi

Antennaning alohida element maydonlari sinfaz tarzda ustma-ust tushuvchi *sekin to'liqin* rejimida yo'nalganlik mavjud emas. Sababi, θ burchakning hech qaysi qiymatida c/v munosabati $\cos\theta$ ga teng bo'lmaydi va faza siljishi nolga aylanmaydi.

Alohida element maydonlari o'rtasidagi $\Psi_{min} = kd(c/v - 1)$ eng kichik faza siljishi $\theta=0^0$ yo'nalishdagina hosil bo'ladi. Ya'ni, antenna o'qi bo'ylab. Ushbu holatda faqat $\theta=0^0$ yo'nalishida yotuvchi alohida element maydonlarigina kuzatuv nuqtasida geometrik tarzda ustma-ust tushadi.

Keltirilgan (4.32) munosabatning tahliliga ko'ra, $v=c$ dan boshlab faza tezligi kamayishini, YD bosh bargchasi torayishini va yon bargchalar sonining ortishini ko'rish mumkin. Burchak $\theta=0^0$ bo'lgan asosiy yo'nalishdagi nurlatish c/v ning ma'lum maksimum qiymatiga ($L=nd$ ning berilgan qiymati uchun) erishguncha avval oshadi, so'ng kamayishni boshlaydi va c/v ning kritik qiymatida nolga aylanadi:

$$\left(\frac{c}{v}\right)_{kr} = 1 + \frac{\lambda}{nd} = 1 + \frac{\lambda}{L}. \quad (4.28)$$

Antenna YD dagi bosh bargchanning torayishi YuTK ortishiga, yon bargchalar sathini ortishi esa, uning kamayishiga olib keladi. Berilgan c/v munosabatning $c/v = 1$ dan boshlab oshirilishi natijasida YD torayishi hisobiga YuTK qiymati dastlab ortib boradi, lekin c/v ning ma'lum qiymatiga erishgandan so'ng, yon bargchalar sathining ortishi hisobiga YuTK kamayishi kuzatiladi. Shu sababli, c/v

munosabatning shunday optimal qiymati mavjud bo‘lib (antennaning berilgan L uzunligida), unda YuTK maksimumga erishadi.

Berilgan L uzunlikdagi antenna uchun c/v ning optimal qiymatini quyidagi formula bilan hisoblash mumkin

$$\left(\frac{c}{v}\right)_{opt} = 1 + \frac{\lambda}{2L} . \quad (4.29)$$

Berilgan faza tezligidagi antennaning optimal uzunligi esa quyidagicha aniqlanadi:

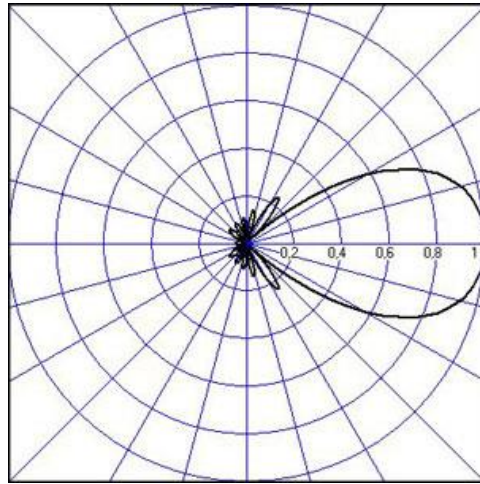
$$\left(\frac{L}{\lambda}\right)_{opt} = \frac{1}{2\left(\frac{c}{V} - 1\right)} . \quad (4.30)$$

Yuqoridagi (4.30) ifodadan ko‘rinadiki, antennaning optimal uzunligi faza tezligi ortishi bilan ortadi. $\psi_n = \psi_{n\ opt}$ bo‘lganda, YuTK quyidagiga teng bo‘ladi:

$$D_{max} \approx (1,8...2)D_0 = (7...8)\frac{L}{\lambda} , \quad (4.31)$$

bu yerda, D_0 – berilgan yugurma to‘lqin antenasining $c/v = 1$ bo‘lgandagi YuTK.

Kamaytirilgan faza tezligiga ega bo‘lgan optimal uzunlikdagi YuTA ning YD 4.9 - rasmda keltirilgan.



4.9- rasm. Optimal rejimdagi antenna panjaraning yoʻnalganlik diagrammasi

Oʻq boʻyicha nurlatuvchi AP ning ($\theta = 0^\circ$) qabul nuqtasidagi maydon kuchlanganligi tizimdagi birinchi va oxirgi chekka element maydonlari orasidagi faza siljishi 180° ga teng boʻlganda maksimumga ega boʻladi. Yaʼni, maydonlar (birinchi va oxirgi) qarama-qarshi fazada boʻlishi kerak.

Shunga koʻra maksimal YK aniqlash sharti hosil qilinadi:

$$\psi_{nopt} = kL \left(\frac{c}{v} - 1 \right) = \pi, \quad (4.32)$$

Optimal rejimda ishlovchi antenna panjara YD bosh bargchasining toʻliq quvvat boʻyicha kengligi quyidagiga teng:

$$2\theta_o \approx 2\sqrt{\frac{\lambda}{L}} \approx 115^\circ \sqrt{\frac{\lambda}{L}}. \quad (4.33)$$

Aniqlangan (4.33) munosabatni (4.24) bilan taqqoslasak, YuTA ning optimal rejimdagi YD, shu o'lchamdagi antenaning $c/v=1$ rejimida hosil qilgan YD dan $\sqrt{2}$ marta tor ekanligini guvohi bo'lishimiz mumkin.

YD bosh bargchasining yarim quvvat bo'yicha kengligini (uzunligi $L/\lambda \gg 1$ bo'lgan antenna uchun) taxminan quyidagicha ifodalash mumkin

$$2\theta_{0,5} \approx 61^\circ \sqrt{\frac{\lambda}{L}}. \quad (4.34)$$

Optimal antenna YD birinchi yon bargchasi sathi $\xi_1=0,33$ ga teng.

Antenna uzunligini optimalga nisbatan oshirib borsak, dastlab asosiy yo'nalishdagi nurlatish kamayadi va yon bargchalar soni va sathi orta boshlaydi, uzunlik $L = 2L_{opt}$ ga teng bo'lganda esa asosiy yo'nalishdagi nurlatish butkul yo'qoladi.

Antenna uzunligi optimalga nisbatan kamaytirilsa, YD bosh bargchasi kengayadi, yon bargchalar sathi kamayadi. YD torayishi uchun, antenna uzunligini oshirish kerak bo'ladi. YuTA larida uning optimal uzunligini saqlab qolish uchun esa, antennadagi to'lqin fazasini oshirish talab etiladi.

Asosiy xulosalar:

– AP lari tor YD hosil qilish, shuningdek, YD bosh bargchasining yo'nalganlik xususiyatlarini boshqarish imkoni beradi;

- AP yoʻnalganlik xususiyati tizimdagi elementlar soniga, elementlar orasidagi masofaga va elementlarni qoʻzgʻatish parametrlariga bogʻliq;
- bir xil turdagi elementlardan tashkil topgan AP ning YX bitta elementning YX ni tizim koʻpaytuvchisiga koʻpaytmasi orqali aniqlanadi;
- AP ning natijaviy YD asosan (agar tizim sust yoʻnalgan elementlardan tashkil topgan boʻlsa) tizim koʻpaytuvchisiga bogʻliq boʻladi;
- SV lardan tashkil topgan chiziqli AP faqat meridional tekislikdagina (E vektor tekisligida) yoʻnalganlik xususiyatiga ega boʻladi, ekvatorial tekislikda (H vektor tekisligida) esa yoʻnalganlik xususiyatiga ega emas;
- SV lardan tashkil topgan chiziqli AP, panjara oʻqiga perpendikulyar joylashgan ikkita bosh bargchaga ega boʻladi (elementlarni sinfaz qoʻzgʻatish sharti bajarilganda);
 - panjara elementlarini qoʻzgʻatuvchi tok fazalarida siljitish hosil qilinganda, YD bosh bargchasi faza kechikkan tarafga siljiydi;
 - chiziqli AP da bir taraflama nurlatishni hosil qilish uchun, uning orqa tarafiga reflektor oʻrnatish talab etiladi;
 - yassi AP har ikkala tekislik boʻyicha tor YD hosil qiladi;
 - SV lardan tashkil topgan yassi AP, panjara polotnosiga perpendikulyar yoʻnalishda ikkita bosh bargchani hosil qiladi (elementlarni sinfaz qoʻzgʻatish sharti bajarilganda);
 - panjara elementlarini taʼminlovchi tok fazalarini oʻzgartirish orqali, YD bosh bargchasini boshqarish mumkin;

– SV lardan tashkil topgan yassi AP da bir taraflama nurlatishni hosil qilish uchun, polotnning orqa tarafiga reflektor oʻrnatish talab etiladi;

– boʻylama (oʻqi boʻyicha) nurlatuvchi AP, bosh bargchasi oʻqi boʻyicha yoʻnalgan YD hosil qiladi;

– panjara oʻqi boʻyicha bir taraflama nurlatishi uchun, uning elementlarini qoʻzgʻatuvchi tok fazalari oʻrtasida maʼlum taqsimotni hosil qilish talab etiladi.

– boʻylama nurlatuvchi AP larida uchta ish rejimini oʻrnatish mumkin: erkin fazo toʻlqini rejimi, sekin toʻlqin rejimi, tez toʻlqin rejimi;

– boʻylama nurlatuvchi AP larda asosiy yoʻnalish boʻyicha maksimal nurlatish, birinchi va oxirgi element tok fazalari orasida 180 gradusga teng boʻlgan farq yuzaga kelgandagina kuzatiladi;

– boʻylama nurlatuvchi AP da uning berilgan optimal uzunligida taʼminlovchi faza tezligi

– boʻylama nurlatuvchi AP ning YTK, panjaraning berilgan uzunligida uning uchun optimal boʻlgan faza tezligini taʼminlab beruvchi sekin toʻlqin rejimida maksimumga ega boʻladi.

Nazorat savollari

1. Antenna panjarasi haqida tushuncha bering.
2. Ekvidistant amplitudasi teng taqsimlangan AP deb nimaga aytiladi?
3. Noekvidistant amplitudasi notekis taqsimlangan AP deb nnotekis imaga aytiladi?
4. Ko'ndalang nurlatuvchi AP ning ishlash prinsipini tahlil qiling.
5. Chiziqli AP deb nimaga aytiladi?
6. Sinfaz panjara qanday tuzilishga ega?
7. Sinfaz panjaraning YD tahlil qiling.
8. Sinfaz panjaraning yon bargchalari sathini kamaytirish usullari.
9. O'q bo'yicha nurlatuvchi antenna panjarasi qanday hosil qilinadi?
10. O'q bo'yicha nurlatuvchi panjara maydon vektorlarining qo'shilish diagrammalarini tahlil qiling.
11. Yugurma to'liqinli antenna deb qanday antennaga aytiladi?
12. O'q bo'yicha nurlatuvchi antenna panjarasining YD toraytirish usullari.
13. $c/v = 1$, $c/v > 1$, $c/v < 1$, bo'lgan holatlar uchun YD keltiring.
14. Toki yugurma to'liqin qonuni asosida o'zgaruvchi o'tkazgichning ishlash prinsipini tushuntiring.

5. QO‘ZG‘ATILGAN SIRTNING NURLATISHI

5.1. Qo‘zg‘atilgan sirtning xususiyati

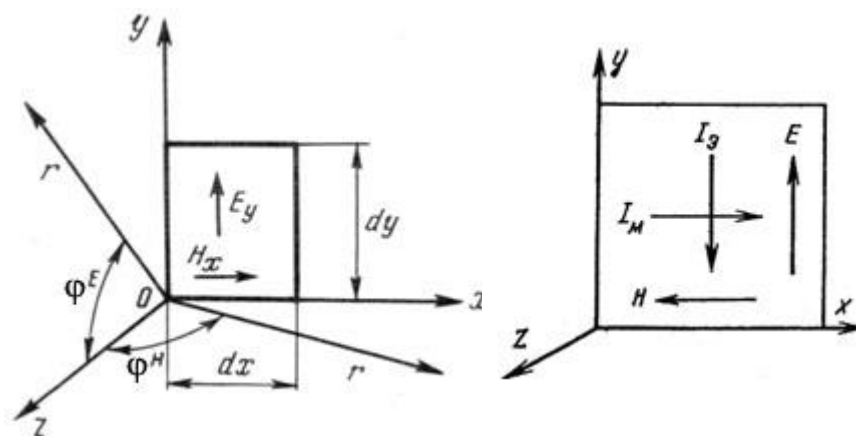
Tor YD ni o‘zida nurlatuvchi yuzani mujassamlashtirgan antenna – *apertura* yordamida hosil qilish mumkin. Ya’ni, E va H vektorlarning tashkil etuvchilari o‘zaro perpendikulyar joylashgan nurlatuvchi yuza.

Mohiyatiga ko‘ra, apertura – antenna yoyilmasi bilan chegaralangan to‘lqin frontining bir qismi bo‘lib, elektmagnit maydonni nurlatishida (yoki qabul qilishda) faol ishtirok etadi.

Aperturalar nurlatuvchi tirqishning va elektromagnit to‘lqinni qaytaruvchi yoki yutuvchi yuzaning tuzilishiga bog‘liq holda turli xil shakllarda bo‘lishi mumkin.

Qo‘zg‘atilgan yuza Gyuygens manbai deb nomlanuvchi elementar yuzalarning yig‘indisi sifatida korib chiqiladi. Elementar ds yuzadagi E_y va H_x maydon vektorlari qiymatlarini ekvivalent toklar prinsipi asosida ikkita o‘zaro perpendikulyar yuzali elektr I_e va magnit I_m toklar maydonlari superpozitsiyasi sifatida qarash mumkin.

Yuza kichik bo‘lganligi sababli ko‘rsatilgan toklar yig‘indisining uzunligi dy va dx , toklari I_e va I_m teng bo‘lgan o‘zaro perpendikulyar elementar dipol sifatida qaraladi (5.1- rasm).



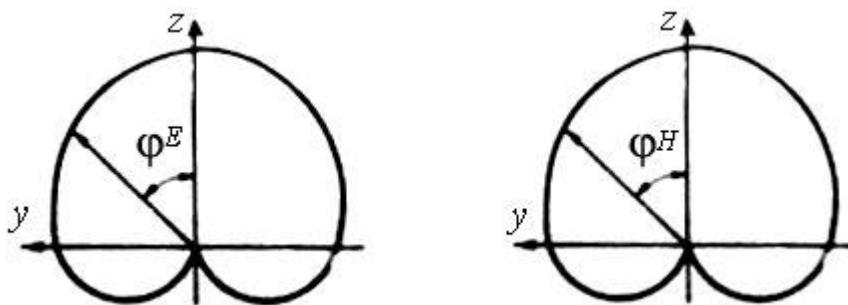
5.1- rasm. Gyuygens manbai

Gyuygens manbaini nurlatishi elementar yuza normali bo‘ylab yo‘nalgan. Shuning uchun uning YX har ikkala tekislikda bir xil bo‘lib, quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

E tekislikda $F(\varphi^E) = (1 + \cos \varphi^E) / 2$

H tekislikda $F(\varphi^H) = (1 + \cos \varphi^H) / 2$. (5.1)

O‘z navbatida Gyuygens manbaini YD ham har ikkala tekislikda bir xil shaklga ega bo‘ladi (5.2- rasm).



5.2- rasm. Gyuygens manbaini yo‘nalganlik diagrammasi

Gyuygens manbaining amplitudali YD sust yoʻnalganligi sababli, yassi nurlatish yuzasiga ega boʻlgan oʻtkir yoʻnalgan antenna hosil qilgan YD ning bosh bargchasi va birinchi yon bargchalarining shakliga umuman taʼsir koʻrsatmaydi. Shunga koʻra, qoʻzgʻatilgan yuza hosil qilgan natijaviy YD bitta Gyuygens manbai emas, balki koʻrib chiqilayotgan sirtidagi barcha manbalar yigʻindisining koʻrsatadigan taʼsiri sifatida qaraladi.

Shunday qilib, qoʻzgʻatilgan sirtni cheksiz elementlardan tashkil topgan, orasidagi masofa nolga intiladigan ($d \rightarrow 0$), yassi koʻndalang nurlatuvchi AP sifatida tasavvur etish mumkin.

Umuman olganda, qoʻzgʻatuvchi maydon amplitudasi ham, fazasi ham nurlatuvchi sirtning nuqta koordinatasi funksiyasi boʻlishi mumkin, yaʼni:

$$E_s = E_0 f(x, y) e^{i\Psi(x, y)} = E_s e^{i\Psi(x, y)}, \quad (5.2)$$

bu yerda, E_s – toʻgʻri burchakli qoʻzgʻalgan yuzaning nuqtasidagi qoʻzgʻatuvchi maydonning kompleks amplitudasi; E_0 – antenna markazidagi qoʻzgʻatuvchi maydon amplitudasi; $f(x, u)$ – qoʻzgʻatuvchi maydon amplitudasini koordinataga bogʻliqlik funksiyasi (amplituda taqsimoti); $\Psi(x, y)$ – qoʻzgʻatuvchi maydon fazasini nurlatuvchi sirt nuqtasi koordinatasiga bogʻliqlik funksiyasi (faza taqsimoti). Aksariyat hollarda amplituda va faza taqsimoti faqat bitta koordinata funksiyasi boʻladi.

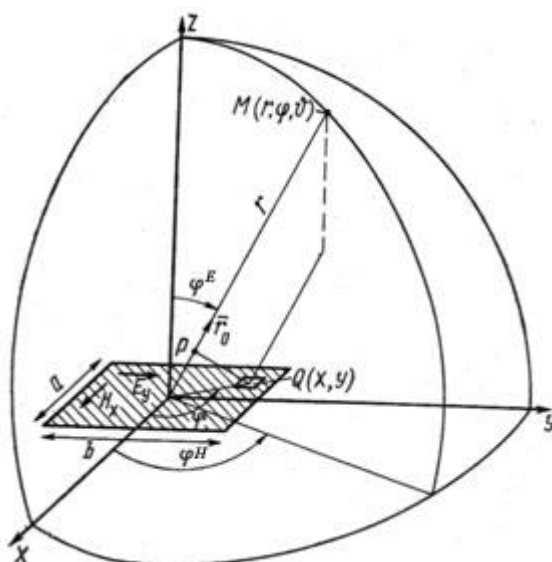
Nurlatuvchi sirt turidagi antennalardan santimetrli toʻlqin diapazonda keng qoʻllaniladi (masalan: oxiri ochiq toʻlqin oʻtkazgich

ko‘rinishidagi antenna, ruporsimon, linzasimon, ko‘zguli antenna va boshqalar).

5.2. Yassi yoyilmaning nurlatishi

Qo‘zg‘atilgan sirtning birmuncha soddalashgan holatini, o‘zida Gyuygens manbalaridan tashkil topgan sinfaz teng amplitudali ko‘ndalang nurlatuvchi AP sini mujassamlantiruvchi ideal nurlatuvchi sirtni (ideal tekis antenna) ko‘rib chiqamiz (5.3- rasm). To‘g‘ri to‘rt burchakli sirt tomonlarini a va b deb belgilaymiz. E – vektorni b tomonga, H – vektorni a tomonga parallel deb hisoblaymiz.

Ideal tekis antenna deb, shunday qo‘zg‘atilgan sirtga aytiladiki, unda, E va H vektorlarning tangentsial tashkil etuvchilari har bir nuqtada bir xil yo‘nalishga, amplituda va fazaga ega bo‘ladi, ya’ni koordinataga bog‘liq emas.



5.3- rasm. Ideal nurlatuvchi sirt

Ideal tekis antenaning E tekislikdagi (yoz tekislik) yoʻnalganlik xarakteristikasi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$f(\varphi^E) = (1 + \cos \varphi^E) \frac{\sin[(kb/2) \sin \varphi^E]}{(kb/2) \sin \varphi^E} \quad (5.3)$$

H tekislik (xoz tekislik) uchun:

$$f(\varphi^H) = (1 + \cos \varphi^H) \frac{\sin[(ka/2) \sin \varphi^H]}{(ka/2) \sin \varphi^H} \quad (5.4)$$

Yuqoridagi (5.3) va (5.4) lardan koʻrinadiki, ideal tekis antenaning har ikkala tekislikdagi YX bir xil boʻlib ($a = b$ sharti bajarilganda), ikkita koʻpaytuvchidan iborat.

Birinchi koʻpaytuvchi $(1 + \cos \varphi)$ – nurlatuvchi sirt elementining (Gyuygens manbai) YX boʻlib, qoʻzgʻatilgan sirtning E va H tekisliklardagi bir tomonlama yoʻnalganlik xususiyatlarini ifodalaydi.

Ikkinchi koʻpaytuvchi $\frac{\sin[(ka/2) \sin \varphi]}{(ka/2) \sin \varphi}$ – tizim koʻpaytiruvchisi boʻlib, koʻrib chiqilayotgan yuzada joylashgan barcha Gyuygens elementlarining yigʻindisini ifodalaydi.

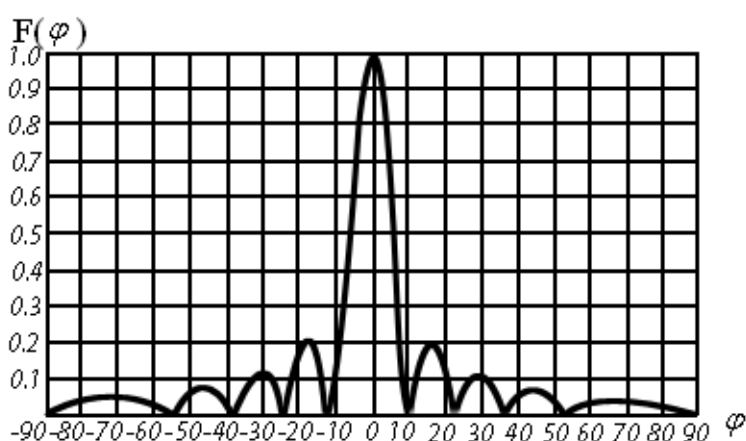
Keltirilgan (5.3), (5.4) formulalarni (4.1) va (4.2) lar bilan solishtirib, quyidagi xulosaga kelish mumkin: AP va qoʻzgʻatilgan sirt oʻrtasida aniq oʻxshashlik (analogiya) mavjud. Yaʼni, qoʻzgʻatilgan

sirtning YX ham huddi AP kabi bitta elementning YX ni panjara ko'paytuvchisiga ko'paytmsi orqali ifodalash mumkin.

Tizim ko'paytuvchisi φ^E va φ^H burchaklar o'zgarganda, birinchi ko'paytuvchi $(1 + \cos\varphi)$ ga nisbatan tezroq o'zgaradi. Shuning uchun, ideal tekis antenaning YX asosan tizim ko'paytiruvchisi bilan aniqlanadi.

Gyuygens elementining maydoni sirtning normal yo'nalishda maksimal intensivlik bilan nurlatganligi sababli, tizim ko'paytiruvchisining maksimal yo'nalishi va Gyuygens manbaining YX o'zaro mos tushadi. Shuning uchun ideal tekis antenna o'zining normali yo'nalishida maksimal intensivlikda nurlatadi.

Quyidagi 5.4 - rasmdan ko'rinadiki, ideal nurlatuvchi sirtning YD ko'p bargli xarakterga ega. Bu esa, ushbu antenaning tizim ko'paytuvchisi sinfaz teng amplitudali AP ning ko'paytuvchisidan deyarli farq qilmasligini ko'rsatadi.



5.4- rasm. Ideal nurlatuvchi sirtning yo'nalganlik diagrammasi

Shunday qilib, antennalarning YX (panjara elementlar orasidagi masofaning kichik qiymatlarida) antennaning bitta elementining yoʻnalganlik xususiyatini ifodalovchi YX dan tizim koʻpaytuvchisi bilangina farq qiladi.

Antenna panjaralarida boʻlgani kabi, nurlatish mavjud boʻlmagan yoʻnalish (4.3), (4.4) ifodalarning suratini nolga tenglash orqali aniqlanadi:

$$\begin{aligned}(kb/2)\sin\varphi_0^E &= N\pi, \\ (ka/2)\sin\varphi_0^H &= N\pi,\end{aligned}\tag{5.5}$$

bu yerda, $N=1,2,3, \dots$,

qaerda

$$\begin{aligned}\varphi_0^E &= \arcsin(N\lambda/b), \\ \varphi_0^H &= \arcsin(N\lambda/a).\end{aligned}\tag{5.6}$$

Agar $\lambda>a$ yoki $\lambda>b$ boʻlsa, nol boʻyicha nurlatish yoʻnalishga ega boʻlmaydi. Antennaning nisbiy kengligi (a/λ yoki b/λ) qancha katta boʻlsa, yon bargchalar shuncha koʻp boʻladi.

Nurlatuvchi sirtning katta oʻlchamlarida ($a/\lambda\gg 1$ va $b/\lambda\gg 1$) ideal tekis antennaning nol boʻyicha nurlanish YD kengligi:

$$\begin{aligned}\text{E tekislikda:} \quad & 2\varphi_0^E = 115^\circ \frac{\lambda}{b} \\ \text{H tekislikda:} \quad & 2\varphi_0^H = 115^\circ \frac{\lambda}{a} .\end{aligned}\tag{5.7}$$

Ideal tekis antenaning YD ning yarim quvvat bo'yicha kengligi:

$$\begin{aligned} \text{E tekislida} \quad 2\varphi_{0,5}^E &= 51^\circ \frac{\lambda}{b} \quad , \\ \text{H tekislikda} \quad 2\varphi_{0,5}^H &= 51^\circ \frac{\lambda}{a} \quad . \end{aligned} \quad (5.8)$$

Yuqoridagi (5.7), (5.8) bilan (4.6), (4.7) ifodalarni solishtiradigan bo'lsak, ideal qo'zg'atilgan sirt va vibratorlardan tashkil topgan sinfaz AP o'rtasida (vibratorlar soni n katta bo'lganda) o'xshashlik (analogiya) mavjud.

Shuningdek, ideal tekis antenaning YD mazkur tekislikda antenaning shu tekislikka parallel o'lchamlari qanchalik katta bo'lsa shunchalik tor bo'ladi. Mazkur tekislikda YD kengligi antenaning shu tekislikka perpendikulyar o'lchamlariga bog'liq emas.

Ideal tekis antenasi YD ning birinchi bargchasining sathi $\xi_1 = 0,214$ ga teng.

Tahlillar shuni ko'rsatadiki, ideal tekis antenna YD bosh bargchasi chegarasida nurlatish quvvatining taxminan 82%, yon barchalarda esa taxminan 18% mujassamlashgan bo'ladi.

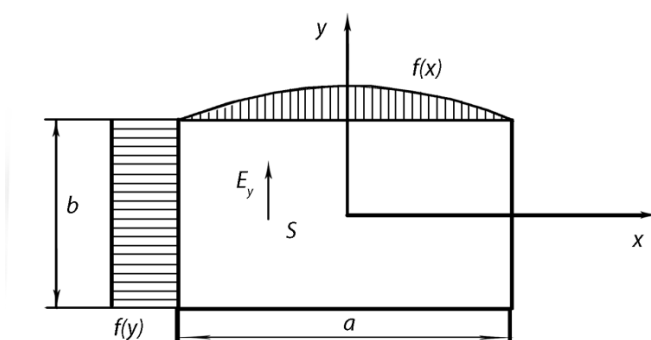
5.3. Yassi yoyilmaning yo'nalganlik xususiyatlariga amplituda taqsimotining ko'rsatadigan ta'siri

Odatda, amaliyotda apertur antennalarni konstruksiyalashda bir tomoni yoki har ikkala tomoni notekis amplituda taqsimoti bilan

qo'zg'atilgan (to'g'ri burchakli yoyilma bo'lgan holatda) sirtlardan foydalaniladi.

Eng ko'p uchraydigan - ko'zguli-parabolik antenaning nurlatgichi sifatida H_{10} turdagi to'lqin bilan qo'zg'atiladigan to'g'ri burchakli to'lqin o'tkazgichdan foydalanish hisoblanadi.

Shunga ko'ra, H_{10} turdagi to'lqinga mos bo'lgan ox o'qi bo'yicha kosinusoidal amplituda taqsimotiga va oy o'qi bo'yicha teng amplituda taqsimotiga ega bo'lgan sinfaz to'g'ri burchakli nurlatuvchi sirtni ko'rib chiqamiz. To'g'ri burchakli yoyilma tomonlari bo'ylab maydon taqsimotining ko'rinishi 5.5- rasmda keltirilgan.



5.5- rasm. To'g'ri burchakli yoyilma tomonlari bo'ylab maydonning notekis amplituda taqsimoti

Ushbu holatda oy o'qi bo'yicha qo'zg'atilayotgan maydonning taqsimoti ideal (ya'ni, teng) antenani singari bo'lganligi sababli, E tekislikdagi (yoz tekislik) nurlatuvchi sirtning YX ideal antenaning shu tekislikdagi YX dan farq qilmaydi.

Berilgan ox o'qi bo'yicha esa, maydon notekis taqsimlangan: o'rtasida maksimal, chekkalarida nolgacha kamayadi; maydon

amplitudasining bu ko‘rinishdagi notekis o‘zgarish qonuni quyidagicha ifodalanadi:

$$E_y = E_0 \cos\left(\frac{\pi x}{a}\right). \quad (5.9)$$

H tekislikdagi (xoz tekislik) me'yorlashgan YX ushbu formula yordamida aniqlanadi:

$$F(\varphi^H) = \frac{\pi^2}{8} (1 + \cos \varphi^H) \frac{\cos[(ka/2) \sin \varphi^H]}{(\pi/2)^2 - [(ka/2) \sin \varphi^H]^2}. \quad (5.10)$$

Keltirilgan (5.10) ifodani (5.4) bilan taqqoslab, bu holatda ideal tekis antenaning faqat tizim ko‘paytuvchisi o‘zgarganligini ko‘rishimiz mumkin.

H tekislikdagi YD bosh bargchasining to‘liq quvvat bo‘yicha kengligi:

$$2\varphi_0^H \approx 172^\circ \frac{\lambda}{a} \quad (5.11)$$

yarim quvvat bo‘yicha kengligi:

$$2\varphi_{0,5}^H = 67^\circ \frac{\lambda}{a} \quad (5.12)$$

formulalar yordamida aniqlanadi.

E tekislikdagi YD bosh bargchasining kengligi esa ideal yoyilmaniki kabi bo‘ladi.

Shuning uchun, teng amplitudali taqsimotdan, amplitudasi nurlatuvchi sirt chekkalariga borib kosinusoidal qonun asosida kamayib

boruvchi taqsimotga o'tilganda, unga mos tekislikdagi YD kengligining taxminan 1,5 martaga ortishini kuzatish mumkin.

O'z navbatida, YD bosh bargchasi kengligini π ortishi YD yon bargchalari sathini kamayishiga olib keladi (birinchi yon bargcha sathi $\xi_1 = 0,066$ ga teng bo'lib, ideal yoyilmaga nisbatan 3,2 marta kichik).

Bu yerda, YD kengayishi, ox o'qi yo'nalishida antenna markazidan uzoqlashgan sari amplituda taqsimotiga mos ravishda elementar sohalarini qo'zg'atish susayib borishi bilan izohlanadi.

Ma'lumki, yuza sirtining chekka sohalaridagi maydon qiymati kichik bo'lgani uchun antenaning natijaviy maydoni hosil qiladigan qiymatga deyarli ta'sir ko'rsatmaydi. Shunga ko'ra, antenna chekkalaridagi qo'zg'atilgan maydon amplitudasining kamayishi, maydoni teng taqsimlangan amplituda bilan qo'zg'atilgan antenaning o'lchamlarini kamayishiga ekvivalent bo'ladi.

Yuqoridagilarni e'tiborga olgan holda, quyidagilarni xulosa qilamiz: nurlatuvchi sirt chekkalaridagi qo'zg'atilgan maydon amplitudasi qancha kam kamayib borsa, YD bosh bargchasi shuncha keng va yon bargchalarning sathi shuncha kichik bo'ladi. Aynan shu holatni AP lariga nisbatan ham joriy qilish mumkin.

Nurlatuvchi qo'zg'atilgan sirtlarning ushbu xususiyatlaridan amaliyotda keng foydalaniladi. Ayniqsa, kichik sathga ega bo'lgan YD hosil qilish talab etilganda, bunga antenna chekkalaridagi amplituda taqsimotini keskin kamaytirish hisobiga erishiladi. Ammo bu yerda, YD ning bosh bargchasi kengayib ketadi.

5.4. Nurlatuvchi sirtning yoʻnalganlik koeffitsienti

Ideal tekis antenna boʻlgan holatdagi YK ifodasi quyidagi koʻrinishda boʻladi:

$$D_0 = \frac{4\pi}{\lambda^2} S. \quad (5.13)$$

Demak, ideal tekis antenning YK mazkur antenning yuzasi qanchalik katta boʻlsa va toʻlqin uzunligi qanchalik kichik boʻlsa shuncha katta qiymatga erishadi. Antenning yuzasi oʻzgarmas boʻlganda YK toʻlqin uzunligi kvadratiga teskari proporsional. Bundan koʻrinadiki, toʻlqin uzunligini kamaytirish orqali katta YK ega boʻlgan antennalarni yasash mumkin. Masalan, toʻlqin uzunligi $\lambda=1$ smga teng boʻlgan antenning YK $D = 12,6 \cdot 10^4$ ga teng boʻlishi uchun uning yuzasi 1 m^2 boʻlishi yetarli.

Notekis amplituda taqsimoti holatida YK quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$D = \frac{4\pi}{\lambda^2} S_{\text{d}}. \quad (5.14)$$

Bu yerda, S_{d} - antenning ishchi (effektiv) yuzasi.

Istalgan taqsimotli qoʻzgʻatuvchi maydonli nurlatuvchi sirtning YK ni ideal tekis antenasining YK orqali ifodalanganda

$$D = \nu D_0 = \nu \frac{4\pi}{\lambda^2} S, \quad (5.15)$$

ifodada keltirilgan D_0 - ideal tekis antenning YK; $\nu = S_{\text{d}} / S$ - sirtidan foydalanish koeffitsienti.

Sirtidan foydalanish koeffitsientining (SFK) qiymati qo'zg'atuvchi maydonning amplituda va faza taqsimoti turiga bog'liq. Qo'zg'atuvchi maydon amplitudasi antenna chekkalariga borib qanchalik kamaysa, sirtidan foydalanish koeffitsienti shunchalik kichik bo'ladi.

Kosinusoidal amplitudaviy taqsimot holatida SFK 0,81 ga teng bo'ladi va YK quyidagicha aniqlanadi:

$$D = 0,81 \frac{4\pi}{\lambda^2} S = 0,81 D_0 \quad (5.16)$$

Chekkalariga borib kamayadigan amplituda taqsimotiga ega nurlatuvchi sirt YK ning ideal nurlatuvchi sirtidagiga nisbatan kichikligi quyidagicha tushintiriladi. Bir xil nurlatish quvvatida birinchi antenning asosiy yo'nalishi bo'yicha maydon kuchlanganligi xuddi ikkinchi ayni shu yo'nalishdagi maydon kuchlanganligidan kichik bo'ladi, chunki birinchi antenning YD kengroq. Real nurlatuvchi sirtlarda antenning effektiv yuzasi S_{d} doim geometrik yuza S dan kichik bo'ladi:

$$S_{\text{d}} = D \frac{\lambda^2}{4\pi}. \quad (5.17)$$

Real antenning ishchi yuzasi deb, ideal tekis antenning shunday yuzasiga aytiladiki (sinfaz qo'zg'atuvchi va tekis amplitudaviy taqsimotli nurlatuvchi sirt), uning YK mazkur real antenning YK ga teng bo'ladi.

5.5. Nurlatuvchi sirtning yoʻnalganlik xususiyatlariga faza buzilishlarning koʻrsatadigan taʼsiri

Nurlatuvchi sirtning nosinfazligi ushbu antenna qurilmasining xususiyatlariga, yoki antenaning aniq yasalmaganligiga bogʻliq. Faza buzilishlari antenaning yoʻnalganlik xususiyatlariga salbiy taʼsir koʻrsatadi. Lekin ayrim hollarda, masalan maxsus koʻrinishdagi YD olish va ularni boshqarishda (fazoda yoʻnalganlik diagrammasining holatini oʻzgartirish) faza taqsimotining maxsus qonuniyati oʻrnatiladi. Umumiy holatda faza taqsimoti ikki koordinatning funksiyasi boʻlishi mumkin. Ammo tadqiqotni soddalashtirish uchun odatda fazaning koordinatalariga alohida bogʻliqligi koʻrib chiqiladi.

Agar toʻgʻri burchakli koordinata tizimining boshi toʻgʻri toʻrtburchakli nurlatuvchi sirt markaziga joylashtirilsa, u holda antenaning nurlatuvchi sirtidagi maydonning faza taqsimoti quydagi koʻrinishga ega boʻladi:

$$\Psi(x) = \Psi_{1\max} \left[\frac{x}{a/2} \right] + \Psi_{2\max} \left[\frac{x}{a/2} \right]^2 + \Psi_{3\max} \left[\frac{x}{a/2} \right]^3 + \dots, \quad (5.18)$$

bu yerda, $\Psi_{1\max}$, $\Psi_{2\max}$, $\Psi_{3\max}$ va h.z. – nurlatuvchi sirt chekkalarida $x = \pm a/2$ yuzaga keluvchi faza taqsimoti tashkil etuvchilariga mos keladigan maksimal faza siljishi; a - antenna sirtining (yoyilmaning) oʻlchami.

Qoʻzgʻatuvchi maydon fazasi oʻzgarishining monoton qonunini yetarlicha aniqlik bilan, mazkur qatorning birinchi uchta: chiziqli, kvadratik va kubik tashkil etuvchilari orqali ifodalash mumkin. Baʼzida

esa, antennaning faza taqsimoti qatorning bitta tashkil etuvchisi orqali ham yetarlicha tavsiflanadi.

Faza (chiziqli, kvadratik va kubik) taqsimotlarini antennaning yoʻnalganlik xususiyatlariga koʻrsatadigan taʼsirini koʻrib chiqamiz. Bu yerda, qoʻzgʻatuvchi maydon amplitudasi koordinataga bogʻliq emas, deb hisoblaymiz.

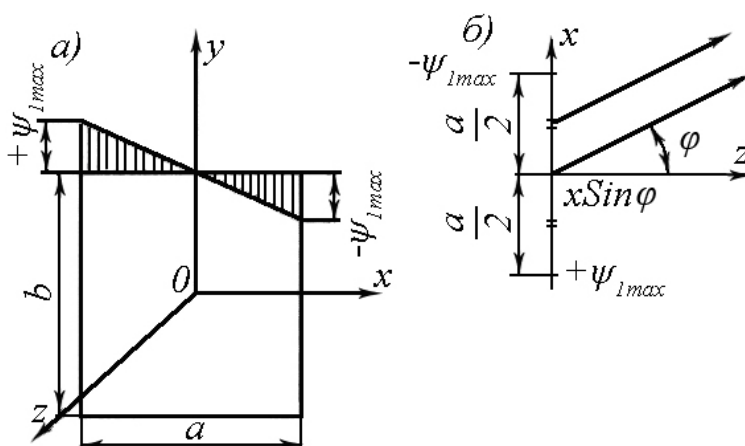
Chiziqli faza taqsimoti

Chiziqli faza taqsimotida $\psi(x) = \psi_{1max} (2x/a)$, qoʻzgʻatilayotgan maydon quyidagi qonun asosida oʻzgaradi

$$E_s = E_y = E_0 \exp(-i\Psi_{1max} \frac{2x}{a}) \quad (5.19)$$

Yoyilmaning a – tomoni boʻylab maydon taqsimotining koʻrinishi 5.6- rasmda keltirilgan.

Qoʻzgʻatuvchi maydon fazasi antennaning faqat a oʻlchami boʻylab oʻzgarganligi sababli antennaning yoʻnalganlik xususiyatlarini faqat xoz tekislikda tadqiq etish qiziqish uygʻotadi (5.6, b - rasm).



5.6- rasm. Yoyilmaning a tomoni boʻylab faza oʻzgarishining chiziqli qonuni

Chizikli faza taqsimotli qoʻzgʻalgan sirt uchun YX quyidagicha aniqlanadi:

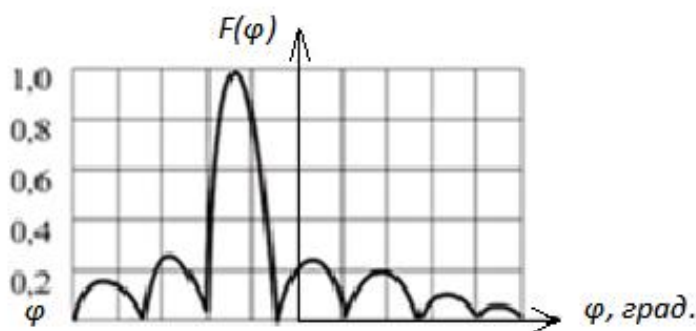
$$f(\varphi^H) = (1 + \cos \varphi^H) \frac{\sin[(ka/2) \sin \varphi^H - \Psi_{1\max}]}{(ka/2) \sin \varphi^H - \Psi_{1\max}} \quad (5.20)$$

Nurlatishning maksimal yoʻnalishini aniqlash formulasi

$$\varphi_{\max}^H = \arcsin(\psi_{1\max} \frac{\lambda}{\pi a}). \quad (5.21)$$

Shu tariqa, chizikli faza taqsimotiga ega boʻlgan yoyilmaning YD oʻz simmetriyasini oʻzgartirmaydi vafaza kechikkan tomonga siljiydi (5.7- rasm).

Bu xususiyatiga koʻra chizikli faza taqsimotiga ega boʻlgan yoyilma nosinfaz AP bilan bir xil analogiyaga ega.



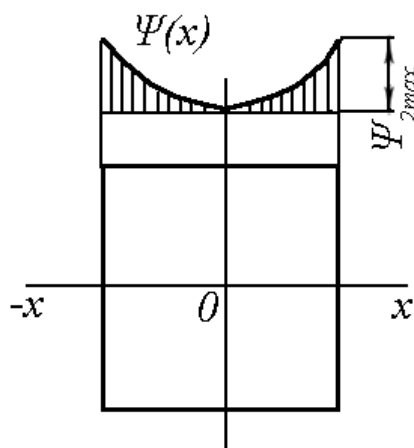
5.7- rasm. Chizikli faza taqsimotiga ega boʻlgan yuzaning yoʻnalganlik diagrammasi

Kvadratik faza taqsimoti

Kvadratik faza taqsimotida $\psi(x) = \psi_{2max}(2x/a)^2$, qo'zg'atilayotgan maydon quyidagi qonun asosida o'zgaradi

$$E_s = E_y = E_0 \exp(i\Psi_{2max}(\frac{2x}{a})^2) \quad (5.22)$$

Yoyilmaning a – tomoni bo'ylab maydon taqsimotining ko'rinishi 5.8- rasmda keltirilgan.



5.8 - rasm. Yoyilmaning a tomoni bo'ylab faza o'zgarishining kvadratik qonuni

Rasmdan ko'rinadiki kvadratik faza taqsimoti YD siljishini keltirib chiqarmaydi, ψ_{2max} ning ixtiyoriy qiymatlarida u yuza normaliga nisbatan simmetrik qoladi.

Fazaning kvadratik o'zgarishini nurlatuvchi sirtning yo'nalganlik xususiyatlariga quyidagicha ta'sir ko'rsatadi:

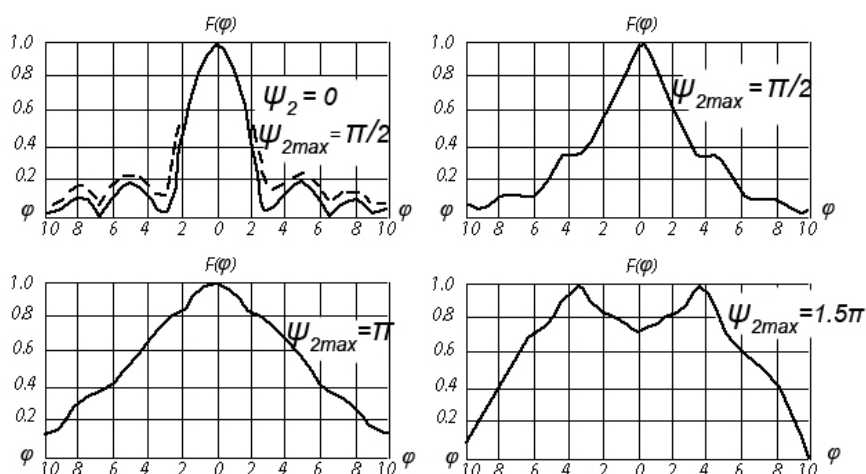
- yo'nalganlik diagrammasi barglari orasida nol nurlatish yo'qoladi;

- yon barglarchalar sathi oshadi: ψ_{2max} ning katta qiymatlarida ham YD ning bosh bargchasi kengayadi, yon bargchalar kengayayotgan asosiy bargcha bilan butunlay uyg'unlashib ketadi;

- faza siljishining $\psi_{2max} \geq \pi$ qiymatlarida bosh bargchanning ikkilanishi kuzatiladi: maksimal nurlatishning ikkita yo'nalishi yuzaga keladi, normal bo'yicha nurlanish kamayadi.

Shu tariqa, kvadratik faza taqsimoti YD ning buzilishiga va antenaning yo'nalganlik xususiyatlarini yomonlashuviga olib keladi. Maksimal faza siljishlarida (45° dan oshmaydigan) YD ning bosh bargchasining yarim quvvat bo'yicha kengligi hamda yon bargchalar sathi bo'yicha ideal tekis antenaning YX dan unchalik farq qilmaydi.

Faza siljishining bir nechta qiymatlari uchun YD ning ko'rinishi 5.9- rasmda keltirilgan.



5.9 - rasm. Kvadratik faza taqsimotiga ega bo'lgan yuzaning yo'nalganlik diagrammasi

Kubik faza taqsimoti

Kubik faza taqsimotida $\psi(x) = \psi_{3max}(2x/a)^3$, qo'zg'atilayotgan maydon quyidagi qonun asosida o'zgaradi

$$E_s = E_y = E_0 \exp(i\Psi_{3max}(\frac{2x}{a})^3) \quad (5.23)$$

Yoyilmaning a – tomoni bo'ylab maydon taqsimotining ko'rinishi 5.10 - rasmda keltirilgan.

Kubik faza o'zgarishida chiziqli faza o'zgarishi kabi, YD maksimal nurlatish yo'nalishi faza kechikkan tomonga buriladi. Buning natijasida YD buziladi. U maksimal yo'nalish diagrammasiga nisbatan nosimmetrik bo'lib, yon bargchalar bosh bargchaga nisbatan bir tomondan kamayadi, boshqa tomonida esa ortadi. Yon bargchalarning ortish tomoni bosh bargchanning og'ishi yo'nalishi bilan mos tushadi.

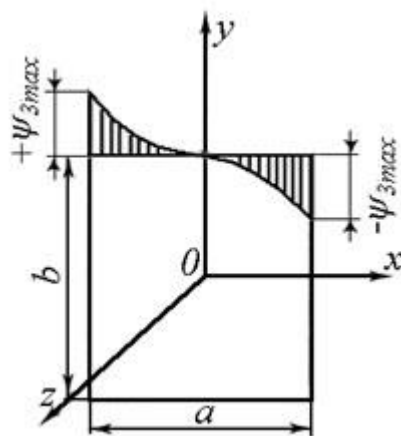
Kubik faza taqsimoti ψ_{3max} ning katta bo'lmagan qiymatlarida (180 gradusdan kichik) YD ning og'ish burchagi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$\varphi_{max} \approx \arcsin(0,6\Psi_{3max} \frac{\lambda}{\pi a}) \quad (5.23)$$

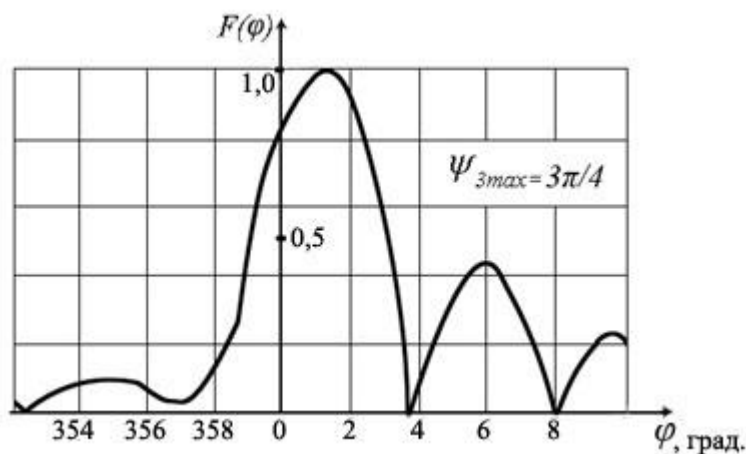
Kubik faza taqsimotiga ega bo'lgan yoyilmaning YD 5.11 - rasmda keltirilgan.

Turli faza taqsimotlarining antenna yo'nalganlik xususiyatlariga ko'rsatadigan ta'sirlari haqidagi xulosalari qo'zg'atuvchi maydoning tekis amplituda taqsimoti holatidagina o'rinlidir. Chekkalariga borib kamayuvchi taqsimotda faza o'zgarishining YD ko'rsatadigan ta'siri

kamayadi. Sababi, faza o'zgarishining turli qonuniyatlari antenna yo'nalganlik xususiyatlarini yomonlashuvi bilan bog'lik. Bundan ko'rinadiki, faza buzilishlar yuzaga kelganda antenning SFK kamayadi.



5.10 - rasm. Yoyilmaning a tomoni bo'ylab faza o'zgarishining kubik qonuni



5.11- rasm. Yoyilmaning kubik faza taqsimotiga ega bo'lgan yo'nalganlik diagrammasi

Asosiy xulosalar:

- yassi qo'zg'atilgan sirt (yoyilma yoki appertura) tor YD hosil qiladi;
- yoyilma o'zida Gyuygens elementi manbalari, deb ataluvchi cheksiz elementlar manbaini mujassamlashtiradi;

- Gyuygens elementi manbalarining YD kardioida shaklida bo'ladi, ya'ni, har ikkala tekislik bo'yicha bir taraflama yo'nalganlik xususitlariga ega;

- yoyilmaning YX o'zida Gyuygens elementi manbaining YX ning tizim ko'paytuvchisiga ko'paytmasini mujassamlashtiriadi;

- yoyilmaning yo'nalganlik xususiyatlari uning tomonlarini o'lchamlariga va u bo'ylab amplituda hamda faza taqsimotiga bog'liq;

- yoyilmaning effektiv nurlanishi uning SFK qiymati orqali aniqlanadi.

Nazorat savollari

1. Qo'zg'atilgan sirtni qanday ko'rib chiqish mumkin?
2. Gyuygens elementi YD ning shakli qanday?
3. Ideal tekis antenna deb qanday antennaga aytiladi?
4. Ideal tekis antenna nurlanishining nol va yarim quvvat bo'yicha bosh bargchasining kengligi nimaga bog'liq?
5. Ideal tekis antenaning yon bargchalarining sathi nimaga teng?
6. Kosinusoidal amplitudaviy taqsimotda nol va yarim quvvat bo'yicha bosh bargchanning kengligi qanday ko'rinishda bo'ladi?
7. Antennaning ishchi (effektiv) yuzasi deb nimaga aytiladi?
8. Qo'zg'atilgan sirtning chiziqli faza taqsimoti YD ga qanday ta'sir ko'rsatadi?
9. Qo'zg'atilgan sirtning kvadratik faza taqsimoti YD ga qanday ta'sir ko'rsatadi?
10. Qo'zg'atilgan sirtning kubik faza taqsimoti YD ga qanday ta'sir ko'rsatadi?

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

Asosiy adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha harakatlar strategiyasi to‘g‘risida. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining PF-4947-son farmoni. Toshkent, 2017 yil 7 fevral.
2. Mirziyoev Sh.M. Buyuk kelajagimizni mard va olijanob xalqimiz bilan birga quramiz. 2017.
3. Mirziyoev Sh.M. Qonun ustuvorligi va inson manfaatlarini ta’minlash – yurt taraqqiyoti va xalq farovonligining garovi. 2017.
4. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн. Под редакцией Ерохина Г.А. - М.: Горячая линия - Телеком, 2004.
5. Антенны. Карл Ротхаммель - М.:Данвел, 2007.
6. Warren L. Stutzman, Gary A. Thiele. Antenna Theory and Design. 3rd Edition. John Wiley, 2012.

Qo‘shimcha adabiyotlar

1. Aripova U.X. “Radioto‘lqinlarning tarqalishi va antenna-fider qurilmalari”, 2-qism. O‘quv qo‘llanma. Toshkent, TATU, 2010.
2. “Radioto‘lqinlarning tarqalishi va antenna-fider qurilmalariga oid atamalarning inglizcha-ruscha-o‘zbekcha izohli lug‘ati”. «UNICON.UZ» DUK. 2016.
3. Aripova U.X., Shaxobiddinov A.Sh. Panelli antennalarning yo‘nalganlik xususiyatlarini tadqiq etish. Uslubiy ko‘rsatma. – T.: TATU, 2015.

MUNDARIJA

1. ANTENNALARNING TASNIFLANISHI VA PARAMETRLARI

1.1. Radioto‘lqinlarni nurlatish va qabul qilishning umumiy tamoyillari.....	3
1.2. Antennalar tasniflanishi.....	8
1.3. Antennalarning yo‘nalganlik xususiyatlari.....	11
1.4. Antennalarning elektr xususiyatlari	23

2. SIMMETRIK VIBRATORLARNING KUCHSIZ NURLATISHI

2.1. Simmetrik vibratorlarning qisqacha nazariyasi.....	34
2.2. Simmetrik tebratgichning yo‘nalganlik xarakteristikasi.....	38
2.3. Simmetrik tebratgichning elektr xarakteristikasi.....	45

3. BOG‘LIQ VIBRATORLARDAN TASHKIL TOPGAN TIZIMNING NURLATISHI

3.1. Ikkita bog‘liq simmetrik vibratorlarning nurlatishi.....	61
3.2. Ikkita bog‘liq simmetrik vibratorlarning elektr xarakteristikasi.....	68

4. ANTENNA PANJARALARINING O‘TKIR NURLATISHI

4.1. Antenna panjaralari yordamida o‘tkir nurlanishni hosil qilish.....	77
---	----

4.2.	Ko‘ndalang nurlatuvchi chiziqli antenna panjaralari.....	79
4.3.	Ko‘ndalang nurlatuvchi yassi antenna panjaralari.....	86
4.4.	O‘q bo‘yicha nurlatuvchi antenna panjaralari.....	90
5.	QO‘ZG‘ATILGAN SIRTNING NURLATISHI	
5.1.	Qo‘zg‘atilgan sirtning xususiyatlari.....	104
5.2.	Yassi yoyilmaning nurlatishi	107
5.3.	Yassi yoyilmaning yo‘nalganlik xususiyatlariga amplituda taqsimotining ko‘rsatadigan ta’siri.....	111
5.4.	Nurlatuvchi sirtning yo‘nalganlik koeffitsienti	115
5.5.	Yassi yoyilmaning yo‘nalganlik xususiyatlariga faza taqsimotining ko‘rsatadigan ta’siri.....	117
	ADABIYOTLAR RO‘YXATI	125

“Antenna asoslari” fanidan

O‘quv qo‘llanma

1-qism

5350100 - Telekommunikatsiya texnologiyalari
(Teleradioeshittirish, Mobil tizimlar)
ta’lim yo‘nalishlari bakalavriatura talabalari uchun

TRET kafedrasining majlisida
ko‘rib chiqildi va nashr etishga tavsiya etildi,
2019 yil 9 aprel №28 - sonli bayonnoma

R va MA fakulteti IUK majlisida
ko‘rib chiqildi va nashr etishga tavsiya etildi,
2019 yil 16 aprel №8 - sonli bayonnoma

TATU ilmiy-uslubiy Kengashi majlisida
ko‘rib chiqildi va nashr etishga ruxsat etildi,
2019 yil 23 aprel №10 (122) - sonli bayonnoma

Tuzuvchi: Aripova U.X.

Mas’ul muharrir: Nosirov X.X.

Musahhih: Ahmedova M.X.