

Aripova Umida Xayrullayevna

ANTENNALAR VA RADIOESHITTIRISH



O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI RAQAMLI
TEXNOLOGIYALAR VAZIRLIGI

MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI TOSHKENT
AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI

RADIO VA MOBIL ALOQA FAKULTETI

TELERADIOESHITTIRISH TIZIMLARI KAFEDRASI

Aripova Umida Xayrullayevna

ANTENNALAR VA RADIOESHITTIRISH

*Muhammad Al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari
universiteti tomonidan o'quv qo'llanma sifatida tavsiya etilgan*

Toshkent
"METODIST NASHRIYOTI"
2024

UDK: 621.396.67(075.8)

BBK: 32.845ya7

A 75

Aripova U.X.

Antennalar va radioeshittirish. O'quv qo'llanma.
- Toshkent: "METODIST NASHRIYOTI", 2024. - 180 b.

O'quv qo'llanmada zamonaviy simsiz telekommunikatsiya tizimlarida keng foydalaniladigan antennalarning vazifasi va tasniflanishi, elektr va yo'nalganlik xususiyatlarini tavsiflovchi parametrlari, simmetrik va nosimmetrik vibratorlarning yo'nalganlik xususiyatlari, vibratorlardan tashkil topgan antenna panjaralari asosida tor yo'nalganlik diagrammalarini hosil qilish, qo'zg'atilgan nurlatuvchi sirtlar, apertur antennalarning konstruktiv xususiyatlari ko'rib chiqilgan. Shuningdek, antennalarni kompyuterli modellashtirish va ularning parametrlarini o'lchash usullari bo'yicha batafsil ma'lumotlar keltirilgan.

O'quv qo'llanma 5350100 - "Telekommunikatsiya texnologiyalari" (Teleradioeshittirish, Mobil tizimlar) yo'nalishlarida kredit-modul tizimi asosida ta'lim olayotgan talabalarning "Antennalar va radioeshittirish" fani bo'yicha mustaqil ishlashi uchun mo'ljallangan.

Taqrizchilar:

A.A. Yarmuxamedov – texnika fanlari nomzodi, dotsent

X.S. Soatov – texnika fanlari nomzodi, dotsent

Muhammad Al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Kengashining 2022-yil 22-dekabrda 5(727)-sonli qaroriga asosan nashrga ruxsat berilgan.

ISBN 978-9910-03-217-2

© Aripova U.X., 2024.

© "METODIST NASHRIYOTI", 2024.

I BOB. ANTENNALAR NAZARIYASIGA KIRISH

1.1. Radioto'lqinlarni nurlatish va qabul qilishning umumiy tamoyillari

Radioto'lqinlar tarqalishi qonunlarining qat'iy ifodalangan chastotaviy bog'liqligi to'lqinlar diapazonlarini chegaralashni talab qiladi (1.1-jadval). Bu chegaralangan diapazonlarda radioto'lqinlarning tarqalish sharoitlari taxminan bir xil kechadi.

1.1-jadval

Diapazonlarning chastotaviy chegaralari va ularning nomlari

Chastota	To'lqin uzunligi	Diapazon	To'lqinlarning bo'linishi	XEAU bo'yicha belgilash
3 kGs - 30 kGs	100km - 10km	Juda past chastotalar (JPCh)	Miriametri	VLF
30 kGs - 300 kGs	10 km - 1 km	Past chastotalar (PCh)	Kilometri	LF
300 kGs - 3000 kGs	1 km - 100 m	O'rta chastotalar (O'Ch)	Gektometri	MF
3 MGs - 30 MGs	100 m - 10 m	Yuqori chastotalar (YUCH)	Dekametri	HF
30 MGs - 300 MGs	10 m - 1 m	Juda yuqori chastotalar (JYuCh)	Metri	VHF
300MGs - 3000 MGs	1 m - 10 sm	Ultra yuqori chastotalar (UYuCh)	Desimetrli	UHF
3 GGs - 30 GGs	10 sm - 1 sm	O'ta yuqori chastotalar (O'YuCh)	Santimetrli	SHF
30 GGs - 300 GGs	1 sm - 1 mm	Haddan tashqari yuqori chastotalar (XTYuCh)	Millimetrli	EHF
300 GGs - 3000 GGs	1 mm - 0.1 mm	Gipper yuqori chastotalar (GYuCh)	Detsimillimetrli	THF

Antenna deb, elektromagnit to'liqlarni nurlatish yoki qabul qilish uchun mo'ljallangan qurilmaga aytiladi. Antennalar radioto'liqlarni erkin fazoda tarqalishini ta'minlash hamda turli telekommunikatsiya tizimlarini shakllantirishda simsiz aloqa kanallarini tashkillashtirish uchun juda zarur. Ular fider liniyalari va atrof muhit o'rtasidagi aloqani ta'minlaydi.

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

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

Radioaloqa liniyasi uzatkich va qabul qilgichdan hamda uzatuvchi va qabul qiluvchi antennalarning to'liq o'tkazgich trakti elementlaridan tashkil topgan. Antennalar o'rtasida radioto'liqlar tarqaladigan fazo yoki muhit mavjud.

To'liq o'tkazgich trakti bevosita to'liq o'tkazgich (koaksial, to'ldirilgan, yassi va h.k.) hamda uning elementlari bo'lgan: razyemlar, burilish qurilmalari, tarmoqlagichlar va boshqalardan tashkil topgan. Antenna bilan to'liq o'tkazgich trakti o'zaro birlashtirilganda hosil bo'lgan tizim antenna - fider trakti (AFT) deb ataladi.

1.2. Antennalarning tasniflanishi

Antennalarni turli mezonlar bo'yicha tasniflash mumkin. Aksariyat hollarda antennalar quyidagicha sinflanadi:

- 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

Uncha katta o'lchamda bo'lmagan antennalar ($l < \lambda$), 10 kGs...1 GGs chastota diapazoni uchun. Bu turga yakka vibratorli antennalar va tirqishli nurlatgichlar, chiziqli va mikropolosali antennalar,

ramkasimon antennalar va chastotaga bog'liq bo'lmagan antennalar kiradi.

1. Yugurma to'liqli antennalar ($\lambda < l < 10 \lambda$), 3 MGs...10 GGs chastota diapazoni uchun. Bu turga spiralsimon, direktorli, dielektrik antennalar kiradi.

2. Antenna panjaralari ($\lambda < l < 100 \lambda$), 3 MGs...30 GGs chastota diapazoni uchun. Bu turdagi antennalar ko'p sonli alohida nurlatgichlardan tashkil topgan bo'lib, antenna panjarasidagi har bir elementni uning fazasini mustaqil o'zgartirish orqali qo'zg'atish mumkinligi yo'nalganlik diagrammasini elektr boshqarish imkonini beradi. Amaliyotda chiziqli, yassi, halqasimon, qavariq turdagi antenna panjaralaridan foydalaniladi. Antenna panjaralari asosida shovqinli sharoitlar vujudga kelganda moslasha oladigan signalni qayta ishlovchi antenna tizimlarini (adaptiv) ham hosil qilish mumkin.

3. Apertur antennalar ($\lambda < l < 1000 \lambda$), 100 MGs...100 GGs chastota diapazoni uchun. Apertura - nurlatuvchi metall yuza degan ma'noni bildiradi. Bu turdagi antennalardan eng ko'p tarqalganlari ko'zguli, rупorli, 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 koeffitsiyenti (f_{max}/f_{min}) taxminan 2...5 tashkil etadi;
- chastotaga bog'liq bo'lmagan antennalar, qamrash chastotasining koeffitsiyenti (f_{max}/f_{min}) taxminan 5 dan katta.

Diapazonlik deb, berilgan chastota polosasi oralig'ida antennaning parametrlarini o'zgartirmasdan ishlash xususiyatiga aytiladi.

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.

1.3. Antennalarning elektr yo'nalganlik xususiyatlarini tavsiflovchi parametrlar

Yuqorida ta'kidlab o'tilganidek, ixtiyoriy antenna fazoning belgilangan yo'nalishida elektromagnit maydon energiyasini konsentratsiyalash xususiyatiga ega.

Antennaning yo'nalganlik xususiyatini yo'nalganlik amplituda xarakteristikasi (yo'nalganlik xarakteristikasi – YX) deb nomlanuvchi parametr orqali ifodalash qabul qilingan.

Yo'nalganlik xarakteristikasi (YX) deb, nurlatuvchi antenna hosil qilgan maydon kuchlanganligi amplitudasining $A(\theta, \varphi)$ antennadan bir xil uzoqlikda joylashgan ($r = \text{const}$) fazodagi kuzatuv burchaklari θ va φ ga bog'liqligiga aytiladi. Odatda, YX ikkita: meridional va azimutal (ekvatorial) tekisliklarda ko'rib chiqiladi.

Antennaning YX jadval yoki formula ko'rinishida ifodalanishi mumkin. Jadval ko'rinishdagi YX fizik o'lchashlar natijasida aniqlanadi. Bunda tadqiq etilayotgan qabul qiluvchi antennaning elektr maydon sathini berilgan tekislikdagi burchak koordinatalariga bog'liqligi tadqiq etiladi. Olingan natijalar YX qiymatlari bo'lib, jadvalga kiritiladi.

Formula shaklida esa, tadqiq etiladigan har bir antennaning konstruktiv tuzilishidan kelib chiqqan holda hisoblanadi. Bunda ham maydon sathining burchak koordinatalariga bog'liqligi ko'rinishidagi hisoblash natijalari jadvalga kiritiladi. Lekin amaliyotda aksariyat antennalarning YX fizik o'lchashlarga asoslangan holda tadqiq etiladi. Faqat ba'zi antennalargina tenglama yordamida hisoblanadi.

Ya'ni, antennaning ixtiyoriy yo'nalishdagi maydon kuchlanganligi qiymatlarini maksimal nurlanish yo'nalishdagi maydon kuchlanganligi qiymatiga nisbati orqali

$$F(\theta, \varphi) = |E(\theta, \varphi)| / |E_{\max}(\theta_0, \varphi_0)| = f(\theta, \varphi) / f_{\max}(\theta_0, \varphi_0). \quad (1.2)$$

Bunda $F(\theta, \varphi)$ 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. Ba'zida esa fazoviy YD kartografiya usulida tasvirlashdan ham foydalaniladi.

Uch o'lchovli fazoda tasvirlangan YD antennaning 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 antennaning yo'nalganlik xususiyatlarini ko'rib chiqish imkonini beradi.

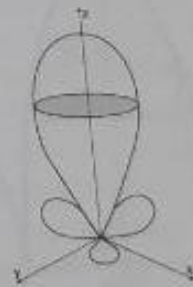
Ammo yuqorida keltirilgan ma'lumotlar faqat chiziqli qutblangan to'lqinlarni nurlatuvchi (qabul qiluvchi) antennalar uchungina o'rini ekanligini doim yodda saqlash kerak. Aylanma maydon nurlanishida E va H tekisliklari haqidagi tushunchalar mutlaqo o'rinsiz hisoblanadi.

Quyida (1.3-1.4 rasmlar) turli tekisliklarda tasvirlangan YD lari keltirilgan.

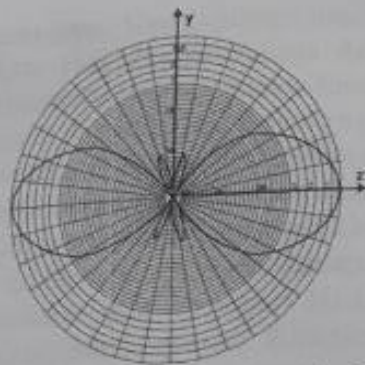
O'z navbatida YD bosh bargchadan, yon bargchalardan va orqa bargchadan tashkil topadi (1.4-rasm). Orqa bargchalar θ_{orqa} yo'nalishi hamda marta yoki desibellarda o'lchanuvchi ζ_{orqa} sathi bilan xarakterlanadi.

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

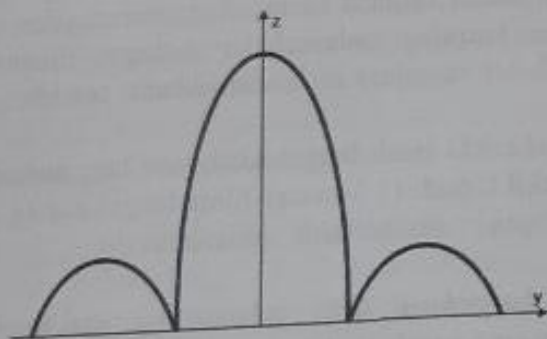
YD to'liq quvvat bo'yicha kengligi ($2\theta_0$) deb, maydon kuchlanganligi nolgacha tushgan oralikdagi burchakka aytiladi.



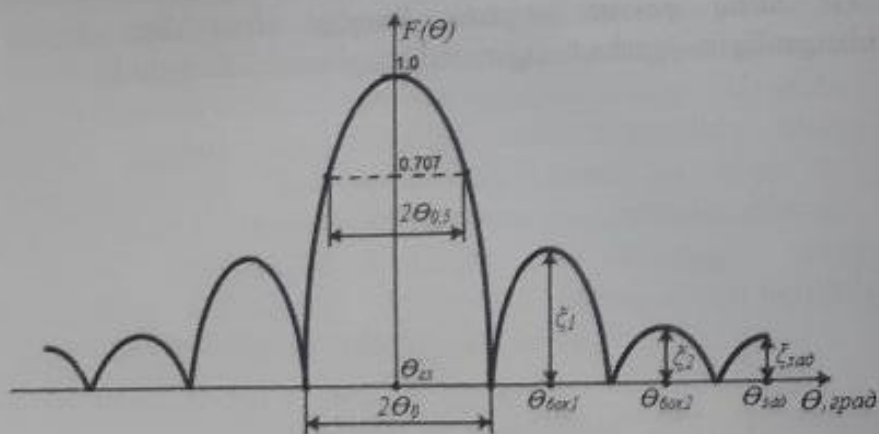
1.1-rasm. Fazoviy yo'nalganlik diagrammasi



1.2-rasm. Maydoniy koordinatalar tizimida yo'nalganlik diagrammasi



1.3-rasm. Dekart koordinatalar tizimida yo'nalganlik diagrammasi



1.4-rasm. Yo'nalganlik diagrammasi parametrlari

Yarim quvvat bo'yicha YD kengligi ($2\theta_{0,5}$) deb, quvvat zichligi $\sqrt{0,5}$ marta (0.707) kamaygan oraliq aytiladi.

YD bosh bargchasi quyidagi parametrlar bilan xarakterlanadi:

- bosh bargcha yo'nalishi θ_{bosh} , graduslarda o'lchanadi hamda sathi, marta yoki desibellarda o'lchanadi;
- nol nurlanishdagi to'liq quvvat bo'yicha kengligi $2\theta_0$, graduslarda o'lchanadi;
- YD yarim quvvat bo'yicha kengligi $2\theta_{0,5}$, graduslarda o'lchanadi.

YD yon bargchalari quyidagi parametrlar bilan xarakterlanadi:

- soni (N);
- θ_{yon} yo'nalishi, graduslarda o'lchanadi;
- ζ_{yon} sathi, marta yoki desibellarda o'lchanadi.

Yon bargchalarning sathi quyidagi formula orqali ifodalanadi

$$\zeta_0 = |E_N| / |E_{max}| = f(\theta_1, \varphi_1) / f_{max}(\theta_0, \varphi_0) = F(\theta_1, \varphi_1) \quad (1.3)$$

Antennaning yo'nalganlik xususiyatlarini **yo'naltirilgan ta'sir ko'effitsiyenti** (YTK) bilan baholash juda qulay. YTK nurlatuvchi antennaning berilgan yo'nalishda hosil qilingan maydon kuchlanganligi kvadratining barcha yo'nalishlardagi maydon kuchlanganliklarining o'rtacha qiymati kvadratining nisbatiga teng, ya'ni

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

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

Antennaning YTK marta yoki desibellarda o'lchanadi.

Shu tariqa, YTK aniqlashda antenna aynan shunday quvvat bilan nurlatadigan faraz qilingan izotrop antenna bilan solishtiriladi. Bunda antennaga uzatilayotgan quvvat va uning FIK ahamiyatsiz hisoblanadi.

Eslatma: odatda, antennaning maksimal nurlatish yo'nalishidagi YTK qiymati bilan qiziqiladi, binobarin, qaysi nuqtaga yo'nalishiga ko'ra, YTK ixtiyoriy qiymatlarga ega bo'lishi mumkin.

YTK ning qiymati YD parametrlariga bog'liq bo'lib, bosh bargchanning kengligi qancha tor hamda yon bargchalarning sathi qancha past bo'lsa, YTK shuncha katta bo'ladi.

Antennaning YTK o'zining mohiyatiga ko'ra, boshqa yo'nalishlardagi nurlatishni susaytirib, bosh maksimum nurlanish 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, antennaning kuchaytirish xususiyati qancha yuqori bo'lsa, YTK shuncha katta qiymatga ega bo'ladi.

Amaliyotda kuchaytirish koeffitsiyenti (KK) tushunchasi juda ko'p qo'llaniladi. **Antennaning kuchaytirish koeffitsiyenti** - nurlatuvchi antennaning berilgan yo'nalishda hosil qilingan elektr maydon kuchlanganligi kvadrantasini umuman yo'naltirilmagan nurlatgich hosil qilgan maydon kuchlanganligi kvadrantasining nisbatiga teng, ya'ni:

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

bunda, $E_A = E(\theta_1, \varphi_1)$ - berilgan antennaning berilgan yo'nalishda hosil qilgan maydon kuchlanganligi, E_n - yo'naltirilmagan (izotrop) antenna hosil qilgan maydon kuchlanganligi. Antennaning KK marta yoki desibellarda o'lchanadi.

Antennaning KK izotrop antennani yo'naltirilgan antennaga almashtirish uchun kirishda beriladigan quvvatni necha martaga kamaytirish kerakligini ko'rsatadi. Uni hisoblash YTK uchun keltirilgan ifodani foydali ish koeffitsiyentiga ko'paytirish orqali amalga oshiriladi:

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

Shu tariqa yo'naltirilmagan antennani yo'naltirilgan antennaga almashtirish orqali berilgan quvvatda qabul nuqtasidagi maydon kuchlanganligini \sqrt{G} martaga oshirish imkonini beradi.

Ko'pchilik hollarda qabul nuqtasidagi maydon kuchlanganligini oshirish uchun yo'naltirilgan antennalardan foydalanish, yo'naltirilmagan antennalardan foydalanilganga qaraganda iqtisodiy jihatdan ancha arzon.

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 koeffitsiyenti deb nomlanuvchi parametr kiritilgan.

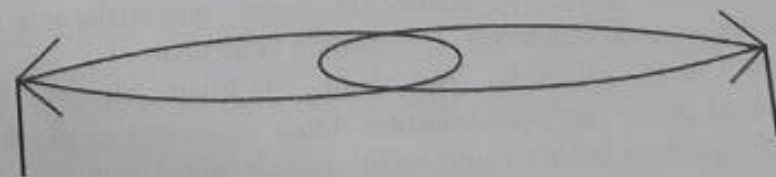
Elliptiklik koeffitsiyenti deb, qutblanish ellipsining katta va kichik yarim o'qlarining nisbatiga aytiladi. Chiziqli qutblanishda ushbu koeffitsiyent cheksizga, doiraviyda esa birga teng.

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

Shu tariqa, uzatuvchi va qabul qiluvchi antennalarning muhim parametrlaridan bo'lgan **fazoviy va qutblanganlik moslashuvchanligi** deb nomlanuvchi tushunchalar bilan tanishishni boshlaymiz.

Antennalarning **fazoviy moslashuvchanligi** deb, ularning YD bosh bargchalarining 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 yo'naltirilgan antennalarda bu talab bir muncha qat'iyroq bo'lib, uzatuvchi antenna YD bosh bargchasi qabul qiluvchi antennaning bosh bargchasi bilan aniq mos tushishi kerak (1.5- rasm).



1.5-rasm. Uzatuvchi va qabul qiluvchi antennalar yo'nalganlik diagrammalarining fazoviy moslashuvi

Antennalar moslashuvining yana bir muhim jihati, ular qutblanish turi bo'yicha ham moslashgan bo'lishi shart, aks holda signal qabuli amalga oshirilmaydi.

Antennalarning qutblanishi bo'yicha moslashuvi masalasi ko'rib chiqilayotganda, uzatuvchi va qabul qiluvchi antennalar o'zaro qaytuvchanlik prinsipiga asoslanganligini ta'kidlab o'tish zarur. Ya'ni, uzatuvchi antenning qutblanganlik xususiyatlari, qabul qiluvchi rejimda ishlayotgan aynan shu antenning qutblanganlik parametrlari bilan bir xilda ifodalanadi.

Yuqoridagi ta'rifga ko'ra, ikkita bir xildagi antennani olib, birini uzatuvchi ikkinchisini qabul qiluvchi sifatida fazoda bir xilda joylashtirsak, bu antennalarning qutblanganlik moslashuvi avtomatik tarzda amalga oshiriladi.

Bu esa to'liq qutblanganlik moslashuvining quyidagi shartlarini shakllantirish imkonini beradi:

- uzatuvchi va qabul qiluvchi antennalarning elliptiklik koeffitsiyenti modul bo'yicha teng bo'lishi kerak;
- uzatuvchi va qabul qiluvchi antennalarning qutblangan ellipslarining og'ish burchaklari teng bo'lishi kerak;
- agar qutblanish ellipsi biror antenning yon tomonidan qaralayotgan bo'lsa, maydon vektorlarining aylanish yo'nalishlari o'zaro qarama-qarshi bo'lishi kerak.

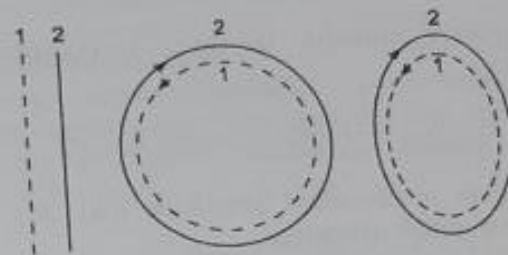
Quyidagi 1.6-rasmda uzatuvchi (1) va qabul qiluvchi (2) antennalarning qutblanishli moslashuv sharti bajarilgandagi qutblangan ellipsning joylashuvi keltirilgan.

To'liq qutblanishli moslashuvchanlik holatida elektromagnit maydon qabul qiluvchi chiziqli antennada maksimal EYuK hosil qiladi, apertur turdagi antenning chiqishida esa, maksimal quvvat yuzaga keladi.

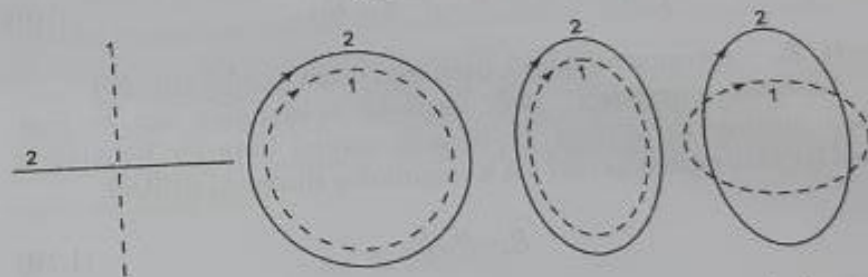
Signal qabul qilishning imkoni bo'lmagan, antennalarning o'zaro moslashmagan qutblanganligi 1.7-rasmda keltirilgan.

Fider so'zi inglizcha «to feed» fe'lidan olingan bo'lib, ta'minlamoq degan ma'noni bildiradi. Fider antennani uzatkich bilan bog'lovchi qurilma bo'lib (yoki qabul qilgich bilan), u nurlatmasligi, to'liq energiyasini minimal yo'qotishi, antenning qarshiligini va uzatkichning chiqish qarshiligi bilan moslashi (yoki qabul qilgichning

kirish qarshiligi bilan) kerak. Fider yugurma to'liq rejimiga yaqin bo'lgan rejimda ishlashi maqsadga muvofiq.



1.6-rasm. Uzatuvchi va qabul qiluvchi antennalarning qutblanganlik moslashuvi



1.7-rasm. Uzatuvchi va qabul qiluvchi antennalarning moslashmagan qutblanganligi

Antenning asosiy vazifasi, uning kirishida uzatilgan yuqori chastotali signal quvvatni elektromagnit to'liqning 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 yo'qotishlar akslangan to'liq quvvati bilan ifodalanib, umumiy holda ikkita quvvat: tushuvchi va akslangan to'liq quvvati nazarda tutiladi.

Endi navbat bilan antenning elektr xususiyatlarini tavsiflovchi parametrlarini ko'rib chiqamiz.

Foydali ish koeffitsiyenti (FIK) deb, antenna chiqishidagi nurlatish quvvatini P_{Σ} antenna kirishiga uzatilgan quvvatga R_0 nisbatiga aytiladi

$$\eta = P_{\Sigma} / P_0, \quad (1.7)$$

Uzatilgan quvvat nurlatish quvvatini yo'qotishlar quvvatiga yig'indisiga teng

$$P_0 = P_{\Sigma} + P_{yo'q} = (I_0^2 R_{\Sigma}) / 2 + (I_0^2 R_{yo'q}) / 2. \quad (1.8)$$

Bunda, I_0 – antenna manbasidagi amplituda toki; R_{Σ} – nurlatish qarshiligi; $R_{yo'q}$ – yo'qotish qarshiligi.

Yuqoridagilarni hisobga olganda, (1.7) tenglamani quyidagicha qayta yozish mumkin.

$$\eta = R_{\Sigma} / (R_{\Sigma} + R_{yo'q}) = R_{\Sigma} / R_{kir}, \quad (1.10)$$

bunda, R_{kir} – antenning kirish qarshiligi (aktiv tashkil etuvchi).

Nurlatish qarshiligi deb, qarshilik o'lchamiga ega bo'lgan, hamda nurlanuvchi quvvat P_{Σ} ni antenning biror-bir ko'ndalang yuzasi bo'ylab oqib o'tuvchi tok kvadratining nisbatiga aytiladi

$$R_{\Sigma} = P_{\Sigma} / I_A^2. \quad (1.10)$$

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.

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

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

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

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

Antenning kirish qarshiligi deb, manba nuqtasidagi kuchlanishning manba nuqtasidagi tokka bo'lgan nisbatiga aytiladi. Umumiy holda bu qarshilik kompleks kattalik hisoblanadi va antenning nisbiy uzunligi l/λ ga bog'liq.

$$Z_{kir} = U_0 / I_0 = R_{kir} + jX_{kir}, \quad (1.11)$$

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

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

Kirish qarshiligining qiymati va xarakteri antennaga ulangan uzatkichning ish rejimini belgilaydi. Antenna fider trakti (AFT) yuzaga keladigan yo'qotishlar qarshiligi quyida keltirilgan tenglamada yordamida aniqlanadi

$$R_y = R_q + R_r + R_{yer}, \quad (1.12)$$

bunda, R_q – o'tkazgichlarni qizishi natijasida yuzaga keluvchi yo'qotish qarshiligi; R_r – antenna izolyatorlaridagi yo'qotish qarshiligi; R_{yer} – yerdagi va yerlatish tizimidagi yo'qotish qarshiligi.

Uzatkichning maksimal samarali ish rejimini va radioto'lqinlarni erkin fazoda maksimal quvvat bilan nurlatishini hosil qilish uchun: uzatkich chiqish kaskadining qarshiligi, fiderning to'lqin qarshiligi hamda antenning kirish qarshiligi o'zaro teng bo'lishi kerak. Aks holda, ular orasida nomutanosibliklar vujudga keladi, bu esa o'z navbatida uzatkichning ishlash samaradorligi pasaytiradi, natijada antenning nurlatish quvvatining sathi kamayadi.

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

- akslanish koeffitsiyentining moduli ($|G|$);
- turg'un to'lqin koeffitsiyenti (TTK);
- yugurma to'lqin koeffitsiyenti (YuTK).

Ushbu parametrlar AFT da bevosita o'zgaradi.

Eng yuqori moslashuvchanlikda, ya'ni AFT da to'liqin umuman akslanmaganda (ideal holat), $|G|=0$, $YuTK=1$, $TTK=1$ bo'ladi.

Qisqa tutashuvda (uzatkich uchun ruxsat etilmagan rejim!), ya'ni akslangan to'liqinning quvvati tushuvchi to'liqinning quvvatiga teng bo'lganda, $|G|=1$, $YuTK=0$, $TTK=\infty$ bo'ladi.

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

Antennaning to'liqin qarshiligi W antennaning muhim parametrlaridan biri hisoblanib, uning ifodasi uzun liniyalar usuli bo'yicha ko'rib chiqiladi. Ideal uzun liniya uchun to'liqin qarshiligi ifodasi

$$W = \sqrt{\frac{C_{pog}}{L_{pog}}} \quad (1.13)$$

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

$$\sqrt{L_{pog} C_{pog}} = \sqrt{\epsilon \mu} \quad (1.14)$$

Agar o'tkazgich havoda joylashgan bo'lsa,

$$W = 1/(sS_{pog}) = sL_{pog}, \quad (1.15)$$

bunda, s - vakuumdagi yorug'lik tezligi.

Yuqoridagi (1.15) munosabatga ko'ra, antennaning to'liqin qarshiligini aniqlashda quyidagi usuldan foydalaniladi: avval antennaning sig'imi S (elektr) aniqlanadi, so'ng sig'imni (o'lelov birligi faradda) uzunlikka (o'lelov birligi metrda) bo'lish orqali pogon sig'im S_{pog} aniqlanadi, undan keyin (1.15) ifodaga asosan to'liqin 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 antennaning muhim xarakteristikallari keltiriladi.

Antennaning o'tkazish polosasi deb, uzatilayotgan (qabul qilinayotgan) signalning butun chastota spektri bo'yicha

buzilishsiz uzatilishini (qabul qilinishini) ta'minlab beradigan chastota polosasi oralig'iga aytiladi.

Antennaning 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.

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'liqinlarida zarur bo'lgan o'tkazish polosasi bilan ta'minlay olishi kerak.

NAZORAT SAVOLLARI

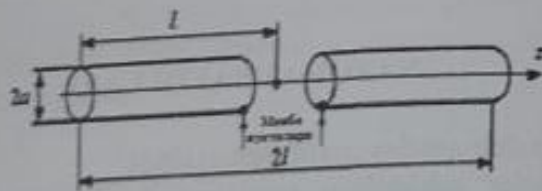
1. Antenna deb qanday qurilmaga aytiladi?
2. Antennalar nurlatilgan maydonni hosil qilish xususiyatiga ko'ra qanday tasniflanadi?
3. Antennalar chastota diapazoniga ko'ra qanday tavsiflanadi?
4. Antennalar qutblanganlik xususiyatiga ko'ra qanday tavsiflanadi.
5. Antennaning yo'nalganlik xususiyatlarini tavsiflovchi parametrlar.
6. Qutblanish tekisligi deb nimaga aytiladi?
7. Qutblanish moslashuvchanligi deb nimaga aytiladi?
8. Antennaning elektr xususiyatlarini tavsiflovchi parametrlar.
9. Fider deb nimaga aytiladi va unga nisbatan qanday talablar qo'yiladi.
10. Antennaning fider bilan moslashuvchanlik darajasi qaysi parametrlar bilan xarakterlanadi?
11. Antennaning yo'nalganlik diagrammasi qaysi parametrlar bilan tasniflanadi?
12. Antennaning ishchi diapazoni deb nimaga aytiladi?

II BOB. SIMMETRIK VIBRATOR YORDAMIDA NURLATUVCHI MAYDONNI HOSIL QILISH

2.1. Simmetrik vibratorlarning qisqacha nazariyasi

Simmetrik vibrator (SV) va uning turlari eng sodda antennalar hisoblanadi. Ulardan qisqa to'liq va ultraqisqa to'liq 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 - oga teng bo'lgan ikkita silindr shakldagi o'tkazgichdan tashkil topgan SV keltirilgan.



2.1- rasm. Simmetrik vibrator konstruksiyasi

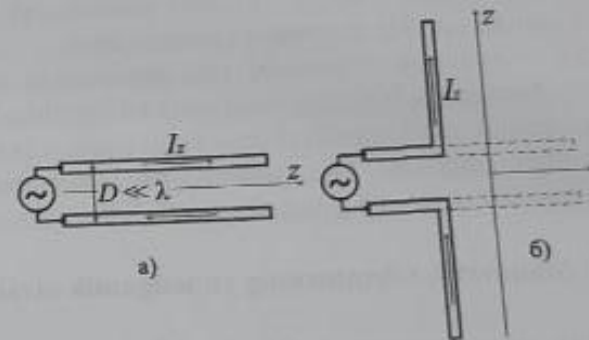
Odatda, SV yelkalari alyuminiy, latun, mis kabi rangli nomagnit metallardan tayyorlanib, ular silindrsimon, yassi, bikonik shakllarda bo'lishi mumkin.

Yuqori chastotali tok manbai SV ta'minot nuqtasiga ulanganda (elektromagnit to'liqin energiyasining nurlanishi) uning yelkalari bo'ylab taqsimotini aniq bir shaklda ifodalab bo'lmaydigan tok oqib o'tishni boshlaydi

Antennalar nazariyasida SV uchun asosiy masalalarning aniq yechimi juda katta qiyinchiliklar bilan bog'liq (antenna bo'ylab taqsimlangan tok va zaryadlar hosil qilgan antennani o'rab turgan muhitning ixtiyoriy nuqtasidagi elektromagnit maydonni aniqlash). Sababi, hozirgi kungacha SV yelkalaridagi tok taqsimotining aniq bir qonuniyati ma'lum 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.

Simmetrik vibratorning injenerlik nazariyasi simmetrik nurlatgich va ikki simli yo'qotishsiz liniya yopiq uchlarining ichki analogiyasiga asoslanadi (2.2, a- rasm). Agar ikki o'tkazgichli simni 180° burchak ostida qarama-qarshi tomonga ochib simmetrik vibratorga aylantirsak, undagi toklar bir tomonga qarab oqishni boshlaydi (2.2, b- rasm). ST 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 simmetrik vibrator orasidagi analogiyani to'ldirish mumkin. SV dagi kuchlanish undagi tokka nisbatan 90° ga farq qiladi.



2.2- 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

$$I_z = I_0 \operatorname{sinc}(l - |z|), \quad (2.1)$$

bunda: I_z - SV bo'ylab oqib o'tayotgan tok; I_0 - amplituda toki (kompleks kattalik); l - vibratorning bitta yelkasi uzunligi; z - vibrator uchidan tok manbaigacha bo'lgan masofa; $k = 2\pi/\lambda$ - to'liqin soni (vibratoridagi tok fazasi koeffitsiyenti).

Odatda, SV dagi to'liqinning uzunligi erkin fazodagi to'liqinning uzunligiga teng deb qaraladi. Sababi, liniya va SV ning har ikkalasi ham taqsimlangan parametrli tebratuvchi tizimlar hisoblanadi. Lekin,

bu analogiya taxminiy bo'lib, ular biri ikkinchisidan sezilarli darajada farq qiladi.

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

Ikkinchidan, liniya elektromagnit to'lqinlarni faqat kanalizatsiyalash uchun xizmat qilib, unda yo'qotishlar yuzaga kelmaydi. Shu sababli, amaliy jihatdan u umuman nurlatmaydi, SV esa nurlatadi. Agar 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 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 maydonini sinusoidal tok taqsimotiga asoslangan formulalar yordamidagi hisoblashlar, uzoq zona va ingichka SV uchun olingan eksperimental ma'lumotlar bilan juda yaqin o'xshashlikda ekanligini kuzatish mumkin. Shu sababli, bir qator holatlardagi injenerlik hisoblashlari uchun bu yondashuv o'rinlidir.

2.2. Simmetrik vibratorning yo'nalganlik tavsifi

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

SV fazoga chiziqli qutblangan elektromagnit to'lqinlarni nurlatadi (qabul qiladi). Qutblangan Ye vektorning yo'nalishi SV tekislik yuzasiga nisbatan joylashuviga qarab aniqlanadi. Agar SV tekislikka nisbatan vertikal joylashgan bo'lsa – vertikal chiziqli qutblanishni, gorizonta joylashgan bo'lsa – gorizonta 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 SV faza markaziga nisbatan o'zgarmas r masofa uzoqlikda joylashadi hamda uzoq zona $r \gg \lambda_e$ (λ_e ishchi to'lqin

uzunligi) sharti asosida aniqlanadi. SV faza markazi uning o'rtasida joylashgan.

SV yo'nalganlik xususiyatlari ko'rib chiqish uchun uni butun uzunligi bo'ylab xayolan cheksiz ko'p bo'lgan elementlar dz sohalarga bo'lamiz. Har bir elementning uzunligi cheksiz kichik bo'lgani uchun bu oraliqda tokning fazasi ham, amplitudasi ham o'zgarmasdir. Shunday qilib, SV boshdan oxiriga qadar cheksiz elementar elektr vibratorlar yoki Gers dipolining dz yig'indisi deb qarash mumkin.

Quyida (2.3- rasm) SV maydon taqsimoti keltirilgan, bunda: I_e – elementdagi tok amplitudasi bo'lib, vibrator Z masofada joylashgan; r_1 – birinchi elementdan kuzatuv nuqtasi M gacha bo'lgan masofa; r_2 – ikkinchi elementdan M nuqtasigacha bo'lgan masofa; ν – vibrator o'qlari orasidagi va kuzatuv nuqtasiga tomon yo'nalish orasidagi burchak; M – kuzatuv nuqtasi.

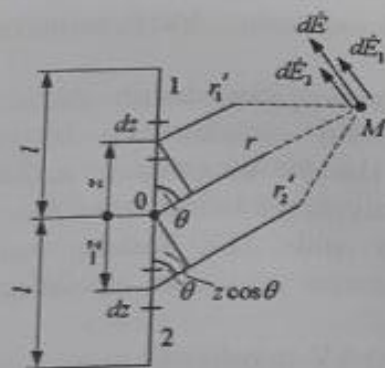
Kuzatuv nuqtasi M uzoq zonada joylashganligi sababli r_1 , r_0 va r_2 larni o'zaro parallel deb qarash mumkin. Agar 1 va 2 nuqtalarda joylashgan elementar nurlatgichlarni qaraydigan bo'lsak, ularning kuzatuv nuqtasida hosil qilgan natijaviy maydoni quyidagiga teng bo'ladi:

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

r_1 va r_2 masofani r_0 orqali ifodalaymiz. Buning uchun 1 – nuqtadan (2.3- rasm) 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 vibrator markazidan kuzatuv nuqtasigacha bo'lgan masofada elementlarning masofa farqini aniqlaymiz: $\Delta r = |z| \cos \theta$.

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.



2.3- rasm. Simmetrik vibratorning maydon taqsimoti

Natijaviy maydon kuchlanganligi fazodagi faza siljishi va manbadagi faza siljishlarini hisobga olgan holda, antenna yelkasini butun uzunligi bo'yicha integrallash yordamida ifodalanadi. Integrallash natijasida hosil bo'lgan ifoda quyidagiga 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 $F(\theta) = f(\theta) / f(90^\circ)$ ko'rinishida ifodalanuvchi 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 vibratorlarda H vektor yo'nalganlik xususiyatiga ega emas.

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

3. Tebranishning yo'nalganlik xususiyatlari vibrator yelkasining uzunligini to'liq uzunligiga nisbati (l/λ - nisbiy yelka uzunligi) orqali ifodalanadi.

SV maksimal maydoni o'qiga nisbatan perpendikulyar yo'nalishda nurlatadi, bu yo'nalish asosiy deb ataladi. Ammo bu hodisa l/λ ning ixtiyoriy qiymatlarida kuzatilmagani doim yodda tutish kerak, sababi l/λ ning kichik qiymatlarida SV ikkita bosh bargchaga ega bo'ladi.

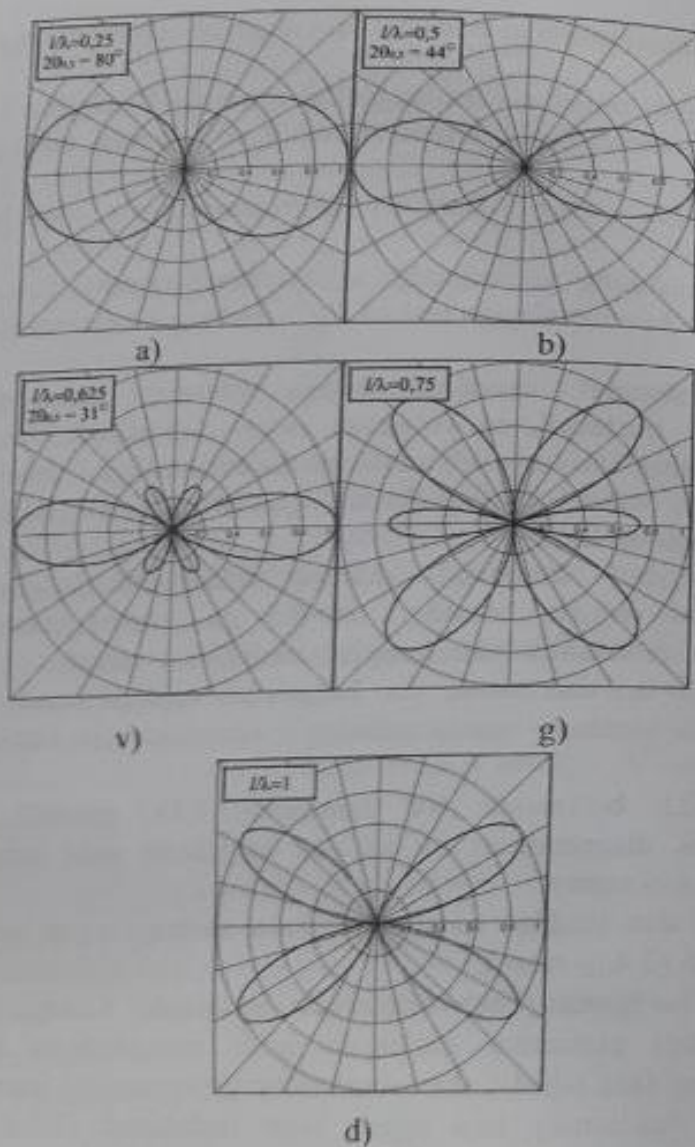
Agar qabul nuqtasini ekvator tekisligida belgilab, l/λ munosabatini oshirib borsak, $l/\lambda = 0,5$ ga tenglashguncha bosh bargchalar asta sekinlik bilan torayib boradi (2.4.a- rasm).

Agar $l/\lambda > 0,5$ dan ohsa, yon bargchalar vujudga keladi (2.4.b- rasm), ularni qarama - qarshi sohadagi (uchastkadagi) toklar vujudga keltiradi.

$l/\lambda = 0,625$ bo'lganda SV maksimal YTK erishadi, bunda yo'nalganlik diagrammasi tor va yon bargchalar sathi juda kichik bo'ladi (2.4.v- rasm).

$l/\lambda > 0,7$ dan boshlab asosiy bargchalar kichrayib, yon bargchalar o'sib boradi (2.4.g- rasm).

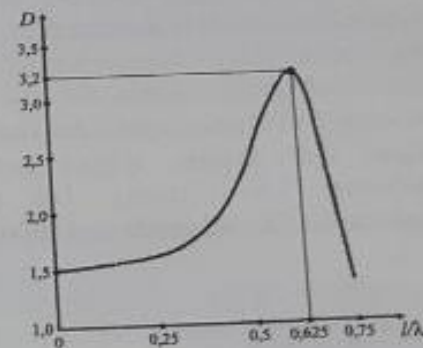
$l/\lambda = 1$ bo'lganda bosh bargchalar yo'qoladi. Sababi, berilgan yo'nalishdagi elementar nurlatgich bilan nurlatiladigan natijaviy maydonning faza siljishi, shu vibratorlarni qo'zg'atuvchi fazoviy faza siljishi va toklarning faza siljishi bilan ifodalanadi (2.4.d- rasm). Shuning uchun, ushbu holatda 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, yo'nalganlik koeffitsiyenti esa nolga teng bo'ladi.



2.4 – rasm. Simmetrik vibratorning yoʻnalganlik diagrammalari

Nisbiy yelka uzunligi l/λ qabul qiladigan qiymatlarga koʻra SV turlicha nomlanadi: $l/\lambda=0,25$ ga teng boʻlgan vibrator – yarim toʻlqinli, $l/\lambda=0,5$ ga teng boʻlgan vibrator – bir toʻlqinli deb ataladi.

SV yoʻnalganlik diagrammasi (YD) l/λ munosabatlariga bogʻliqligini taxlil qiladigan boʻlsak, uning YTK $l/\lambda=0,625$ gacha ortib boradi, soʻngra kamayib borib, $l/\lambda=1$ da nolga teng boʻladi. Quyidagi 2.5- rasmda SV YTK ning l/λ munosabatiga bogʻliqlik grafigi keltirilgan.



2.5 - rasm. Simmetrik vibrator YTK ning l/λ munosabatiga bogʻliqlik grafigi

Asosiy xulosalar:

- SV faqat E tekislik boʻyicha yoʻnalganlik xususiyatiga ega;
- SV N tekislik boʻyicha yoʻnalganlik xususiyatiga ega emas;
- SV oʻz oʻqi boʻyicha nurlatmaydi;
- SV chiziqli qutblangan toʻlqinlarni nurlatadi;
- SV YD ning bosh bargchasi uning oʻqiga nisbatan perpendikulyar yoʻnalgan;
- SV yoʻnalganlik xususiyatlari l/λ qiymatiga bogʻliq;
- SV ning YTK $l/\lambda=0$ boʻlganda, minimal qiymatga ega boʻladi;
- SV ning YTK $l/\lambda=0,625$ boʻlganda, maksimal qiymatga ega boʻladi;
- SV ning asosiy yoʻnalishdagi nurlanishi $l/\lambda=1$ boʻlganda, butkul yoʻqoladi.

2.3. Simmetrik vibratorning elektr xususiyatlari

Yuqoridagi 2.1-boʻlimda SV fazoda hosil qilgan maydonni hisoblashda, uning ikki oʻtkazgichli oxiri ajratilgan yoʻqotishsiz

liniya bilan analogiyasi keltirilgan edi. Unga ko'ra, SV yelkalari bo'ylab tok taqsimoti qonuni ma'lum shaklga ega deb, hisoblash mumkin. Lekin bunda 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.

Keling kirish qarshiligini hisoblashni shunday taxminiy (injenerlik) usulini ko'rib chiqamiz. Bunda, 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 (2.6 - rasm). Tok taqsimotiga nazar tashlaydigan bo'lsak, u manba uchlarida nol qiymatga teng. Shunga asosan: $Z_{kr}=U_0/I_0=\infty$.



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

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

$$I_z = I_0 \operatorname{sh} \gamma(l - |z|), \quad (2.6)$$

Bunda $\gamma = \alpha + i\beta$ - tarqalishning kompleks koeffitsiyenti; α - so'nish koeffitsiyenti; β - faza koeffitsiyenti.

Yuqoridagi 2.6-rasmda keltirilgan taqsimotdan ko'rinadiki, doiraviy va giperbolik sinus qonuni asosidagi tok taqsimotlari

orasidagi asosiy farq tok tugunlariga nisbatan juda yaqin bo'lgan masofalardagina mavjud.

Shuning 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 $(0,1 \dots 0,15)l/\lambda$ 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 qirish qarshiliklarini hisoblashda esa, tok taqsimotining giperbolik sinus qonunidan foydalaniladi va ular "uzun vibratorlar" deb yuritiladi.

2.4. Simmetrik vibratorning kirish qarshiligi

SV generator (uzatkich) 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 hollarda antenna atrofida reaktiv quvvatga ega bo'lgan elektromagnit maydon mavjud bo'ladi. 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. SV kirish qarshiligi manba kirishidagi kuchlanishning shu nuqtadagi tok nisbatiga teng:

$$Z_{kir} = \frac{U_0}{I_0} = R_{kir} + iX_{kir} \quad (2.7)$$

bunda 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 bo'lgan ish rejimini hosil qilish uchun generatorning chiqish qarshiligi, SV manba bilan ta'minlovchi koaksial kabelning (fider) to'lqin qarshiligi hamda SV ning kirish qarshiliklari imkon qadar o'zaro teng bo'lishlari kerak. Buning natijasida SV kirish qarshiligining reaktiv tashkil etuvchisi nolga intiladi.

Hosil qilingan ideal sharoitda ta'minlovchi fiderdagi TTK va YuTK birga, akslanish koeffitsiyenti moduli esa nolga intiladi. Ya'ni, antenna - fider traktida yugurma to'lqin rejimiga yaqin bo'lgan rejim o'rnatiladi.

Odatda, ST o'tkazgichlaridagi yo'qotishlar uncha katta bo'lmaganligi sababli $R_{\Sigma P} \approx R_{\Sigma 0}$ deb qarash mumkin. Bunda $R_{\Sigma 0}$ - vibratorning manba nuqtalaridagi tokka 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_P) hamda manba nuqtasidagi toklarning (I_0) amplitudasi orqali ifodalaymiz, natijada quyidagiga ega bo'lamiz

$$P_{\Sigma} = \frac{I_P^2 R_{\Sigma P}}{2} \quad \text{va} \quad P_{\Sigma} = \frac{I_0^2 R_{\Sigma 0}}{2}. \quad (2.8)$$

Ifodaning chap taraflari o'zaro teng bo'lganliklari uchun, $I_P R_{\Sigma P} = I_0^2 R_{\Sigma 0}$. Bundan,

$$R_{\Sigma 0} = R_{\Sigma P} \frac{I_P^2}{I_0^2}. \quad (2.9)$$

Formuladagi I_0 kattalikni $I_0 = I_P \sin kl$ orqali ifodalab, vibrator kirish qarshiligini (undagi yo'qotishlarni hisobga olmagan) aktiv tashkil etuvchisini quyidagi hisoblash formulasiga ega bo'lamiz

$$R_{\Sigma 0} = \frac{R_{\Sigma P}}{\sin^2 kl} \quad (2.10)$$

Berilgan o'lchamdagi vibrator uchun $R_{\Sigma P}$ 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

$$X_{kr} = -iW_A \operatorname{ctg} kl. \quad (2.11)$$

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

$$Z_{\Sigma P} = \frac{R_{\Sigma 0}}{\sin^2 kl} - iW_A \operatorname{ctg} kl. \quad (2.12)$$

Keltirilgan (2.12) 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

$$Z_{\Sigma P} = W_A \frac{\operatorname{sh} 2\alpha l - \frac{\alpha}{\beta} \sin 2\beta l}{\operatorname{ch} 2\alpha l - \cos 2\beta l} - iW_A \frac{\frac{\alpha}{\beta} \operatorname{sh} 2\alpha l + \sin 2\beta l}{\operatorname{ch} 2\alpha l - \cos 2\beta l}, \quad (2.13)$$

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

Susayish koeffitsiyentini uzun liniyalardagi kabi, vibrator o'tkazgichlaridagi yo'qotishlarni e'tiborga olmagan holda quyidagicha hisoblash mumkin

$$\alpha = R_{\Sigma 1} / W_A, \quad (2.14)$$

bunda $R_{\Sigma 1}$ - vibratorning birlik uzunligiga mos kelgan nurlatishning aktiv qarshiligi.

Agar, nurlatish qarshiligi $R_{\Sigma P}$ vibratorning butun uzunligi bo'ylab bir tekis taqsimlangan deb taxmin qiladigan bo'lsak, $R_{\Sigma 1}$ hisoblash uchun quyidagi ifodaga ega bo'lamiz

$$R_{\Sigma 1} = \frac{R_{\Sigma P}}{\left(1 - \frac{\sin 2kl}{2kl}\right)}. \quad (2.15)$$

O'z navbatida (2.15) keltirilgan ifodaga binoan, susayish

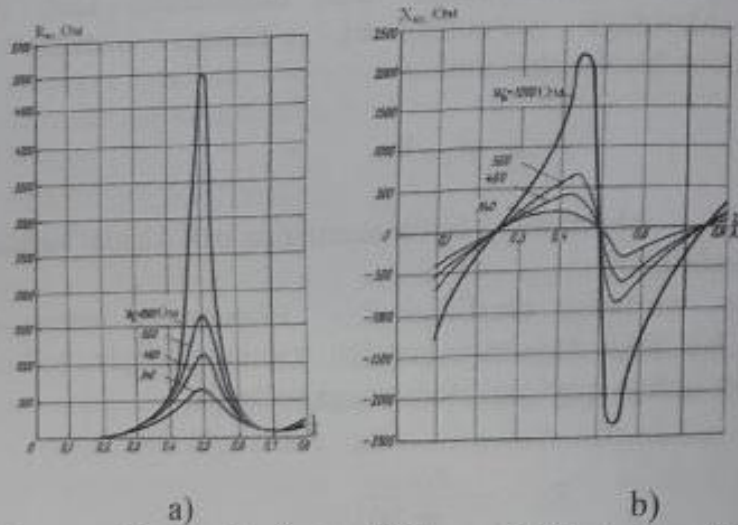
koeffitsiyenti quyidagicha hisoblanadi

$$\alpha = \frac{R_{\Sigma I}}{W_A} = \frac{R_{\Sigma II}}{iW_A \left(1 - \frac{\sin 2kl}{2kl}\right)} \quad (2.16)$$

Odatda, vibratoridagi to'liqning faza koeffitsiyenti β erkin fazodagi to'liqning faza koeffitsiyenti k dan bir muncha farq qiladi. Sababi, yo'qotishli liniyalardagi to'liqning faza tezligi yorug'lik tezligidan ancha kichik bo'lgani kabi, buni vibratorlarda ham kuzatish mumkin. Shuning uchun, $\beta = \omega/v > k = \omega/s$, bunda v – vibratorning faza tezligi. Unga ko'ra, vibratorning to'liq qarshiligi qancha kichik bo'lsa (vibrator qancha qalin bo'lsa), to'liqning faza tezligi ham shuncha kam bo'ladi.

Yuqoridagi (2.13) formuladan ko'rinib turibdiki, vibrator kirish qarshiligining aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari faqat vibrator 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'liq qarshiliklariga bog'liqlik grafiklarini qurish imkonini beradi.



2.7- rasm. Simmetrik vibrator kirish qarshiligining bog'liqlik grafiklari

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

Keling SV kirish qarshiligining aktiv tashkil etuvchisi (R_{kir}) uchun keltirilgan grafikni ko'rib chiqamiz (2.7 - rasm).

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

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.z.).

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

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.

Antenmaning xususiy uzunligi deb, vibratorni uni ta'minlovchi generator bilan rezonansga sozlovchi ($X_{kir} = 0$) eng katta to'liq 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. Bunda, 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:

$Z_{kr} = 73,1 + j42,5 \text{ Om}$ ga teng. Bunda, $X_{kr} = +j42,5(\text{Om})$ - kirish qarshiligining reaktiv tashkil etuvchisi.

Yuqorida ta'kidlanganidek, SV ning ishchi 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. Bunda, vibrator yuzasi qancha keng bo'lsa, qisqartirish kattaligi shuncha katta bo'ladi.

SV kirish qarshiligining aktiv tashkil etuvchisi tok maksimal bo'lgan (tok dastasi) manbadan ta'minlanganda $R_{kr} = R_{\Sigma g} = R_{\Sigma p}$ bo'ladi. Tugun yaqinidagi manbadan ta'minlanadigan uzun SV kirish qarshiligini aniqlashda, ya'ni $\alpha l \ll 1$ (haqiqiy holatga yaqin) bo'lganda, quyidagi taxminiy formuladan foydalanish mumkin:

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

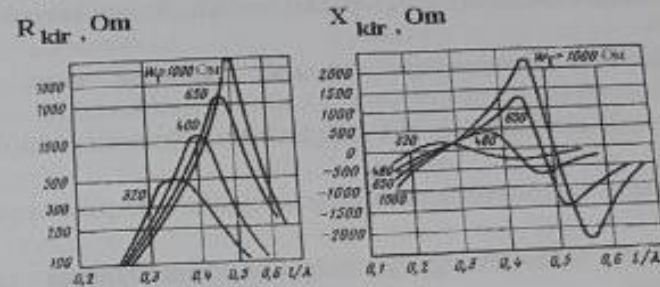
$$X_{kr} = \frac{-i\left(\frac{W_A}{2}\right)\sin 2kl}{\sin^2 kl + \left(\frac{R_{\Sigma g}}{W_A}\right)^2}. \quad (2.26)$$

Ushbu taxminiy formulalardan $0,35 \leq l/\lambda \leq 0,65$ bo'lganda, 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 2.7- 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.

Shu o'rinda, SV ko'ndalang kesimini oshirish hisobiga to'lqin qarshiligining kamayishi, uning yelkalarini bo'ylab taqsimlangan C_1 sig'imni oshirishga olib kelishini ta'kidlab o'tish zarur.

R_{kr} va X_{kr} larning turli qalinlikdagi SV ning nisbiy uzunligiga bog'liqlik grafiklari 2.8 - rasmda keltirilgan.



2.8- rasm. O'tkazgichlari turli diametrga ega bo'lgan SV 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, vibratorndan 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 (aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari) vibratorning nisbiy yelka uzunligiga va uning ko'ndalang o'lchamlariga bog'liq.

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 YX aniqlash tenglamasini keltiring va tarif bering.
6. Simmetrik vibratorning elektr xususiyatlari haqida ma'lumot bering.
7. Simmetrik vibratorning yo'nalganlik xususiyatlari haqida 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.

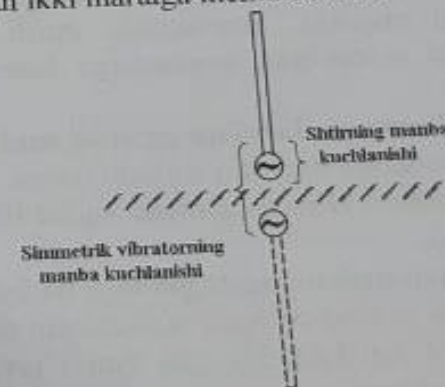
III BOB. SHTIRLI ANTENNALAR YORDAMIDA NURLATUVCHI MAYDONNI HOSIL QILISH

3.1. Shtirli antennalar va ularni qo'zg'atish usullari

Sodda vibratorli antennalarning juda keng tarqalgan turlaridan yana biri nosimmetrik vibrator yoki shtirsimon antenna hisoblanadi.

Nosimmetrik vibrator deb, yer sirti yaqiniga (yoki o'tkazuvchi ekranga) perpendikulyar tarzda joylashtirilgan antennaga aytiladi. Bunda yer sirtini ideal o'tkazgich deb hisoblab, uning akslantirish xususiyatini e'tiborga oladigan bo'lsak, u holda nosimmetrik vibratorni unga ekvivalent bo'lgan simmetrik vibratorning yarimi deb qarash mumkin (3.1- rasm). Va aynan shu taxminga asoslangan holda nosimmetrik vibratorning (shtirning) barcha xarakteristikallari hisoblanadi.

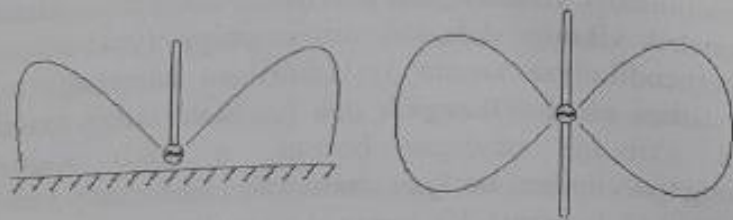
Shtir bir xil toklarda unga ekvivalent bo'lgan simmetrik vibratorga nisbatan ikki marta kam quvvatni nurlatganligi sababli, uning nurlatish qarshiligi ham ikki martaga kichik bo'ladi. Shuningdek, uning manba kuchlanishi ham ikki martaga kichik bo'lganligi uchun, mos tarzda kirish qarshiligi ham ekvivalent antennaga nisbatan ikki martaga kichik bo'ladi.



3.1- rasm. Ideal o'tkazuvchi yer sirtida joylashgan shtir

Ammo shtirning YTK (shuningdek, KK) ekvivalent simmetrik vibratorga nisbatan ikki marta katta. Sababi, bir xildagi nurlatish quvvatida nosimmetrik vibrator ikki marta katta bo'lgan quvvat zichligini ta'minlaydi (3.2- rasm).

Yuqorida ta'kidlab o'tilganlarning barchasi ideal nosimmetrik vibrator bo'lgan holat uchun o'rinli bo'lib, ya'ni yer ideal o'tkazgich bo'lmasa yoki ob-havo sharoitiga bog'liq bo'lsa, tokning yer sirti maydoni ham o'zgaradi.



a)

b)

3.2- rasm. Shtirli antenna (a) va dipolning (b) yo'nalganlik xususiyatlari

Ultra qisqa to'lqin diapazonida qo'llaniluvchi shtirli antennalarning aksariyati asosan metall yuzaga joylashtiriladi. Buning yaqqol misoli sifatida avtomobil korpuslariga joylashtirilgan antennalarni keltirish mumkin. Shuningdek, shtirli antennalar yer sirtiga yoki tomlarga o'rnatilgan machtalarga ham joylashtirilishi mumkin.

Shtirli antennalarni qo'zg'atish usullari

Shtirli antenna maqsadga muvofiq ishlashi uchun, manba liniyasi bilan moslashgan hamda o'zi nurlatayotgan signal bilan rezonansga sozlangan bo'lishi kerak.

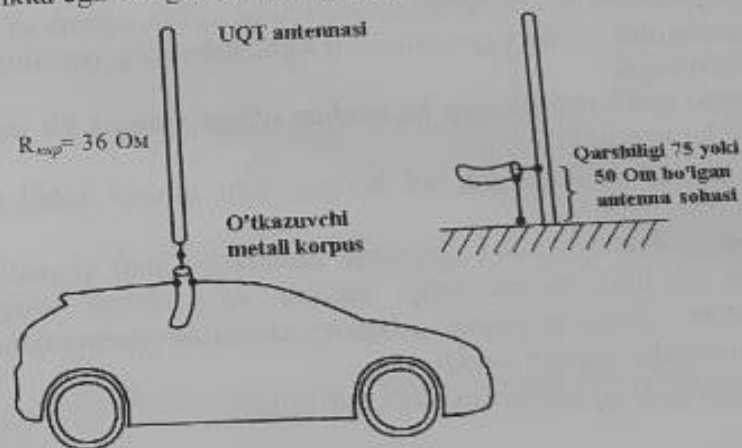
Moslashtiruvchi qurilmalarni uchta guruhga bo'lish mumkin:

- elektr uzunligi $\lambda/4$ ga teng bo'lgan, moslashgan shtir;
- elektr uzunligi $\lambda/4$ dan katta bo'lgan shtir ("ortiqcha" uzunlik sig'im yordamida olib tashlanadi);
- elektr uzunligi $\lambda/4$ dan kichik bo'lgan shtir ("yetishmayotgan" uzunlik induktiv g'altak qo'shish orqali hosil qilinadi).

Amaliyot uchun, kondensator va induktiv g'altak maksimal asillikka ega bo'lishi kerakligini yoddan chiqarmaslik zarur. Odatda, past chastota diapazonida qisqartiruvchi sig'im 100 pF oralig'ida bo'lishi mumkin.

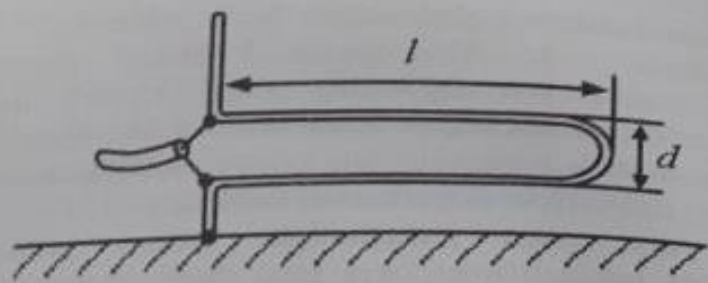
Uzaytiruvchi induktiv g'altak uchun: birlik mkGn - 21 MGs gacha, o'nliklarda - 3,5 MGs gacha. Vibratorni qisqartirish koeffitsiyenti hamda yon sig'imning yerga va bir qancha parametrlarga ta'siri yuzaga kelgani uchun ularning aniq qiymatlarini nazariy jihatdan hisoblash mushkul. Shu sababli, aksariyat holatlarda moslashtiruvchi reaktivliklar eksperimental tanlanadi.

Metall yuzga ustiga joylashtirilgan antenna (avtomobil korpusidagi) o'z parametrlariga ko'ra ideal shtirli antennaga juda yaqin hamda 36 Om oralig'idagi kirish qarshiligiga ega (3.3- rasm). Bunda uni 50 yoki 75 Om kirish qarshiligiga ega bo'lgan kabel bilan moslashtirish uchun, antenaning taxminan shunga mos bo'lgan qarshilikka ega bo'lgan sohasiga ulash kerak.



3.3- rasm. Avtomobil korpusiga joylashtirilgan shtirli antenna

Fider bilan moslashuvchanlikni saqlab qolish uchun shtirning uzun o'tkazgich qirqimlari chiqarilgan sohasini bukib qo'yish zarur (3.4- rasm). Bu turdagi moslashtirishdan 144 MGs - 1215 MGs oralig'idagi diapazonlarda foydalaniladi. Odatda, moslashtiruvchi qurilmaning diametri shtirining diametridan katta bo'lmaydi. Shtirning uzunligi l taxminan $(0,02...0,03)\lambda$, d ning o'lchami taxminan chorak uzunligiga teng qilib tanlanadi. Moslashtiruvchi qurilmaning aniq o'lchami antennani sozlash vaqtida TTK o'lchovchi moslama yordamida amalga oshirilishi kerak.

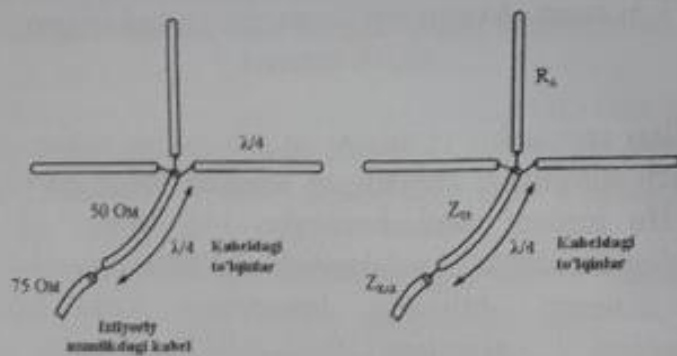


3.4 - rasm. Ilmoq yordamida moslashtirish

Ba'zida, UQT diapazonida moslashtirish chorak to'liqinli transformatorlar yordamida amalga oshiriladi (3.5 - rasm). Ideal shtirning qarshiligi 36 Om bo'lgan ushbu holat uchun, chorak to'liqinli transformatorning to'liqin qarshiligi 50 Om, kabelning qarshiligi 75 Om bo'lishi kerak.

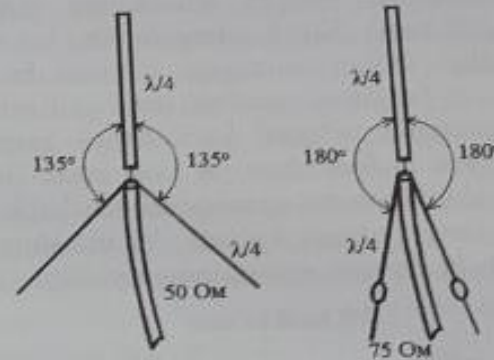
Ammo moslashtirishning bu usulida o'ziga yarasha bir qancha noqulayliklar mavjud:

- to'liqin qarshiliklari har xil bo'lgan ikki turdagi kabel talab etiladi;
- kabel izolyatsiyasining dielektrik doimiysini aniq qiymati har doim ham ma'lum bo'lmaganligi sababli, aniq chorak to'liqinga transformatorni yasash mushkul va buning natijasida antenna tizimida albatta nomosliklar yuzaga keladi;
- yuqori sifatli tayanch izolyator talab etiladi.



3.5 - rasm. Shtirli antennani chorak to'liqinli transformator yordamida moslashtirish

Agar antenna avtomobil tomida yoki harakatdagi obyektning metall sirtida joylashgan bo'lsa, antennani fider bilan moslashtirish posangilarning og'ish burchagi yordamida hosil qilinadi. Bunda, to'liqin qarshiligi 50 Om bo'lgan kabel uchun posangilar shtirga nisbatan 135° , 75 Omlik kabel uchun 180° burchak ostida joylashtiriladi (3.6 - rasm).



3.6 - rasm. Shtirli antennalarni posangilar yordamida moslashtirish

3.2. Shtirli antennalarning yo'nalganlik xususiyatlari

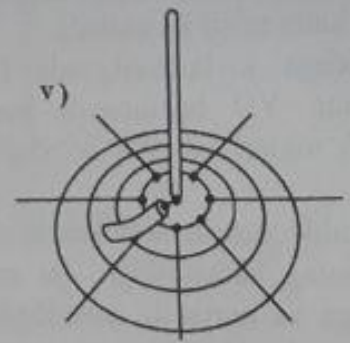
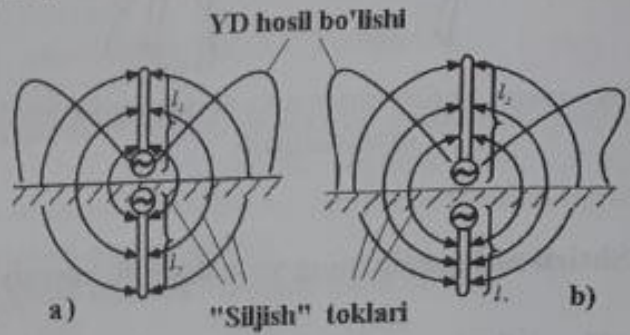
Shtimi yer sirtiga joylashtirishda uning o'tkazuvchanlik xususiyatini e'tiborga olish juda muhim, sababi, u antennaning yo'nalganlik xususiyatiga katta ta'sir ko'rsatadi.

Shtir ideal o'tkazgichga joylashtirilganda haqiqiy qismining "akslanishi" sababli uning YD buzilmaydi hamda vibratoming mavhum qismidagi siljish toklari vibrator bo'ylab teng taqsimlaydi (3.7. a- rasm).

Yerning o'tkazuvchanlik xususiyatini kamayishi esa, aksincha, shtirdagi tok amplitudasining kamayishiga, bu esa o'z navbatida, uning qarshiligini ortishiga va nurlatish qarshiligining kamayishiga olib keladi. Odatda, o'tkazuvchanlik xususiyati yomon bo'lgan tuproq, katta dielektrik singdiruvchanlikka ega bo'lgan dielektrik hisoblanadi. Natijada, mavhum dipolning elektr uzunligini o'zgarishi hamda siljish

toki masofasi uzunligining buzilishiga, va eng yomoni, yo'nalganlik diagrammasining buzilishi (bargchalarning yuqoriga ko'tarilishi va gorizont bo'ylab kichik burchak ostida nurlatishi) va shtirning kompleks qarshiligining ortishiga olib keladi (3.7, b- rasm). Shu kabi muammolar yuzaga kelmasligi uchun, shtirli antennalarda asos sifatida "sun'iy yer", ya'ni, metall to'rdan foydalaniladi (3.7, v- rasm). Lekin shu o'rinda, bu usul yer sirtiga nisbatan past balandlikda joylashtirilgan antennalar bo'lgan holatdagina o'rinli ekanligini yoddan chiqarmaslik kerak. Shtirli antennalarning yer sirtiga nisbatan joylashish balandligi to'liq uzunligiga nisbatan bir necha marta baland bo'lganda esa, yer sirtini ekranlash usuli qo'llanilmaydi.

Boshqa antennalarda bo'lgani kabi, shtirli antennalarda ham diapazonlik xususiyati muhim ahamiyat kasb etadi. Bunda l/d (l - shtir uzunligi, d - shtir diametri) munosabati qanchalik kichik bo'lsa, antenna shuncha keng polosali bo'ladi. Ya'ni, shtir diametrining oshirilishi uning ishchi chastota polosasining ortishiga olib keladi.



3.7- rasm. Ideal va real sirtga joylashtirilgan shtirli antennaning YD. "Sun'iy yer" hosil qilish usuli

Lekin katta diametrga ega bo'lgan vibratorlardan foydalanilganda, shtir uchining oxiri va yer orasidagi sig'imga kuchli ta'sir ko'rsatuvchi "yon yuza effekti" yuzaga kelishini e'tiborga olish talab etiladi. Buni fizik jihatdan izohlaydigan bo'lsak, antennaning o'lchami hisoblashlar orqali aniqlangan o'lchamga nisbatan birmuncha "uzunroq" qilib tayyorlanadi. Shu sababli, qisqartirish koeffitsiyenti kiritish talab etiladi.

O'lchamlarni qisqartirish maqsadida keng polosali shtirlarning pastki qismi, ba'zan talab etilgan holatlarda yuqori qismi konussimon shaklda tayyorlanadi. Ammo shtir uchun qisqartirish koeffitsiyentining aniq qiymatini topishning iloji yo'q bo'lganligi sababli uning reaktiv tashkil etuvchilarni yuzaga kelishiga qarshilik qilib bo'lmaydi.

Shu o'rinda, shtirning ko'tarilish balandligining YD ko'rsatadigan ta'sirini hamda uning qarshiligi bu balandlikka bog'liq yoki bog'liq emasligini aniqlash muhim masalalardan biri hisoblanadi. Shtirdagi tok taqsimoti esa, yer ideal o'tkazgich vazifasini o'taganda ko'tarilish balandligiga bog'liq emas.

Muhim eslatma: shtirli antenna yer sirtiga nisbatan qancha balandroq joylashtirilsa, uning YD bosh bargchasi yer sirtiga nisbatan shuncha yopishganroq shaklga ega bo'ladi. Gorizont tekislikdagi YD esa aylana shaklini saqlab qoladi. Ya'ni, shtir bu tekislikda yo'nalganlik xususiyatiga ega emas.

Yer ideal o'tkazgich yoki posangilar tizimi mavjud bo'lganda shtirdagi toklar taqsimoti uning joylashish balandligiga bog'liq bo'lmaydi. Shuning sababli, antenna ideal o'tkazuvchi "er" tizimi bilan qanday balandlikda joylashgan bo'lishidan qat'iy nazar, uning qarshiligi o'zgarmaydi. Agar shtir rezonansga sozlangan bo'lsa, uning pastki qismini yerlatish mumkin. Bunda uni ixtiyoriy nuqtadan manba bilan ta'minlash mumkin.

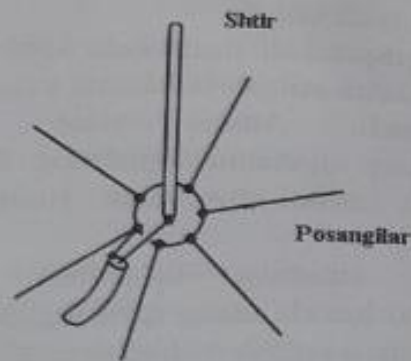
Muhim eslatma: real tuproq turidan foydalanish shtirli antenna YD buzilishiga olib keladi.

Endi shtirli antennalarning birmuncha takomillashgan turlarini ko'rib chiqamiz.

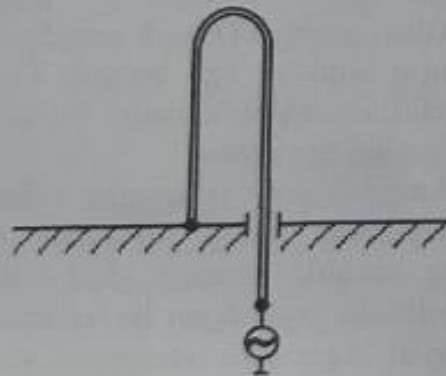
Nosimmetrik vibrator yoki yer ustida joylashgan konussimon o'lchamdagi klassik "shtir" (3.8- rasm).

Odatda, bu turdagi antennalarda ekran sifatida uzunligi $\lambda/4$ dan kichik bo'lmagan posangidan foydalaniladi. Antennaning real

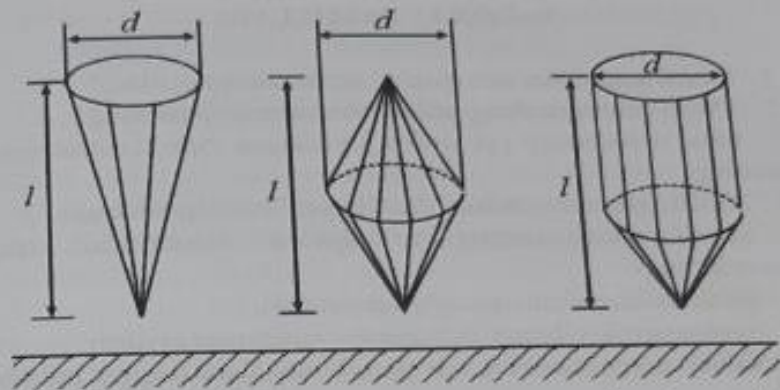
sharoitdagi YD hisoblash juda mushkul, shu sababli, uning YD cheksiz o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan ideal shtimiki kabi deb, qabul qilish mumkin. Lekin posangining uzunligi shtirga nisbatan kichik bo'lganda, yerning yarim o'tkazuvchi yuzasi YD buzilishiga olib keladi.



3.8- rasm. Tugallangan o'lchamdagi ekranga joylashtirilgan nosimmetrik vibrator



3.9- rasm. Nosimmetrik ilmoqsimon vibrator



3.10- rasm. Keng polosali shtirli antennalarning turlari

Nosimmetrik ilmoqsimon vibrator (3.9- rasm). Uning YD klassik shtirning YD bilan mos tushadi. Lekin, antennaning bir uchini har qanday holatda yerlatilishi, shtirga nisbatan asosiy afzalligi hisoblanadi. Vibrator diametrini tanlash orqali esa keng chastota polosasi oralig'ida uning kirish qarshiligini o'zgartirish mumkin.

Keng polosali nosimmetrik vibratorlar, simmetrik vibratorlar kabi, katta diametrga ega bo'lgan trubalar, shtirlar va plastinalardan yasaladi. Ular konussimon, rombsimon, silindrsimon, yassi va panjarasimon bo'lishi mumkin (3.10- rasm). Ishchi chastota diapazonini qamrash d/l munosabatiga bog'liq. Bu munosabat qanchalik katta bo'lsa, vibrator shunchalik keng polosali hisoblanadi.

Diskokonusli antennalar – keng polosali vibratorlarning xususiy ko'rinishi (3.6- rasm) bo'lib, antennadagi nurlanuvchi maydonni konusdan oqib o'tuvchi toklar hosil qiladi, disk esa ekran vazifasini o'taydi va mutlaqo nurlatmaydi. Burchak $\alpha=60^\circ$ bo'lganda, diapazonni qamrash koeffitsiyenti o'zining eng katta qiymatiga erishadi ($K \approx 5$). Bunda fiderning to'lqin qarshiligi 50 Om, $YuTK=0.5$, to'lqinning maksimal uzunligi $3,6b$ ga teng. Diskokonusli antennaning qisqa va ultraqisqa to'lqin diapazonidagi YD lari oddiy shtirli antennaniki kabi bo'ladi.

1. Shtirli antennalar deb qanday antennalarga aytiladi?
2. Shtirli antennalarning ishlash prinsipini tushuntiring.
3. Ideal o'tkazuvchi yer sirtida joylashgan shtir konstruksiyasini tushuntiring.
4. Shtirli antennalar uchun "Sun'iy yer" hosil qilish usuli.
5. Shtirli antennalarning yo'nalganlik xususiyatlari haqida ma'lumot bering?
6. Shtirli antennalarni qo'zg'atish usullari.
7. Nosimmetrik vibrator deb qanday antennaga aytiladi?
8. Shtirli antennalarning qo'llanish sohalari haqiga ma'lumot bering.
9. Keng polosali nosimmetrik vibratorlar o'tkazish polosasi nima bilan ifodalanadi?
10. Diskokonusli antennalarning alohida xususiyatlari va ishlash prinsipi.

IV BOB. BOG'LIQ VIBRATORLAR YORDAMIDA NURLATUVCHI MAYDONNI HOSIL QILISH

4.1. Ikkita bog'liq simmetrik vibratorlarning nurlatishi

Yakka SV kuchsiz yo'nalganlik xususiyatiga ega bo'lib ($D_{maks}=3,1$), faqat bitta tekislik (E vektor tekisligida) bo'yicha yo'nalgan, ikkinchi tekislik (N 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 bu tizim "bog'liq vibratorlar" deb nomlanadi.

Birinchi vibrator 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.

4.2. Bog'liq vibratorlarning yo'nalganlik va elektr tavsiflari

Endi ikkita bog'liq vibratorlardan tashkil topgan SV ning yo'nalganlik va elektr xususiyatlarini ko'rib chiqamiz.

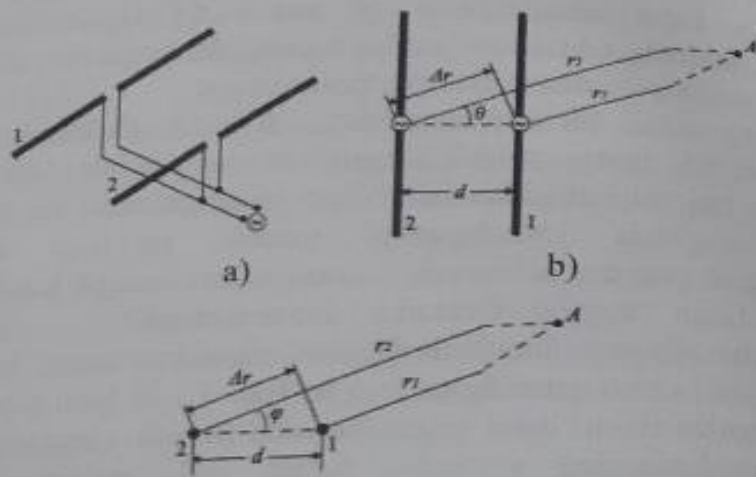
Vibratorlar o'zaro parallel bo'lib, bitta o'qda biri ikkinchisidan d masofa uzoqlikda joylashgan. Ular kompleks amplitudali I_1 va I_2 tok hamda ψ_1 va ψ_2 fazalar bilan qo'zg'atiladi (4.1- rasm. a- tizimning umumiy ko'rinishi, b- Ye vektor tekisligida, v - N vektor tekisligida).

Bog'liq vibratorlar tizimining $r=const$ masofa uzoqlikda joylashgan A nuqtada hosil qilgan elektr maydonini meridial tekislikdagi burchak θ va azimutal tekislikdagi φ burchakka bog'liqligini aniqlaymiz.

Buning uchun ikkita bog'liq vibratorlar uchun YX hisoblash formulasini keltiramiz.

$$\frac{I_2}{I_1} = q \cdot \exp(i\psi), \quad (4.1)$$

bunda $q = I_2/I_1$ tok modullarining nisbati; $\psi = I_2$ tok fazasini I_1 tokka nisbatan siljishi.



4.1- rasm. Ikkita bog'liq vibratorlardan tashkil topgan tizim

Kuzatish 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 (4.1) formulani va nurlarning yurish farqini hisobga olganda

$$E_2 = q \exp(-ikd \cos \theta) \exp(i\psi) \quad (4.2)$$

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

$$E = E_1 + E_2 = E_1 [1 + q \exp i(\psi - kd \cos \theta)] \quad (4.3)$$

bunda

$$E_1 = \frac{i60I_1}{r_1 \sin kl} \frac{\cos(kl \sin \theta) - \cos kl}{\cos \theta} \exp(-ikr_1) \quad (4.4)$$

Vibratorning umumiy maydon kuchlanganligi, uning fazasidan ko'ra ahamiyatliroq ekanligini hisobga olgan holda, (4.4) ifodaning modulini aniqlash orqali ikkita bog'liq vibratorlardan tashkil topgan tizimning YX uchun ifodani hosil qilamiz

$$f(\theta) = \frac{\cos(kl \sin \theta) - \cos kl}{\cos \theta} \cdot \sqrt{1 + 2q \cos(\psi - kd \cos \theta) + q^2} \quad (4.5)$$

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

$$f_1(\theta) = \frac{\cos(kl \sin \theta) - \cos kl}{\cos \theta} \quad (4.6)$$

$$f_c(\theta) = \sqrt{1 + 2q \cos(\psi - kd \cos \theta) + q^2} \quad (4.7)$$

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

$$f(\varphi) = (1 - \cos kl) \sqrt{1 + 2q \cos(\psi - kd \cos \varphi) + q^2} \quad (4.8)$$

Keltirilgan (4.5) va (4.8) ifodalardan ko'rinadiki, ikkita vibratorlardan 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.

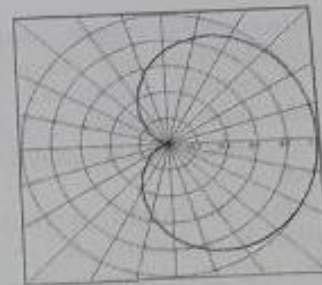
Bog'liq vibratorlardan tashkil topgan tizimda bir tarafdama nurlanish hosil qilish masalasining yechimi, berilgan chastotada d, q, ψ larning qiymatlarini tanlash orqali YX asosiy yo'nalishda maksimumga hamda orqa tarafga minimumga ega bo'lishiga olib kelishi kerak.

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 $\psi=90^\circ$ teng bo'lganda "kardioida" shaklidagi YD hosil bo'ladi (4.2- 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 maydoning asosiy yo'nalishdagi nurlatishi maksimal ($\theta=0^\circ$) bo'lib, orqa tarafga nurlatish mavjud emas ($\theta=180^\circ$). Shuningdek, asosiy yo'nalishdagi maydon kuchlanganligi ham yakka SV maydonga nisbatan ikki marta ortadi.



4.2- rasm. Kardioida ko'rinishidagi yo'nalganlik diagrammasi

Maydon kuchlanganliklarini qo'shilishi qo'shni vibratorlar orasidagi tok fazasi kechikkan tarafga og'adi. Shunday vibrator direktor deb ataladi.

Direktor (yo'naltiruvchi) deb, ikkinchi vibrator tomon yo'naltirilgan nurlanishni susaytirib, qarama-qarshi tomondagi nurlanishni kuchaytirib beruvchi vibratorga aytiladi (4.3, a- rasm).

Reflektor (qaytaruvchi) deb, nurlatishni kuchaytirib, oldingi vibratorga tomon yo'naltirib beruvchi va qarama-qarshi tomondagi nurlanishni susaytiruvchi vibratorga aytiladi (4.3, b- rasm).

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

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

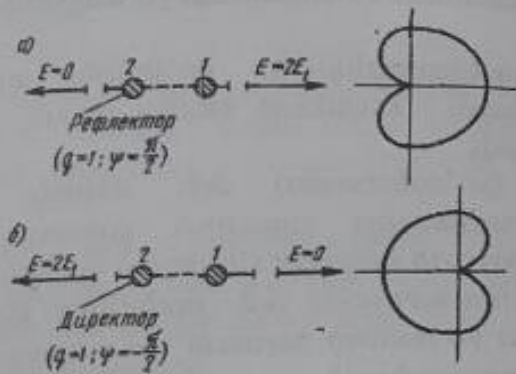
Vibratorning reflektorlovchi harakati to'liq bo'lishi uchun ($d=\lambda/4$), har ikkala vibratorlardagi toklar qiymat jihatidan teng bo'lishi shart ($q=1$), reflektordagi tok esa ikkinchi bog'liq vibratoridagi tokdan 90° ilgari ketishi kerak.

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 maydoni yordamida oziqlanadi. Bunday hollarda reflektorning o'lchami rezonans uzunlikdan bir oz uzunroq qilib yasaladi ($\sqrt{2}$ katta), uning kirish qarshiligi esa induktiv xarakterga ega bo'lishi kerak. Passiv direktorni esa rezonans uzunlikdan bir oz qisqaroq qilib yasash ($\sqrt{2}$ qisqa) talab etiladi hamda uning qarshiligi sig'im xarakterga ega bo'lishi kerak.

Bog'liq vibratorlardan tashkil topgan tizimda $\psi + kd = 180^\circ$ ifodasi $\theta = 180^\circ$ yo'nalishda nurlanish mavjud emasligining sharti hisoblanadi. Bu shart bajarilishi uchun $d/\lambda < 0,25$ da faza siljish burchagi $\psi > 90^\circ$ bo'lishi shart. Shunda YD bir taraf lama bo'lib, maksimal nurlanish $\theta = 0^\circ$ 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).



4.3- rasm. Reflektor va direktor xususiyatlari

Yuqoridagi holatga ko'ra, har ikkala vibratorlar aktiv hisoblanadi, ya'ni, ularning ikkalasi ham manbaga ulangan. Amrno 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.

4.3. Bog'liq vibratorlarning yo'nalganlik diagrammalarini boshqarish usullari

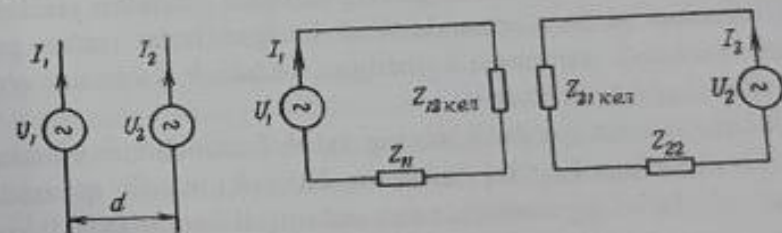
Bog'liq vibratorlar o'zaro yaqin joylashganligi sababli xususiy elektromagnit maydonlari orqali bir-biriga ta'sir ko'rsatadi. Bu esa har bir vibratorning kirish qarshiligini (nurlatish qarshiligi) o'zgarishiga olib keladi.

Ikkita bog'liq vibratorlarning har birining to'liq kirish qarshiligi (Z_1 va Z_2) ikki qismdan iborat: xususiy qarshiligi (Z_{11} va Z_{22}), ya'ni, ushbu vibratorning erkin fazoda ega bo'lgan qarshiligi hamda ikkinchi vibrator elektromagnit maydoni hosil qilgan kiritilgan qarshiligidan (Z_{12}^{ket} va Z_{21}^{ket}):

$$\begin{aligned} Z_1 &= Z_{11} + Z_{12}^{ket}, \\ Z_2 &= Z_{22} + Z_{21}^{ket}. \end{aligned} \quad (4.9)$$

Demak, har ikkala vibratorning to'liq qarshiligini hisoblash uchun, avval ularning keltirilgan qarshiliklari qiymatlarini aniqlash zarur.

Ikkita bog'liq vibratorning ekvivalent elektr sxemasi 4.4- rasmda keltirilgan (har ikkala vibrator aktiv).



4.4- rasm. Ikkita bog'liq 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}^{kel} ikkinchi vibrator tashkil etuvchilaridan tashkil ta'sirida birinchi vibrator tomonidan nurlatiluvchi aktiv maydoni ifodalaydi. Reaktiv tashkil etuvchi X_{12}^{kel} ikkinchi vibrator quvvatni 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 vibrator ta'sirida ikkinchi vibratorlarda hosil qilingan qarshilik, ikkinchi vibrator ta'sirida birinchi vibratorlarda hosil qilingan qarshilikka teng. Bunda 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).

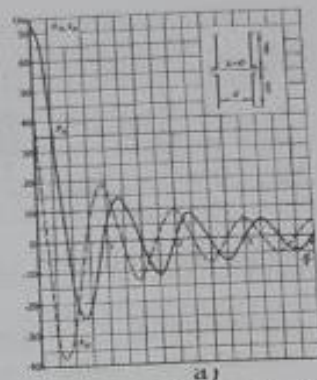
Agar vibratorlardagi toklarning munosabatlari keltirilgan bo'lsa, ikki vibratorning ma'lum bo'lgan o'zaro qarshiliklari asosida osonlik bilan hosil qilingan qarshiliklarni hisoblash mumkin. O'zaro qarshiliklar l/λ , d/λ va h/λ kattaliklarning funksiyasi hisoblanadi, ya'ni, tizimning faqat geometrik o'lchamlari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

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 (4.5- a, rasmda $h=0$ bo'lgan holat uchun grafik yordamida hisoblash namunasi keltirilgan, bunda h - vibrator o'qlari orasidagi masofa (4.5- b, rasm)).

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 manfiy bo'lishi mumkin (birinchi vibratoridagi tok o'zgarish 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.



4.5- rasm. Bog'liq vibratorlarning o'zaro qarshiliklarini aniqlash grafiklari

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.

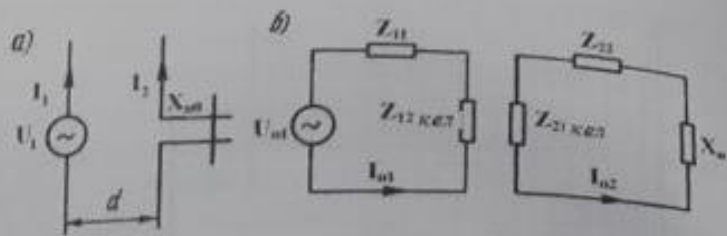
Odatda, bog'liq vibratorlarni qo'zg'atishda "biri - aktiv vibrator", "ikkinchisi - reaktiv vibrator" sxemasidan eng ko'p foydalaniladi. Sababi, ushbu sxema vibratorlarning manbadan ta'minlash tizimini birmuncha soddalashtiradi.

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 $\psi=\pm 90^\circ$ 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 4.6- rasmda biri - aktiv, ikkinchisi - passiv bo'lgan ikki bog'liq vibratorlarning elektr ekvivalent sxemalari keltirilgan.



4.6 - rasm. Ikki bog'liq vibratorlarning elektr ekvivalent sxemalari

Sxemadan ko'rinadiki, passiv vibratorning kirishiga sozlash qarshiligi X_1 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_1 qiymatini o'zgartirish mumkin. Bunda, q va ψ o'zaro bog'liq, ya'ni, X_1 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.

Bunda q va ψ larni hisoblash formulasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$q = \frac{R_{12} + iX_{12}}{R_{22} + i(X_{22} + X_H)} \quad (4.10)$$

$$\psi = \pi + \arctg\left(\frac{X_{12}}{R_{12}}\right) - \arctg\left(\frac{X_{22} + X_H}{R_{22}}\right) \quad (4.11)$$

Odatda passiv vibrator himoya ta'sir koeffitsiyentining maksimal qiymatiga ega bo'ladigan qilib sozlanadi. Bunda hosil bo'lgan q va ψ larning qiymatlari idealdan ($q=1$, $\psi=90^\circ$) farq qilganligi uchun himoya ta'sir koeffitsiyentining maksimal qiymati odatda 10...20 dan katta bo'lmaydi.

Passiv vibrator reflektor rolini ijro etishi uchun undagi tok aktiv vibratordagi tokdan faza bo'yicha 90° 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 vibratordagi tokdan faza bo'yicha 90° 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 (dekametrl 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 (metrl va detsimetrl) 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 bo'yicha bir tarafdama 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 ortishi o'zi tomondan cheklaydigan vibrator, reflektor deb nomlanadi;
- direktordagi tok fazasi qo'shni vibratordagi tok fazasidan

ortda qolishi kerak;

- reflektordagi tok fazasi qo'shni vibratordagi tok fazasidan ilgari 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 qanday tizimga 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 keltiring.
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 vibratorlar deb qanday vibratorlarga aytiladi va u qanday hosil qilinadi?
10. Passiv vibratorlar deb qanday vibratorga aytiladi va u qanday hosil qilinadi?

V BOB. KUCHSIZ YO'NALGAN VIBRATORLI ANTENNALARNING KONSTRUKSIYASI VA TAVSIFLARI

5.1. Simmetrik vibrator va uning turlari

UQT diapazonlarida o'lchamlari to'liq uzunligidan katta bo'lgan antennalardan foydalaniladi. Bu ulardan foydalanish nuqtayi nazaridan, qulay bo'lgan o'lchamlarda nurlanishni yuqori yo'nalganligini hosil qilish imkonini beradi.

Lekin aksariyat hollarda, o'lchamlari to'liq uzunligi bilan taqqoslanadigan antennalar ko'proq qo'llaniladi. Bu turdagi antennalarning YD keng bo'lib, yuqori bo'lmagan yo'nalganlik xususiyatiga ega. Shuningdek, ortogonal tekisliklardagi yo'nalganlik diagrammalari ham shakli va tavsiflari bilan bir - biridan farq qiladi.

Bu kabi kuchsiz yo'nalgan sodda antennalar toifasiga simmetrik va nosimmetrik vibratorlar kiradi. Ulardan murakkab antennalarning elementi (masalan, antenna panjaralari tarkibida, ko'zguli antenna nurlatgichi sifatida va h.z.) yoki o'tkir yo'nalganlik xususiyati talab etilmaydigan radiotizimlarda mustaqil antenna sifatida foydalaniladi.

Kuchsiz yo'nalgan vibratorli antennalarga qo'yiladigan asosiy talablar:

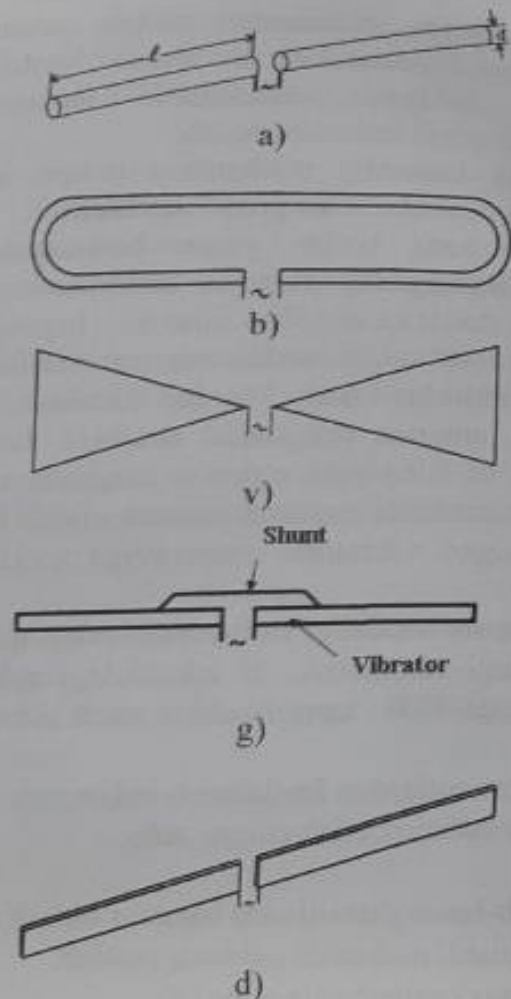
- konstruksiyaning soddaligi va foydalanishdagi qulaylik;
- E tekislikdagi simmetrik, H tekislikdagi aylanasimon YD, ta'minot manbasidagi TTK keng ishchi chastota polosasiga nisbatan pastligi;

- sozlovchi elementlardan foydalanish imkoniyati;
- nurlatish quvvatining talab etilgan sathi;
- yuqori FIK;
- murakkab ob-havo sharoitlarida barqaror ishlash rejimi;
- krossqutblanishli nurlanish sathining pastligi;
- tayanchga maxkamlashning qulayligi;
- chaqmoqdan va statik zaryadlardan himoya qilish.

Endi simmetrik vibratorning konstruktiv xususiyatlarini va turlarini ko'rib chiqamiz.

Simmetrik vibrator ikkita bir xil o'lchamdagi va shakldagi o'tkazgichdan tashkil topgan bo'lib, ular orasiga yuqori chastotali generator (signal manbai) ulanadi.

Qo'iyidagi 5.1. a- rasmda uzunligi $2l$ ga teng bo'lgan d radiusli ingichka silindrsimon simmetrik vibrator tasvirlangan. Vibrator o'tkazgichlari turli xil metallardan tayyorlanadi, lekin aksariyat hollarda alyuminiy, mis va latundan foydalaniladi.



5.1- rasm. Simmetrik vibrator va uning turlari
 (a – silindrsimon, b – ilmoqsimon, v – yassi bikonik,
 g – shuntlangan, d – yassi)

Keltirilgan vibrator faqat o'z o'qi tekisligidagina (meridional yoki E vektorning tekisligi) yo'nalganlik xususiyatiga ega bo'lib, uning bu tekislikda hosil qilgan YD "sakkiz" shaklini eslatadi.

Maksimal nurlanish o'qiga perpendikulyar yo'nalishda ko'zqatiladi.

Muhim eslatma: vibrator o'z o'qi bo'ylab nurlatmaydi! Vibrator o'qiga perpendikulyar bo'lgan tekislikdagi (ekvator tekislik yoki H vektorning tekisligi) YD aylana shakliga ega bo'ladi, ya'ni bu tekislikda vibrator yo'nalganlik xususiyatiga ega emas. Shunday qilib, simmetrik vibratorning natijaviy YD toroid shaklini namoyon etadi.

Vibrator YD ning shakli va tavsifi uning nisbiy uzunligi $- l/\lambda$ ga bog'liq. Aksariyat holatlarda simmetrik vibrator uzunligi l uning kirish qarshiligini reaktiv tashkil etuvchisining kichik qiymatlariga moslab tanlanadi. Shu sababli, vibrator uzunligini rezonansga sozlovchi o'lchamlar olinadi.

Ammo katta yo'nalganlik xususiyatiga ega bo'lgan simmetrik vibratorlardan foydalanish talab etilganda nisbiy uzunligi $l/\lambda = 0,625$ ga teng bo'lgan simmetrik vibratorlar tanlanadi (ushbu nisbiy uzunlikda simmetrik vibratorning YTK maksimal qiymatga ega bo'ladi).

Odatda, radiotexnik qurilmalarda nisbiy yelka uzunligi $l/\lambda = 0,25$ ga teng bo'lgan simmetrik vibratorlar qo'llaniladi (chunki bu qiymatga vibratorning xususiy, ya'ni rezonans uzunligi mos keladi). Lekin, amalda vibratorlarda tarqalayotgan to'lqinning tarqalish tezligi yorug'lik tezligidan ancha kichik bo'lgani sababli, vibratorning rezonans uzunligi kichik bo'ladi.

Bunda, vibrator qancha qalin bo'lsa, faza tezligi shuncha kichik, rezonans uzunligi shuncha qisqa bo'ladi. Nisbiy yelka uzunligi $l/\lambda = 0,25$ hamda a - o'tkazgich radiusi nolga intilgan simmetrik vibrator kirish qarshiligini reaktiv tashkil etuvchisi $X_{kr} = +j42,5 \text{ Om}$ ga teng.

Amaliyotda berilgan ishchi chastotada simmetrik vibrator kirish qarshiligining reaktiv tashkil etuvchisini nolga juda yaqinlashtirish uchun uning yelka uzunligi $\lambda/4$ dan kichikroq qilib tanlanadi, ya'ni qisqartiriladi (yoki rezonans uzunlikning boshqa qiymatlarida $0,25$ ga karrali qilib tanlanadi).

Muhim eslatma: vibrator qancha qalin bo'lsa, qisqartirish qiymati ham shuncha katta bo'ladi!

Nisbiy yelka uzunligi $l/\lambda = 0,25$ ga teng bo'lgan simmetrik vibratorning aktiv tashkil etuvchisi 73 Om ga teng bo'lib, bu uni

to'liq qarshiligi 75 Om bo'lgan koaksial fider bilan moslashtirish uchun juda qulay hisoblanadi.

Amaliyotda oddiy silindrsimon simmetrik vibratorlar bilan bir qatorda ilmoqsimon simmetrik vibratorlardan ham foydalaniladi (5.1, b- rasm). Bu vibrator asosan ko'p vibratorli antennalarda qo'llaniladi, masalan, direktorli antennada. Ilmoqsimon vibrator ham simmetrik vibrator kabi yo'nalganlik xususiyatlariga ega. Ular o'rtasidagi asosiy farq xususiy kirish qarshiligining qiymatida bo'lib, ilmoqsimon vibrator uchun bu qiymat 290 Om ga teng. Ya'ni, oddiy vibratorga nisbatan to'rt marta katta bo'lgan kirish qarshiligiga ega.

Oddiy silindrsimon vibratorning asosiy kamchiligi, uning kirish qarshiligini chastotaga kuchli bog'liqligida. Shu sababli, simmetrik vibrator tor polosali antenna hisoblanadi. Buning natijasida ta'minlovchi fider bilan moslashuvchanlik, ishlash faoliyatining maksimal samaradorligi juda tor chastota polosasi oralig'idagina kuzatiladi. Shu tariqa, oddiy simmetrik vibratorning diapazonlik xususiyatini oshirish uchun uning kirish qarshiligining chastotaga kuchli bog'liqligini kamaytirish talab etiladi.

Amaliyotda buning uchta usulidan keng foydalaniladi.

Birinchi usul – vibratorning to'liq qarshiligini kamaytirish.

Ikkinchi usul – uning ko'ndalang o'lchamlarini bir tekis o'zgartirib borish.

Uchinchi usul – maxsus qurilmalar yordamida uning kirish qarshiligini korreksiyalash.

Birinchi usulda, vibrator yasalgan o'tkazgich diametri d ni oshirib borish orqali to'liq qarshiligi kamaytiriladi, natijada, kirish qarshiligining chastotaga bog'liqligi ham kamayadi.

Ikkinchi usulda, vibrator o'tkazgich shaklining tekis tuzilishidan notekis tuzilishiga o'tiladi. Bu turdagi o'tishning klassik namunasi sifatida yassi bikonik simmetrik vibratorni keltirish mumkin (5.1, v- rasm). Shu bilan birga hajmiy bikonik vibratorlar ham mavjud bo'lib, ulardan asosan dekametrli to'liq diapazonlarida foydalaniladi.

Uchinchi usulda antennalar ikki qismdan iborat bo'lib, kirish qarshiligining turli chastotalarga bog'liq bo'lgan reaktiv tashkil etuvchilari (masalan, biri – induktiv, ikkinchisi sig'im bo'lgan) ba'zi chastotalarda bir-birini kompensatsiyalaydi. Bu turdagi antennaga

misol tariqasida shuntlangan simmetrik vibratorni ko'rsatib o'tish mumkin (5.1, g- rasm).

Ishchi chastota polosasini oshirishda yassi simmetrik vibratorlardan ham keng foydalaniladi (5.1, d- rasm).

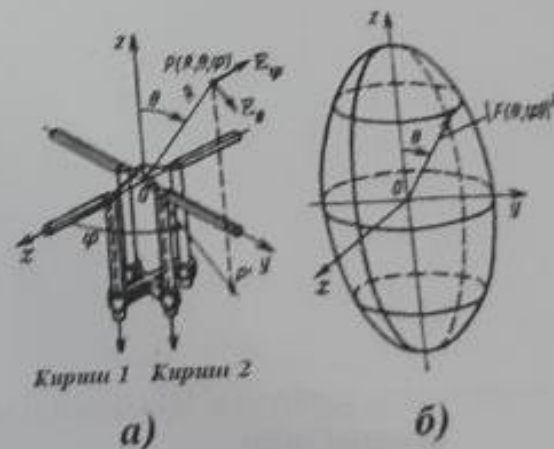
5.2. Turniketli antennalar

Ixtiyoriy qutblanish turiga ega bo'lgan signallarni qabul qilishda turniket antennalardan foydalaniladi.

Eg sodda turniket antenna o'zida chorak to'liq uzunligiga ($l = \lambda/4$) teng bo'lgan ikkita o'zaro perpendikulyar joylashtirilgan simmetrik vibratorni mujassamlashtiradi (5.2- rasm).

Umumiy holda turniketli antenna koaksial fider orqali yuqori chastotali tok bilan ta'minlanuvchi ikkita kirishga ega. Vibrator kirishidagi tok fazalari orasidagi munosabatga bog'liq holda antennada boshqariluvchi qutblanish (doiraviydan chiziqlicha) nurlatishini amalga oshirish mumkin. Shu tariqa, ular orasidagi tok amplitudalari va faza farqlarini o'zgartirish orqali kerakli bo'lgan qutblanish turini hosil qilish mumkin.

Agar vibrator kirishidagi tok amplitudalari teng va o'zaro sinfaz bo'lsa, turniketli antenna chiziqli qutblanishga ega bo'lgan to'liqni hosil qiladi.



Kupru 1 Kupru 2

a)

b)

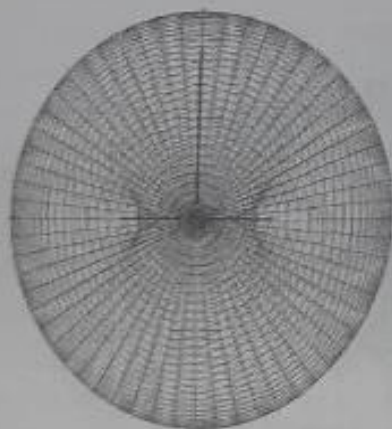
5.2- rasm. Turniket antenna konstruksiyasi

Agar vibratorlar teng amplitudaga ega bo'lgan toklar va $\pi/2$ ga teng bo'lgan faza siljishi bilan qo'zg'atilsa, ushbu turniket antenna doiraviy qutblanishga ega bo'ladi. Hosil bo'lgan YD 5.2.b- rasmdagi shaklga ega bo'lib, unga ko'ra antenna nuqtaviy faza markaziga ega bo'lmaydi. Ya'ni, YD nollar mavjud emas. Maksimal nurlanish vibrator joylashuviga nisbatan perpendikulyar yo'nalishda hosil bo'ladi.

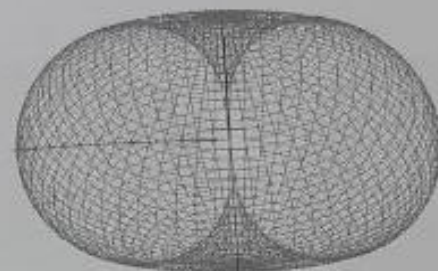
Shuning uchun, agar antenna vibratorlar gorizontal joylashgan bo'lsa, unga mos tarzda gorizontal tekislikdagi maydon ham chiziqli YD aylanaga yaqin shaklda bo'ladi (5.3- rasm). Shu tariqa, turniket antenna gorizontal tekislikda yo'nalganlik xususiyatiga ega bo'lmaydi.

Turniket antannaning vertikal tekislikdagi YD toroid shaklini hosil qiladi (5.4- rasm).

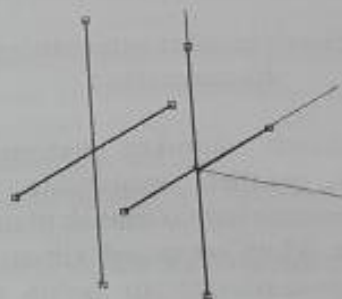
Turniket antenna nuqtasimon faza markaziga ega bo'lmaganligi sababli, bir tomonlama nurlanishni hosil qilish uchun unga ma'lum masofa uzoqlikda joylashgan passiv reflektor o'rnatish talab etiladi. Ushbu reflektorning tuzilishi xuddi turniket antannaniki kabi bo'lib, faqat vibratorlarning o'lchamlari asosiy antennaga nisbatan birmuncha uzunroq qilib tanlanadi (5.5- rasm).



5.3- rasm. Turniket antannaning gorizontal tekislikdagi yo'nalganlik diagrammasi



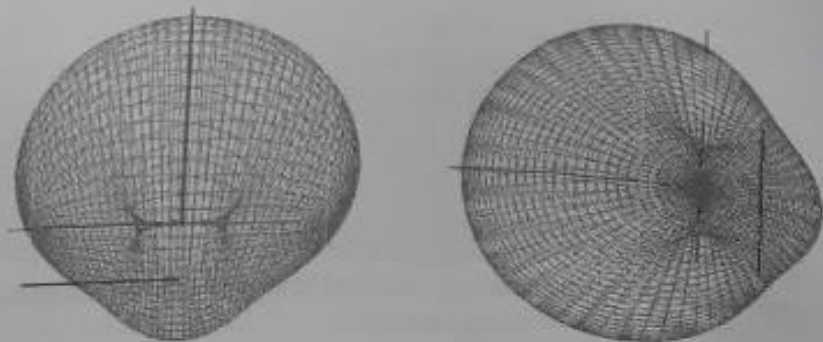
5.4- rasm. Turniket antannaning vertikal tekislikdagi yo'nalganlik diagrammasi



5.5- rasm. Reflektorli turniket antenna

Bunda asosiy antenna va reflektor orasidagi masofa ikki vibratorlardan tashkil topgan nurlatuvchi tizimning qabul nuqtasidagi maydon kuchlanganligini ikki martaga oshirish shartidan kelib chiqqan holda tanlanadi. Unga ko'ra, qarama qarshi tomonga nurlanishning imkoniyat darajasida eng ko'p so'ndirish orqali himoya koeffitsiyentini (XK) eng katta qiymatiga erishish talab etiladi.

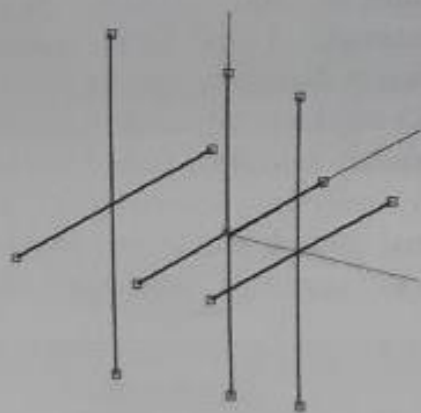
Reflektorli turniket antannani tashkil etuvchi asosiy antenna va reflektor orasidagi masofani, shuningdek, reflektor vibratorlari o'lchamlarini optimal tanlash orqali bir tomonlama nurlatishni hosil qilish mumkin (5.6- rasm. a- gorizontal tekislikda, b- vertikal tekislikda).



5.6- rasm. Reflektorli turniket antennaning yo'nalganlik diagrammalari

Shuningdek, reflektorli turniket antennaning yo'nalganlik xususiyatlarini yanada oshirish maqsadida direktor vazifasini bajaruvchi qo'shimcha polotno ham o'rnatish mumkin (5.7- rasm).

Direktor ham o'zida ikkita ortogonal vibratorlardan tashkil topgan turniket nurlatgichni mujassamlashtirgan bo'lib, ularning o'lchamlari asosiy turniketdan birmuncha kichikroq etib tanlanadi. Asosiy turniket va direktorlar orasidagi masofa $(0,1 \dots 0,15)\lambda$ oralig'ida direktor tarafga eng ko'p nurlanish hosil bo'lishiga hamda kuchaytirish koeffitsiyenti maksimal qiymatiga erishishiga qadar eksperimental tarzda tanlanadi.



5.7- rasm. Reflektor va direktorli turniket antenna

NAZORAT SAVOLLARI

1. Qanday antennalar kuchsiz yo'nalgan antennalar deb ataladi?
2. Kuchsiz yo'nalgan vibratorli antennalarga qanday talablar qo'yiladi?
3. Kuchsiz yo'nalgan vibratorli antennalar qaysi tekislik bo'yicha yo'nalganlik xususiyatiga ega bo'ladi?
4. Kuchsiz yo'nalgan vibratorli antennalar E tekislik bo'yicha qanday shakldagi YD hosil qiladi?
5. Nima sababdan kuchsiz yo'nalgan vibratorli antennalar H tekislik bo'yicha yo'nalganlik xususiyatiga ega emas?
6. Kuchsiz yo'nalgan vibratorli antennalarning diapazonlik xususiyatlarini oshirishning qanday usullari mavjud?
7. Qanday antennalar turniket antennalar deb ataladi?
8. Turniket antennalar yordamida doiraviy qutblanish hosil qilishning qanday shartlari mavjud?
9. Turniketli antennalarning yo'nalganlik xususiyatlari haqida ma'lumot bering.
10. Turniketli antennalarning YD boshqarish usullari.

VI BOB. YO'NALGAN VA DIAPAZONLI VIBRATORLI ANTENNALARNING KONSTRUKSIYASI VA TAVSIFLARI

6.1 Direktorli antenna

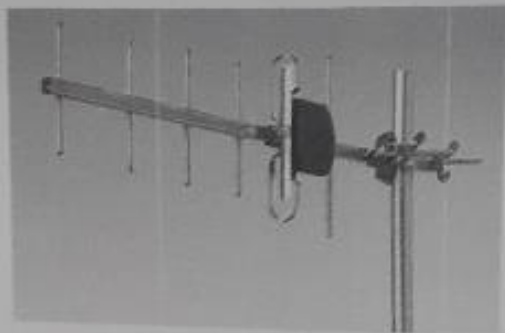
Direktorli antenna (DA) detsimetrli va metrli diapazonlarda ishlovchi simsiz telekommunikatsiya tizimlarida keng qo'llaniluvchi asosiy antennalardan biri hisoblanadi.

DA metall o'zakka o'zaro parallel joylashtirilgan vibratorlardan tashkil topgan nurlatuvchi tizim bo'lib, unda manba ulangan vibrator ilmoqsimon vibratordan foydalaniladi.

Aktiv vibrator orqasida joylashtirilgan bitta passiv element qaytaruvchi – reflektor deb nomlanadi.

Aktiv vibrator oldida joylashgan bir nechta passiv elementlar yo'naltiruvchi – direktorlar deb nomlanadi. Ularning asosiy vazifasi elektromagnit maydonni kuchaytirishdan iborat.

Quyidagi 6.1- rasmda bitta passiv reflektor, to'rtta passiv direktor hamda bitta aktiv ilmoqsimon vibratordan tashkil topgan direktorli antenna keltirilgan. DA yuqori yo'nalganlik xususiyatiga (kuchaytirish koeffitsiyenti 17dBi gacha yetishi mumkin) ega bo'lib, to'g'ridan - to'g'ri ko'rish masofasida yoki uning tashqarisida, elektromagnit maydon kuchlanganligi uncha katta qiymatga ega bo'lgan yarim soya zonalarida ham muqobil qabulni amalga oshirish xususiyatiga ega.



6.1- rasm. Direktorli antenna konstruksiyasi

DA ning yo'nalganlik xususiyati direktorlar soniga bog'liq bo'lib, ular soni ortishi bilan kuchaytirish koeffitsiyentining qiymati ham ortib boradi. Ammo, har keyingi qo'shimcha direktorlar sonini ma'lum miqdordan oshib ketishi, antenaning yo'nalganlik xususiyatiga juda sust ta'sir etishini boshlab, aksincha, uning atrofida cheklash tavsiya etiladi. Shu sababli, direktorlar sonini 10-15 ta

Reflektor himoya koeffitsiyentining qiymatini ifodalaydi va odatda 20 dB tashkil etadi. DA belgilangan tartibda ishlashi uchun bitta reflektor yetarli bo'lib, uning sonini ortishi himoya koeffitsiyenti qiymatining ortishiga hech qanday ta'sir ko'rsatmaydi. Amaliyotda antenaning himoya koeffitsiyentini oshirish maqsadida ko'pincha yassi reflektorlardan yoki uning xususiy ko'rinishlaridan bo'lgan, fazoda bir - biridan ma'lum masofa uzoqlikda joylashgan ikkita vibratordan tashkil topgan turlaridan foydalaniladi.

DA yuqori yo'nalganlik xususiyatiga ega bo'lish bilan birgalikda: konstruksiyasining soddaligi, yuqori FIK, nisbatan yengil massasi, iqtisodiy jihatdan hamyonbopligi hamda ishlab chiqarishdagi texnologik jarayonning qulayligi kabi alohida xususiyatlarni namoyon etadi.

Uning FIK yuqoriligi antennada dielektrik izolyatorlarning mavjud emasligi, iqtisodiy jihatdan hamyonbopligi esa, bir birlik kuchaytirish koeffitsiyenti uchun minimal o'lchamda metall sarf etilishi bilan izohlanadi.

DA kirish qarshiligining qiymati passiv vibratorlarning aktiv vibratorga ko'rsatadigan kuchli ta'siri natijasida keskin kamayib ketadi. Masalan, bitta passiv vibrator aktiv yarim to'liqlik vibratorning qarshiligini 75 Om dan 50 Om gacha kamaytirishi mumkin. Shu sababli aktiv vibrator sifatida kirish qarshiligi konstruktiv tuzilishiga ko'ra 275 Om dan 376 Om gacha o'zgaradigan Pistol Korsning ilmoqsimon shleyf-vibratoridan foydalaniladi.

DA yuqorida sanab o'tilgan qator afzalliklari bilan bir qatorda o'ziga xos kamchiliklarga ega. Ulardan eng asosiysi, tor polosalilik. Ya'ni, antenna ishchi chastota polosasining qamrash koeffitsiyentini (maksimal chastotaning minimal chastotaga nisbati) qiymati 1,3 dan oshmaydi.

DA ning elektr parametrlari va texnik tavsiflari uni tayyorlash, yig'ish va sozlashdagi aniqlik darajasiga kuchli bog'liq bo'lganligi

sababli, antennani yuqori aniqlikda tayyorlash katta mehnat talab etadigan murakkab jarayon hisoblanadi. Uni yig'ish davomida yo'l qo'yilgan arziyas xatolik ham antennaning yo'nalganlik xususiyatini yomonlashuviga va kuchaytirish koeffitsiyentining kamayishiga olib kelishi mumkin.

Direktorlar sonini uchtdan ortishi antennani murakkabliklarni keltirib chiqaradi. Hattoki, bitta chizma sozlashda xil turdagi elementlardan yig'ilgan ikkita antenna turlicha sozlanishga ega bo'ladi. Shu sababli, ularning har biri bir xildagi sozlanishga parametrlarga ega bo'lgunlariga qadar qo'shimcha sozlashlarni amalga oshirish talab etiladi.

Shuning uchun, yig'ilgan real antennaning kuchaytirish koeffitsiyenti nazariy hisoblangan yoki kompyuterda modellashtirish natijasida olingan qilingan qiymatdan keskin farq qiladi.

Bulardan tashqari, kuchaytirish koeffitsiyenti va antennani ta'minlovchi fideming YuTK rezonans (o'rtacha) chastotaga mos sezilarli darajada o'zgarishini ham yoddan chiqarimaslik kerak.

Endi direktorli antennaning ishlash prinsipini qisqacha ko'rib chiqamiz.

DA ning nurlatish rejimi har bir vibrator maydonining asosiy yo'nalishda (direktorlar tomonida) sinfaz tarzda ustma-ust tushishiga asoslanadi. Bunga har bir direktordagi tok fazasini aktiv vibrator tok fazasiga nisbatan kechiktirish shartini bajarish orqali erishiladi. Va aksincha, reflektor tarafga maydon nurlanishini cheklash uchun, uning tok fazasi aktiv vibrator tok fazasiga nisbatan ilgarilab ketishi kerak bo'ladi.

Bir o'qda o'zaro ketma-ket joylashgan vibrator maydonlarining asosiy yo'nalishda sinfaz tarzda ustma-ust tushishi, qarama - qarshi yo'nalishda nosifaz bo'lishi (ushbu yo'nalishda nurlanishning mavjud emasligi), direktorli antennaga nisbatan o'q bo'yicha nurlatuvchi (yugurma to'lqinli) antenna panjarasi sifatida qarash imkonini beradi.

Antennaning o'zaro yaqin joylashgan vibratorlari biri ikkinchisida qo'shimcha toklarni hosil qiladi. Bundan tashqari, nurlatish va induksiya maydonlarining yig'indisidan tashkil topgan passiv vibratorlar joylashgan murakkab maydon, aktiv va passiv vibratorlarning o'zaro ta'siri natijasida yanada murakkablashadi. Shu

sababli, antennani qurish va sozlashda yuzaga kelishi mumkin bo'lgan yuqoridagi kabi muammolarni albatta e'tiborga olish zarur.

O'z navbatida, direktorli antennaning aktiv vibratoridagi tok, passiv vibratorlardagi toklardan doim katta bo'lganligi uchun, antennada kechayotgan jarayonlarni ifodalash murakkab matematik apparatlarni va ma'lum empirik yondashuvlarni talab etadi.

Aktiv va passiv vibratorlardan tashkil topgan antennaning YD passiv vibratoridagi tok fazasi siljish burchagining aktiv vibratoridagi tok nisbatiga bog'liq, ya'ni: $\Psi = \Psi_1 + \Psi_2$. Bunda, Ψ_1 - passiv vibratorida hosil qilingan kuchlanish fazasi siljish burchagining aktiv vibratoridagi tokka nisbati; Ψ_2 - passiv vibratoridagi tok fazasi siljishining shu vibratorida hosil qilingan kuchlanishga nisbati.

Keltirilgan munosabatdagi burchak Ψ_1 vibratorlar orasidagi masofa d ga bog'liq, burchak Ψ_2 passiv vibratorning uzunligiga, ya'ni, uning rezonansdan og'ish darajasiga bog'liq.

Xulosa:

1. Reflektordagi tok aktiv vibratoridagi tokka nisbatan faza bo'yicha ilgarilab ketadi, direktordagi tok esa faza bo'yicha ortda qoladi;

2. Ψ_1 , Ψ_2 va Ψ burchaklar uchun shunday qiymatlar mavjudki, unda passiv vibratorlar effektiv tarzda xuddi reflektor yoki direktor sifatida ishlaydi. Masalan, reflektor effektini hosil qilish uchun quyidagi shartlar bajarilishi kerak:

a) $d = 0.15\lambda (\Psi_1 = -180^\circ); \Psi_2 = -40^\circ;$

b) $d = 0.2\lambda (\Psi_1 = -195^\circ); \Psi_2 = -40^\circ;$

va direktor effektini hosil qilish uchun:

v) $d = 0.1\lambda (\Psi_1 = -165^\circ); \Psi_2 = 20^\circ;$

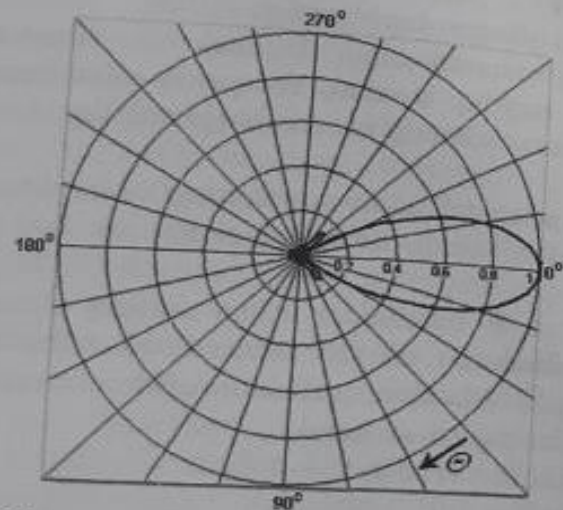
g) $d = 0/15\lambda (\Psi_1 = -180^\circ); \Psi_2 = 40^\circ.$

3. Reflektor uchun burchak Ψ_2 ning manfiy qiymatlari va direktor uchun musbat qiymatlari, reflektordagi tok unda hosil bo'lgan kuchlanish tufayli faza bo'yicha ortda qolishidan, direktordagi tok esa undan faza bo'yicha ilgarilab ketishidan darak beradi. Shu sababli, qarshilik reflektorda - induktiv, direktorda - sig'im xarakterga ega bo'lishi kerak. Buning uchun, rezonansga sozlangan yarim to'lqinli aktiv vibratoridagi reflektor yarim to'lqin uzunligidan bir qancha uzunroq, direktor esa kichikroq bo'lishi kerak.

4. Odatda, aktiv vibratorning kirish qarshiligi passiv vibrator ta'sirida yakka yarim to'lqinli vibratorning nurlatish qarshiligidan

kichik bo'ladi ($R_c < 73.1$). Bu o'z navbatida antennani fider bilan moslashuvda qiyinchilik tug'diradi. Chunki, direktorli antennada aktiv vibrator sifatida katta R_c ga ega bo'lgan ilmoqli vibratoridan foydalaniladi. Direktorli antennani to'lqin qarshiligi 75 Om ga teng bo'lgan ta'minlovchi fider bilan moslashtirish uchun «U-tirsak» turiga oid bo'lgan simmetriyalovchi qurilmadan foydalaniladi.

Yuqorida aytib o'tilganidek, direktorli antenna YD ning shakli antennadagi vibratorlar soniga bog'liq. Quyidagi 6.2- rasmda 9 ta direktordan tashkil topgan direktorli antennaning meridional tekislikdagi YD keltirilgan.



6.2- rasm. Direktorli antennaning meridional tekislikdagi YD

Optimal o'lchamdagi direktorli antennaning yo'nalganlik koeffitsiyenti ushbu formula yordamida aniqlanadi:

$$D = k_1 \frac{l_A}{\lambda} \quad (5.1)$$

bunda, l_A – antennaning umumiy uzunligi (reflektordan eng oxirgi direktorgacha); $k_1 = 5 \dots 10$ - direktorlar soniga bog'liq bo'lgan koeffitsiyent.

Shu o'rinda, yuqori YTK ega bo'lgan direktorli antennalarni loyihalashda direktorlar soni qancha ko'p bo'lsa, vibrator toklari orasidagi muqobil faza siljishi ta'minlash ham shuncha murakkab

bo'lishini nazardan qochirmaslik tavsiya etiladi. Odatda, antennadagi direktorlar soni 10 tadan oshirilmaydi. Bunda YD ning kengligi taxminan $2\varphi_0 = 20 \dots 40^\circ$ oralig'ida bo'ladi. Direktorli antennaning vertikal tekislikdagi YD, gorizont tekislikka nisbatan birmuncha torroq bo'ladi.

DA uchun optimal uzunlik mavjud bo'lib, direktorlar sonini keyingi oshirilishi uning yo'nalganlik xususiyatini yomonlashuviga olib keladi, shuningdek, antennaning ishchi diapazonini kamaytiradi.

Antennadagi har bir qo'shimcha direktor uning maydon tuzilishini o'zgarishiga sababchi bo'lgani kabi, bir nechta direktorlardan tashkil topgan antennaning optimal o'lchami, ikkita vibratoridan tashkil topgan antennaning optimal o'lchamidan farq qiladi.

Odatda, aktiv vibrator va reflektor orasidagi masofa - $d_r = (0,15 \dots 0,25)\lambda_i$, aktiv vibrator va birinchi direktor orasidagi masofa - $d_d = (0,1 \dots 0,15)\lambda_i$ oralig'ida tanlanadi, undan keyingi ketma - ketlikda joylashgan direktorlar orasidagi masofa esa $(0,2 \dots 0,3)\lambda_i$ tashkil etadi.

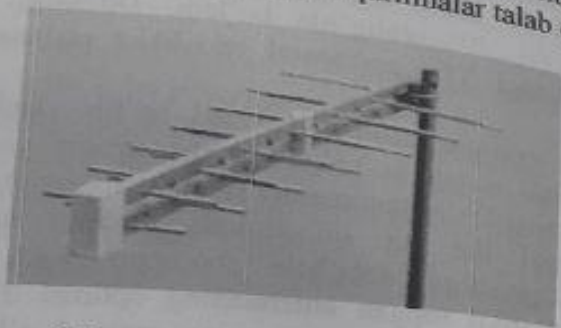
Ammo antennalarni yakuniy yig'ish jarayonida, vibratorlarni eng katta YTK va XK ga ega bo'lgan natijalarni bera oladigan masofalarda joylashtirish orqali sozlash talab etiladi.

6.2. Logoperiodik antenna

Logoperiodik antenna (LPA), parametrlarining logarifmik davriyligi chastotaga bog'liq bo'lgan o'ta keng polosali antennalar sinfiga tegishli bo'lib, uning konstruksiyasi asosida elektrodinamik o'xshashlik (moslik) prinsipi yotadi. Ya'ni, ishchi to'lqin uzunligi m marta o'zgaranda to'lqinning elektrik uzunliklari o'zgarmasdan qoladi.

LPA ko'ndalang kesimi doiraviy, to'g'ri burchakli yoki kvadrat shakldagi bir-biriga mahkamlangan ikkita bir xilda uzunlikdagi yig'ish liniyasiga vibrator yelkalarini oralatib navbat bilan ketma-ket mahkamlash orqali hosil qilinadi (6.3- rasm). Bunda vibratorlar yassi yoki silindrsimon shaklda bo'lib, antenna konstruksiyaning massasi yengil bo'lishi uchun aksariyat hollarda alyumindan tayyorlanadi. Shu tariqa, fiderning ichki o'tkazgichi birinchi yig'ish liniyasiga, tashqi o'tkazgichi (ekran) ikkinchi yig'ish liniyasiga ulanadi. Antenna

konstruksiyasining soddaligi ham aynan shunda bo'lib, hech qanday qo'shimcha maxsus simmetriyalovchi qurilmalar talab etilmaydi.



6.3- rasm. Logoperiodik antenna

Antennaning yana bir o'ziga xosligi, yig'ish liniyasining uzunligi eng oxirgi uzun vibratorlarda tugamaydi, balki oxiriga qisqatutashtirgich joylashtirilgan ma'lum masofagacha uzaytiriladi. Shu tariqa konstruksiyada qisqa tutashtiruvchi shleyfni hosil qiladi.

Bu birinchidan, fiderdagi YuTK kamaytirsa, ikkinchidan qisqa tutashtirgichga antenna o'matiladigan machtani bevosita maxkamlash imkonini beradi.

Yig'ish liniyasining o'tkazgichlari biri ikkinchisiga o'zaro parallel (yassi LPA) yoki uchli tomoni qisqa vibratorlar tarafga yo'naltirilgan holda burchak ostida (fazoviy LPA) joylashtirilishi mumkin. O'tkazgichlar biri ikkinchisidan ma'lum masofa uzoqlikda radiochastota dielektriklari (tekstolit, polistirol va h.k.) yordamida izolyatsiyalanadi.

LPA yaxshi diapazonlik xususiyatlariga ega bo'lganligi sababli, keng chastota oralig'ida YD sezilarli darajada o'zgarmasdan qoladi. Bu esa keng polosali simsiz telekommunikatsiya tizimlari uchun juda muhim ko'rsatkichlardan biri hisoblanadi.

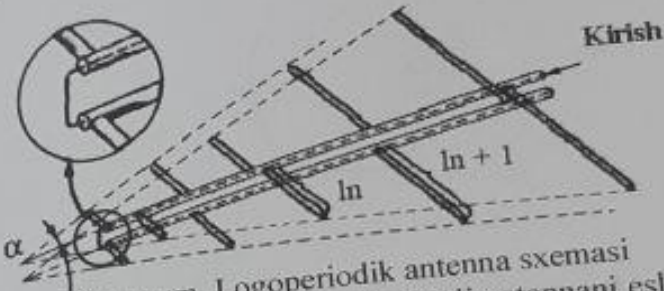
LPA ning ishchi chastota polosasining kengligi past chastota chegarasi bo'yicha eng katta uzunlikdagi vibrator o'lchamlari, yuqori chastota chegarasi bo'yicha eng kichik vibratorlarning o'lchamlari bilan cheklangan. Antennaning kuchaytirish xususiyati har biri o'z holicha aktiv bo'lgan vibratorlarning soni bilan ifodalanadi. LPA ning tuzilish sxemasi quyidagi 6.4- rasmda keltirilgan.

LPA vibratorlardan tashkil topgan bo'lib, ularning o'lchamlari va tavsiflari quyidagi parametrlar orqali ifodalanadi:

(6.2)

$$l_n / l_{n+1} = \tau,$$

bunda, τ - tarkibning vibrator soni n ga ($n=1, 2, \dots$) bog'liq bo'lmagan o'lchovsiz davri; l - n -chi vibratorli yelka uzunligi; α - vibrator uchlarini birlashtiruvchi liniyalar orasidagi hosil qilingan burchak.

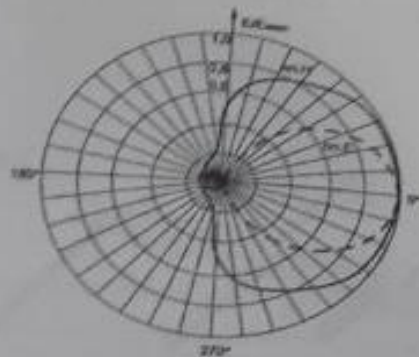


6.4- rasm. Logoperiodik antenna sxemasi

Ishlash prinsipiga ko'ra LPA direktorli antennani eslatadi. Ya'ni, berilgan f_0 chastotada uzunligi $\lambda/4$ ga yaqin bo'lgan vibratorning kirish qarshiligini aktiv qiymatga erishganligi uchun aynan shu vibrator intensiv tarzda qo'zg'atiladi. Boshqa vibratorlar esa, kirish qarshiligining reaktiv tashkil etuvchisi katta bo'lganligi sababli sezilarli darajada sust qo'zg'atiladi.

LPA ning nurlanish maydonini shakllantiruvchi aktiv sohasiga 3-5 tagacha bo'lgan vibratorlarni kiritish mumkin: rezonansli vibrator hamda uning orqa (reflektor) va oldi tomonlarida joylashgan bir nechta vibratorlar (direktorlar). Aynan shu vibratorlar antennaning berilgan chastotadagi kuchaytirishini ifodalaydi. Aktiv sohadagi vibrator toklarining faza munosabatlari, biri ikkinchisiga ta'sir ko'rsatuvchi va turli o'tkazgichlarning ta'minot liniyalariga ketma-ket ulangan vibratorlarning uzunliklari bilan ifodalanadi. Unga ko'ra, uzunligi qisqa bo'lgan vibratorlarning tok fazalari rezonans vibratoridagiga nisbatan ortda qoladi, uzunlariniki esa, ilgari ketadi. Bundan, kichik o'lchamdagi vibratorlar - direktorlar, eng katta o'lchamdagi vibrator - reflektor vazifasini bajarayotganini guvohi bo'lish mumkin.

Demak, antenaning maksimal nurlatishi kichik vibratorlar tomonga yo'nalgan bo'ladi hamda YD bitta umumiy bosh bargchaga ega bo'ladi (6.5- rasm).



6.5- rasm. Logoperiodik antenaning yo'nalganlik diagrammasi

Endi antenaning eng asosiy xususiyatlari haqida to'xtalib o'tamiz. Keling generator yordamida antenaning ishchi chastotasiga o'zgartirish kiritamiz. Qanday hodisa yuz beradi? Agar chastota kamaysa τf_0 ega bo'ladi, ya'ni, o'lchamlari avvalgisiga nisbatan uzunroq bo'lgan keyingi vibrator rezonansga erishadi. O'z navbatida, LPA ning aktiv sohasi ham uzunroq o'lchamdagi vibratorlar tomonga siljiydi. Bordi-yu, chastotani dastlabki holatga nisbatan oshirsak, aksincha, aktiv soha antenna uchiga tomon siljib boradi. Shu tariqa, $f_n = \tau^{n-1} f_1$ (n - vibratorlar soni, f_n - vibratorning rezonans chastotasi) oraliqdagi barcha chastotalarda antenaning yo'nalganlik xususiyatlari o'zgarmasdan qoladi. Shu sababli, LPA chastotaga bog'liq bo'lmagan antennalar sinfiga mansub.

Logarifmik masshtabning har $l\pi$ intervali oralig'ida rezonans chastotalar doimiy tarzda takrorlanib turganligi uchun, antenna - logoperiodik deb nomlanadi.

$$\text{Unga ko'ra, } \ln f_n = (n-1)l\pi + \ln f_1.$$

Demak, LPA ning ishchi chastota polosasining kengligi quyidagidek bo'ladi - eng uzun vibrator o'lchamlari bilan ($\lambda_{max} \approx 4l_{max}$), yuqori

tomondan - ta'minot manbasiga juda yaqin joylashgan eng qisqa vibratorlarning o'lchamlari bilan ($\lambda_{min} \approx 4l_{min}$) chegaralanadi.

Amaliy jihatdan, LPA yordamida to'lqin diapazonini o'n martagacha bo'lgan oralig'ida ($f_{max}/f_{min} = 10$) o'zgarishsiz qoladigan chastota diapazonida fiderdagi yugurma to'lqin koeffitsiyentining qiymati ham 0,6 ... 0,7 dan kamaymagan holda saqlanadi.

Shu o'rinda yana bir muhim ma'lumot, antenadagi aktiv sohaning o'zgarishi bilan, uning faza markazi ham o'zgaradi. Bu o'zgarishning, masalan, undan TV qabul qiluvchi antenna sifatida foydalanilganda, hech qanday ta'siri sezilmaydi. Ammo, parabolik antenaning nurlatgichi yoki keng polosali signallar bilan ishlash talab etilgan holatlarda ahamiyatli hisoblanadi.

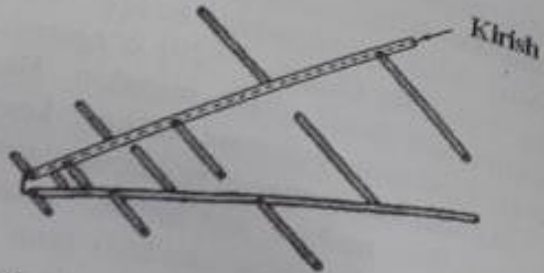
LPA vibratorlaridagi toklarni hisoblashda, ularning nafaqat erkin fazodagi, balki ta'minot liniyalari bo'ylab ham bir-biriga ko'rsatuvchi o'zaro ta'sirlarini e'tiborga olish muhim hisoblanadi.

Antenaning berilgan chastota diapazonida nurlatishida faqat bir nechtagina vibratorlarning ishtirok etishi, uning yo'nalganlik diagrammasini keng bo'lishiga sababchi bo'ladi. Lekin, LPA ning vibratorlar joylashgan gorizont tekislikda (E vektorning tekisligi) hosil qilgan yo'nalganlik diagrammasi, vertikal (H vektorning tekisligi) tekislikdagiga nisbatan torroq bo'ladi.

Shuningdek, antenna parametrlaridan bo'lgan α ni o'zgartirmagan holda τ ning oshirilishi aktiv sohaga kiruvchi vibratorlar sonini ortishiga, bu esa o'z navbatida, yo'nalganlik diagrammasini torayishiga olib keladi.

Yoki aksincha, τ ning o'zgartirmagan holda burchak α ning oshirilishi ham yo'nalganlik diagrammasini toraytiradi. Ya'ni, qo'shni vibratorlar orasidagi masofaning ortishi hisobiga, antenaning aktiv sohasi kengayadi. Ammo, ta'kidlab o'tilgan ushbu ma'lumotlar $\tau_{max} \approx 0,95$ va $\alpha_{min} \approx 10^\circ$ larning ushbu kritik qiymatlarigachagina o'rinalidir.

LPA yo'nalganlik diagrammasini N - tekislik bo'yicha toraytirish uchun yig'ish liniyasidagi o'tkazgich uchlarini orasidagi α burchakni 5-10 gradusga ochib, tizim ko'paytuvchisiga ta'sir ko'rsatish orqali fazoviy logoperiodek antenna hosil qilinadi (6.6- rasm).



6.6- rasm. Fazoviy logoperiodik antenna

Fazoviy LPA ning H – tekislikdagi yoʻnalganlik diagrammasi yassi LPA ga nisbatan ancha torroq koʻrinishga ega boʻladi. Kichik qiymatga ega boʻlgan kuchaytirish koeffitsiyenti (10 dbi gacha) va past radiochastota diapazonlariga oʻtishdagi vibrator oʻlchamlarining ortib ketishi LPA larning asosiy kamchiligi hisoblanadi.

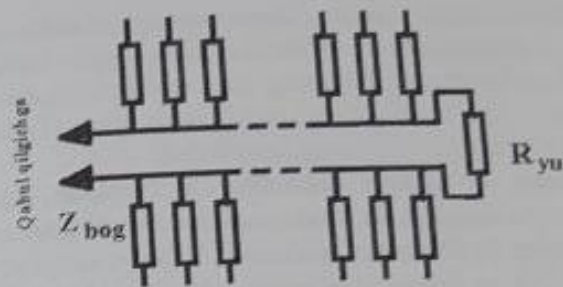
Bu antenaning elektromagnit oʻxshashlik prinsipiga asoslangan holda ishlashi bilan bogʻliq boʻlib, unga koʻra, nurlatgich oʻlchamlari toʻlqin uzunligiga mos tarzda oʻzgarib boradi.

LPA qarama-qarshi yoʻnalishda ham nurlatish mavjudligi sabab, orqaga nurlatish koeffitsiyenti (ONK) katta qiymatlarga erishishi mumkin. Shu sababli, amaliyotda LPA dagi eng uzun element reflektor xususiyatiga ega boʻlishi va orqaga nurlatmasligi uchun rezonansga sozlanmaydi.

6.3. Yugurma toʻlqin antennalari

Yugurma toʻlqin antennalari (YuTA) keng diapazonli hisoblanadi hamda faqat qabul uchun qoʻllaniladi. Antenna bir-biridan bir xil masofa uzoqlikda joylashgan va ajratuvchi qarshilik (aloqa elementlari) orqali jamlovchi liniyaga ulanuvchi n ta simmetrik vibratorlardan iborat (6.7 - rasm).

Jamlovchi liniya oxiriga uning toʻlqin qarshiligiga teng boʻlgan R_{yu} yutuvchi yuklama, boshiga esa qabul qilgich ulanadi. Antenna Yer sirtidan gorizontal holatda $h=16...40$ m balandlikda osiladi.



6.7 - rasm. Yugurma toʻlqin antennasi

Vibratorlarning shuntlovchi taʼsirini kamaytirish uchun, ular orasidagi jamlovchi liniyaga aktiv qarshiliklar (sigʻimli yoki induktivlik) ulanadi. Agar Z_{bog} sigʻimli yoki rezistiv xarakterga ega boʻlsa, u holda, V kamayadi (sekinlashish rejimi). Bunda maksimal nurlanish yuklama qarshilik tomonga yoʻnalgan. Agar Z_{bog} induktiv xarakterga ega boʻlsa, u holda $V > c$ va nurlanish antenna oʻqiga burchak ostida yuzaga keladi. Bunda liniyada yugurma toʻlqin amplitudasi nurlanish sababli tez pasayadi (eksponensial qonuniyatga asosan).

Koʻrsatilgan sabablarga koʻra, induktiv aloqa elementlari qoʻllanilmaydi. Jamlovchi liniyadagi yoʻqotishlar hisobga olinmagan holda, gorizontal tekislikda antenna yoʻnalganlik diagrammasini E tekislikdagi yugurma toʻlqin antennalari uchun keltirilgan formula yordamida aniqlash mumkin. Ideal oʻtkazuvchi Yer holatida vertikal tekislikdagi yoʻnalganlik diagrammasini, H tekislikda yugurma toʻlqin antennalari uchun keltirilgan formula yordamida Yer koʻpaytuvchisi $\sin(kH \sin \Delta)$ ni qoʻshish orqali aniqlash mumkin. Faza tezligi kamaytirilgan yugurma toʻlqin antennalari kabi, koʻrilayotgan antenna ham optimal uzunlikka ega. Yon bargehalar sathi chekka vibratorlar toklari orasidagi faza siljishi Ψ_{kr} ga kuchli bogʻliq.

Hisoblashlar shuni koʻrsatadiki, Ψ_{kr} ning eng mos keladigan oʻzgarish diapazoni vibratorlar soni 20...40 dan oshmagan hollarda kuzatiladi. Bu, esa oʻz navbatida antenaning umumiy uzunligini cheklaydi. Namunaviy antenna uzunligi 90 m ga teng; bunday antennada yon yaproqlar sathi rombsimon antennaga nisbatan sezilarli past boʻladi. Bitta vibrator yelkasining uzunligini taxminan $0,7\lambda_{min}$ ga teng qilib olinadi. Yelka uzunligi katta boʻlsa, vibratorning

yo'nalganlik xossalari ishchi diapazonning chekka qisqa to'lqin qismida tez yomonlashadi. Vibrator uzunligini kamaytirish kam ma'kul bo'lmaydi, chunki bu uning Z_{av} ortishiga, ishchi diapazonning chekka qisqa to'lqin qismida yig'uvchi liniya bilan aloqa kamayishiga va oqibatda, FIK ning pasayishiga olib keladi.

Antennaning ko'tarilish balandligi h , berilgan, ehtimoli katta nurlar kelish burchagi Δ da maksimal intensivlikdagi qabul talabini bajarish shartidan kelib chiqib tanlanadi. Odatda, ko'tarilish balandligi taxminan 25...35 m bilan cheklanadi. $H=25\text{m}$ balandlikda o'silgan namunaviy baza stansiyasi antenasining YK uch karrali diapazonida ($\lambda=12...36\text{ m}$) taxminan 35 dan 200 gacha; KK 4 dan 30 gacha; FIK 15 dan 38 foizgacha o'zgaradi. Bir xil balandlikda parallel joylashgan, kirishlari parallel ulangan ikki sirtli antennalar ham keng tarqalgan. Antenna sirtlari orasidagi masofa 25 m ni tashkil qiladi. Ikkilangan antennaning gorizontal tekislikdagi YD bitta antennaga nisbatan ancha tor, yon bargchalarning sathi odatda 0,1...0,08 dan oshmaydi. Ikkilangan antennaning YK bitta antennaga nisbatan 1,5...2 marta, KK esa 2 marta katta. Parallel qutblangan maydonni qabul qilish uchun, aktiv aloqa elementlariga ega vertikal nosimmetrik yugurma to'lqin antennalari qo'llaniladi.

Aloqa elementlariga ega yugurma to'lqin antennalarining umumiy kamchiligi FIK ning juda kichikligi hisoblanadi. Bunda, jamlovchi liniya bilan vibratorlar orasidagi aloqaning sustligi tufayli berilayotgan quvvatning ma'lum qismi nurlatiladi, qolgan qismi yuklama qarshiligida yutiladi. Shu sababli, yugurma to'lqin antennalari uzatuvchi antennalar sifatida foydalanilmaydi.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Direktorli antenna deb nimaga aytiladi?
2. Direktorli antennaning konstruktiv tuzilishi haqida ma'lumot bering.
3. Direktorli antennaning yo'nalganlik xususiyati nimaga bog'liq?
4. Direktorli antenna elementlari orasidagi masofa qanday aniqlanadi?
5. Nima uchun direktorli antennaning ulanish sxemasida simmetriyalovchi qurilmadan foydalaniladi?
6. Direktorli antennalarning qo'llanilish sohalari.

7. LPA antennaning konstruksiyasi asosida qaysi prinsip yotadi?
8. LPA antennaning aktiv zonasi deb nimaga aytiladi?
9. Yugurma to'lqin antennalarining ishlash prinsipini tushuntiring.
10. Yugurma to'lqin antennalarining yo'nalganlik xususiyatlari qanday aniqlanadi?

7.1. U – tizza simmetriyalovchi qurilmasi

Simmetrik vibratorlarni UQT diapazonida qo'zg'atish albatta ekranlangan fiderlar yordamida amalga oshirilishi kerak. Sababi, ekranlanmagan fiderlardan foydalanilganda "antenna effekti" (energiyani fider o'tkazgichi tomonidan nurlatilishi yoki qabul qilinishi) hodisasi yuzaga keladi. Buning natijasida simmetrik vibratorning YD shakli keskin buziladi hamda fiderning nurlatilishi hisobiga energiyaning bir qismi yo'qoladi.

Amaliyotda UQT diapazonida simmetrik vibratorlarni manba bilan ta'minlash har doim koaksial fiderlar (kabellar) yordamida amalga oshiriladi. Lekin bunda simmetrik qurilmani (vibrator) nosimmetrik qurilmaga (fiderga) ulashda muammolar yuzaga keladi.

Agar antenaning kirish qarshiligi fiderning to'liq qarshiligiga teng bo'lsa, nosimmetrik vibratorga nosimmetrik fiderni bevosita ulash mumkin. Ya'ni, fiderning markaziy o'tkazgichi – vibratorga, tashqisi – yerlatish tizimiga, posangiga yoki korpusga ulanadi.

Ammo vibratorning kirish qarshiligi va fiderning to'liq qarshiliklari o'rtasidagi nomutanosiblik vibrator yelkalaridagi tok amplitudalari o'rtasida farqni yuzaga kelishiga, bu farq fiderning tashqi o'tkazgichi yuzasida sirt toklarini hosil bo'lishiga olib keladi.

Vibrator yelkalaridagi toklarning asimmetriyasini koaksial fiderning markaziy o'tkazgichiga ulangan vibrator va uning tashqi o'tkazgichi orasida hosil bo'lgan toklar yuzaga keltiradi (7.1- rasm). Vibratorning ikkinchi yelkasi fiderning tashqi o'tkazgichi potensialiga ega bo'lganligi sababli bu yerda potentsiallar farq mavjud emas, shuning uchun siljish toklari hosil bo'lmaydi.

Vibratoridagi toklar asimmetriyasi hisobiga antenaning YD bir muncha buziladi. Bunda fiderning tashqi o'tkazgichidagi toklarning ta'siri ahamiyatli bo'lib, uning natijasida ta'minlovchi fiderning "antenna effekti" deb nomlanuvchi hodisa kuzatiladi.



7.1- rasm. Simmetrik vibrator yelkalaridagi toklar asimmetriyasi

Vibrator signalni gorizontallik tekislik bo'yicha uzatish rejimida ishlaganda, bu toklar vertikal qutblanishga ega bo'lgan parazit antenna bo'lgan holatda esa, asimmetriya hisobiga vertikal qutblangan shovqin maydonini qabul qilishi kuzatiladi.

Bu kabi muammolarni bartaraf etishda maxsus simmetriyalovchi qurilmalardan foydalaniladi. Ularning juda ko'p turlari mavjud bo'lib, amaliyotda eng ko'p qo'llaniladiganlari U - tizza, chorak to'liqni "stakan", simmetriyalovchi qo'shimcha moslama "pristavka" hisoblanadi.

Simmetriyalovchi qurilmalarning konstruksiyasini va ishlash prinsipini ko'rib chiqamiz.

Kirish qarshiligi R_a (R_{kir}) ga teng bo'lgan simmetrik antennani orasidagi potentsiallar farqi nolga teng bo'lgan o'zaro ketma – ket ulangan $0,5R_a$ qarshilik sifatida tasavvur etish mumkin. Bunda antennani sinfaz qo'zg'atish uchun uning a va b qisqichlaridagi ta'minot kuchlanishining fazalari o'rtasidagi farq π ga teng bo'lishi kerak (7.2, a- rasm). Bunga a va b qisqichlarini $0,5\lambda_k$ uzunlikdagi liniya qirqimi yordamida ulash orqali erishish mumkin.

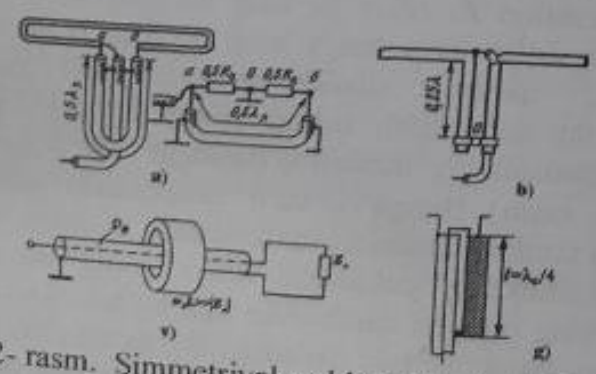
$0,5\lambda_k$ uzunlikdagi yuklangan liniya uning oxiridagi yuklama qarshiligiga teng bo'lgan qarshilikka ega bo'ladi. Quyida keltirilgan 7.2, a- rasmga ko'ra, to'liq qarshiligi W_f ga teng bo'lgan liniya har birining qiymati $0,5R_a$ ga teng bo'lgan ikkita o'zaro parallel ulangan qarshiliklar bilan yuklangan.

Simmetriyalashni U – tizza yordamida amalga oshirish uchun, $R_a = 4W_f$ bo'lishi talab etiladi. To'liq qarshiligi $W_f = 75 \text{ Om}$ ga teng bo'lgan fider uchun antenaning kirish qarshiligi 300 Om bo'lishi kerak. Bu kabi qarshilikka ilmoqsimon vibrator ega bo'lib, uning uchun U – tizza optimal turdagi simmetriyalovchi qurilma vazifasini o'taydi.

7.2. Chorak to'liqli "stakan" turidagi simmetriyalovchi qurilma

Bir tomoni qisqa tutashtirilgan uzunligi $0,25\lambda$ bo'lgan koaksial liniya qirgimi juda katta kirish qarshiligiga ega bo'lgan rezonator hosil qiladi. Simmetriyalovchi qurilmada bu turdagi rezonatorni koaksial fiderning tashqi o'tkazgichiga metall naycha kiydirish orqali hosil qilish mumkin (7.2, b- rasm).

Naychani pastki uchi fiderning tashqi o'tkazgichiga ulanadi. Simmetrik vibratorning birinchi yelkasi fiderning tashqi o'tkazgichiga, ikkinchi yelkasi ichki o'tkazgichiga ulanadi. Natijada, fiderni ketma-ket ulangan rezonator katta qarshilikka ega bo'lganligi sababli, fiderning tashqi o'tkazgichida hosil bo'lgan EYuK simmetrik vibrator atrofida tok hosil bo'lishiga yo'l qo'ymaydi. Antenna rezonans chastotadan farqli chastotalarda ishlaganda simmetriyalovchi qurilma vibratorning bitta yelkasini cheklangan kattalikdagi reaktiv qarshilik bilan shuntlashni boshlaydi natijada vibrator yelkalarining simmetrik ta'minoti buziladi.



7.2- rasm. Simmetriyalovchi qurilma turlari

Fiderni kiydirilgan metall naycha (stakan) diapazonlik xususiyatiga ega bo'lmagan simmetriyalovchi qurilma bo'lib, uning

diapazonlik xususiyatlarini oshirish uchun silindr uzunligi qisqartiriladi hamda yuqori induktiv qarshilikka ega bo'lishi uchun ichki ferrit bilan to'ldiriladi.

Shuningdek, simmetriyalovchi qurilmaning egiluvchan koaksial fider uchiga toroidal ferrit o'zak o'raladi yoki kiydirilgan konstruksiyalari ham mavjud (7.2, v- rasm).

7.3. Simmetriyalovchi qo'shimcha qurilma - "pristavka"

Ushbu qurilma uzunligi $0,25\lambda$ yoki $0,75\lambda$ bo'lgan metall naychadan iborat bo'lgan ikki o'tkazgichli simmetrik liniyadan yasaladi (7.2, g - rasm). Liniyaning bir uchi qisqa tutashtirilgan, ikkinchisiga esa simmetrik antenna yuklangan (masalan, yarim to'liqli vibratorga). Qo'shimcha qurilmaning antennaga ulanish nuqtasidagi qarshiligi rezonans chastotada juda yuqori ($Z = iWfkl = \infty$) va uning shuntlovchi ta'sirini e'tiborga olmasa ham bo'ladi. Qurilmaning kuchlanish tuguni va qisqa tutashuv (0 nuqta) joyidagi tok dastasi orasida turg'un to'liq hosil bo'ladi. Koaksial liniya pristavka nol potentsial nuqtasidagi naychalardan biriga ulanadi va pristavkaning antennaga ulangan tomoniga birlashtiriladi: tashqi o'tkazgich o'zi joylashtirilgan naychaga, markaziy o'tkazgich esa ikkinchi naychaga ulanadi. Shu bilan fiderning antenna effekti bartaraf etiladi. Moslashgan ish rejimi uchun $R_a = W_f$ bo'lishi zarur.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Ultra qisqa to'liqli diapazonida ishlovchi vibratorli antennalarni qo'zg'atish qanday amalga oshiriladi?
2. Fiderni vibratorga ulash tartibi va shartlari haqida ma'lumot bering.
3. Fiderning to'liqli qarshiligi deganda nimani tushunasiz?
4. Antenna-fider traktida nima uchun yugurma to'liqli rejimiga yaqin bo'lgan rejimni hosil qilish talab etiladi?
5. "Antenna effekti" deb nimaga aytiladi?
6. Simmetriyalovchi qurilmalar va ularning vazifalari haqida ma'lumot bering.
7. U – tizza optimal turdagi simmetriyalovchi qurilmaning konstruktiv tuzilishini tushuntiring.

8. Chorak to'liqlik "stakan" turidagi simmetriyalovchi qurilmaning konstruktiv tuzilishini tushuntiring.
9. Simmetriyalovchi qo'shimcha qurilma - "pristavka" simmetriyalovchi qurilmaning konstruktiv tuzilishini tushuntiring.
10. Keltirilgan simmetriyalovchi qurilmalarning ish rejimlarini tahlil qilgan holda, xulosa qiling.

VIII BOB. ANTENNA PANJARALARINING O'TKIR YO'NALTIRILGAN NURLANISHI

8.1. Antenna panjara turlari

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 barcha tushuniladi. Bu antenaning o'tkir yo'nalgan nurlanishga ega ekanligidan darak beradi. Ya'ni, antenna yuqori yo'nalganlikka yoki katta KK ga ega bo'ladi.

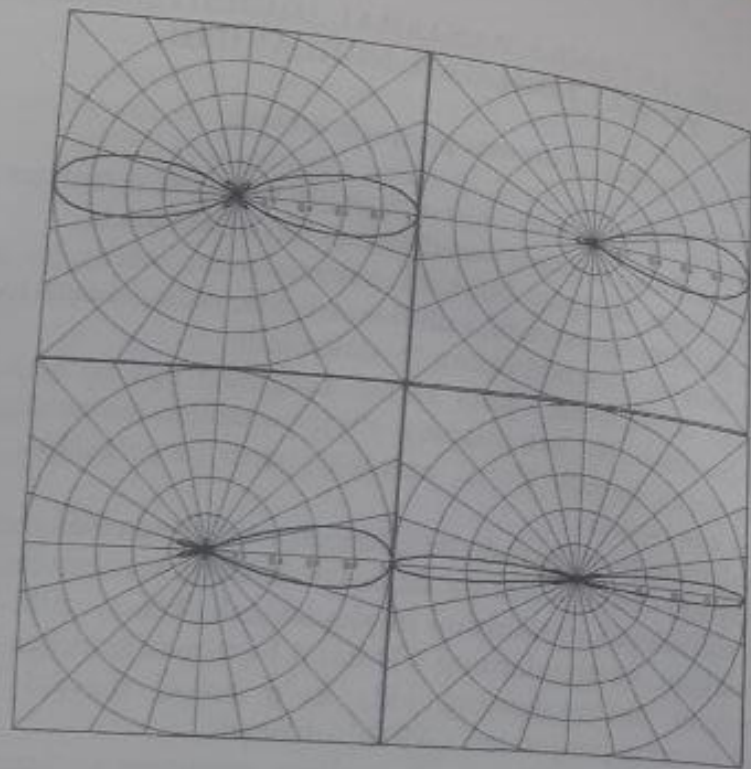
Yo'nalgan antenna fazoda belgilangan yo'nalishda elektromagnit maydon energiyasini tor dasta ko'rinishida konsentratsiyalab, boshqa yo'nalishlarda nurlanishni minimumgacha kamaytirishi lozim. O'tkir yo'nalgan antennalarning YD lari 8.1- rasmda keltirilgan.

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 bilan qo'zg'atiladigan, fazoda belgilangan tartibda joylashtirilgan elementlar tizimini mujassamlashtiradi.

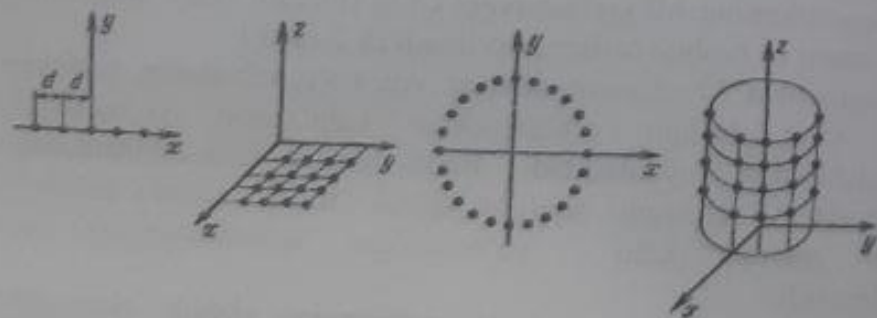
Elementlarning AP joylashuviga ko'ra chiziqli, yassi, halqasimon, silindrsimon va boshqa turlarga bo'linadi (8.2-rasm).

Amaliyotda AP elementi sifatida eng ko'p: vibratorlar, tirqishlar, oxiri ochiq to'liqlik o'tkazgichlar kabi sust yo'naltirilgan nurlatgichlardan foydalaniladi. Ba'zi simsiz telekommunikatsiya tizimlarida AP elementi sifatida: spiral, "to'liqlik kanalli antenna", rutorli antenna kabi yo'naltirilgan nurlatgichlardan ham foydalaniladi.

AP ning asosiy ish prinsipi panjaraning alohida elementlari tomonidan hosil qilingan elektromagnit maydonlarni belgilangan yo'nalishda (asosiy) sinfaz tarzda qo'shilishiga asoslanadi. Natijada, boshqa yo'nalishdagi nurlatishni kamayishi hisobiga, berilgan yo'nalishdagi maydon kuchlanganligining ortishi kuzatiladi.



8.1- rasm. O'rtkir yo'nalgan yo'nalganlik diagrammalarining turlari



8.2- rasm. Antenna panjara turlari

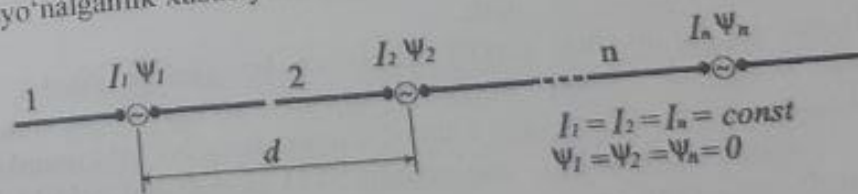
Tizimdagi elementlarni qo'zg'atish usuliga ko'ra AP: sinfaz, nosinfaz (fazalangan), teng amplitudali, teng bo'lmagan amplitudali turlarga bo'linadi.

Elementlarning joylashuviga ko'ra AP: ekvidistant va noekvidistant turlarga bo'linadi.
 Sinfaz AP deb, elementlari bir xil fazali tok bilan qo'zg'atiladigan panjaraga aytildi.
 Nosinfaz AP deb, elementlari har xil fazalari elementdan elementga o'zgarimas qiymat bilan siljishi yoki har xil qiymatlarga ega bo'lishi mumkin.

Teng amplitudali AP deb, elementlari bir xil amplitudali toklar bilan qo'zg'atiladigan panjaraga aytildi.
 Teng bo'lmagan amplitudali AP deb, elementlari har xil amplitudali toklar bilan qo'zg'atiladigan panjaraga aytildi.
 Ekvidistant AP deb, elementlari bir-biridan bir xil masofa uzoqlikda joylashgan panjaraga aytildi.
 Nokvidistant AP deb, elementlari bir-biridan har xil masofa uzoqlikda joylashgan panjaraga aytildi.

8.2. Ko'ndalang nurlatuvchi antenna panjaralari

Chiziqli AP deb, bir xil turdagi elementlardan tashkil topgan, manbalari va yelkalari bitta to'g'ri chiziq bo'ylab joylashgan nurlatuvchi tizimga aytildi. Keling n-ta sust yo'naltirilgan nurlatgichlardan tashkil topgan sinfaz, teng amplitudali, ekvidistant AP yo'nalganlik xususiyatlarini ko'rib chiqamiz (6.3- rasm).



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

Agar antenna panjarasi bir xil masofa uzoqlikda joylashgan, bir turdagi o'xshash elementlardan tashkil topgan bo'lsa, bu nurlatuvchi tizimning YX bitta elementning yo'nalganlik xarakteristikasini $(f_1(\theta, \varphi))$ tizim ko'paytuvchisiga $(f_1(\theta, \varphi))$ ko'paytmasi orqali ifodalash mumkin (8.1). Hosil

qilingan ifoda *qayta ko'paytirish teoremasi* deb ataladi va quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$f(\theta, \varphi) = f_1(\theta, \varphi) f_2(\theta, \varphi), \quad (8.1)$$

bunda $f_1(\theta, \varphi)$ – bitta elementning YX; $f_2(\theta, \varphi)$ – tizim ko'paytuvchisi. Ifodadagi tizim ko'paytuvchisi esa 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:

E- meridional tekislikda

$$f(\theta) = \frac{\cos(kl \sin \theta) - \cos kl}{\cos \theta} \frac{\sin(0,5nkd \sin \theta)}{\sin(0,5kd \sin \theta)} \quad (8.2)$$

H- ekvatorial tekislikda

$$f(\varphi) = (1 - \cos kl) \frac{\sin(0,5nkd \sin \varphi)}{\sin(0,5kd \sin \varphi)} \quad (8.3)$$

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

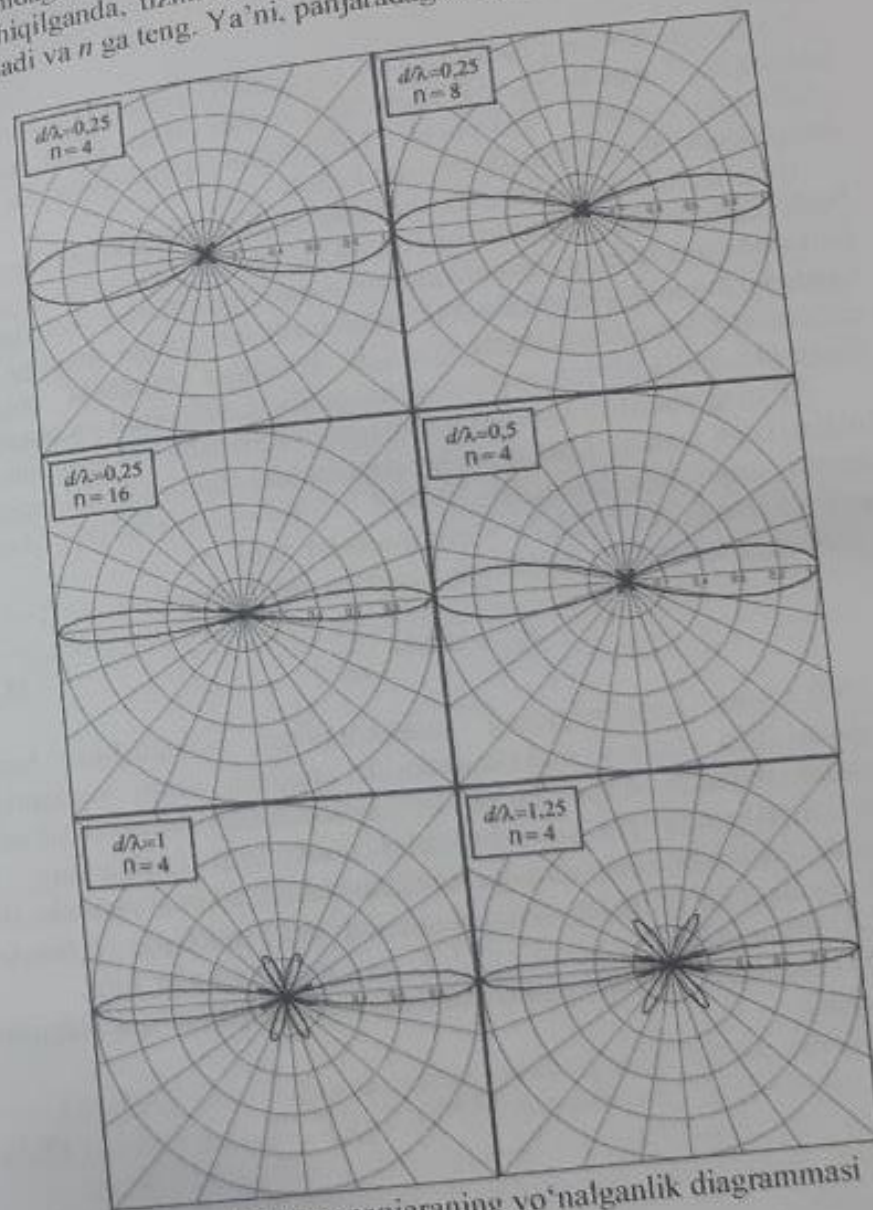
Vibratorlar soni ortishi bilan tizim ko'paytuvchisi burchak θ o'zgarishiga mos holda ko'paytuvchi $f_1(\theta)$ ga nisbatan tezroq o'zgarishni boshlaydi. Sababi, $nkd/2$ kattalik kl ga nisbatan sezilarli darajada katta. Shuning uchun panjaraning YX asosan tizim ko'paytuvchisi orqali ifodalanadi.

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'rindiki, panjaraning YD meridional tekislikda ko'p bargli xarakterga ega.

Nurlatayotgan AP ning maydon kuchlanganligi $\theta=0^\circ$ va $\theta=180^\circ$ yo'nalishlarda maksimumga ega bo'ladi, ya'ni YD o'qiga 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 va n ga teng. Ya'ni, panjaradagi vibratorlar soniga bog'liq.



8.4- rasm. Antenna panjaraning yo'nalganlik diagrammasi

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

Chiziqli AN ning ba'zi n va d/λ qiymatlari uchun YD 8.4- rasmda keltirilgan. Unga ko'ra, AP elementlar sonini ortishi (ya'ni, panjara o'lchamini ortishi) YD bosh bargchasini torayishiga va yon bargchalarning 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 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, $(0,5nkd)\sin\theta_0 = N$, bunda $\sin\theta_0 = N\lambda/(nd)$, $N=1,2,3, \dots$ - minimumlar soni.

Shunga ko'ra, YD nollari quyidagicha aniqlanadi

$$\theta_{0N} = \arcsin\left(\frac{N\lambda}{nd}\right). \quad (8.4)$$

YD yon bargchalarning maksimumlari yo'nalishini tizim ko'paytuvchisi suratini maksimumlarini aniqlash sharti yordamida hisoblash mumkin. Unga ko'ra, ko'paytuvchining surati $kd \ll nkd$ shart bajarilganda (ya'ni, vibratorlar soni ko'p bo'lganda) θ burchak o'zgarishi bilan suratiga nisbatan ancha sekin o'zgaradi. Bu shart quyidagi ko'rinishida ifodalanadi: $\sin[(nkd/2)\sin\theta_{max}] = \pm 1$, bunda, $(nkd/2)\sin\theta_{max} = (2N+1)\pi/2$, $N=1,2,3, \dots$ - maksimumlar soni.

YD yon bargchalari maksimumlarini yo'nalishini quyidagicha aniqlaymiz

$$\theta_{maxN} = \arcsin\left[\frac{(2N+1)\lambda}{2nd}\right] \quad (8.5)$$

Bosh bargchaning nol nurlanish bo'yicha kengligini aniqlash tenglamasi:

$$2\theta_0 \approx 115^\circ \frac{\lambda}{nd} \quad (8.6)$$

Uning yarim quvvat bo'yicha kengligi esa, quyidagiga teng (8.7)

$$2\theta_{0,5} \approx 51^\circ \frac{\lambda}{nd}$$

Yon bargchalar sathini aniqlash tenglamasi (8.8)

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

bunda, N - yon bargchalar soni.

Hisoblashlarga ko'ra AP YD birinchi yon bargchasining sathi taxminan 2,14 ga, 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

$$f(\theta) = \frac{\cos(kl \sin \theta) - \cos kl}{\cos \theta} \frac{\sin(0,5nkd \sin \theta - \psi)}{\sin(0,5kd \sin \theta - \psi)} \quad (8.9)$$

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

$$\theta_{max\psi} = \arcsin \frac{\psi \lambda}{2\pi d} \quad (8.10)$$

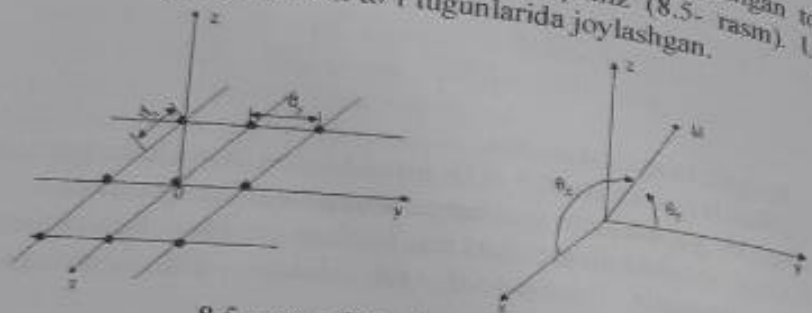
Shu tariqa, AP elementlarini qo'zg'atuvchi tok fazalarining chiziqli o'zgarish qonuni uning maksimal nurlatish yo'nalishining o'zgarishiga olib keladi. Bunda YD bosh bargchasi qo'zg'atuvchi tok fazasining kechikkan tomoniga og'adi.

8.3. 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 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 (8.5- rasm). Uning elementlari to'g'ri burchakli to'r tugunlarida joylashgan.



8.5- 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 (8.2) ga mos tarzda quyidagi ko'rinishda ifodalash mumkin

$$f(\theta_x) = \frac{\sin(0,5n_x kd_x \sin \theta_x)}{\sin(0,5kd_x \sin \theta_x)} \quad (8.11)$$

Agar yassi AP har bir ustunini xususiy YD ega bo'lgan, yakka gipotetik nurlatgich bilan ekvivalent tarzda alishtirsak, (8.11) ifodaga mos keladigan faqat oy o'qi bo'yicha joylashtirilgan chiziqli panjaraga ega bo'lamiz

$$f(\theta_x) = \frac{\sin(0,5n_x kd_x \sin \theta_x)}{\sin(0,5kd_x \sin \theta_x)} \quad (8.12)$$

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 yakuniy ushbu natijaviy ifodaga ega bo'lish mumkin

$$f(\theta, \varphi) = \frac{\sin(0,5n_x kd_x \sin \theta \cos \varphi)}{\sin(0,5kd_x \sin \theta \cos \varphi)} \frac{\sin(0,5n_y kd_y \sin \theta \sin \varphi)}{\sin(0,5kd_y \sin \theta \sin \varphi)} \quad (8.13)$$

Yuqoridagi (8.13) ifodadan ko'rinadiki, yassi AP ning asosiy xoz 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;
- 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, (8.13) ifoda quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi

$$f(\theta, \varphi) = \frac{\sin(0,5n_x kd_x \sin \theta \cos \varphi - \psi_x)}{\sin(0,5kd_x \sin \theta \cos \varphi - \psi_x)} \frac{\sin(0,5n_y kd_y \sin \theta \sin \varphi - \psi_y)}{\sin(0,5kd_y \sin \theta \sin \varphi - \psi_y)} \quad (8.14)$$

YD bosh barghalari yo'nalishini chiziqli AP mos keladigan ifoda yordamida aniqlash mumkin:

$$\cos(\theta_{x0}) = \frac{2m_x \pi}{kd_x} + \frac{\psi_x}{kd_x} \quad (8.15)$$

bunda $m_x = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

$$\cos(\theta_{y0}) = \frac{2m_y \pi}{kd_y} + \frac{\psi_y}{kd_y} \quad (8.16)$$

bunda $m_y = 0, \pm 1, \pm 2$.

Keltirilgan (8.15) va (8.16) tenglamalarga binoan, yassi AP bosh barghasi yo'nalishini qatorlardagi (ψ_y) va ustunlardagi (ψ_x) elementlarni qo'zg'atuvchi tok fazalarining qiymatlarini o'zgartirish orqali mustaqil boshqarish mumkin.

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

$$d_x < \frac{l}{1 + \cos \theta_{max}} \quad d_y < \frac{l}{1 + \cos \theta_{max}} \quad (8.17)$$

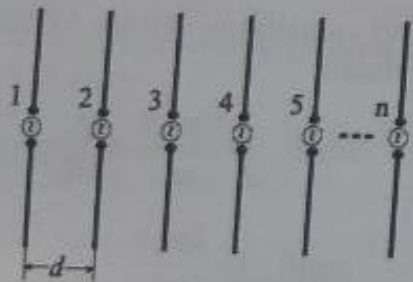
Muhim eslatma: yassi AP da nurlatuvchi element sifatida SV dan foydalanilganda ikkita bosh bargchaga ega bo'ladi (oldi va orqa yarim fazoda)!

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

8.4. O'qi bo'yicha nurlatuvchi antenna panjaralari

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

Chizikli, ekvidistant, elementlari bitta o'qda o'zaro parallel joylashtirilgan shunday tizimni ko'rib chiqamiz (8.6- rasm). Har bir vibrator maksimum maydonni ox o'q bo'ylab nurlatmoqda (bunda element sifatida SV foydalanilgan).



8.6- rasm. O'qi bo'yicha nurlatuvchi antenna panjarasi

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'nalgan xususiyatlarini uning o'lehamlari (uzunligi) va qo'zg'atish parametrlariga bog'liqligi bo'ladi.

Uning yechimi esa panjara elementlari toklari orasidagi o'q bo'yicha bir tomonlama maksimal samaradorlikdagi nurlanishni hosil qilish imkonini beruvchi faza siljishi bilan bog'liq. Bu shartni qanoatlaniruvchi panjara elementlaridagi tok fazasining siljishini (ψ) faza o'zgartiruvchi tizim yordamida hosil qilish mumkin, lekin bunda ta'minot sxemasi juda murakkablashib ketadi.

Vibratorlarni yugurma elektromagnit to'lqinlar yordamida qo'zg'atish usuli esa, bu o'rinda uning konstruksiyasini birmuncha soddalashtirishi mumkin. Bunda to'lqin panjara boshidan (birinchi vibrator) uning oxiriga tomon ma'lum faza tezligi bilan tarqaladi. Shu tariqa, birinchi vibrator oxiriga tomon elementdan - elementga siljuvchi to'lqinni qo'zg'alishini hosil qiladi.

Qo'zg'atish natijasida har keyingi vibrator o'zidan oldin joylashgan vibrator tok fazasi bo'yicha $\psi = \beta d$ kattalikka ortda qoladi. Bu yerda d – vibratorlar orasidagi masofa, $\beta = kc/v$ – faza koeffitsiyenti, k – to'lqin soni, c – yorug'lik tezligi, v – to'lqinning faza tezligi, c/v – sekinlatish koeffitsiyenti.

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

$$I_2 = I_1 \exp\left(-ikd \cdot \frac{c}{v}\right),$$

$$I_3 = I_2 \exp\left(-i2kd \cdot \frac{c}{v}\right),$$

$$\dots,$$

$$I_n = I_1 \exp\left[-ik(n-1)d\left(\frac{c}{v}\right)\right]. \quad (8.18)$$

Tizimdagi har keyingi vibrator o'zidan oldingisidan kechroq qo'zg'atiladi, 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

$$\psi_1 = \psi_n - \psi = kd \cos \theta - kd \frac{c}{v} = kd \left(\cos \theta - \frac{c}{v} \right) \quad (8.19)$$

Chekka vibrator maydonlari orasidagi faza siljishi esa:

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

$$f(\theta) = \frac{\cos(kl \sin \theta) - \cos kl}{\cos \theta} \cdot \frac{\sin \left[\frac{knd}{2} \left(\frac{c}{v} - \cos \theta \right) \right]}{\sin \left[\frac{kd}{2} \left(\frac{c}{v} - \cos \theta \right) \right]} \quad (8.21)$$

SV ekvatorial (azimutal) tekislikda yo'nalganlik xususiyatiga ega bo'lganligi sababli (H tekislik), AP bu tekislikdagi YX quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$f(\varphi) = (1 - \cos kl) \cdot \frac{\sin \left[\frac{knd}{2} \left(\frac{c}{v} - \cos \varphi \right) \right]}{\sin \left[\frac{kd}{2} \left(\frac{c}{v} - \cos \varphi \right) \right]} \quad (8.22)$$

Yuqorida keltirilgan (8.22) ifodadan ko'rinadiki, H tekislikdagi YX faqat tizim ko'paytuvchisi $f_1(\varphi)$ orqali aniqlanadi. AP ning E tekislikdagi YX esa, panjaradagi bitta elementning yo'nalganlik xususiyatiga ham bog'liq, lekin asosan tizim ko'paytuvchisi $f_1(\varphi)$ orqali ifodalanadi. Shu sababli, o'qi bo'yicha aynan tizim yo'nalganlik xususiyatlari tahlil qilinganda tizim ko'paytuvchisiga ko'proq e'tibor qaratish talab etiladi.

Ushbu antenna maydon maksimumini o'z o'qi bo'ylab nurlatganligi uchun "o'qi bo'yicha nurlatuvchi antenna panjarasi" degan nomni olgan.

Shuningdek, ushbu panjaradagi yakuniy maydon birinchi elementdan keyingi elementga uzatilish hisobiga shakllanganligi sababli "yugurma to'lqin 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);

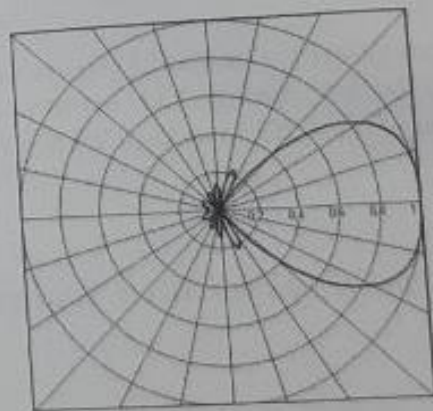
2) $v>c$; $c/v<1$ (tez to'lqin);

3) $v<c$; $c/v>1$ (sekin to'lqin).

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

$$f(\theta) = \frac{\sin \left[\frac{knd}{2} (1 - \cos \theta) \right]}{\sin \left[\frac{kd}{2} (1 - \cos \theta) \right]} \quad (8.23)$$

YD esa 8.7- rasmdagi ko'rinishga ega bo'ladi.



8.7- rasm. Antenna panjarasining erkin fazo to'lqini rejimidagi yo'nalganlik diagrammasi

Panjaraning YD birinchi yon barchasining sathi $\xi_1 = 0,214$ ga teng bo'lib, ko'ndalang nurlatuvchi chizikli sinfaz AP kabi aniqlanadi (8.2 bo'limga qarang).

YD bosh barghasining to'liq quvvat bo'yicha kengligi ($2L$ ning kichik qiymatlarida, bunda $L=(n-1)d$ – panjara uzunligi) quyidagicha aniqlanadi:

$$2\theta_0 = 2\sqrt{\frac{2\lambda}{L}} \approx 162^\circ \sqrt{\frac{\lambda}{L}} \quad (8.24)$$

YD bosh barghasining to'liq quvvat bo'yicha kengligi esa, taxminan quyidagiga teng bo'ladi

$$2\theta_{0,5} \approx 108^\circ \sqrt{\frac{\lambda}{L}} \quad (8.25)$$

YuTA ni sinfaz teng amplitudali AP bilan taqqoslanganda garchi YuTA hosil qilgan YD o'lchamlari bir xil bo'lgan 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 asimmetrik deb hisoblash mumkin. Bunda uning $L/\lambda > 1$ bo'lgandagi YTK ni quyidagi formula bilan aniqlanadi

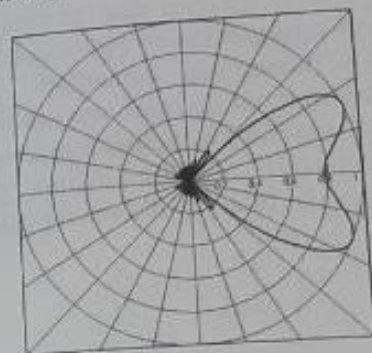
$$D \approx 4L/\lambda \quad (8.26)$$

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

$$f_c(\theta) = \frac{\sin\left[\frac{kL}{2}\left(\frac{c}{v} - \cos\theta\right)\right]}{\frac{kL}{2}\left(\frac{c}{v} - \cos\theta\right)} \quad (8.27)$$

Keltirilgan (8.27) munosabatdan ko'rinadiki, $\cos\theta=c/v$ sharti burchakning faqat ikkita qiymatida: $\theta=\pm\theta_{max}$ bajariladi. Shuning uchun, YD da antenna o'qi bilan mos kelmaydigan ikkita maksimum kuzatiladi (8.8- rasm). Bu ish rejimi antannaning 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.



8.8- rasm. Tez to'lqin rejimidagi antenna panjaraning yo'nalganlik diagrammasi

Antannaning alohida element maydonlari sinfaz tarzda ustma-ust tushuvchi *sekin to'lqin* 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 $\theta=0^\circ$ yo'nalishdagina hosil bo'ladi. Ya'ni, antenna o'qi bo'ylab. Ushbu holatda faqat $\theta=0^\circ$ yo'nalishida yotuvchi alohida element maydonlarigina kuzatuv nuqtasida geometrik tarzda ustma-ust tushadi.

Keltirilgan (8.28) munosabatning tahliliga ko'ra, $v=c$ dan boshlab faza tezligi kamayishini, YD bosh barghasi torayishini va yon bargchalar sonini ortishini ko'rish mumkin. Burchak $\theta=0^\circ$ 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.

$$\left(\frac{c}{v}\right)_{sp} = 1 + \frac{\lambda}{nd} = 1 + \frac{\lambda}{L} \quad (8.28)$$

Antenna YD dagi bosh bargchani torayishi YTK ortishiga, yon bargchalar sathini ortishi esa, uning kamayishiga olib keladi. Berilgan c/v munosabatning $c/v=1$ dan boshlab oshirilishi natijasida YD torayishi hisobiga YTK qiymati dastlab ortib boradi, lekin c/v ning ma'lum qiymatiga erishgandan so'ng, yon bargchalar sathining ortishi hisobiga YTK kamayishi kuzatiladi. Shu sababli, c/v munosabatning shunday optimal qiymati mavjud bo'lib (antennaning berilgan L uzunligida), unda YTK maksimumga erishadi.

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

$$\left(\frac{c}{v}\right)_{opt} = 1 + \frac{\lambda}{2L} \quad (8.29)$$

Berilgan faza tezligidagi antennaning optimal uzunligi esa quyidagicha aniqlanadi

$$\left(\frac{L}{\lambda}\right)_{opt} = \frac{1}{2\left(\frac{c}{v}-1\right)}. \quad (8.30)$$

Yuqoridagi (8.30) ifodadan ko'rinadiki, antennaning optimal uzunligi faza tezligi ortishi bilan ortadi. $\psi_n = \psi_{opt}$ bo'lganda, YTK quyidagiga teng bo'ladi

$$D_{max} \approx (1,8...2)D_0 = (7...8)\frac{L}{\lambda} \quad (8.31)$$

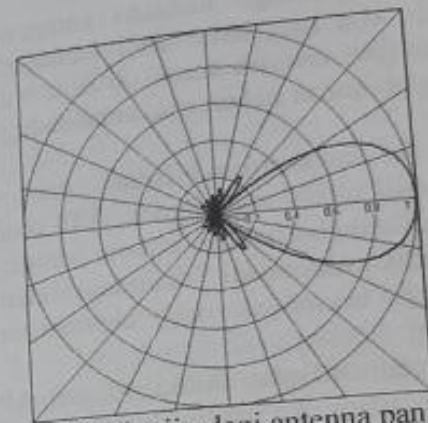
Bunda $D_0 - s/v=1$ bo'lgandagi berilgan yugurma to'lqin antenasining YTK.

Kamaytirilgan faza tezligiga ega bo'lgan optimal uzunlikdagi YuTA ning YD 8.9-rasmda keltirilgan.

O'q bo'yicha nurlatuvchi AP ning ($\theta = 0^\circ$) qabul nuqtasidagi maydon kuchlanganligi tizimdagi birinchi va oxirgi chekka element maydonlari orasidagi faza siljishi 180° ga teng bo'lganda maksimumga ega bo'ladi. Ya'ni, maydonlar (birinchi va oxirgi) qarama-qarshi fazada bo'lishi kerak.

Shunga ko'ra maksimal YTK aniqlash sharti hosil qilinadi

$$\psi_{n_{opt}} = kL\left(\frac{c}{v}-1\right) = \pi, \quad (8.32)$$



8.9-rasm. Optimal rejimdagi antenna panjaraning YD

Optimal rejimda ishlovchi antenna panjara YD bosh bargchasining to'liq quvvat bo'yicha kengligi quyidagiga teng

$$2\theta_0 \approx 2\sqrt{\frac{\lambda}{L}} \approx 115^\circ \sqrt{\frac{\lambda}{L}}. \quad (8.33)$$

Aniqlangan (8.33) munosabatni (8.24) bilan taqqoslasak, YuTA ning optimal rejimdagi YD, shu o'lchamdagi antennaning $c/v=1$ 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

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

ifodalash mumkin
(8.34)

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 uzunligi saqlab qolish uchun esa, antennadagi to'lqin fazasini oshirish talab etiladi.

Asosiy xulosalar:

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

- AP yo'nalganlik xususiyati tizimdagi elementlar soniga, elementlar orasidagi masofaga va elementlarni qo'zg'atish parametrlariga bog'liq;

- bir xil turdagi elementlardan tashkil topgan AP ning YX bitta elementning YX ni tizim ko'paytuvchisiga ko'paytmasi orqali aniqlanadi;

- AP ning natijaviy YD asosan (agar tizim sust yo'nalgan elementlardan tashkil topgan bo'lsa) tizim ko'paytuvchisiga bog'liq bo'ladi;

- SV lardan tashkil topgan chiziqli AP faqat meridional tekislikdagina (E vektor tekisligida) yo'nalganlik xususiyatiga ega bo'ladi, ekvatorial tekislikda (N vektor tekisligida) esa yo'nalganlik xususiyatiga ega emas;

- SV lardan tashkil topgan chiziqli AP, panjara o'qiga perpendikulyar joylashgan ikkita bosh bargchaga ega bo'ladi (elementlarni sinfaz qo'zg'atish sharti bajarilganda);

- panjara elementlarini qo'zg'atuvchi 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 o'rnatish talab etiladi;

- yassi AP har ikkala tekislik bo'yicha tor YD hosil qiladi;

- SV lardan tashkil topgan yassi AP, panjara polotnosiga perpendikulyar yo'nalishda ikkita bosh bargchani hosil qiladi (elementlarni sinfaz qo'zg'atish sharti bajarilganda);

- panjara elementlarini ta'minlovchi tok fazalarini o'zgartirish orqali, YD bosh bargchasini boshqarish mumkin;

- SV lardan tashkil topgan yassi AP da bir taraflama nurlatishni hosil qilish uchun, polotnning orqa tarafiga reflektor o'rnatish talab etiladi;

- bo'ylama (o'qi bo'yicha) nurlatuvchi AP, bosh bargchasi o'qi bo'yicha yo'nalgan YD hosil qiladi;

- panjara o'qi bo'yicha bir taraflama nurlatishi uchun, uning elementlarini qo'zg'atuvchi tok fazalari o'rtasida ma'lum taqsimotni hosil qilish talab etiladi.

- bo'ylama nurlatuvchi AP larida uchta ish rejimini o'rnatish mumkin: erkin fazo to'lqini rejimi, sekin to'lqin rejimi, tez to'lqin rejimi;

- bo'ylama nurlatuvchi AP larda asosiy yo'nalish bo'yicha maksimal nurlatish, birinchi va oxirgi element tok fazalari orasida 180 gradusga teng bo'lgan farq yuzaga kelgandagina kuzatiladi;

- bo'ylama nurlatuvchi AP da uning berilgan optimal uzunligida ta'minlovchi faza tezligi

- bo'ylama nurlatuvchi AP ning YTK, panjaraning berilgan uzunligida uning uchun optimal bo'lgan faza tezligini ta'minlab beruvchi sekin to'lqin rejimida maksimumga ega bo'ladi.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Antenna panjarasi haqida tushuncha bering.
2. Ekvidistant amplitudasi teng taqsimlangan AP deb nimaga aytiladi?
3. Ko'ndalang nurlatuvchi antenna panjarasining ishlash prinsipini taxlil qiling.
4. Sinfaz panjara qanday tuzilishga ega?
5. Sinfaz panjaraning YD tahlil qiling.
6. Sinfaz panjaraning yon bargchalari sathini kamaytirish usullari.
7. O'q bo'yicha nurlatuvchi antenna panjarasi qanday hosil qilinadi?
8. O'q bo'yicha nurlatuvchi panjara maydon vektorlarining qo'shilish diagrammalarini taxlil qiling.
9. Yugurma to'lqinli antenna deb qanday antennaga aytiladi?
10. $c/v = 1$, $c/v > 1$, $c/v < 1$, bo'lgan holatlar uchun YD keltiring.

IX BOB. QO'ZG'ATILGAN SIRTNING NURLATISHI

9.1. Qo'zg'atilgan sirtning xususiyatlari

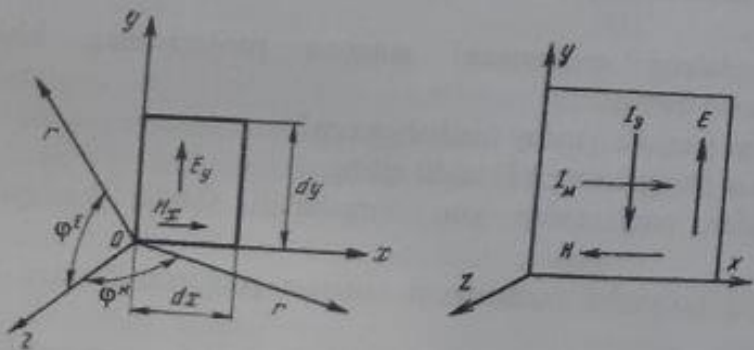
Tor YD o'zida nurlatuvchi yuzani mujassamlashtirgan antenna yordamida hosil qilish mumkin. Ya'ni, E va H vektorlarning tashkil etuvchilari o'zaro perpendikulyar joylashgan nurlatuvchi yuza - *apertura*.

Mohiyatiga ko'ra, apertura - antenna yoyilmasi bilan chegaralangan to'liq frontining bir qismi bo'lib, elektromagnit maydonni nurlatishda (yoki qabul qilishda) faol ishtirok etadi.

Aperturalar nurlatuvchi tirqishning va elektromagnit to'liqinni qaytaruvchi yoki sindiruvchi yuzaning tuzilishiga bog'liq holda turli xil shakllarda bo'lishi mumkin.

Qo'zg'atilgan yuza Gyuygens manbai deb nomlanuvchi elementar yuzalarning yig'indisi sifatida ko'rib 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 toklarning yig'indisini uzunligi *dy* va *dx*, toklari I_e va I_m teng bo'lgan o'zaro perpendikulyar elementar dipol sifatida qaraladi (9.1- rasm).



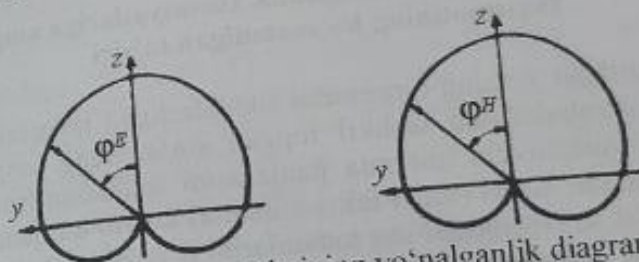
9.1- rasm. Gyuygens manbai

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:

$$E \text{ tekislikda: } F(\varphi^E) = (1 + \cos \varphi^E) / 2 \tag{9.1}$$

$$H \text{ tekislikda: } F(\varphi^H) = (1 + \cos \varphi^H) / 2 \tag{9.2}$$

O'z navbatida Gyuygens manbaining YD ham har ikkala tekislikda bir xil shaklga ega bo'ladi (9.2- rasm).



9.2- rasm. Gyuygens manbaining yo'nalganlik diagrammasi

Gyuygens manbaining amplitudali YD sust yo'nalganligi sababli, yassi nurlatish yuzasiga ega bo'lgan o'tkir yo'nalgan antenna hosil qilgan YD ning bosh bargchasi va birinchi yon bargchalarining shakliga umuman ta'sir ko'rsatmaydi. Shunga ko'ra, qo'zg'atilgan yuza hosil qilgan natijaviy YD bitta Gyuygens manbai emas, balki ko'rib chiqilayotgan sirtidagi barcha manbalar yig'indisining ko'rsatadigan ta'siri sifatida qaraladi.

Shunday qilib, qo'zg'atilgan sirtning cheksiz elementlardan tashkil topgan, orasidagi masofa nolga intiladigan ($d \rightarrow 0$), yassi ko'ndalang nurlatuvchi AP sifatida tasavvur etish mumkin.

Umuman olganda, qo'zg'atuvchi maydon amplitudasi ham, fazasi ham nurlatuvchi sirtning nuqta koordinatasi funksiyasi bo'lishi mumkin, ya'ni:

$$E_s = E_0 f(x, y) e^{i\varphi(x, y)} = E_s e^{i\varphi(x, y)} \tag{9.3}$$

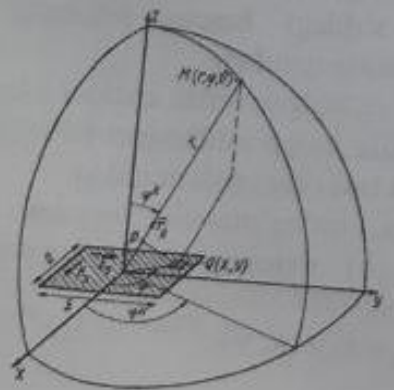
bunda, E_s – to'g'riburchakli qo'zg'olgan yuzaning nuqtasidagi qo'zg'atuvchi maydonning kompleks amplitudasi; E_0 – antenna markazidagi qo'zg'atuvchi maydon amplitudasi; $f(x, y)$ – qo'zg'atuvchi maydon amplitudasini koordinataga bog'liqlik funksiyasi (amplituda taqsimoti); $\psi(x, y)$ – qo'zg'atuvchi maydon fazasini nurlatuvchi sirt nuqtasi koordinatasiga bog'liqlik funksiyasi (faza taqsimoti). Aksariyat hollarda amplituda va faza taqsimoti faqat bitta koordinata funksiyasi bo'ladi.

Nurlatuvchi sirt turidagi antennalardan santimetrli to'liq diapazonda keng qo'llaniladi (masalan: oxiri ochiq to'liq o'tkazgich ko'rinishidagi antenna, ruporli, linzasimon, ko'zguli antenna va boshqalar).

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

Qo'zg'atilgan sirtning birmuncha soddalashgan holatini, o'zida Gyuygens manbalaridan tashkil topgan sinfaz teng amplitudali ko'ndalang nurlatuvchi antenna panjarasini mujassamlantiruvchi ideal nurlatuvchi sirtni (ideal tekis antenna) ko'rib chiqamiz (9.3-rasm). To'g'ri to'rtburchakli 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, bunda Ye va N vektorlarning tangensial tashkil etuvchilari xar bir nuqtada bir xil yo'nalishga, amplituda va fazaga ega, ya'ni koordinataga bog'liq emas.



9.3-rasm. Ideal nurlatuvchi sirt

Ideal tekis antennaning E tekislikdagi (yoz tekislik) yo'nalganlik xarakteristikasi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$f(\varphi^E) = (1 + \cos \varphi^E) \frac{\sin[(kb/2) \sin \varphi^E]}{(kb/2) \sin \varphi^E} \quad (9.4)$$

H tekislik (xoz tekislik) uchun esa:

$$f(\varphi^H) = (1 + \cos \varphi^H) \frac{\sin[(ka/2) \sin \varphi^H]}{(ka/2) \sin \varphi^H} \quad (9.5)$$

Yuqoridagi (9.4) va (9.5) lardan ko'rinadiki, ideal tekis antennaning har ikkala tekislikdagi YX bir xil bo'lib ($a=b$ sharti bajarilganda), ikkita ko'paytuvchidan iborat bo'ladi.

Birinchi ko'paytuvchi $(1 + \cos \varphi)$ – nurlatuvchi sirt elementining (Gyuygens manbai) YX bo'lib, qo'zg'atilgan sirtning E va H tekisliklardagi bir tomonlama yo'nalganlik xususiyatlarini ifodalaydi.

Ikkinchi ko'paytuvchi $\frac{\sin[(ka/2) \sin \varphi]}{(ka/2) \sin \varphi}$ – tizim ko'paytiruvchisi bo'lib, ko'rib chiqilayotgan yuzada joylashgan barcha Gyuygens elementlarining yig'indisini ifodalaydi.

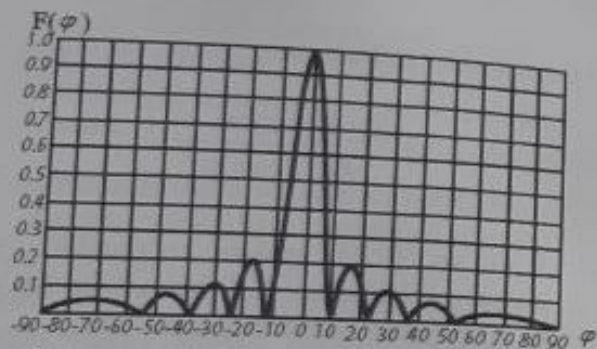
Keltirilgan (9.4), (9.5) formulalarni (9.1) va (9.2) formulalar bilan solishtirib, quyidagi xulosaga kelish mumkin: AP va qo'zg'atilgan sirt o'rtasida aniq o'xshashlik (analogiya) mavjud: qo'zg'atilgan sirtning YX ni bitta elementning YX ni panjara ko'paytuvchisiga ko'paytmasi orqali ifodalash mumkin.

Tizim ko'paytuvchisi φ^E va φ^H burchaklar o'zgarib, birinchi ko'paytuvchi $(1 + \cos \varphi)$ ga nisbatan tezroq o'zgaradi. Shuning uchun, ideal tekis antennaning yo'nalganlik xarakteristikasi 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

yo'nalganlik xarakteristikasi o'zaro mos tushadi. Shuning uchun ideal tekis antenna o'zining normali yo'nalishida maksimal intensivlikda nurlatadi.

Quyidagi 9.4- rasmdan ko'rinadiki, ideal nurlatuvchi sirtning YD ko'p bargli xarakterga ega. Bu esa, ushbu antennaning tizim ko'paytuvchisi sinfaz teng amplitudali AP ning ko'paytuvchisidan deyarli farq qilmasligini ko'rsatadi.



9.4- rasm. Ideal nurlatuvchi sirtning YD

Shunday qilib, bunday antennalarning YX (panjara elementlar orasidagi masofaning kichik qiymatlarida) antennaning bitta elementining yo'nalganlik xususiyatini ifodalovchi YX dan tizim ko'paytuvchisi bilangina farq qiladi.

Antenna panjaralarida bo'lgani kabi, nurlatish mavjud bo'lmagan yo'nalish (9.4), (9.5) ifodalarning suratini nolga tenglash orqali aniqlanadi:

$$\begin{aligned} (kb/2)\sin\varphi_0^E &= N\pi, \\ (ka/2)\sin\varphi_0^H &= N\pi, \end{aligned} \quad (9.6)$$

bunda $N=1,2,3, \dots$,
qayerda

$$\begin{aligned} \varphi_0^E &= \arcsin(N\lambda/b), \\ \varphi_0^H &= \arcsin(N\lambda/a). \end{aligned} \quad (9.7)$$

Agar $\lambda > a$ yoki $\lambda > b$ bo'lsa, nol bo'yicha nurlatish yo'nalishga ega bo'lmaydi. Antennaning nisbiy kengligi (a/λ yoki b/λ) qancha katta bo'lsa, yon bargchalar shuncha ko'p bo'ladi.

Nurlatuvchi sirtning katta o'lchamlarida ($a/\lambda \gg 1$ va $b/\lambda \gg 1$) ideal tekis antennaning nol bo'yicha nurlanish YD kengligi:

$$\begin{aligned} E \text{ tekislikda:} \quad 2\varphi_0^E &= 115^\circ \frac{\lambda}{b} \\ H \text{ tekislikda:} \quad 2\varphi_0^H &= 115^\circ \frac{\lambda}{a} \end{aligned} \quad (9.8)$$

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

$$\begin{aligned} E \text{ tekislikda:} \quad 2\varphi_{0,5}^E &= 51^\circ \frac{\lambda}{b} \\ H \text{ tekislikda} \quad 2\varphi_{0,5}^H &= 51^\circ \frac{\lambda}{a} \end{aligned} \quad (9.9)$$

Yuqoridagi (9.8), (9.9) bilan (9.7), (9.8) 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 antennaning YD mazkur tekislikda antennaning shu tekislikka parallel o'lchamlari qanchalik katta bo'lsa shunchalik tor bo'ladi. Mazkur tekislikda YD kengligi antennaning 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 bargchalarda esa taxminan 18% mujassamlashgan bo'ladi.

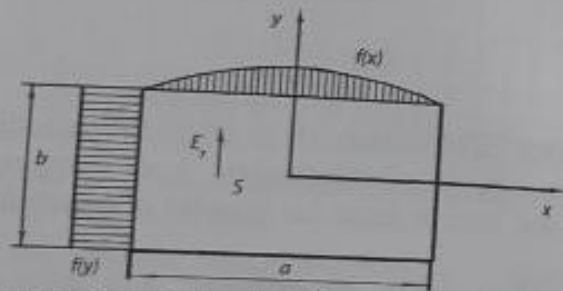
9.3. Yassi yoyilmaning yo'nalganlik xususiyatlariga amplituda taqsimotining ko'rsatadigan ta'siri

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 uchraydigani - ko'zguli-parabolik antenning 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 9.5- rasmda keltirilgan.

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



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

Berilgan ox bo'yicha esa maydon notekis taqsimlangan: o'rtasida maksimal, chekkalarida nolgacha kamayadi; maydon amplitudasining bu ko'rinishdagi notekis o'zgarish qonuni quyidagicha ifodalanadi

$$E_y = E_0 \cos\left(\frac{\pi x}{a}\right) \quad (9.10)$$

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

$$F(\varphi^H) = \frac{\pi^2}{8} (1 + \cos \varphi^H) \frac{\cos[(ka/2) \sin \varphi^H]}{(\pi/2)^2 - [(ka/2) \sin \varphi^H]^2} \quad (9.11)$$

Keltirilgan (9.11) ifodani (9.5) bilan taqqoslab, bu holatda ideal tekis antenning faqat tizim ko'paytuvchisi o'zgarganligini ko'rishimiz mumkin.

H tekislikdagi YD bosh bargchasining to'liq quvvat bo'yicha kengligi

$$2\varphi_0'' = 172^\circ \frac{\lambda}{a} \quad (9.12)$$

yarim quvvat bo'yicha kengligi

$$2\varphi_{0,5}'' = 67^\circ \frac{\lambda}{a} \quad (9.13)$$

formular yordamida aniqlanadi.

E tekislikdagi YD bosh bargchasining kengligi esa ideal yoyilmani 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 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).

Bunda, 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 chekkalari sohalaridagi maydon qiymati kichik bo'lgani uchun antenning natijaviy maydoni hosil qiladigan qiymatga deyarli ta'sir ko'rsatmaydi. Shu sababli, antenna chekkalaridagi qo'zg'atilgan maydon amplitudasining kamayishi, maydoni teng taqsimlangan amplituda bilan qo'zg'atilgan antenning 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 bunda YD ning bosh bargchasi kengayib ketadi.

9.4. Nurlatuvchi sirtning yo'naltirilgan ta'sir koeffitsiyenti

Ideal tekis antenna bo'lgan holatdagi YTK ifodasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi

$$D_0 = \frac{4\pi}{\lambda^2} S, \quad (9.14)$$

Demak, ideal tekis antenning YTK mazkur antenning yuzasi qanchalik katta bo'lsa va to'lqin uzunligi qanchalik kichik bo'lsa shuncha katta qiymatga erishadi. Antenning yuzasi o'zgarmas bo'lganda YTK to'lqin uzunligi kvadratiga teskari proporsional. Bundan ko'rinadiki, to'lqin uzunligini kamaytirish orqali katta YTK ega bo'lgan antenlarni yasash mumkin.

Istalgan taqsimotli qo'zg'atuvchi maydonli nurlatuvchi sirtning YTK ni ideal tekis antenning YTK orqali ifodalanganda

$$D = v D_0 = v \frac{4\pi}{\lambda^2} S, \quad (9.15)$$

ifoda keltirilgan D_0 - ideal tekis antenning YTK; $v = S_A / S$ - sirdan foydalanish koeffitsiyenti.

Sirdan foydalanish koeffitsiyentining (SFK) qiymati qo'zg'atuvchi maydonning amplituda va faza taqsimoti turiga bog'liq. Qo'zg'atuvchi maydon amplitudasi antenna chekkalariga borib qanchalik kamaysa, sirdan foydalanish koeffitsiyenti shunchalik kichik bo'ladi.

Kosinusoidal amplituda taqsimoti holatida SFK 0,81 ga teng bo'ladi va YTK quyidagicha aniqlanadi:

$$D = 0,81 \frac{4\pi}{\lambda^2} S = 0,81 D_0, \quad (9.16)$$

Chekkalariga borib kamayadigan amplituda taqsimotiga ega nurlatuvchi sirt YTK ning ideal nurlatuvchi sirdagiga nisbatan kichikligi quyidagicha tushuntiriladi. 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_e doim geometrik yuza S dan kichik bo'ladi:

$$S_e = D \frac{\lambda^2}{4\pi}, \quad (9.17)$$

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

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 antenaga aytiladi?
4. Ideal tekis antenning E va H tekisliklar uchun YX yozing va tahlil qiling.
5. Ideal tekis antenna nurlanishining nol va yarim quvvat bo'yicha bosh bargchasining kengligi nimaga bog'liq?
6. Nurlatuvchi sirt chekkalaridagi qo'zg'atilgan maydon amplitudasi qancha kam kamayishi antenning YD qanday ta'sir ko'rsatadi?
7. Kosinusoidal amplituda taqsimotda to'liq va yarim quvvat bo'yicha bosh bargchani kengligi qanday ko'rinishga ega bo'ladi?
8. Nurlatuvchi sirtning yo'naltirilgan ta'sir koeffitsiyenti ifodasi qaysi parametrlarga bog'liq?
9. Antenning ishchi (effektiv) yuzasi deb nimaga aytiladi?
10. Real antenning ishchi yuzasi deb nimaga aytiladi?

X BOB. APERTUR ANTENNALAR

10.1. Ruporli antennalar

Sodda tuzilishga ega bo'lgan antennalardan biri oxiri ochiq to'liqin o'tkazgich hisoblanadi. Ammo to'liqin o'tkazgich nurlatuvchi maydonining nisbiy o'lchamlarini kichikligi (a/λ , b/λ), sirt toklarini to'liqin o'tkazgichning tashqi devorlariga oqib kirishi, to'liqin o'tkazgichning turli qarshiliklari va o'rab turuvchi muhitda to'liqin o'tkazgich uchlaridan elektromagnit to'liqlarni qisman qaytishi keng YD hosil qiladi.

Yo'nalganlik diagrammasini toraytirish uchun esa nurlatuvchi maydon o'lchamlari katta bo'lishi kerak. Lekin biz to'liqin o'tkazgich o'lchamlarini o'z-o'zidan kattalashtira olmaymiz, aks holda yuqori darajali to'liqinlar hosil bo'ladi. Shu sababli to'liqin o'tkazgich o'lchamlarini rupor ko'rinishida tekis oshirish zarur. Bunda cho'zilgan chiziqlar har doim to'liqin o'tkazgichning keng devorlariga perpendikulyar joylashishi kerak.

E - sektorial rupor deb, elektr maydonning kuch chiziqlariga parallel ravishda tor devorlarining (b) o'lchamlarini uzaytirilishiga aytiladi (10.1, a-rasm).

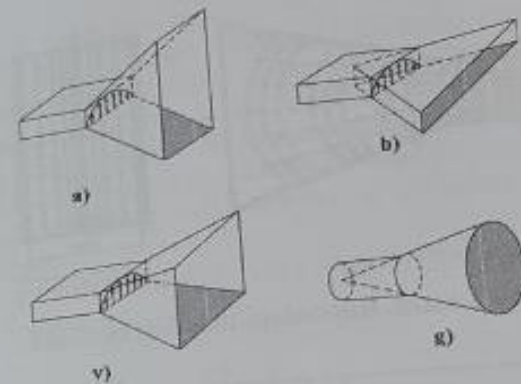
H - sektorial rupor deb, magnit maydon kuch chiziqlariga parallel ravishda keng devorlarining (a) o'lchamlarni uzaytirilishiga aytiladi (10.1, b-rasm).

Piramidasimon rupor - to'liqin o'tkazgichning tor va keng devorlarini uzaytirish hisobiga hosil qilinadi (10.1, v-rasm).

Konussimon rupor - doiraviy to'liqin o'tkazgichni radiusini uzaytirish hisobiga hosil qilinadi (10.1, g-rasm).

«H» - tekislikdagi rupor faqat H tekislik bo'yicha, «E» - tekislikdagi rupor faqat E tekislik bo'yicha, piramidasimon rupor esa har ikkala tekislik bo'yicha YD toraytiradi.

Ruporlardagi to'liqin fronti to'liqin o'tkazgichdagi singari bo'lmaydi. U sektorial ruporlarda silindr shakliga, konussimon va piramidasimon ruporlarda esa sferik ko'rinishga ega bo'ladi. Shu sababli rupor chekkalarida faza xatoliklari vujudga keladi.



10.1-rasm. Ruporli antenna turlari

Faza xatoliklarining maksimal qiymatini quyidagi formula yordamida hisoblash mumkin

H - sektorial uchun:

$$X_{\text{maks}} = a/2; \psi_{\text{maks}} = \pi a^2 / 4L_H \lambda \quad (10.1)$$

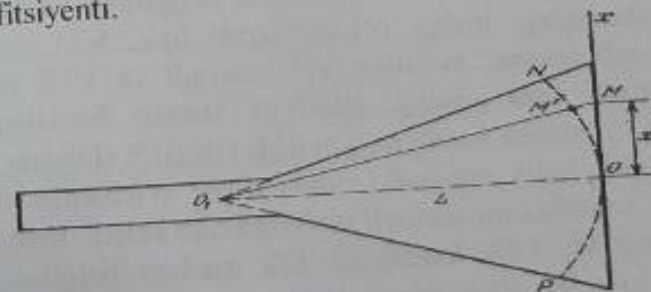
E - sektorial uchun:

$$X_{\text{maks}} = b/2; \psi_{\text{maks}} = \pi b^2 / 4L_E \lambda \quad (10.2)$$

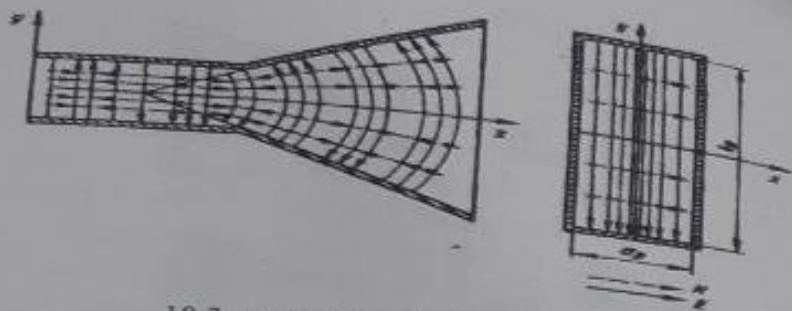
Optimal E - tekislikli (yoki N) ruporning YTK quyidagiga teng:

$$D = v * 4\pi S / \lambda^2 \quad (10.3)$$

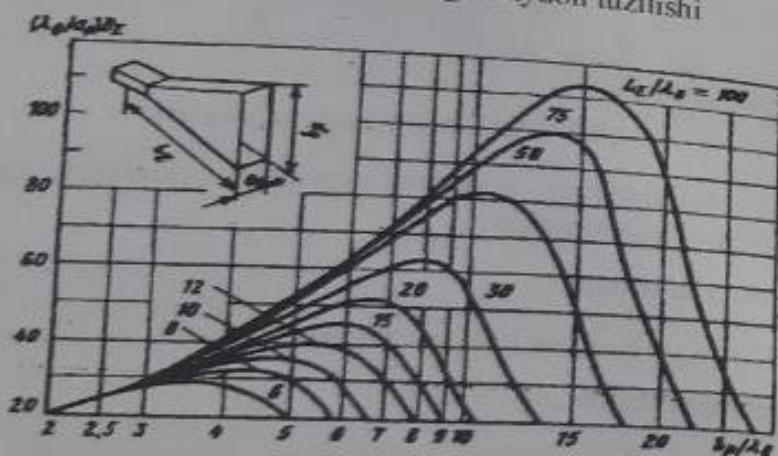
bunda, S - ruporning yoyilish yuzasi; v - sirdan foydalanish koeffitsiyenti.



10.2-rasm. Faza xatoliklarini aniqlash (MM^l- faza xatoligi)



10.3-rasm. Rupordagi maydon tuzilishi



10.4-rasm. YTK ni ruporning uzunligi va yoyilish sirti o'lchamlariga bog'liqlik grafifi

Maksimal faza siljishining ruxsat etilgan qiymati ruporning berilgan L/λ nisbiy uzunligidagi maksimal YTK hosil qilish sharti asosida ifodalanadi. Agar rupor YD uzunligini o'zgarimas saqlagan holda uning yoyilmasidagi nisbiy o'lchamlarini (a/λ , b/λ) asta-sekinlik bilan oshirib borsak, avvaliga YD torayadi va YTK ortib boradi. Bunga sabab, faza xatoligi hisobiga sirdan foydalanish koeffitsiyenti (SFK) v qancha kamaysa, yoyilish yuzasi S shuncha tez ortadi. Lekin shunday holat mavjudki, unda rupor o'lchamlarining keyingi ortishi faza xatoliklarini sezilarli ortishiga olib keladi, natijada YD kengayib boradi va YTK kamayadi. L/λ ma'lum belgilangan qiymati uchun a/λ yoki b/λ ning optimal o'lchamlari mavjud bo'lib, unda antenna eng tor YD va maksimal YTK ega bo'ladi.

Maksimal SFK ega bo'lgan rupor - optimal deb yuritiladi. Ruporning har bir uzunligi uchun yoyilishning optimal o'lchami mavjud. Optimal sektorial rupor uchun: $v=0.64$, piramidasimon rupor uchun: $v=0.52$, konussimon rupor uchun: $v=0.51$ ga teng. Ixtiyoriy ruporning uzunligi optimal ko'rsatkichlardan oshirilganda yoyilma maydoni sinfaz holatga yaqin keladi va koeffitsiyent v ham ortadi. Lekin bunga antenaning tashqi o'lchamlarini haddan ziyod oshirish evaziga erishiladi.

Ruporli antenna kvadratik faza taqsimotiga ega. Shunga ko'ra konussimon rupor uchun:

$$\Psi_{\max} = \pi R_0^2 / \lambda L \quad (10.8)$$

$$R \geq [(2R_0)^2 / 2, 4\lambda] - 0,15\lambda \quad (10.5)$$

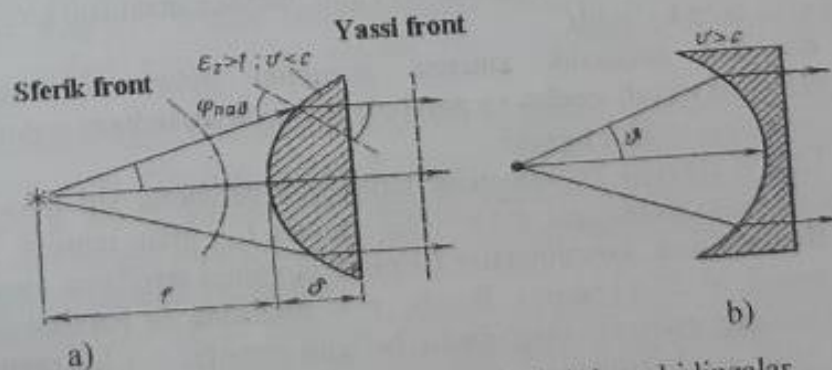
H (yoki E) tekislikdagi rupop uchun:

$$\Psi_{\max} = \pi a_p^2 / 4\lambda L_H \quad (10.6)$$

$$L_{Hopt} = a_p^2 / 3\lambda \quad (10.7)$$

bunda: a_r , (b_r) - ruporning tor va keng devorlari o'lchamlari; L - rupor uzunligi; R_0 - konus radiusi.

Rupordagi to'lqin frontini tenglashtirish uchun linzalardan foydalaniladi



10.5-rasm. Tezlatuvchi va sekinlashtiruvchi linzalar

Sekinlashtiruvchi linza - kam yo'qotishli dielektrlardan yasaladi (ftoroplast, polietilen). Linza qalinligi shunday tanlanadiki unda sinish koeffitsiyenti 1,3...1,5 oraliq'ida bo'lishi kerak. Linza qancha qalin bo'lsa, uzatish shuncha ko'p bo'ladi. Tezlatuvchi linzalarda faza tezligi yorug'lik tezligidan katta bo'ladi (10.5, a-rasm). Tezlatuvchi linzalar $0,6...0,7\lambda$ oraliq'ida joylashgan metall plastinkalaridan yasaladi. Tezlatuvchi linza yordamida doiraviy qutblangan signalni uzatish mumkin emas. Sekinlashtiruvchi linzalarning oraliq'ini kamaytirish maqsadida ularni sun'iy dielektrlardan yasaladi (10.5, b-rasm).

10.2. Parabolik antennalar

Parabolik antenna (ko'zguli yoki reflektorli) deb, birlamchi nurlatuvchi hosil qilgan yo'naltirilmagan elektromagnit to'lqinlarni o'tkir yo'nalgan to'lqinlarga aylantirib beruvchi qurilmaga aytiladi. Bu turdagi antennalar o'zining sodda tuzilishi, YTK ning katta qiymatlarini olish imkoniyati, yaxshi diapazonlik xususiyatlari va nisbatan qimmat bo'lmagan narxlar bilan e'tiborga loyiq. Antenna ko'zgusi yaxshi o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan materiallardan: alyuminiy va uning eritmasidan yoki qaytaruvchi metall sirt bilan qoplangan plastmassalardan tayyorlanadi. Korroziyani oldini olish maqsadida esa reflektorlar sirtiga bo'yoq beriladi. Ko'zguli antennalarning turli xillari mavjud: ko'zgu-ruporli, parabolik ko'zguli, sferik ko'zguli, yassi va burchak ko'zguli, maxsus shakldagi ko'zguli, ikki yoki ko'p ko'zguli.

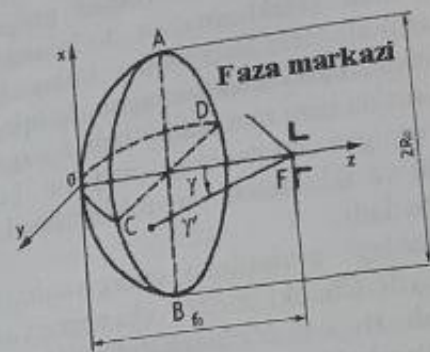
Ko'zguli parabolik antenna *parabola aylanmasi* shaklida tayyorlangan metall sirtidan va parabola fokusida joylashgan *antenna-nurlatgichdan* tashkil topgan.

To'g'ri chizikli koordinatalar tizimidagi parabolik sirt quyidagi tenglama bilan izohlanadi: $x^2 + y^2 = 4f_0z$, bunda, f_0 - fokus masofa.

Bu sirt sferik koordinatalar tizimida quyidagi tenglama asosida ifodalanadi: $r' = 2f_0/(1 + \cos\gamma)$. Bunda, r' - fokusdan to parabolaning ichki sirtidagi ixtiyoriy nuqtagacha bo'lgan masofa; γ - ko'zguning fokal o'qi va belgilangan nuqta yo'nalishlari orasidagi burchak (maydoniy burchak).

10.6- rasmda PA ning eskizi keltirilgan. Unda: F - ko'zgu fokusi bo'lib, u sferik to'lqinlarning nuqtaviy manbai hisoblanadi.

OF - oraliq fokus masofa deyiladi va f_0 bilan belgilanadi. $z = z_0$ bo'lganda, yarim tekis parabola egri chizig'i bilan chegaralanadi va ko'zguning yoyilishi deb nomlanadi.



10.6- rasm. Parabolik antenaning eskizi

CD - to'g'ri chiziq parabola yoyilish tekisligining kesimini hosil qiladi.

FAB - sinq chizig'i nurlatuvchidagi elektromagnit to'lqinning xususiy nuri yo'nalishini ko'rsatadi. Bizga analitik geometriya kursidan ma'lumki, bu yo'nalishning uzunligi parabola sirtidagi nuqtalarning holatiga bog'liq emas.

PA ning z - o'qiga perpendikulyar bo'lgan ixtiyoriy tekislik uning yoyilish tekisligi deb ataladi va qo'zg'atilgan sirtga sinfaz bo'ladi.

Shunday qilib, parabolik antenna nuqtaviy manbadagi sferik to'lqinni yassi to'lqinga aylantirib beradi. Real nurlatuvchi nuqtaviy bo'lmaydi. Biroq, nurlatuvchining faza markazi parabolaning fokusi bilan mos tushsa, parabola fokusida joylashgan nurlatuvchini nuqtaviy manba deb hisoblash mumkin.

Yuqoridagi 10.5- rasmda keltirilgan parabola aylanmasidagi ochilish tekisligi aylanma shaklga ega bo'lib, bu tekislik radiusi ko'zguning yoyilma radiusi deb ataladi (R_0). Radius ochilmasi va ko'zguning ochilish burchagi γ_0 bilan o'zaro quyidagi bog'liqlikda: $R_0 = 2f_0 \operatorname{tg}(\gamma_0/2)$.

Ko'zgu shakli $R_0/2f_0$ yoki ochilish burchagi γ_0 bilan xarakterlanadi. Agar $R_0/2f_0 < 1$ bo'lsa, ko'zgu *uzun fokusli* deyiladi. Agar $R_0/2f_0 > 1$ bo'lsa, ko'zgu *qisqa fokusli* deyiladi.

PA quyidagi xususiyatlarga ega: birlamchi nurlatgichdan elektromagnit to'lqinlar ko'zguna tushishi natijasida elektr sirt to'lqinlari hosil bo'ladi (elektromagnit to'lqinlarning ikkilamchi manbasi); bu toklar nafaqat ko'zguning birlamchi nurlatuvchiga qaratilgan ichki sirtida, balki elektromagnit to'lqinlari difraksiyasi tufayli uning tashqi sirtida ham mavjud bo'ladi; ko'zgu antenna hosil qilgan fazoning istalgan nuqtasidagi maydon kuchlanganligi – birlamchi nurlatuvchi va ikkilamchi sirt toklari hosil qilgan maydon yig'indisidan iborat bo'ladi.

Real nurlatgichlardagi nurlatilgan energiyaning barchasi ham ko'zguna yetib bormaydi. Chunki nurlatuvchi energiyaning bir qismi ko'zgudan o'tib ketadi. Bu esa o'z navbatida YD yon bargchalarini ortishiga olib keladi. Parabolik antennaning YTK ixtiyoriy nurlatuvchi sirtga o'xshash tarzda hisoblash mumkin:

$$D = v_{\text{nar}} \frac{4\pi}{\lambda^2} S \quad (10.8)$$

bunda, S - ko'zguning ochilish sirti; $v_{\text{nar}} = v\eta_1$ – ko'zgu antenna natijaviy SFK (sirdan foydalanish koeffitsiyenti); v – ochilmadagi faqat amplituda taqsimoti bilan ifodalanuvchi SFK; $\eta_1 = R_{\Sigma}/R_{\Sigma, \text{nar}}$ – ko'zgudan nurlatilgan quvvatning nurlatuvchidan nurlatilgan quvvatga nisbati.

PA ning kuchaytirish koeffitsiyenti G , yo'naltirilgan ta'sir koeffitsiyenti D va foydali ish koeffitsiyenti η_1 bilan bog'liq: $G = D\eta_1$, bunda $\eta_2 = R_{\Sigma}/R_{\text{nar}}$; R_{nar} - nurlatuvchiga berilgan quvvat.

Antennaning foydali ish koeffitsiyenti η_2 nurlatuvchidagi, nurlatgichni mahkamlovchi elementlaridagi, ko'zguning ichki sirtini qoplovchi bo'yoqdagi issiqlik energiyaning yo'qotishlarini hisobga oladi.

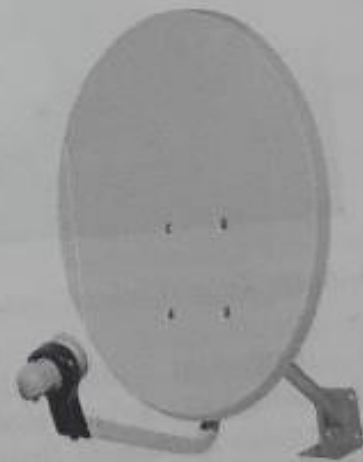
Ko'zgu ochilishidagi nurlatuvchi yordamida tekis amplituda taqsimoti hosil qilinsa, bu ko'zgu chekkalarini kesib o'tadi, natijada orqa va yon bargchalar hosil bo'ladi, γ natijaviy kamayishi vujudga keladi.

Ko'pchilik nurlatuvchilarning maydon chekkalari uchun amplituda taqsimoti ko'zgu yoyilmasining markaziga qaraganda 10 dB ga kam bo'lsa, optimal variant hisoblanadi.

1. Toklar usuli, lekin buning uchun ko'zgu sirtidagi tok va fazalarning taqsimlanish qonuniyatini bilish kerak.
2. Apertura usuli bo'lib, eng oddiy usul hisoblanadi. Unda approssimatsiya koeffitsiyentlaridan foydalanilgan holda, real holatga yaqin bo'lgan amplituda taqsimoti nazariy taqsimot yordamida tanlanadi.

Ofsetli antennalar. Sun'iy yo'ldoshi TV uchun bu antennada tayyorlanadi (reflektor) ko'pincha ellipsoid shaklida radioto'lqinlar ko'zguning ishchi sirdan qaytadi, bunda ular figuraning geometrik markazida emas, balki pastda joylashgan fokusda jamlanadi. Past fokusli antennalar katta yoyilish burchagini talab qilmaydi.

Reflektorning bunday konstruksiyasi sun'iy yo'ldoshi ofset antennalarida barqarorroq qabul qilish imkonini beradi, sababi, signalni nurlatgich ko'zgu sirtida "soya effektini" hosil qilmaydi va shovqinlarni keltirib chiqarmaydi.



10.7-rasm. Ofsetli antenna

To'g'ri fokusli antennalar. To'liqin qabul qilgichining bu turi yassi paraboloid shaklidagi ishchi sirtga ega bo'ladi. Reflektorning bunday simmetrik geometriyasi uning sirtiga tushadigan radioto'liqlarni yaxshi tutilishiga va ularni o'zgartirgichga maksimal qayta yo'naltirishga imkon beradi (10.8- rasm). U to'g'ridan-to'g'ri reflektorning markaziy nuqtasi ustidagi konsollarga mahkamlanadi. Lekin bu turdagi antennalarning asosiy kamchiligi ko'zgudan akslanayotgan radioto'liqlarning bir qismini nurlatgichga qayta yo'nalishidir. Bu xavfni bartaraf etish uchun esa, antenna konstruksiyasiga turli usullar yordamida o'zgartirishlar kiritiladi. Masalan, nurlatgich markaziga ferritli ventill, dielektrik tirqish o'rnatiladi. Yoki bo'lmasa ko'zgu markazida tirqish hosil qilinadi. Lekin bu usullarning barchasi sirdan foydalanish koeffitsiyentining kamayishiga olib keladi. Shu sababli parabolik antennalarda bu kamchilikni bartaraf etishning eng optimal varianti doiraviy qutblanishdan foydalanish hisoblanadi.



10.8- rasm. To'g'ri fokusli antenna

To'g'ri fokusli paraboloid reflektorlar o'zgartirgichdan xalaqitlarni kamaytirish uchun katta aylana shaklida chiqariladi. Bu antennalar kuchli signallar talab qilinganda foydali bo'lishi mumkin, shu bilan ular keng polosaliligi bilan ham farqlanadi. Ularning asosiy kamchiligi montaj qilishning qiyinligida.

To'g'ri fokusli paraboloid reflektorlarda yog'inlar turib qoladi, chunki fazoda liniyaga o'tmas burchak ostida yo'naltiriladi. Ular qaytarish sirtini to'sadi, signalni to'sadi va ishchi sirtga salbiy ta'sir qiladigan korroziyaga uchrashiga olib keladi.

10.3. Ko'zguning nurlatuvchiga ko'rsatgan ta'siri

Ko'zgudan qaytgan to'liqinning bir qismi nurlatuvchiga qaytadi. Qaytgan to'liqlarga nisbatan nurlatuvchi qabul qiluvchi antenna vazifasini bajaradi. Antennaning YTK qanchalik katta bo'lsa, shuncha katta quvvatni ushlab qoladi. Ushlab qolingan bu quvvat o'z navbatida liniyada generator tomonga yo'naltirilgan qaytgan to'liqini hosil qiladi. Natijada yuklama bilan nomunosiblik vujudga keladi.

Ko'zguning nurlatuvchiga ko'rsatadigan ta'siriga qarshi kurashish usullari va ularning kamchiligi quyidagilardan iborat:

1. Ferritli ventill. Kamchiligi - tor polosali.
 2. Yordamchi plastina d-ning o'lchami shunday tanlanishi kerakki, plastinkadan kelayotgan va undan qaytayotgan to'liqlar o'zaro yeyishib ketishi kerak. Kamchiligi - tor polosali.
 3. Tirqish teshiklari. Kamchiligi - orqa bargehaning kattaligi.
 4. Yoyilish sirtining bir qismidan foydalanish. Kamchiligi - YTK kamayadi.
 5. Doiraviy qutblanishdan foydalanishda kamchilik yo'q.
 6. 45° burchak ostida joylashgan, qutblanish tekisligi 90° aylantira oladigan metall qobirg'alardan foydalanish. Kamchiligi - doiraviy qutblanish bilan ishlay olmaydi.
- Odatga, PA larni $\lambda/30$ aniqlikda tayyorlash talab etiladi va $x = \sqrt{4f_0 z}$ ifoda orqali aniqlanadi.

Parabolik antennaning YD boshqarish

Faza xatoliklari chiziqli bo'lganda, yo'nalish diagrammasi buzilmaydi. Katta siljishlarda uchinchi darajali faza siljishlari vujudga keladi va yo'nalish diagrammasi buziladi. Nurlatuvchini fokal o'q bo'ylab joyi o'zgartirilganda kvadratik faza xatoliklari vujudga keladi.

Nurlatuvchiga qo'yiladigan asosiy talablar:

- nurlanuvchi minimal o'lchamda bo'lishi shart;
- ko'zgu tarafiga bir yoqlama nurlatish kerak;

- diapazonli bo'lishi kerak;
- nurlanuvchining faza markazi fokus bilan mos tushishi shart;
- berilgan quvvatga teshilishsiz bardosh berishi kerak.

NAZORAT SAVOLLARI

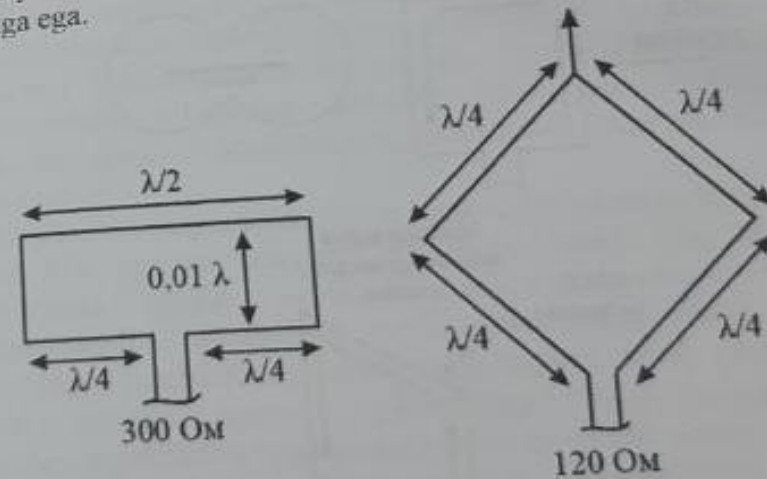
1. Ruporli antenaning konstruktiv tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.
2. E sektorial rupor deb nimaga aytiladi va nima maqsadda foydalaniladi?
3. H sektorial rupor deb nimaga aytiladi va nima maqsadda foydalaniladi?
4. Sektorial ruporning maydon tuzilishini chizing va tahlil qiling.
5. Optimal rupor deb nimaga aytiladi? Sektorial ruporlarning maksimal ochilish burchaklarini hisoblash tenglamalarini keltiring.
6. Parabolik antenna deb nimaga aytiladi?
7. Parabolik antenaning konstruktiv tuzilishini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
8. Parabolik antenaning yo'nalganlik xususiyatlari haqida ma'lumot bering.
9. Parabolik antenaning YD boshqarish usullari.
10. Ko'zguning nurlatgichga ko'rsatadigan ta'siri va unga qarshi kurashish usullari.

XI BOB. ULTRA YUQORI VA O'TA YUQORI CHASTOTA DIAPAZONIDAGI ANTENNALARNING KONSTRUKSIYASI VA TAVSIFLARI

11.1. Ramkasimon antennalar

Ramkasimon antenna ilmoqsimon vibratorning takomillashtirilgan turi hisoblanadi. Klassik ilmoqsimon vibrator (11.1, a- rasm) taxminan 300 Om ga teng bo'lgan kirish qarshiligiga ega. Oddiy simmetrik vibratorga nisbatan bir necha marta keng bo'lgan o'tkazish polosasi, uning asosiy afzalligi sanalsa, katta qiymatga ega bo'lgan kirish qarshiligi uning asosiy kamchiligi hisoblanadi (yakka vibrator sifatida foydalanilganda). Agar mana shu vibrator tomonlarini bir ozgina "tortilsa", klassik ramkasimon antenna - kvadrat hosil bo'ladi. (11.1, b- rasm).

Ramkasimon antenna ilmoqsimon antennaga nisbatan fazoning kattaroq qismini egallaganligi sababli, uning kuchaytirish koeffitsiyenti oddiy va ilmoqsimon vibratorlarga qaraganda kattaroq qiymatga ega.



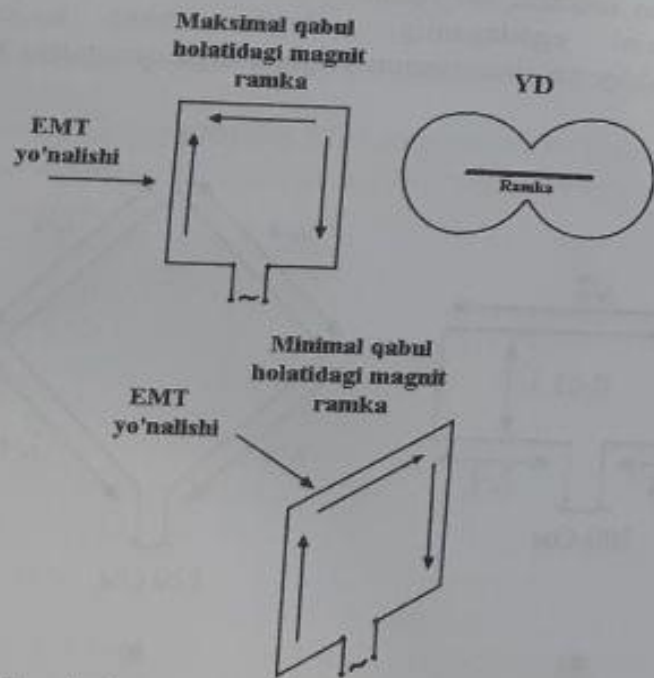
11.1- rasm. Ilmoqsimon vibrator (a) va ramkasimon antenna (b)

Ramkasimon antenna simmetrik tizim bo'lgani uchun, uni manba bilan to'g'ri ta'minlashda simmetriyalovchi qurilmadan foydalanish zarurat hisoblanadi. Shuningdek, uni "yerlatish" talab etilmaydi.

Antenna ramkasi ilmoqsimon vibratorga nisbatan fazoning katta qismini egallab turganligi sababli, uning kirish qarshiligi ham kichik, taxminan 120 Om atrofida bo'ladi. Ramkasimon antennaning gorizontal tekislikdagi yo'nalganlik diagrammasi simmetrik vibratorning yo'nalganlik diagrammasi bilan mos keladi, lekin vertikal tekislikdagi unga nisbatan ikki marta tor bo'ladi.

Antenna vertikal joylashganligi sababli, ramka katta sathga ega bo'lgan vertikal qutblangan to'liqinni nurlatadi. Ramkasimon antennaning vertikal tekislikdagi yo'nalganlik diagrammasi oval, gorizontal tekislikdagi sakkiz shaklida bo'ladi.

Quyidagi 11.2- rasmda ramka hamda kelayotgan elektromagnit to'liqlarni maksimal va minimal qabul qilish yo'nalishlari keltirilgan.



11.2- rasm. Ramkasimon antenna va uning yo'nalganlik xususiyatlari

Ramkasimon antennani ixtiyoriy shaklda yasash mumkin. Lekin amaliyotda kvadratsimon, doirasimon va uchburchaksimon turlari eng

ko'p qo'llaniladi. Olib borilgan tadqiqotlar va hisoblashlar ramkasimon antenna simmetrik vibratorga nisbatan katta kuchaytirish ko'rsatadi.

Ramkasimon antennalar ichida, faqat uchburchaksimon antennaning vertikal o'lchamlari kattaligi hisobiga, vertikal tashkil etuvchisi eng katta sathga ega.

Doira fazoning eng katta sohasini qamrab olganligi sababli, doirasimon antenna eng katta kuchaytirish xususiyatiga ega. Bu qabul qiluvchi tizimning fizik xususiyatlari bilan bog'liq bo'lib, unga ko'ra, antenna fazoning qancha ko'p sohasini qamrab olsa, shuncha katta kuchaytirishga ega bo'ladi.

Ramkasimon antennalar o'zining sodda tuzilishi qaramasdan yuqori kuchaytirish ko'effitsiyentiga ega, shuningdek, tor o'tkazish polosasi oralig'ida qayta sozlashlarni talab etmaydi. Ularning yana bir afzalligi, tor polosali antennalar keng polosalilarga nisbatan chastota bo'yicha tanlash imkoniyatiga ega ekanligida. Ayniqsa, signal sust bo'lgan sharoitlarda, antennaning chastota bo'yicha tanlovchanlik xususiyati juda muhim ahamiyat kasb etadi.

Eng katta kirish qarshiligi doirasimon antennaga, eng kichigi esa uchburchaksimonga tegishli. Ushbu ko'effitsiyent ham antennaning kuchaytirish ko'effitsiyenti bilan bog'liq. Ramkasimon antennaning FIK simmetrik vibratorga nisbatan biroz katta bo'lib, UQT diapazonida, ramka o'lchamlarining kichrayishi hisobiga 90% gacha yetishi mumkin.

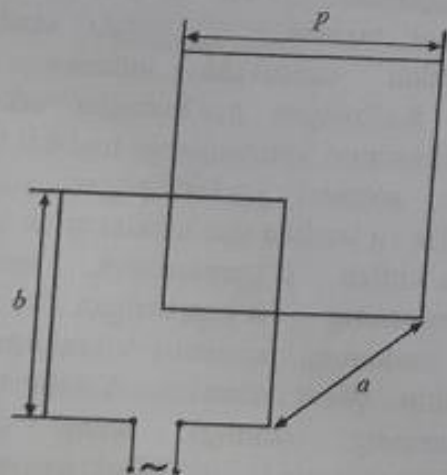
Past chastota diapazonlarida esa, antenna o'lchamlarining kattaligi hisobiga FIK qiymati taxminan 3% tashkil etadi. Shu sababli, bu diapazonlarda undan uzatuvchi antenna sifatida umuman foydalanilmaydi. Keltirilgan ma'lumotlar erkin fazoda vertikal joylashtirilgan ramkasimon antennalarga tegishli bo'lib, ularga tashqi faktorlar, ayniqsa, antenna joylashtirilgan yuza, uning atrofida joylashgan obyektlar va boshqa shu kabilar ta'sir ko'rsatadi.

Yuqorida ta'kidlab o'tganimizdek, ramkasimon antenna ilmoqsimon vibratorning o'zgartirilgan ko'rinishi hisoblanadi. Shuning uchun, ramkaning perimetri vibratorning perimetriga mos keladi deb, taxmin qilish mumkin. Yarim to'liqli ilmoqsimon vibrator yelkalarining uzunligi, uning uchidagi o'tkazgich sig'imlarining ko'rsatadigan ta'siri hisobiga (uning qiymati vibrator yasalgan o'tkazgichning diametriga bog'liq) taxminan,

$(0,248...0,249)\lambda$ ga teng, ya'ni, chorak to'liqin uzunligidan ozgina kichik.

Ramkasimon antennada esa ta'sir ko'rsatuvchi bu sig'imga mavjud emas. Lekin, nurlatuvchi tomonlarning bir — biriga ko'rsatadigan o'zaro ta'siri hisobiga, ramkaning fizik uzunligini qisqarish effekti kuzatiladi. Bunda, kvadrat shaklidan foydalanilganda, ramka uzunligi $(1,01...1,02)\lambda$ qilib tanlanadi. Boshqa shakldagi ramkali antennalarni tayyorlashda ham shu uzunlik saqlanib qolinadi. Agar ramkasimon antenna nisbatan pastroq balandlikda o'rnatilgan bo'lib, uning atrofida boshqa predmetlar mavjud bo'lsa, ko'pincha ramka uzunligini o'zgartirishga to'g'ri keladi. Har qanday holatda uning o'lchamlarini ozgina kichraytirish kerak bo'ladi. Bu kichraytirish o'rta chastota diapazonida antennani TTK minimal qiymatlarida sozlash imkonini beradi. Ramkasimon antennalarni yasashda o'tkazgich diametri, vibratorli antennalarda bo'lgani kabi, uning uzunligiga hech qanday ta'sir ko'rsatmaydi. Balki aksincha, uning o'tkazish polosasini kengaytiradi. Lekin ma'lum qiymatdan ortib ketishi esa, faqat antenna og'irligi va mexanik mustahkamligining ortishiga, va FIK birozgina ortishiga olib keladi.

Antennaning yo'nalganlik xususiyatlarini oshirish uchun tizimga qo'shimcha reflektor va direktorlar vazifasini bajaruvchi qo'shimcha ramkalar joylashtirish mumkin. Masalan, bitta aktiv element va bitta passiv reflektordan tashkil topgan ikki elementli ramkasimon antenna 8...9 dBi gacha kuchaytirish koeffitsiyentiga ega bo'lishi mumkin.



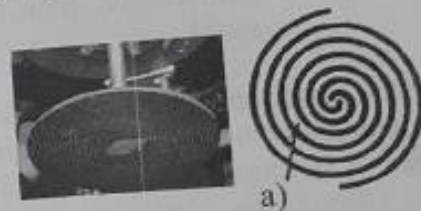
11.3- rasm. Ikki elementli ramkasimon antenna

Yuqoridagi 11.3- rasmda ikki elementdan tashkil topgan kvadrat ramkasimon antenna keltirilgan bo'lib, uning o'lchamlarini ishchi to'liqin uzunligi yordamida aniqlaymiz: $b=0,26\lambda$, $p=0,31\lambda$, $a=0,18\lambda$. Antennani yasash jarayonida eng yaxshi yo'nalganlik xususiyatiga erishish uchun uning o'lchamlari eksperimental tarzda tanlanadi.

11.2. Spiral antennalar

Spiral antennaning (SA) eng asosiy xususiyati, uning doiraviy (elliptik) qutblangan to'liqlarni hosil qilishida hisoblanadi. Aynan shu xususiyatiga ko'ra boshqa antennalardan farq qiladi.

SA lar yassi va fazoviy turlarga ajratiladi. Yassi spiral antenna, odatda, har biri arximed (11.4, a- rasm) yoki logarifmik (11.4, b- rasm) shaklga ega bo'lgan ikki o'tkazgichli liniyadan (elkadan) tayyorlanadi.



11.4 - rasm. Yassi spiral antennalar: a — Arximed spirali, b — logarifmik spiral

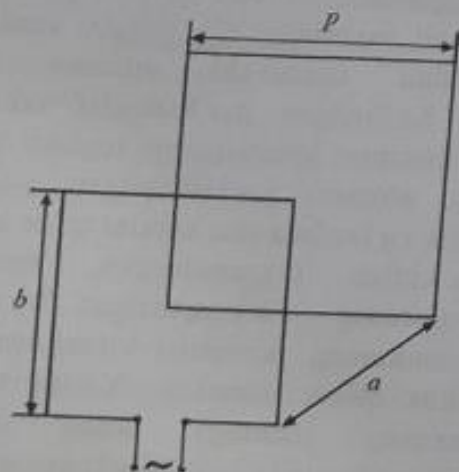
Fazoviy SA o'z nabatida silindrsimon (11.5, a- rasm) va konussimon (11.5, b- rasm) turlarga bo'linadi.

Konussimon shakldagi spiral antennalarda past chastotalarda katta radiusdagi chulg'amlari, yuqori chastotalarda kichik radiusdagi

$(0,248...0,249)\lambda$ ga teng, ya'ni, chorak to'liqin uzunligidan ozgina kichik.

Ramkasimon antennada esa ta'sir ko'rsatuvchi bu sig'imlar mavjud emas. Lekin, nurlatuvchi tomonlarning bir - biriga ko'rsatadigan o'zaro ta'siri hisobiga, ramkaning fizik uzunligini qisqarish effekti kuzatiladi. Bunda, kvadrat shaklidan foydalanilganda, ramka uzunligi $(1,01...1,02)\lambda$ qilib tanlanadi. Boshqa shakldagi ramkali antennalarni tayyorlashda ham shu uzunlik saqlanib qolinadi. Agar ramkasimon antenna nisbatan pastroq balandlikda o'rnatilgan bo'lib, uning atrofida boshqa predmetlar mavjud bo'lsa, ko'pincha ramka uzunligini o'zgartirishga to'g'ri keladi. Har qanday holatda uning o'lchamlarini ozgina kichraytirish kerak bo'ladi. Bu kichraytirish o'rta chastota diapazonida antennani TTK minimal qiymatlarida sozlash imkonini beradi. Ramkasimon antennalarni yasashda o'tkazgich diametri, vibratorli antennalarda bo'lgani kabi, uning uzunligiga hech qanday ta'sir ko'rsatmaydi. Balki aksincha, uning o'tkazish polosasini kengaytiradi. Lekin ma'lum qiymatdan ortib ketishi esa, faqat antenna og'irligi va mexanik mustahkamligining ortishiga, va FIK birozgina ortishiga olib keladi.

Antennaning yo'nalganlik xususiyatlarini oshirish uchun tizimga qo'shimcha reflektor va direktorlar vazifasini bajaruvchi qo'shimcha ramkalar joylashtirish mumkin. Masalan, bitta aktiv element va bitta passiv reflektordan tashkil topgan ikki elementli ramkasimon antenna 8...9 dBi gacha kuchaytirish koeffitsiyentiga ega bo'lishi mumkin.



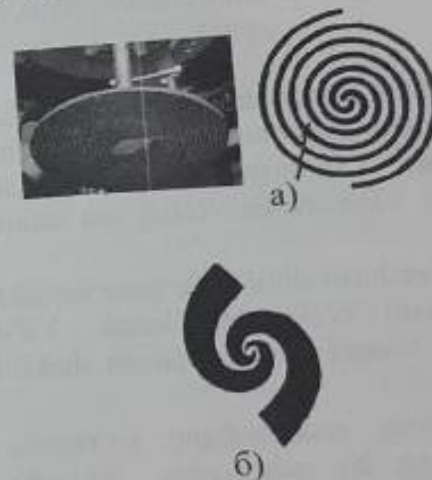
11.3- rasm. Ikki elementli ramkasimon antenna

Yuqoridagi 11.3- rasmda ikki elementdan tashkil topgan kvadrat ramkasimon antenna keltirilgan bo'lib, uning o'lchamlarini ishchi to'liqin uzunligi yordamida aniqlaymiz: $b=0,26\lambda$, $p=0,31\lambda$, $a=0,18\lambda$. Antennani yasash jarayonida eng yaxshi yo'nalganlik xususiyatiga erishish uchun uning o'lchamlari eksperimental tarzda tanlanadi.

11.2. Spiral antennalar

Spiral antennaning (SA) eng asosiy xususiyati, uning doiraviy (elliptik) qutblangan to'liqlarni hosil qilishida hisoblanadi. Aynan shu xususiyatiga ko'ra boshqa antennalardan farq qiladi.

SA lar yassi va fazoviy turlarga ajratiladi. Yassi spiral antenna, odatda, har biri arximed (11.4, a- rasm) yoki logarifmik (11.4, b- rasm) shaklga ega bo'lgan ikki o'tkazgichli liniyadan (elkadan) tayyorlanadi.

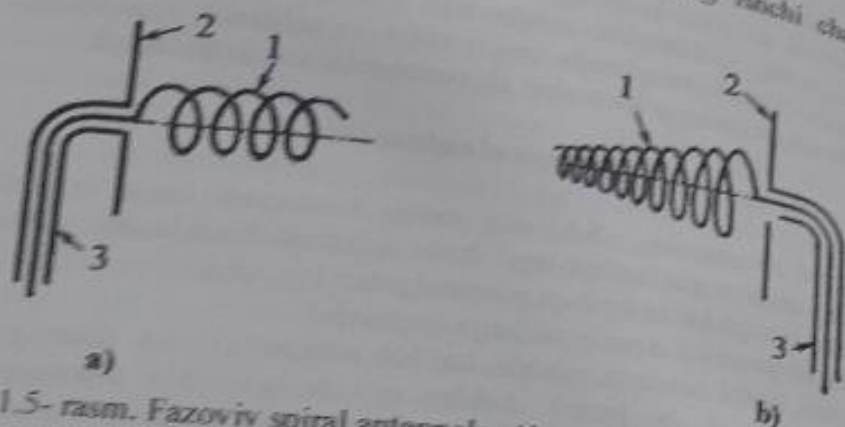


11.4 - rasm. Yassi spiral antennalar: a - Arximed spirali, b - logarifmik spiral

Fazoviy SA o'z nabatida silindrsimon (11.5, a- rasm) va konussimon (11.5, b- rasm) turlarga bo'linadi.

Konussimon shakldagi spiral antennalarda past chastotalarda katta radiusdagi chulg'amlari, yuqori chastotalarda kichik radiusdagi

chulg'amlarin aktiv nurlatishi hisobiga, juda keng ishchi chastota polosasiga ega bo'ladilar.

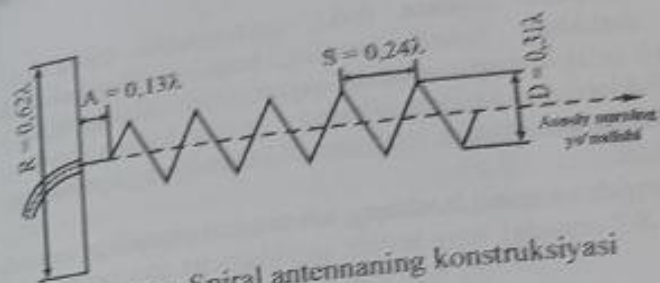


11.5- rasm. Fazoviy spiral antennalar (1- metall spiral, 2 - metall ekran, 3 - koaksial liniya): a - silindrsimon spiral, b - konussimon spiral

Antenna o'tkazgichi silindr shaklida spiral qilib o'ralgan va uni tashkil etuvchi har bir chulg'amning uzunligi λ to'liq uzunligiga teng bo'lgandagina, doiraviy qutblanish hosil bo'ladi. Qisqartirish koeffitsiyenti hisobga olganda esa chulg'am uzunligi $0,31\lambda$ teng bo'ladi.

Doiraviy qutblanish hosil qilishning yana bir sharti, chulg'amlar sonining uchtadan kam bo'lmasligi kerak. Ya'ni, antennadagi chulg'amlar soni ortib borgan sari, qutblanish shakli ham doiraviyga yaqinlashib boraveradi.

Bu turdagi SA ning soddalashgan ko'rinishi 11.6- rasmda keltirilgan bo'lib, uning bir uchi ochiq, ikkinchi uchi koaksial kabelning ichki o'tkazgichi bilan tutashtirilgan. Koaksial kabelning tashqi o'tkazgichi esa qobiq sirtidan tok oqib o'tmasligi uchun yassi metall yoki panjarasimon ekranga (disk qaytargich) ulangan. Shuningdek, u reflektor vazifasini o'taydi hamda antennani orqaga nurlatishini kamaytiradi.



11.6- rasm. Spiral antennaning konstruksiyasi

Rasmda keltirilgan o'lchamlar chulg'am diametri $D=0,31\lambda$ ga teng bo'lgan, keltirilgan chastota uchun quyidagi taxminiy formula yordamida hisoblangan:

$$D_{min} = 93000 / f_{MGs} \quad (11.1)$$

Chulg'am aylanasining uzunligi:

$$L = \pi * D \quad (11.2)$$

SA ning yana bir muhim parametri - spiralning ko'tarilish burchagi bo'lib, uning yordamida chulg'amlar orasidagi masofa S (qadam) aniqlanadi. Odatda, ruxsat etilgan ko'tarilish burchagi 6° va 24° oralig'ida belgilangan, lekin bu ko'rsatkich 14° etib tanlanganda antenna eng yaxshi yo'nalganlik xususiyatlarini namoyon etadi. Ko'tarilish burchagi 14° bo'lgan holat uchun $S=0,22\lambda$ ga teng bo'lgan qadam soni to'g'ri keladi. Bu kattalik ushbu formula yordamida hisoblanadi:

$$S_{min} = 72000 / f_{MGs} \quad (11.3)$$

Qaytaruvchi disk (reflektor) diametri $0,5\lambda$ dan katta bo'lgandagina, antenna kirish qarshiligining unga bog'liqligi yo'qoladi.

Qaytargich maydoni qancha katta bo'lsa, qarama-qarshi tarafga nurlatish ham shuncha kamayib boradi. Qaytargich diametridan spiral antenna diametridan ikki marta katta qilib tanlash ($2D=0,62\lambda$) eng maqbul bo'lgan o'rta o'lcham deb qabul qilingan.

SA reflektori sifatida, diskli qaytargichlar bilan bir qatorda kvadrat shakldagi metall yuzalar ham qo'llaniladi. Masalan, detsimetrli to'liq diapazonlarida qaytaruvchi sifatida faqat kompakt yassi disklardan foydalanishning o'zi kifoya qilsa, UQT diapazonlarida kam xarajat talab etuvchi vazni yengil metall to'rlardan foydalaniladi.

Qaytargich va spiral boshlang'ich nuqtasi orasidagi masofa $0,13\lambda$ (taxminan $S/2$ orasida) teng bo'lib, quyidagicha aniqlanadi

$$A_{\text{max}} = 93000 / f_{\text{MHz}} \quad (11.4)$$

Spiral o'tkazgichining diametri $0,02\lambda$ teng bo'lishi kerak. Agar spiral chulg'amining uzunligi to'liq uzunligiga teng qilib tanlansa, uning to'liq qarshiligi 136 Ohm ni tashkil etadi va keng chastota polosasi oralg'ida o'zgarmasdan qoladi. Chulg'am uzunligining kamayishi natijasida kirish qarshiligi pasayishni boshlaydi hamda chastotaga kuchli bog'liq bo'lib qoladi. Chulg'am uzunligi $0,75\lambda \leq L \leq 1,35\lambda$ oralg'ida bo'lganda antennaning kirish qarshiligini quyidagi taxminiy formula yordamida hisoblash mumkin bo'ladi:

$$Z_{\text{kr}} = 136 L/\lambda \quad (11.5)$$

Antennaning kirishi nosimmetrik bo'lganligi sababli, koaksial kabel orqali oziqlanadi. Spiral antenna kirish qarshiligining chastotaga kuchsiz bog'liqligi, uni keng polosali nurlatgichlar qatoriga qo'shish imkonini beradi. Chulg'amlarning qadam soni $S=0,24\lambda$ ga teng bo'lganda TTK ning qiymati $1,35$ dan oshmaydi, chastota sohasi oralg'ida esa $1:1,6$ munosabatda bo'ladi.

SA ning kuchaytirishi va hosil qilgan nurning kengligi: n - cho'lg'amlar soniga, L - chulg'am uzunligiga va S - chulg'am qadamiga bog'liq. Antennaning kuchaytirishi chulg'amlar soni n ga taxminan proporsional bo'lib, ko'tarilish burchagi $12...15^\circ$ va chulg'amlar soni uchtadan kam bo'lmagan spiral antenna uchun kuchaytirish koeffitsiyenti G ni hisoblashning taxminiy formulalari mavjud. Formuladagi kuchaytirish ko'rsatkichi doiraviy qutblanishga ega bo'lgan izotrop nurlatgichga nisbatan baholangan:

$$G = 15(L/\lambda)^2 n S/\lambda, \quad (11.6)$$

bunda, G - kuchaytirishning sonli ifodasi.

SA ning qutblanishi doiraviy deb hisoblansa ham, aslida u elliptik shaklda bo'ladi. Lekin, ellipsning katta o'qini kichik o'qiga nisbati 1 ga juda yaqin bo'lgan, hamda antennadagi chulg'amlar soni ko'p bo'lgan holatlarda uni doiraviy deb qabul qilish mumkin. O'qlar nisbatini quyidagi ifoda orqali aniqlash mumkin:

$$r_A = (2n + 1) / 2n \quad (11.7)$$

Unga ko'ra, masalan, cho'lg'amlar soni $n=3$ tadan kam bo'lmaganda nisbat $7:6$ tashkil etadi, $n=7$ bo'lganda esa $15:14$. Shu tariqa, chulg'amlar soni ortgan sari, munosabatlar farqi ham kamayib boraveradi.

Nurlatgichni TTK qiymati 2 dan oshib ketmaydigan uzunlikdagi 75 Ohm lik koaksial fider bilan bevosita ta'minlash mumkin. Ammo, yaxshi moslashuvga ega bo'lish uchun chorak to'liqli koaksial transformatoridan foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Moslashtirishni koaksial o'tkazgichlar tizimi yordamida amalga oshirish mumkin. Buning uchun konsentrik liniyaning to'liq qarshiligi Z ni hisoblash talab etiladi.

Agar havo bilan izolyatsiyalangan konsentrik liniya ichki o'tkazgichi diametriga nisbati $1:4,25$ munosabatda bo'lsa, u holda uning to'liq qarshiligi talab etilgan 87 Ohm ni tashkil etadi.

Antennaning ta'minot konstruksiyasini soddalashtirish maqsadida, masalan, koaksial fiderning diametri $1,6 \text{ mm}$ ga teng bo'lgan ichki o'tkazgichidan chorak to'liqli transformatorning ichki o'tkazgichi sifatida ham foydalanish mumkin. Bunda, moslashtirgich tashqi trubkasining diametri $1,6:4,25=6,8 \text{ mm}$ munosabatga teng bo'ladi.

Doiraviy qutblanishga ega bo'lgan signal chiziqli qutblangan antenna tomonidan qabul qilinganda (yoki aksincha), uzatilayotgan energiyaning faqat yarmigina qabul qilinadi. Bu 3 dB yo'qotishlar bilan teng degani.

Lekin chiziqli qutblangan to'liqlarni spiral antennalar orqali yo'qotishlarsiz qabul qilish usuli mavjud. Unga ko'ra, ikkita bir xil

turdagi, faqat spirallari o'zaro qarama-qarshi yo'nalishda joylashtirilgan antenna sxemasidan foydalaniladi.

Agar spirallar bir tomonga o'ralgan holda joylashtirilsa, qutblanish ellips shaklini saqlab qoladi.

Agar qarama-qarshi tomonga o'ralgan spirallarni tekislik bo'ylab joylashtirilsa, antenna gorizont tekislik bo'yicha qutblangan to'lqinlarni qabul qiladi.

Aynan shu spirallarni ketma-ket joylashtirish orqali vertikal qutblanishli antenna hosil qilinadi. Chiziqli qutblanishni ikkita bir xil turdagi spirallar bitta o'q bo'ylab o'zaro qarama-qarshi joylashtirilgandagina kuzatish mumkin. Lekin bu turdagi ulanish sxemasi elektr va mexanik jihatdan qiyinchiliklarni keltirib chiqarganligi sababi amaliy qiymatga ega emas.

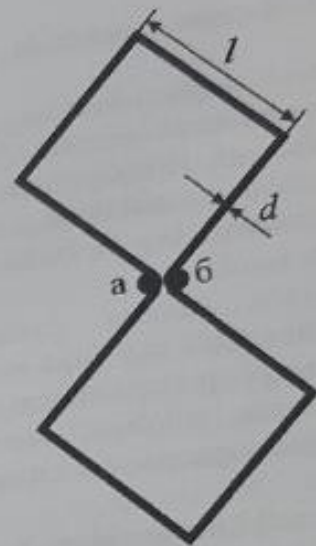
Spiral antennalardagi doiraviy qutblanishning aylanish yo'nalishini juda osonlik bilan aniqlash mumkin. O'ng tomonlama aylanuvchi doiraviy qutblanishda, antennaga reflektor tomondan qaralganda spiral soat strelkasi yo'nalishida o'ralgan bo'lishi kerak. Spiralling soat strelkasiga qarama-qarshi tomonga o'ralishi esa, chap tomonlama aylanuvchi doiraviy qutblanishdan darak beradi.

11.3. Zigzagsimon antenna

Zigzagsimon antenna - direktorli antennaga tegishli bo'lgan barcha kamchiliklardan holi bo'lib, keng polosali, keng chastota diapazoni oralig'ida ishlash xususiyatiga ega.

Zigzagsimon antenna, o'zi hisoblangan chastota polosasi oralig'ida nisbatan o'zgarmas parametrlarga ega bo'lib, fider bilan yaxshi juda yaxshi moslashadi. Shuningdek, uning kuchaytirish koeffitsiyenti ham juda kichik oraliqlarda o'zgaradi. Antenna chiziqli qutblangan to'lqinlarni hosil qiladi.

Zigzagsimon antennaning konstruksiyasi ham sodda tuzilgan bo'lib, antenna polotnosi uzunligi l ga va kengligi d ga teng bo'lgan bir xil turdagi sakkizta o'tkazgichlardan yasalgan ikkita romb ko'rinishidagi uyadan tashkil topgan (11.7-rasm).



11.7- rasm. Zigzagsimon antenna

Antenna ta'minlovchi koaksial fider ulanuvchi bir juft a-b ta'minot nuqtasiga ega. U nol potensial orqali antenna polotnosining ikkita o'tkazgichi bo'ylab manba nuqtasiga ulanadi.

Antennaning ishchi chastota polosasidagi kirish qarshiligi polotno yasalgan o'tkazgichning ko'ndalang o'lchamlariga bog'liq. Unga ko'ra, o'tkazgich qanchalik qalin (keng) bo'lsa, antenna fider bilan shuncha yaxshi moslashadi.

Talab etilgan yo'nalganlik diagrammasini hosil qilish uchun, antenna elementlarini fazalashgan va biri ikkinchisiga nisbatan ma'lum masofa uzoqlikda joylashtirilishi talab etiladi. Aynan shu tarqoqlik natijasida zigzagsimon antennani shakli yuzaga keladi.

Zigzagsimon antennaning yana bir qulayligi, uning konstruktiv tuzilishidagi soddalik tufayli elektr parametrlarga ziyon yetkazmagan holda, element o'lchamlarini u yoki bu tomonga sezilarli og'ishlarni (antennani yasash jarayonidagi zarurat tufayli) amalga oshirish imkoniyatining mavjudligidir. Bunda antenna polotnosi signal manbai yo'nalishiga nisbatan perpendikulyar joylashtiriladi.

Shuningdek, antennaning yo'nalganlik xususiyatlarini oshirish maqsadida ramkaning potenciallari nolga teng bo'lgan nuqtalari

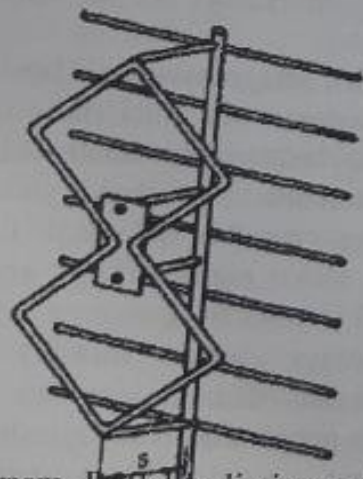
dielektrik yoki metall qoziqlar yordamida ekran – reflektorga mahkamlanadi.

Odatda, reflektor elektr maydon kuchlanganligi vektori E bilan bitta tekislikda joylashgan bir nechta parallel o'tkazgichlardan tashkil topgan tizim sifatida ifodalanadi. O'tkazgichlarning uzunliklari ishchi chastota diapazonidagi to'lqinning maksimal uzunligi va antenning aktiv polotnosining o'lchamlariga bog'liq bo'lib, antenning orqaga nurlatmasligini ta'minlashi kerak.

Reflektorli zigzagsimon antenna gorizontal va vertikal tekisliklarda cho'zilgan ellips shaklidagi faqat bir tomonga yo'nalgan nurlanishni hosil qiladi. Uning orqa bagchasi mavjud emas.

Quyidagi 11.8 - rasmda polotnosi yassi o'tkazgichlardan, reflektori trubkadan yasalgan zigzagsimon antennalardan biri misol tariqasida keltirilgan.

Antenna polotnosi va reflektor orasidagi S masofa antennani sozlash davomida, tajriba yo'li bilan aniqlanadi. Aksariyat hollarda, chorak to'lqin uzunligiga teng qilib tanlanadi. Reflektordagi o'tkazgichlar sonini ortishi va ular orasidagi masofaning kamayishi, antenning bir tomonlama nurlatishni oshiradi, ya'ni, himoya ko'effitsiyenti ortadi.



11.8- rasm. Reflektorli zigzagsimon antenna

11.4. Panelli antennalar

Mobil aloqa tizimida eng ko'p qo'llaniluvchi ko'psonli antennalar guruhi chiziqli antenna panjaralari hisoblanadi. Ular shuningdek panelli (yoki sektorli) antenna deb ham ataladi.

Ulardan baza stansiyasi antenasi sifatida foydalaniladi va talab etilgan YD hosil qilish imkoniyatini beradi. Bu esa, u yoki bu baza stansiyasi xizmat ko'rsatadigan sohani yetarli bo'lgan signal bilan qamrashda yuzaga keluvchi muammolarni hal etish uchun nihoyatda muhim. Panelli antennalar yordamida bu kabi muammolarni yechishning bir nechta yo'llari mavjud: antenning ko'tarilish balandligi va panelning og'ish burchagini o'zgartirish orqali; panjara elementlarining amplituda-faza taqsimotini o'zgartirish orqali. Ulardan ikkinchisi bir muncha samarali bo'lib, ammo antenning murakkab konstruksiyasi hisobiga hozirda kam qo'llaniladi.

Biroq 3G standartining keng miqyosda joriy etilishida va mobil aloqa tarmoqlarini keyingi takomillashuvida baza antenasi sifatida "aqli" (yoki smart-antennalar) foydalanish dolzarb muammo hisoblanadi. Bu toifadagi antennalar signalni nurlatish va qabul qilish jarayonida o'zining yo'nalganlik xususiyatlarini o'zgartiradi, natijada mobil aloqa abonentiga ko'rsatiladigan xizmat sifati ortadi.

Quyida panelli antennalarning alohida xususiyatlarini ko'rib chiqamiz.

Panelli antenna metall ekranda joylashgan vibratorlar tizimi va ekranning orqa tarafida joylashgan ularni o'zaro bog'lovchi miniatyur o'lchamlardagi koaksial kabellar yig'indisidan iborat. Mustahkam fiberglas germetik qoplam esa antennani tashqi muhit ta'sirlardan himoya qiladi.

Antenna turiga ko'ra bitta, ikkita, to'rtta yoki oltita tashqi ajratgichli bo'lishi mumkin. Ular bir korpusda joylashtirilgan mustaqil antennalar sonini ko'rsatadi. Konstruksiyaning bu tartibda tuzilishi antenna machtasidagi joyni va kompaniyaning moliyaviy resurslarini iqtisod etish masalasini hal etadi.

Panelli antenna modellarining umumiy soni 200 yaqin bo'lib, biri ikkinchisidan gorizontal tekislikdagi numing kengligi (65, 90, 105 yoki 120 gradus), kuchaytirish ko'effitsiyenti (6,5...18,5 dB) va uzatilgan quvvat qiymati (100...500Vt) bilan farq qiladi.

Ba'zi bir modellarda belgilangan ta'minot sxemasiga mos keluvchi (fiksatsiyalangan yoki boshqariladigan) nurlarning elektrik og'ishi ko'rib chiqilgan. Barcha tarafga bir xilda yo'naltirilgan antennalardan farqli ravishda, panelli antennalarda maxsus og'ishlar tugunidan foydalangan holda, nurning og'ishini mexanik tarzda ham amalga oshirish mumkin. Ammo nurning elektr og'ishi mexanik og'ishga nisbatan afzalroq bo'lib, yo'nalganlik diagrammasining dastlabki shakli gorizontal tekislikda buzilmaydi. Shuningdek, qo'shimcha mexanik og'ishlar dastasini hosil qilishga hojat qolmaydi.

Panelli antennalar orasida ikki og'ishli qutblanishga ega bo'lganlari alohida o'rin tutadi (XPol-, XXPoL-antennalar). Bunday antennalar ikkita, to'rtta yoki oltita mustaqil dipol tizimlaridan tashkil topadi. Ular asosida ko'p polosali va ko'p diapazonli antennalar yaratilgan: 900/1800 MGs chastotalarda ikki diapazonli va 900/1800/2000 MGs chastotalarda uch diapazonli. Bu diapazonlarning har birida nurning og'ish burchagini avtonom tarzda elektr boshqarish e'tiborga olingan. Shuningdek, vertikal va gorizontal qutblanishga ega bo'lgan 30, 60, 90, 120 va 180 gradusli sektorli antennalar ham mavjud.

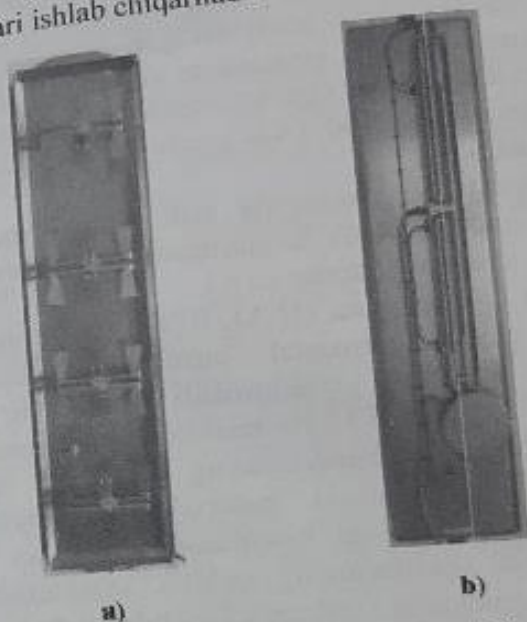
Yuqorida ta'kidlab o'tganimizdek, YD parametrlarini (ayniqsa bosh bargchanning yo'nalishini o'zgartirish yoki fazoda skanerlash) mexanik yoki elektr usulda o'zgartirish mumkin.

Mexanik skanerlashda nurning erkin fazoda maksimal tarqalish tezligi cheklangan bo'lib, abonent harakatlanganda yetarli bo'lmashligi mumkin. Shu sababli bu holatda fazalangan antenna panjaralaridan (FAP) foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

FAP foydalanish fazoda yuqori tezlikni hosil qilish va uzatilayotgan informatsiyalar hajmini oshirish imkonini beradi. FAP yo'nalganlik diagrammasining parametrlarini boshqarish (eng avvalo bosh bargchani yo'nalishini) panjara elementlaridagi tok fazalarini o'zgartirish orqali amalga oshiriladi. FAP ning fider orqali va fazoviy (optik) ta'minlanuvchi, shuningdek, fazasi sekin va diskret (kommutatsion) o'zgartiriluvchi turlari mavjud (11.9-pasm).

Hozirda O'zbekistonda mavjud bo'lgan mobil aloqa baza stansiyalarida Kathrein firmasining panelli antennalari keng takomillashgan bo'lib, ular mexanik mustahkamligi, uzoq muddatga mo'ljallanganligi (antennaning xizmat ko'rsatish davri 15 yildan ortiq), shuningdek, butun ish faoliyati davomida elektr

xarakteristikalarining o'zgarishligi bilan maqto'vga sazovordir. Ular yuqori namlikda, harorat tushishida ($-55...+60\text{ }^{\circ}\text{C}$), muzlaganda va kuchli shamol esganda ham muvaffaqiyatli tarzda ishlaydi. Kathrein antennalari barcha standartdagi mobil aloqasi uchun asosan ikki modifikatsiyada: barcha tarafga yo'naltirilgan (Omni) va yo'naltirilgan turlari ishlab chiqariladi.



11.9-rasm. Fazalangan panelli antenna: oldidan (a) va orqadan (b) ko'rinishi

Bulardan tashqari, radiosoya zonalarida mobil aloqani hosil qilish uchun repiterlarda qo'llaniluvchi yo'naltirilgan vibratorli antennalar (direktorli va logoperiodik) ishlab chiqaradi.

11.5. Mikropolosali antennalar

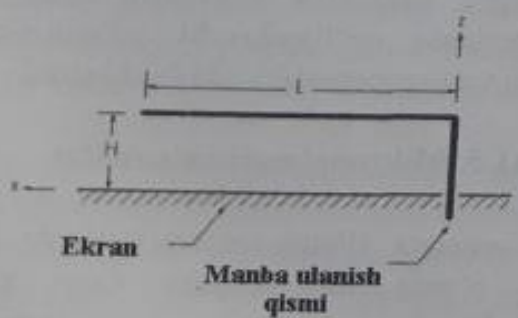
Mikropolosali antenna (Patch-antenna) o'zida bosma shaklda ishlangan bo'lib, o'zida tor polosali keng nurli antennani mujassamlashtiradi. Bunday antennaning asosiy elementi tekis metall plastinka hisoblanadi. Eng oddiy mikropolosali antennalarda yarim to'lqinli uzunlikdagi plastinalardan foydalaniladi. Shuning uchun bu

plastinalarning metall yuzasi yarim to'liqinli dipol kabi rezonator vazifasini bajaradi. Mikro polosali antenna odatda xuddi bosma plata kabi dielektrikning izolyatsion qatlamiga ma'lum bir shakldagi metall plastinkani qo'yish orqali tayyorlanadi, farqi, dielektrikning qarama-qarshi tomoniga yerlatish vazifasini o'tovchi qattiq metall asos plastinka joylashtiriladi. Ushbu turdagi konstruktsiya ishlab chiqarish uchun oson va tan narxi arzon bo'lgan texnologiya hisoblanadi. Olingan struktura unchalik mustahkam emasligiga qaramasdan keng ishchi chastota diapazoniga ega. Mikro polosali antennalar ultra yuqori chastota diapazonidan 100 GGs gacha bo'lgan chastotalar uchun ishlab chiqariladi.

Mikro polosali antennalarning turli xildagi shakllari mavjud. O'girilgan L- antenna (ILA), to'ntarilgan F - antenna (IFA), planar to'ntarilgan F - simon vibratorlar va h.k.

O'girilgan L - antenna (ILA). ILA turidagi antenna monopol bo'lib, o'tkazgichli gorizontal elementning uchini ekranga payvandlash usuli orqali joylashtiriladi hamda sig'imli yuklama vazifasini o'taydi. Quyidagi 11.10- rasmda ILA antenasining sxemali ko'rinishi keltirilgan. Konstruksiyaning tayyorlash texnologiyasini soddaligi va foydalaniladigan materiallarning arzon tan narxi antenaning asosiy afzalligi hisoblanadi. Bulardan tashqari, shu toifadagi aksariyat antennalarning elektrik xarakteristikalari oddiy qisqa monopol antenaning xarakteristikasi bilan juda o'xshash.

O'tkazgichdan yasalgan ILA dan tashqari mikro polosali liniyalar asosida ularning alternativ variantlarini ham yasash mumkin. Bu turdagi antennalardan noutbuklarda, smartfonlarda samarali qo'llaniladi.

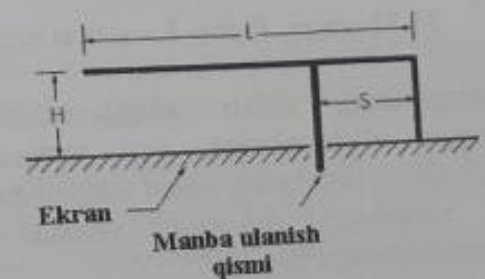


11.10- rasm. To'ntarilgan L- simon vibrator

ILA antenasining keltirilgan aktiv qarshiligining past va reaktiv qarshiligining katta qiymatlari undan foydalanish yaroqsizligidan darak beradi. Bu antennalarning moslashtiruvchi parametrlarini yaxshilash uchun ularning tuzilishini modifikatsiyalash talab etiladi. ILA antenasining modifikatsiyalangan varianti to'ntarilgan F- simon vibrator hisoblanadi.

O'girilgan F - antenna (IFA). IFA antenasi ILA antenasining variatsiyasi bo'lib, uni hosil qilishdan asosiy maqsad kirish impedansining xaqiqiy qismini ILA antenasidagiga nisbatan oshirish, hamda shu yo'l bilan nomutanosiblikdagi yo'qotishlarni kamaytirishdan iborat. IFA antenaning sxematik tasviri 11.11- rasmda keltirilgan.

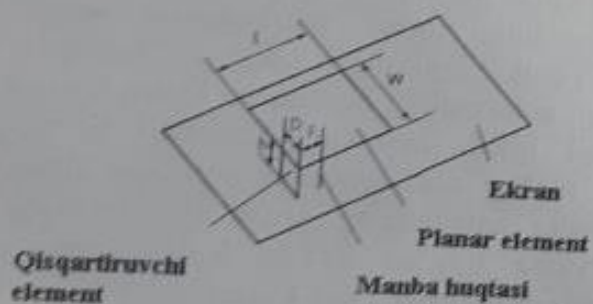
IFA tuzilishi jihatdan o'zida turli o'lchamlardagi ikkita ILA antenasini mujassamlashtiradi. Bunda F - simon antenaning tashqi vertikal o'zagi korpusga ulanadi, natijada signal go'yoki "ichki" vertikal seksiya orqali uzatiladi. Qo'shimcha kiritilgan L - segment esa, antenaning kirish qarshiligining qiymatini boshqarish imkonini berib, kirish qarshiligi bilan moslashuvini sezilarli darajada soddalashtiradi. Vertikal joylashgan seksiyalar orasidagi S masofani o'zgartirish orqali antenaning birmuncha kichik qiymatdagi reaktiv qarshiligini hosil qilish mumkin. Masofani S ning qiymatini o'zgartirishi bu turdagi nurlatgichning rezonans chastotasiga ta'sir ko'rsatmaydi, balki antenaning kirish qarshiligining moslashuvi kuchlanish bo'yicha turg'un to'liqin koeffitsiyentining (VSWR) qiymatini rezonans chastotada 2 dan kamayishiga olib keladi.



11.11- rasm. O'girilgan F-simon vibrator

PIFA antenasining tayyorlanishining soddaligiga qaramasdan, bu turdagi antenna uchun yagona optimal dizayn mavjud emas. Nurlatgich balandligini va gorizontaal sohadagi o'lchamlarini o'zgartirish orqali, IFA antenasining elektr xarakteristikalarini shu jumladan, moslashgan polosaga ham boshqarish mumkin. Xulosa sifatida F-simon antenalariga xos bo'lgan ikkita asosiy xususiyatlarini sanab o'tish lozim: birinchidan, bu turdagi antenalarining o'tkazish polosasining kengligi 2% tashkil etadi, ikkinchidan o'tkazish polosasining bu qiymati simsiz usulda axborot qabul qilish uchun yetarli emas. Ishchi chastota polosasini oshirish, antenalarini birmuncha takomillashtirishni talab etadi. Bu turdagi antenalarining taraqqiyotini keyingi bosqichi natijasi sifatida planar o'girilgan F - simon antenalar namoyon bo'ldi.

Planar F - antenna. Planar to'ntarilgan F - simon vibratorlarning (PIFA) konstruktiv tuzilishi yuqorida ko'rib chiqilgan antenalariga nisbatan ancha murakkab. Quyidagi 11.12- rasmda planar F-simon antenaning chizmasi keltirilgan.



11.12- rasm. Planar F - simon antenna

PIFA antenasining elektr xarakteristikalari nurlatuvchi plastinaning yuqori o'lchamlariga, yon tomonlarining uzunlik munosabatlariga, ushbu plastinaning ekran ustidan qancha balandlikda joylashganligiga, yerlatuvchi devorning vertikal holatiga hamda antenaning manba nuqtasiga bog'liq.

Antenaning o'tkazish polosasi vertikal to'g'ridan - to'g'ri qisqartiruvchi plastinaning kengligi D bilan to'g'ridan - to'g'ri bog'liq. Eng katta polosaga vertikal plastina kengligi D ni uni tomonlari

bilan tutashiruvchi gorizontaal nurlatgich W bilan mos bo'lgan holatga to'g'ri keladi. Bunda gorizontaal plastina tomonlari uzunligining munosabati $W/L=2$ hamda uning ekrandan ko'tarilish balandligi $h=0,053\lambda$ bo'lgan holat uchun ishchi chastota polosasi 10% gacha yetadi. D/W munosabat 0.1 gacha kamaytirilganda ishchi chastota diapazoni 1% gacha torayadi.

PIFA turdagi antenalarida fider liniyasining joylashuvini ko'rsatadigan ta'sirini inobatga oluvchi aniq munosabat mavjud emas. Bu esa o'z navbatida tadqiqotchilarni optimallashtirishning sonli qiymat usullarini qo'llagan holda, antenaning talab etilgan parametrlariga erishish uchun "fiderli effekt" dan foydalanishga majbur etadi. Xususan, PIFA ni loyihalash texnologiyasini takomillashtirishning asosiy yo'nalishlaridan biri - fider aloqaning joylashuvini "genetik algoritmlar" deb nomlanuvchi boshqa geometrik parametrlar majmuasi bilan optimallashtirish hisoblanadi.

Shu tariqa, mobil aloqa vositasi bo'lgan PIFA antenasi evolyutsiya bosqichlari jarayonida bir nechta o'zaro bog'liq bo'lgan aktiv va passiv elementlardan tashkil topgan murakkab antenna majmuasiga aylandi. Tuzilishi jihatidan turlicha bo'lgan segmentlarning yagona ko'p polosali antenna modulidagi kombinatsiyasi keng polosali radiotexnika vositalarini ishlab chiqaruvchilar arsenalida asosiy usulga aylandi. Hozirda bulardan eng ko'p tarqalganlari turli xildagi konstruksiyaga ega bo'lgan PIFA, shuningdek integrallangan mikropolosali hamda dielektrik rezonansli antenalar hisoblanadi.

NAZORAT SAVOLLARI

1. O'tkazgichdan yasalgan antenalarining xossalari.
2. O'tkazgichdan yasalgan antenalarining qanday turlari mavjud?
3. QT antenalarining YD qanday ko'rinishga ega bo'ladi?
4. Ramkasimon antenani hosil qilish usullari.
5. Ramkasimon antenalarida qo'llaniladigan reflektorning qanday turlari mavjud?
6. Zigzagsimon antenaning afzalliklari va kamchiliklari.
7. Rombsimon antenalar deb qanday antenalar aytiladi?

8. Panelli antennalarning konstruktiv xususiyatlarini va ishlash prinsipini tushuntiring.
9. Spiral antenna deb qanday antennaga aytiladi? Spiral antenning qanday ish rejimlari mavjud?
10. Mikropolosali antennalar. Ularning turlari va xususiyatlari haqida ma'lumot bering.

XII BOB. PAST CHASTOTA DIAPAZONIDAGI ANTENNALARNING KONSTRUKSIYASI VA TAVSIFLARI

12.1. Past chastota diapazonidagi antennalarning konstruktiv xususiyatlari

Past chastota deganda asosan o'ta uzun to'lqin (O'UT), uzun to'lqin (UT) va o'rta to'lqin (O'T) diapazonlarida ishlovchi antennalar nazarda tutiladi. Ulardan yer to'lqinlari yordamida aloqa o'rnatishda keng foydalaniladi. Bu diapazonda asosan vertikal (parallel) qutblanish turidan foydalaniladi. Sababi, bu diapazonlarda (ayniqsa o'ta uzun va uzun to'lqin diapazonlarida) yer o'z xususiyatlarini ideal o'tkazuvchi sirt sifatida namoyon etadi. Shuning uchun, ishonchli qabul zonasini kengaytirish maqsadida $\Delta > 40 \dots 50^\circ$ burchak ostida joylashtirilganda sust nurlatuvchi antennalardan foydalanish tavsiya etiladi. Bu shartni qanoatlantiruvchi antennalar *antifeding antennalari* deb nomlanadi. O'UT, UT va O'T larning tarqalish xususiyatlariga ko'ra antennalar yer yuzi bo'ylab maksimal yo'nalgan nurlanishga ega bo'lishi lozim. Bu turdagi yo'nalganlik diagrammalarini esa vertikal nosimmetrik vibratorlar yordamida hosil qilish mumkin. Bu vibratorlarning balandligi texnik-iqtisodiy talablar asosida tanlanadi. Amalda vibratorlar 150...200 m balandlikda joylashtiriladi, lekin O'T diapazonida signal sathining o'zgarishining oldini olish maqsadida 350 m va undan yuqoriroqda joylashtirish kerak.

O'UT va UT diapazoni antennalarining nisbatan past balandlikda joylashtirilishi ularning kichik qiymatli nurlash qarshiligiga ega ekanligini keltirib chiqaradi. Uning qiymati yo'qotishlar quvvati bilan teng bo'lishi, ba'zi hollarda esa kam bo'lishi mumkin. Shuning uchun ham antenning FIK juda kichik bo'ladi. Bunday antennalar yordamida katta quvvat uzatish uchun unga katta tok berish lozim. Bu esa, o'z navbatida yer sirtida katta yo'qotishlarning yuzaga kelishiga sababchi bo'ladi. Qisqa antenning reaktiv tashkil etuvchisi juda ham katta, shu sababli antenna kirishida ham katta qiymatli kuchlanish mavjud:

$$U_0 = I_0 \sqrt{R_{imp}^2 + X_{imp}^2} \quad (12.1)$$

$X_{kir} \gg R_{kir}$ bo'lganligi uchun $U_0 \approx I_0 X_{kir}$ deb qabul qilish mumkin. Antennaning kirish nuqtasida, uning turli qismlarida elektr teshilish yuz bermasligi uchun simlar va yer sathi orasidagi kuchlanish ruxsat etilgan qiymatdan oshmasligi kerak. Reaktiv qarshilikning yuqoriligi antennada katta miqdorda reaktiv quvvatning saqlanishini ta'minlaydi. Antennaning aslligi katta bo'lganligi uchun, uning o'tkazish polosasi juda tor bo'ladi. Ba'zida, shu tor polosa hattoki telegraf signallarini sekin uzatish uchun ham kamlik qiladi. Bunday holatlarni kamaytirish hamda maqsadida O'UT va UT diapazoni antennalarining nurlash quvvatini oshirish, antennadagi tok va kuchlanish qiymatlarini kamaytirish hamda polosa kengligini oshirish chorolari ko'rilishi lozim. O'T diapazoni nurlash qarshiligini oshirish orqali erishish mumkin. O'T diapazoni antennalarida bu muammolarning birmuncha oson yechimi mavjud. Sababi, antennalarning nurlash qarshiliklari katta qiymatga ega. Biroq, bu diapazonda antifeding (er to'lqinlarini nurlatuvchi) antennalarini yaratishning o'ziga xos muammolarni yechishni talab etadi.

O'UT va UT diapazonlarining kamchiliklari sifatida sanoat va atmosfera xalaqitlarining ko'pligi, katta qiymatli YTK va FIK ga ega bo'lgan antennalarni yaratish murakkabligi kabilarni sanab o'tish mumkin.

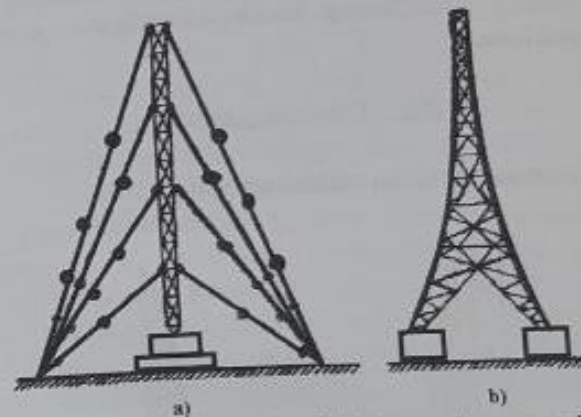
12.2. Past chastota diapazonining uzatuvchi antennalari

Ko'p xollarda, O'T diapazonidagi antennalar antenna-machtalar va antenna-minoralari ko'rinishida yaratiladi (12.1- rasm). Machtali antennalarning asoslari vertikal joylashtirilgan bir nechta tortma simlar yordamida yerga izolyatorlar orqali mahkamlanadi. Bunday machtalarning balandligi 60...350 m ga teng.

Antenna-minoralarining balandligi 60...200 m bo'lib, yerga izolyatsiyalangan asoslar yordamida mahkamlanadi. Ularni ushlab turuvchi tortma simlar talab etilmaydi. Bunday inshootlarning foydali tomonlari shundaki, ular antenna uchun ajratilgan maydonni kamaytiradi, YD ning buzilishiga nisbatan kam ta'sir ko'rsatadi.

Izolyatsiyalangan antenna-minoralari va machtalarini konsentrik silindrlil liniyalar yordamida oziqlantiriladi. Unda liniyaning markaziy simi antenna minorasiga, chetki simi esa yerlantirish tizimiga ulanadi. Yerlantirish tizimi 80...120 ta simlar yordamida bajariladi. Bunda, antennaning yaqin zonasi maydoni yerlantirish tizimi bilan to'liq

qamralishi kerak. Simlarning uzunligi va soni qancha ko'p bo'lsa yerda so'nadigan quvvatning miqdori shuncha kam bo'ladi. Yerlantirish simlari gorizontal holatda 0,5 m chuqurlikda joylashtiriladi.



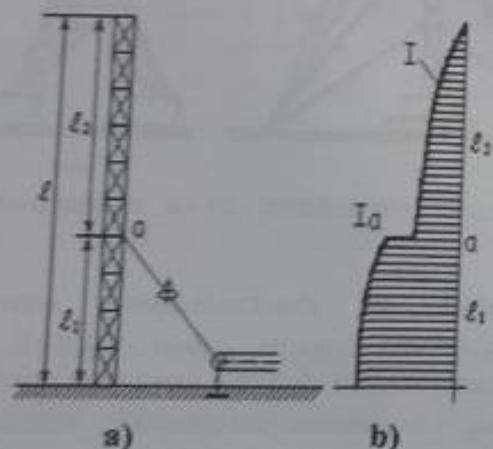
12.1- rasm. Antenna - machtasi (a) va antenna - minorasi (b)

Antenna-minoralari va machtalarining qamrov zonalarini kengaytirish uchun ularni yuqori qismi sig'imli yuklama bilan to'ldiriladi. Bu yuklama metall diskdan yoki mahkamlovchi simlardan hosil qilinadi. Uning yordamida antennaning antifeding xossalarini susaytirmagan holda minoraning balandligini 20...25% gacha pasaytirish mumkin. Natijada antennani LC-zanjir yordamida sozlash imkoniyati yaratiladi. Antenna-minoraning kamchiligi shundaki, unda izolyatorlar nafaqat antennani yerdan ajratib turadi, balki, minorani ushlab turuvchi tayanch ham hisoblanadi. Shuning uchun izolyator yuqori elektr bardoshlikka ega bo'lish bilan birga yuqori mexanik bardoshlikka ham ega bo'lishi kerak. Izolyatorga tayanib turuvchi antenna machtalari 100...200 tonna og'irlikka ega bo'ladi. Izolyatorlarning qo'llanilishi antenna-machtalarining tannarxini oshiradi, ularning mexanik bardoshlilikini kamaytiradi va chaqmoqdan saqlashi tizimini sustlashtiradi. Shu sababli izolyatorlarsiz o'rnatiladigan, yerlantirilgan va mahkam asosda o'rnatiladigan antenna-machtalarini yaratish va ulardan foydalanish katta ahamiyatga ega. Bunday turdagi antennalarning shuntlangan

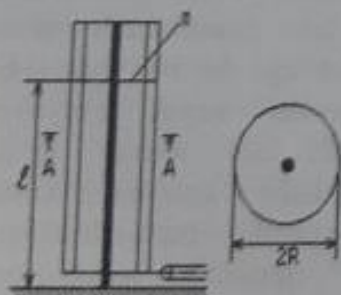
ta'minotli va yuqoridan ta'minlanuvchi turlari mavjud (12.2-rasm). Kuchlanish qiya joylashtirilgan sim yordamida beriladi. Bunda machtaning pastki l_1 (shunt) va yuqori l_2 qismlari fiderga nisbatan parallel ulanadi. Tokning antenna-machtasi bo'ylab taqsimoti noxiziqli bo'lib qolgani uchun uning ta'sir etuvchi balandligi kamayadi. Bunday antenning kirish qarshiligini quyidagi ifoda yordamida hisoblanadi:

$$R_{k\bar{e}} = (W_a^2 / R_{\Sigma a}) \sin^2 k l_1, \quad (12.2)$$

bu yerda $R_{k\bar{e}}$ - antenning to'liq nurlash qarshiligi.



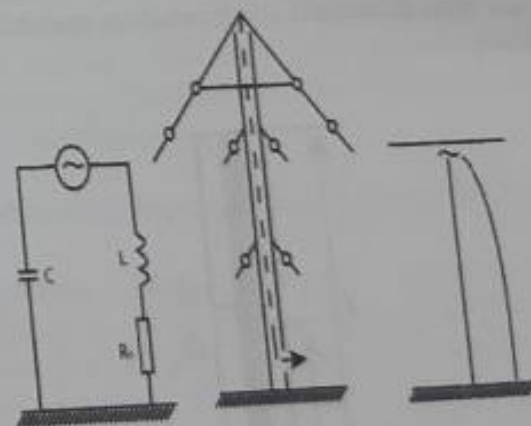
12.2-rasm. Shuntlangan ta'minotli antenna machtasi



12.3-rasm. Pasaytirilgan to'liq qarshilikli antenna

Amalda shuntlangan kamaytirilgan to'liq qarshiligiga ega bo'lgan antenna-machtalari keng qo'llaniladi. Bunday antenning elektrik sxemasi 12.3-rasmda keltirilgan.

Yerlanirilgan machta bir qator nurlovchi simlar guruhi bilan o'rab chiqiladi va antenna asosida bu simlar bir halqaga ulanib, machtadan izolyatsiyalangan holda ta'minlanadi. Shunt sifatida machtaning l_1 qismi namoyon bo'ladi. Machtaning ko'ndalang kesimi oshganda uning kirish qarshiligi pasayadi. Buning natijasida antenna yordamida katta quvvat uzatish va uning diapazonlik xususiyatlarini oshirish imkoniyati paydo bo'ladi. To'liq qarshiligini pasaytirish uchun qisman maxsus simlardan, qisman esa machtaning yuqorisidan mahkamlab turuvchi tayanch simlardan foydalanish mumkin. Qiya simlarning qo'llanilishi antenna-machtasining yuqori burchaklar ostida nurlashiga sabab bo'ladi. Shuning uchun bu antennalarni antifeding (past burchaklarda nurlovchi) antennalari sifatida qo'llash mumkin emas. Antenna-machtalarining balandligi asosan $0,15 \leq l/\lambda \leq 0,5$ oraliqda olinadi.



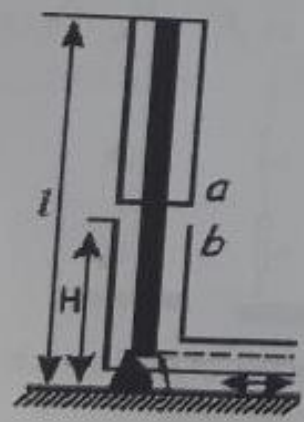
12.4 - rasm. Yuqoridan ta'minlanuvchi antenna - machtasi

Yuqoridan ta'minlanuvchi antenna-machtasi yerlangan machta bo'lib, uning yuqori nuqtasiga nosimmetrik uzatish liniyasi ulanadi. Liniyaning ekрани machta bilan ulangan bo'lib, uning markaziy simi

machtaning yuqori nuqtasidan biroz balandroqda joylashtirilgan zondga ulanadi. Zond sifatida antenaning yuqorisida izolyator yordamida ulangan bir qator mahkamlovchi simlar qo'llaniladi. Bunday antenaning chizmasi 12.4- rasmda keltirilgan.

Zond o'qlarining uzunligi machtaning yarim balandligiga teng bo'lib, machta bilan 45° burchak hosil qiladi. Bu kabi antenna-machtasining asosiy afzalligi, pastki qismidan ta'minlanuvchi antennaga nisbatan yuqori qiymatli nurlash qarshiligiga va bir tekis tok taqsimotiga ega ekanligida. Buning natijasida antenaning ta'sir etuvchi balandligi oshadi. Antenna-machtalarining antifeding xususiyatlarini va diapazonlik tavsiflarini yaxshilash maqsadida boshqariluvchi tok taqsimotiga ega antenna (BTTA) ishlab chiqildi (12.5-rasm).

BTTA ning balandligi taxminan 260 m ga teng bo'lib, machtaning asosi yerdan ajratilgan. Machtaning pastki 1/3 qismi diametri 10 m ga teng bo'lgan simli ekran bilan o'ralgan. Machtaning yuqori qismi ham xuddi shunday simli silindr bilan o'ralgan bo'lib, ular pastki simlar bilan birlashtirilgan bo'ladi hamda simlar bo'yicha oquvchi toklar birgalikda antenna-machtaning nurlanishini shakllantiradi. Antenaning tok taqsimoti machtaning pastki asosini yer bilan o'zaro birlashtiruvchi o'zgaruvchan qarshilik X_{yu} yordamida amalga oshiriladi.



12.5-rasm. Boshqariluvchi tok taqsimotiga ega antenna

Bu qarshilik qisqa tutashtirilgan shleyf ko'rinishida bo'lib, ta'minot liniyasining tashqi ekрани yordamida bajariladi. Bitta BTTA

butun radioeshittirish diapazonida ($\lambda=200...2000$ m) ishlatilishi mumkin. 600...2000 m diapazonida qisqa tutashtirilgan shleyf uzunligi nolga tenglashtiriladi. Bunday rejimda antenna katta kirish qarshiligiga ega bo'ladi. Antenaning antifeding xususiyatlari 240...570 m diapazonida saqlanadi. BTTA ning boshqa turlari ham yaratilgan bo'lib, ulardan birining balandligi 320 m bo'lib, ikkita ta'minot nuqtasiga ega.

Bu BTTA vertikal tekislikda anchagina tor YD ga ega bo'lib, yon bargchalarning nurlanish sathi ham past. Sektorli maydonni radioeshittirish bilan ta'minlash uchun mo'ljallangan BTTA to'rtta machtadan tashkil topgan bo'lib, kvadrat shaklida joylashtiriladi. Ularning ikkitasi aktiv, ikkitasi esa passiv sanaladi, ya'ni, faqatgina ikkita machta generatoridan oziqlantiriladi, qolgan ikkitasi esa reflektor vazifasini bajaradi. Bu tizimning nurlatuvchi machtalari o'zaro turli bog'liqliklarni hosil qilib, to'rtta sektorni qamrashi mumkin. Asosan, tomonlari 70 m ga teng bo'lgan kvadrat burchaklarida joylashtiriladigan BTTA lar eng ko'p qo'llaniladi.

Uzoq masofadagi hududlarni radioeshittirish bilan qamrash uchun maxsus O'T BTTA antenasi ishlab chiqilgan bo'lib, u 8 ta machtadan tashkil topgan. Ularning to'rttasi bir qatorda joylashgan va generatoridan ta'minlanadi. Ikkinchi qatordagi qolgan to'rtta machta reflektor vazifasini bajaradi. Bu tizim $\pm 30^{\circ}$ sektorda boshqariluvchi YD ga ega. Tizimning kuchaytirish koeffitsiyenti 185...575 m diapazonida 28...5 martaga teng.

12.3. Past chastota diapazonining qabul qiluvchi antennalari

Bu diapazonning qabul qiluvchi antennalari uzatuvchi antennalarga nisbatan konstruktiv tuzilishi va turlari bo'yicha biri ikkinchisidan katta farq qiladi. Qabul qiluvchi antennalarda katta quvvatlar tufayli yuzaga keladigan muammolar yo'q. Ushbu diapazonlarda atmosfera va sanoat xalaqitlari hamda qo'shni radiostansiyalarning xalaqitlari kuchli bo'lib, qabul qilgichdagi va uning fideridagi issiqlik shovqinlari nisbatan kichik. Shuning uchun signal/shovqin munosabatini oshirish uchun katta qiymatli YTK ga ega bo'lgan antennalarni qo'llash o'rinliroq hisoblanadi. Bunda tizimning FIK va antenaning yuklama bilan moslashganligi unchalik ahamiyatli emas. Lekin, professional qabul qilishda katta

yo'nalganlikka ega bo'lgan antennalardan foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Qabul qiluvchi antennalar asosan ramkasimon, G - simon va T - simon vibratorlar bo'lib, ular uzatuvchi antennalardan konstruksiyasi va o'lchamlari bo'yicha tubdan farq qiladi. G - simon va T - simon antennalar vertikal (10...15 m) va gorizonttal (20...30 m) simlardan tayyorlanadi. Yerlantirish ekran klemmasini 1...2 m chuqurlikka ko'milgan ruxlangan metall list bilan ulanishi, yoki ruxlangan metall truba bilan ulash orqali amalga oshiriladi. Ramkasimon antennaning o'lchamlari kichik bo'lganligi uchun bu diapazonda ular elementar ramka kabi ko'rinishda bo'ladilar. Elementar ramkaning YD si esa ramka tekisligiga perpendikulyar yo'nalishda nol qiymatga ega bo'lishi lozim. Biroq, agar ramka nosimmetrik liniya yordamida qabul qilgich bilan ulanadigan bo'lsa, fiderning antenna effekti tufayli bu YD buzilib, uning nolnchi nurlash burchaklari yo'qoladi.

Antenna effektini yo'qotish uchun ramka va simmetriyalovchi qurilma yagona konstruksiyaga birlashtiriladi (12.6-rasm). Agar qabul qilgichning kirishi yetarlicha simmeriyalanmagan bo'lsa, antenna effekti yuz berishi mumkin. S yuzali ramkaning ta'sir etuvchi uzunligini $l_f = 2\pi S/\lambda$ ifoda yordamida hisoblash mumkin. Yerga yaqin masofada ramkaning ko'zguli aksi tufayli uning uzunligi ikki barobar oshadi. Past chastota diapazonlarida ramkaning ta'sir etuvchi uzunligi juda kichik. Shu sababli uning nurlash qarshiligi va FIK ham kichik. Va aynan shu xususiyati tufayli ramkasimon antennalar uzatuvchi antenna sifatida kam ishlatiladi.

Ramkaning reaktiv qarshiligi induktiv xarakterga ega bo'lganligi uchun, uni sozlash uchun parallel ravishda sig'im ulanadi. Ramkani sozlash uning uzunligini oshirish bilan barobar. Bu uzunlikni ramkaning chulg'amlari sonini oshirish orqali ham oshirish mumkin. Magnitodielektrikli sterjenlarni qo'llash orqali ham ramkaning uzunligini oshirish mumkin

$$l_f = (2\pi/\lambda) n S \mu_{ef} \quad (12.3)$$

bunda: μ_{ef} - effektiv magnit singdiruvchanlik.

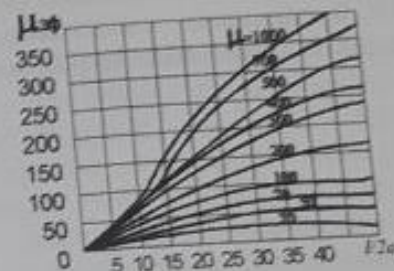
12.7- rasmda μ_{ef} ning o'zak (serdechnik) uzunligiga bog'liqlik grafiklari keltirilgan. Ramkasimon antennaning ta'sir etuvchi uzunligi ramkaning maydoniga proporsional bo'lganligi uchun professional (radiouzatuvchi markazlar) radioqabulda katta o'lchamli statsionar

ramkasimon antennalar katta maydonlarda machtalar yordamida o'rnatiladi



Кабун қилинча

12.6 - rasm.
Simmetriyalovchi qurilmali ramka



12.7 - rasm. μ_{ef} ning $l/2a$ munosabatga bog'liqligi

Ramkasimon antennalarning asosiy afzalligi shundaki, ularda gorizonttal tekislikda nolnchi nurlanish burchagi mavjud. Bu xalaqit beruvchi radiostansiyalardan saqlanishda qo'l keladi. Qabul qiluvchi ramkali antennalarda YD ni boshqarish uchun uni aylantirilsa, ta'sir etuvchi uzatuvchi antennalarda bu ish katta va murakkab tizimlar yordamida amalga oshiriladi.

NAZORAT SAVOLLARI

1. O'rta to'lqin diapazonida ishlovchi antennalarga qanday talablar qo'yiladi?
2. Antifeding antenasining ishlash prinsipini tushuntiring.
3. Nima sababdan o'rta to'lqin diapazonida parallel qutblanish turidan foydalaniladi?
4. Antenna machtalarining balandligi qanday masofalar oraliq'ida tanlanadi?
5. Antenna minoralarining balandligi qanday masofalar oraliq'ida tanlanadi?
6. Boshqariluvchi tok taqsimotiga ega antennalar nima sababdan ishlab chiqilgan?
7. "T" - simon va "G" - simon antennalar qaysi to'lqin diapazonida qo'llaniladi?

8. "Antenna effekti" deb, nimaga aytiladi? Unga qarshi qanday kurashish mumkin?
9. O'UT, UT va O'T diapazonlarining qabul qiluvchi va uzatuvchi antennalarining o'zaro farqi nimada?
10. Ramkasimon antennalarining konstruktiv tuzilishi va yo'nalganlik xususiyatlari haqida ma'lumot bering.

XIII BOB. ANTENNALARNI KOMPYUTERLI MODELASHTIRISH USULLARI VA IMKONIYATLARI

13.1. Antennalarni kompyuterli modellashtirish usullari va imkoniyatlari

Hozirgi kunda antennalar va o'ta yuqori chastota qurilmalari ustida ilmiy tadqiqotlar olib borishni zamonaviy axborot texnologiyalarining ishtirokisiz tasavvur etish qiyin. Birinchidan, ularni o'lchash va tadqiq etish uchun tan narxi juda qimmat bo'lgan o'lchash uskunalari talab etiladi. Ikkinchidan, o'lchovlarni amalga oshirish uchun tashqi elektromagnit to'lqinlarning manbalaridan holi bo'lgan, elektromagnit to'lqinlarni ekranlash va qaytarish xususiyatiga ega bo'lgan maxsus fizik obyektlar bilan jihozlangan alohida aks sadosiz kameralar talab etiladi.

Shuningdek, agar tadqiq etilayotgan antenna murakkab tuzilishga ega bo'lsa, uni ishlab chiqarish uchun katta moddiy xarajatlarni talab qiladi. Bu esa, ko'pincha ishlab chiquvchilar uchun imkoniyatsiz to'siqlarni yuzaga keltiradi. Ushbu murakkab vaziyatlardan chiqishning eng optimal yechimlaridan biri, bu yo'li antennalarni kompyuterli modellashtirishdir. Ya'ni, antennalarning o'zini emas, balki ularning kompyuterli modellarini ishlab chiqish hamda tadqiq etish.

Modellashtirish dasturi – bu, haqiqiy antennaning aniq modelini loyihalash imkonini beruvchi virtual laboratoriyadir. Bu dasturlar keraksiz xarajatlardan holi bo'lgan tarzda, antennalar ustida turli tajribalarni o'tkazish imkonini beradi. Bunday tadqiqotlarning asosiy afzalliklari uning qulayligi va olingan natijalarning aniqligidadir.

Hozirda mavjud bo'lgan modellashtirish dasturlari bizga quyidagi imkoniyatlarni beradi:

- bir nechta turdagi antennalarni tadqiq etish;
- antennalarning gorizontal va vertikal tekisliklardagi yo'nalganlik diagrammalarini hisoblash;
- bir vaqtning o'zida bir nechta antennalarning yo'nalganlik diagrammalari va parametrlarini taqqoslash;
- antennaning rezonans chastotasini saqlab qolgan holda uning shaklini o'zgartirish hisobiga uning har bir elementini tavsiflash;

- koordinatalarni o'zgartirish yoki sichqonchening oddiy harakati yordamida antennaning tavsiflarini tahrirlash;

- turli diametrlarga ega bo'lgan bir nechta o'tkazgichlarni hisoblash;

- ko'p qavatli antenna panjaralarini hosil qilish uchun qulay bo'lgan menyudan foydalanish;

- kirish qarshiligi, turg'un to'lqin koeffitsiyenti, kuchaytirish koeffitsiyenti kabi to'qsondan ortiq parametrlarning qiymatlarini tanlash orqali antennani optimallashtirish;

- har bir optimallashtirish qadamlarini alohida jadval shaklida saqlab qo'yish;

- berilgan talablar asosida antenna yo'nalganlik diagrammasining chastotaga bog'liqlik grafiklarini qurish;

- bir nechta turdagi moslashtiruvchi qurilmalarni hisoblash va h.k. O'tgan asrning 80 - yillarida paydo bo'lgan antennalarni hisoblash uchun dastlabki dasturlar muayyan formulalar yordamida faqat ma'lum turdagi antennalarni hisoblash uchun mo'ljallangan.

Masalan, ko'p o'lchovli matritsalar (momentlar) usuli yordamida har bir antenna o'tkazgichi nuqtalarga (segmentlarga) ajratilib, har bir nuqtadagi tok oqimining xususiy va hosil qilingan qiymatlari hisoblanar edi. ELNEC, EZNEC, NEC4WIN95, MMANA kabi taniqli zamonaviy dasturlar aynan shu usulga asoslangan.

Barcha tashqi farqlardan qat'iy nazar ularning barchasi bir xil tuzilishga ega. Unga ko'ra, hisoblashlar har bir nuqta uchun momentlar usuli bilan maydon tenglamalarini sonli yechishni ta'minlovchi hisoblash yadrosiga asoslangan. Yadrodan yuqorida yadro uchun ma'lumotlar tayyorlaydigan va hisoblash natijalarini qulay tarzda taqdim etadigan xizmat qobig'i mavjud. Hisob-kitoblarning mumkin bo'lgan aniqligi (ya'ni, yaratilgan modelning haqiqiy antennaga mos kelishi) aynan yadro bilan belgilanadi.

Hozirda mavjud bo'lgan zamonaviy dasturlar uchta asosiy yadroga ega bo'lib, ular ko'p yillar davomida professionallar jamoalari tomonidan puxta sinovdan o'tkazilgani bois, modellashtirish dasturlari yordamida olingan natijalar ishonchli deb tan olinib, kompyuter modellari asosida yig'ilgan antennalarning ishlashi bilan deyarli to'liq mos keladi.

Keling hisoblash yadrolari va ular asosida yaratilgan eng taniqli antennalarni modellashtirish dasturlaridan ba'zilarini ko'rib chiqaylik.

MININEC (MiniNumerical Electromagnetic Code) yadrosi. Uning bir nechta versiyalari mavjud bo'lib, shaxsiy kompyuterda ishlatiladigan birinchi muvaffaqiyatli yadro. Asosiy kamchiligi real Yerni modellashtirishda antennaning yaqin reaktiv zonasining yo'qotishlar hisobga olinmaydi. Kirish qarshiligini hisoblashda Yer ideal deb qabul qilinadi. Shuning uchun past osma antennalarni modellashtirishda ularning kuchaytirish va kirish qarshiligini aniqlashda xatoliklar kuzatiladi.

NEC2 (Numerical Electromagnetic Code 2) yadrosi. Bu MININEC ning takomillashgan yangi versiyasi emas, balki alohida hisoblash yadrosi bo'lib, MININEC ning yuqorida ko'rsatilgan kamchilikni bartaraf etish uchun yozilgan. Haqiqiy yer ustidagi past osma antennalarning kirish qarshiligi va kuchaytirishi yaqin maydon yo'qotishlarini hisobga olgan holda aniqroq hisoblanadi. Kerakli hisoblash aniqligi MININEC qaraganda kamroq sonli segmentlar bilan erishiladi. Buning natijasida hisoblashlar tezlashadi, bu esa kompyuterlar uchun juda muhim ahamiyat kasb etadi.

Animo shu bilan birga NEC2 o'ziga yarasha kamchiliklarga ham ega. Bularga yerda joylashtirilgan posangilarni hisobga olmaslik va turli diametrdagi simlarni ulashdagi xatoliklar kiradi.

Birinchi marta ELNEC va NEC4WIN qobiqlarida MININEC yadrosi muvaffaqiyatli ishlatiladi. Lekin ming afsuski ishlab chiqaruvchilar ulardagi nuqtalarning maksimal sonini mos ravishda 120 va 300 oralig'ida cheklaganlar. Bu esa murakkab antennalarni hisoblashda kutilgan natijalarni bermadi.

Keyinchalik NEC2 yadrosi asosida yaratilgan EZNEC3.0 yadrosi yuqoridagilarga nisbatan ko'proq imkoniyatlarga ega edi (13.1- rasm). Lekin uning imkoniyatlarini ham yuqori baholab bo'lmadi. Undagi maksimal nuqtalar soni 300...500 oralig'ida bo'lib, uning yordamida murakkab antennalarni modellashtirishning iloji yo'q edi. Avtomatik optimallashtirishning yo'qligi antennalarni qo'lda sozlash zaruratini keltirib chiqarar edi.

4NEC2 qobig'i ArieVoors ning loyihasi hisoblanadi (13.2-rasm). Dasturning keng tarqalgan versiyasi NEC2 yadrosi asosida ishlaydi va

shuningdek, litsenziyalangan 4NEC yadrosi bilan ham ishlashi mumkin.

Dastur turli formatlardagi chiqish ma'lumotlarini: matn, grafik va uch o'lchamli ko'rinishda olish imkonini beruvchi qulay va informatsion interfeysga ega. Shuningdek, dastur qo'shimcha grafiklar qurish uchun - GNUPLOT, yuqori sifatli chizmalar yaratish uchun - POV-Ra, qisqa to'lqinlardagi radioto'lqinlarni tarqalishi uchun mo'ljallangan - ITS HF Propagation dasturlari bilan integratsiyalashtirilgan.

MMANA-GAL o'zgartirilgan MININEC3 da hisob-kitoblar uchun ma'lumotlarni qulay tayyorlash va natijalarni tahlil qilish imkonini beruvchi dasturlardan biridir. Shuningdek, MMANA dasturida antenna modelini yaratish va natijalarini olish uchun matn va grafik rejimlaridan ham foydalanish mumkin.

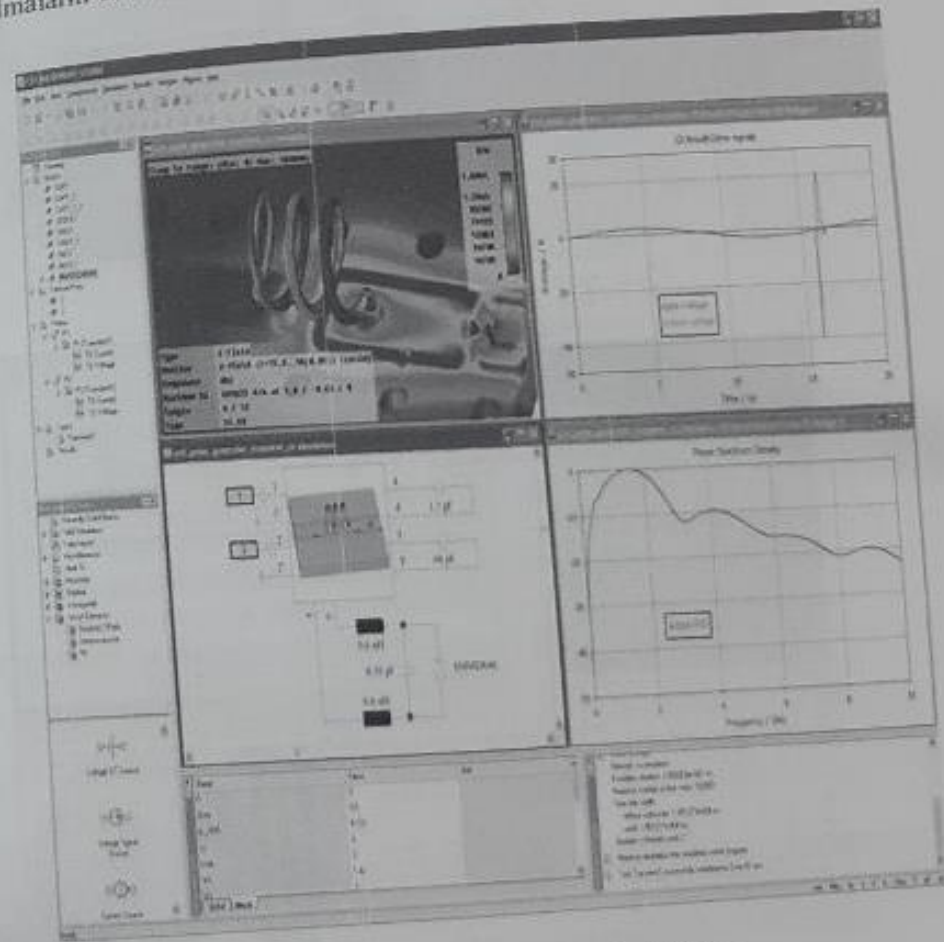
MMANA dasturi va uning 200 ga yaqin antennaga oid ma'lumotlarni o'z ichiga olgan kutubxonasini ushbu dasturga bag'ishlangan sahifaga ega bo'lgan "Radio" jurnalining saytidan bepul yuklab olish mumkin. Saytdagi ma'lumotlar muntazam yangilanadi, dastur o'zgartiriladi va uning kutubxonasi kengaytirib boriladi. CST Microwave Studio - o'ta yuqori chastotali qurilmalarni modellashtirish tizimi bo'lib, murakkab hajmli qurilmalarni modellashtirish hamda ularning parametrlarini tez va aniq hisoblash imkonini beruvchi dasturdir (13.3 - rasm).

CST Microwav Studio paketi yordamida quyidagi qurilmalarni modellashtirish mumkin:

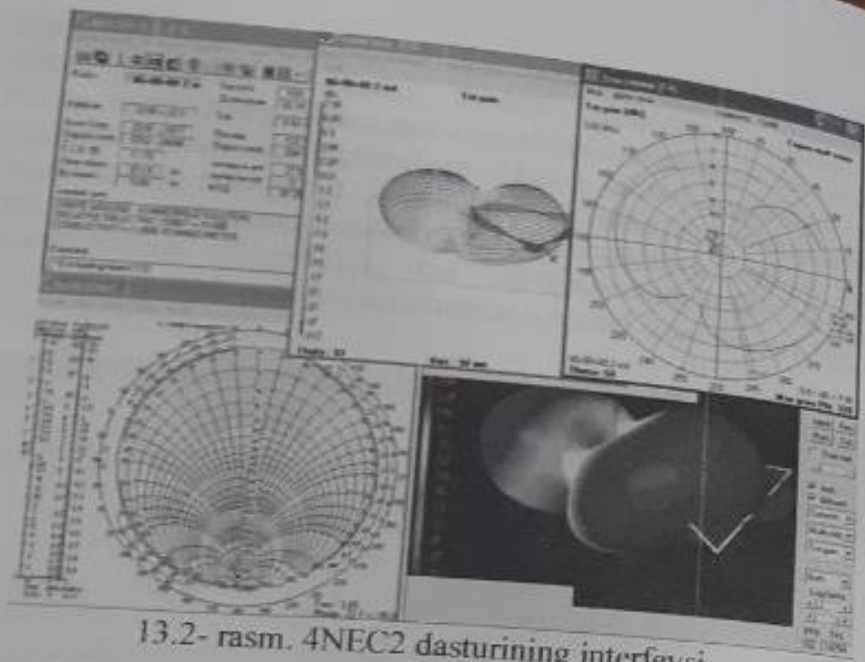
- to'lqin o'tkazgichli va mikropolosali quvvat yo'naltirgichlar;
- quvvat bo'lgichlari va jamlagichlari;
- to'lqin o'tkazgichli, mikropolosali va dielektrik filtrlar;
- bir va ko'p qavatli mikropolosali tarkiblar;
- turli xildagi uzatish liniyalari;
- koaksial va ko'p chiqishli birlashtirgichlar;
- optik to'lqin o'tkazgichlar va kommutatorlar;
- turli xildagi antennalar: ruporli, spiral, planar.

Dastur oddiy va qulay foydalanuvchi interfeysiga ega, u bilan birinchi tanishuvdan so'ng qisqa vaqt ichida bemalol ishlash mumkin. Foydalanuvchilar VBA tili yordamida murakkab vazifalarni tayyorlashlari va bajarilishini avtomatlashtirishlari mumkin.

CST Microwave Studio tizimi - to'liq dasturiy mahsulot, ya'ni uch o'lchamli tarkiblarni chizish uchun mo'ljallangan grafik bilan tugaydigan barcha kerakli modularga ega. O'rganilayotgan tuzilmalarni qurish tizimi CAD tizimlari tomonidan ishlatiladigan taniqli ACIS yadrosiga asoslangan. Ushbu texnologiya hatto eng murakkab konfiguratsiyalarda uch o'lchamli mikroto'lqinli qurilmalarni chizishda ham o'z tezkorligini saqlab qoladi.



13.1- rasm. EZNEC3.0 dasturining interfeysi



13.2- rasm. 4NEC2 dasturining interfeysi



13.3 – rasm. CST Microwave Studio dasturining interfeysi

13.2. MMANA dasturi

Antennalarning asosiy elektr va yo'nalganlik xarakteristikalarini hisoblashda MMANA-GAL kompyuter dasturidan foydalaniladi. Ushbu dastur antennalarning asosiy elektr va yo'nalganlik xarakteristikalarini hisoblash va ularni tahlil qilish imkonini beradi. Hisoblashlar lahzalar usulida amalga oshiriladi. Ma'lum o'tkazgichlar to'plami (ya'ni, antenna elementlari) haqidagi dastlabki ma'lumotlarni kiritish natijasida dastur YD shaklini quradi. KK, TTK, HTK va boshqa shu kabi asosiy parametrlarni hisoblaydi. Dastur antenna parametrlarini real sharoitlarda hisoblash imkoniyatiga ega bo'lib, unda o'tkazgich materialining turini, antenning o'rnatilish balandligi tanlash, real muhit parametrlari va h.k. larni kiritish mumkin.

MMANA dasturi antennalarni modellashtirish va tahlil qilishda juda keng imkoniyatlarni yaratadi. Bu dastur yordamida quyidagi amallarni bajarish mumkin:

- antennani sichqoncha yordamida chizish yoki jadval yordamida kiritish;
- juda ko'p turdagi antennalarni modellashtirish;
- antenning yo'nalganlik diagrammasini hisoblash;
- mavjud antennalarni xarakteristikalari bo'yicha solishtirish;
- elementning rezonans chastotasini saqlab qolgan holda, uning shaklini istalgancha o'zgartirish;
- ko'p qavatli antennalarni steklar yordamida hosil qilish;
- antenning xarakteristikasini tanlangan parametri bo'yicha optimizatsiya qilish, bunda optimizatsiya jarayonini kuzatish mumkin;
- optimizatsiya qadamlarini jadval ko'rinishida saqlab qo'yish;
- antenning turli xarakteristikalarini grafik ko'rinishida qurish;
- bir qator moslashtiruvchi qurilmalarni hisoblash;
- barcha ma'lumotlarni grafik va jadval ko'rinishida saqlab qo'yish;
- antenning kirish qariligi Z_{kir} , TTK, KK bo'yicha optimallashtirish jarayonini sozlash.

Dasturning birinchi «Геометрия» oynasi quyidagi 13.4-rasmda tasvirlangan bo'lib, unda modellashtirilayotgan antenning asosiy parametrlari: ishchi chastota (yoki to'lqin uzunligi), geometrik

o'lchamlari, qo'zg'atuvchi parametrlar (manbalar), yuklamalar va ularning parametrlari keltirilgan.

Примечание: DWI 805 - DMZ 80 Частота 860 - МГц - в реальном времени

No	X3(m)	Y3(m)	Z3(m)	X2(m)	Y2(m)	Z2(m)	R(mm)	Сег
1	0.105	0.055	0.52	0.105	0.055	0.38	5.0	-1
2	0.105	-0.055	0.52	0.105	-0.055	0.38	5.0	-1
3	0.105	0.055	0.22	0.105	-0.055	0.38	5.0	-1
4	0.105	-0.055	0.22	0.105	0.055	0.38	5.0	-1
5	0.105	0.055	-0.08	0.105	-0.055	0.08	5.0	-1
6	0.105	-0.055	-0.08	0.105	0.055	-0.22	5.0	-1
7	0.105	0.055	-0.38	0.105	-0.055	-0.22	5.0	-1
8	0.105	-0.055	-0.38	0.105	0.055	-0.52	5.0	-1
9	0.07	0.055	0.54	0.07	0.055	-0.52	5.0	-1
10						0.36	4.0	-1

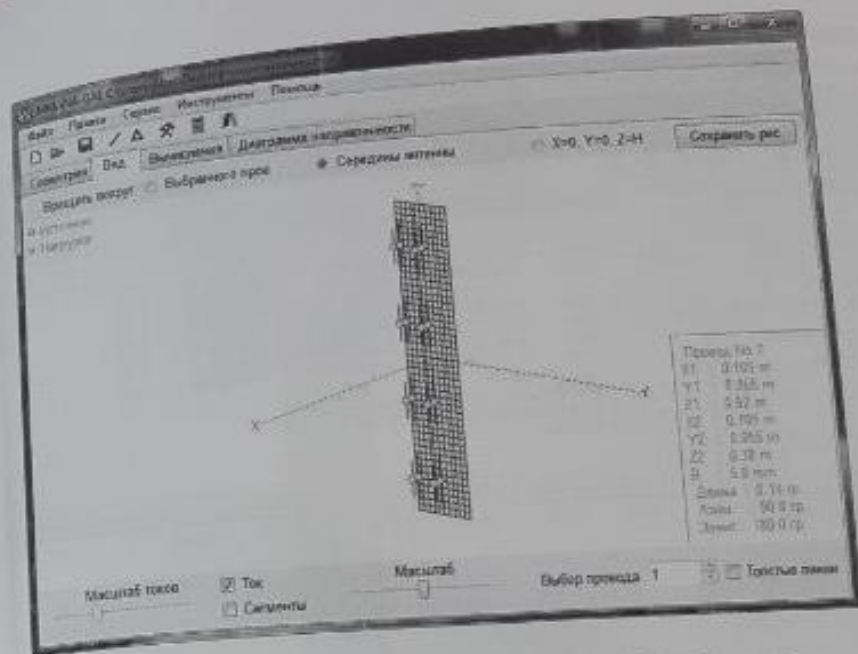
No	PULSE	Phase deg	Vol. V
1	w7c	90.0	0.0625
2	w2c	90.0	0.0625
3	w3c	-90.0	0.0625
4	w4c	-90.0	0.0625

13.4 - rasm. MMANA-GAL dasturining «Геометрия» oynasi

Dasturning antenna modelini namoyish etish uchun mo'ljallangan «Вид» oynasi 13.5- rasmda tasvirlangan.

13.6- rasmda dasturning uchinchi asosiy «Вычисления» oynasi keltirilgan bo'lib, unga muhit parametrlari («Земля» varaqasi), antennaning ko'tarilish balandligi, antenna yasalgan material turi kiritiladi shuningdek, hisoblash natijalari olinadi.

Model parametrlarini kirish va ularni ko'rishlarini o'zgartirishning bir nechta yo'llari mavjud: 13.4-rasmda ko'rsatilgan antennaning tashkil etuvchi o'tkazgichlarni koordinata jadvalarini to'ldirish orqali; «Правка провода» oynasida sichqoncha yordamida o'tkazgichlarni chizish orqali; «Правка провода» oynasida joylashgan maxsus oynada o'tkazgichlarning koordinatalarini kiritish orqali.



13.5- rasm. MMANA-GAL dasturining «Вид» oynasi

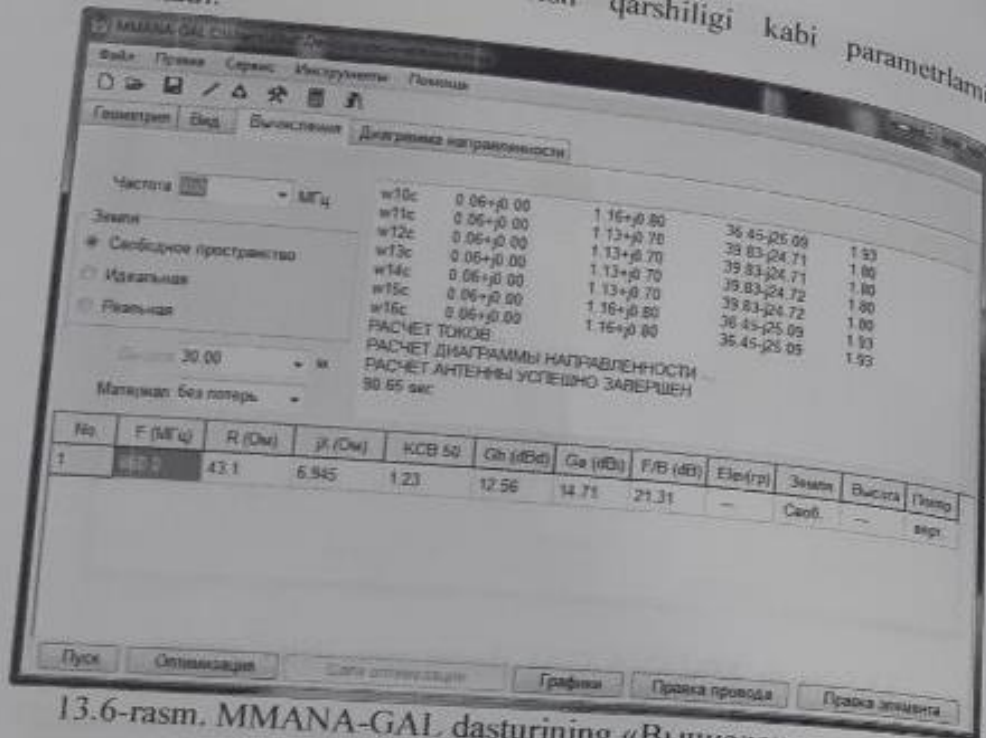
«Правка провода» oynasi to'rtta oynadan (vkladka) tashkil topgan bo'lib, ularning har biri chiziqli koordinatalar tizimining belgilangan tekisligiga mos keladi (13.8 - rasm). Shu tariqa, antennaning uzunligini o'zgartirish orqali yuqorida keltirilgan ixtiyoriy tekislikda uni modellashtirish mumkin.

MMANA-GAL dasturining «Диаграмма направленности» oynasida vertikal va gorizontal tekisliklarda qurilgan YD keltirilgan (13.7- rasm).

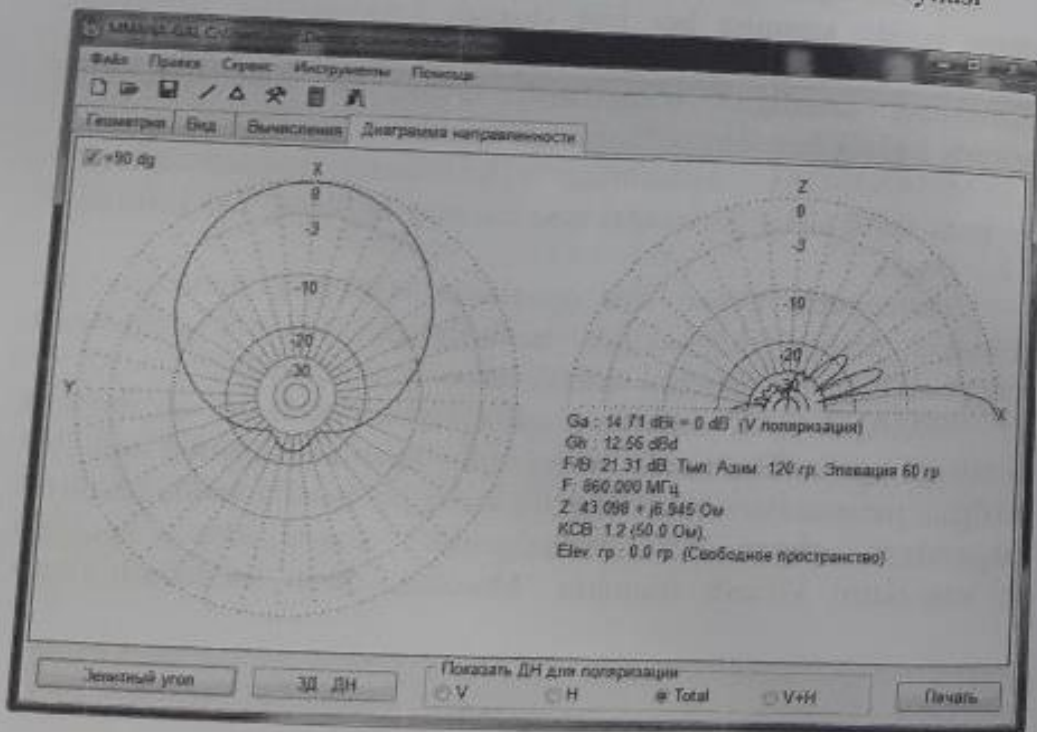
Shuningdek, aynan shu oynalarda «Создать провод» yoki «Создать рамку» tugmalarini faollashtirgan holatda sichqoncha yordamida antenna modelini chizish imkoniyati mavjud.

MMANA-GAL dasturida asosiylaridan tashqari qo'shimcha oynalarga ega bo'lib, ularda tadqiq etilayotgan antennaning dastlabki berilgan parametrlari bilan bog'liq bo'lgan, hamda modellashtirish natijasidagi elektr va yo'nalganlik xususiyatlari haqidagi ma'lumotlarni ko'rish mumkin. Masalan, dastu modellashtirilgan

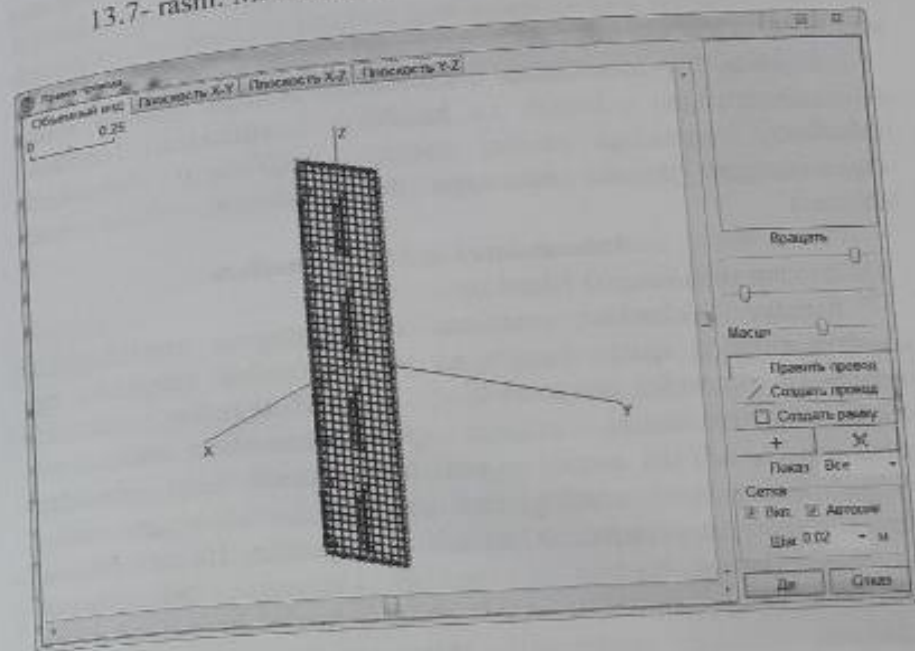
antennaning TTK, HTK, kirish qarshiligi kabi parametrlarni ko'rsatadi.



13.6-rasm. MMANA-GAL dasturining «Вычисления» oynasi



13.7-rasm. MMANA-GAL dasturining «ДН» oynasi



13.8 - rasm. «Правка провода» oynasi

Xulosa sifatida shu ta'kidlab o'tish lozimki, MMANA dasturining takomillashgan interfeys va qo'shimcha imkoniyatlarga ega bo'lgan yangi talqinlari davriy ravishda ishlab chiqilmoqda. Ammo uning asosiy ishlash prinsiplari o'zgarmasdan qolmoqda.

13.3. Antenna o'lchash - hisoblash komplekslari va ularning tavsiflari

Zamonaviy antenna tizimlarining parametrlari va tavsiflariga nisbatan bo'lgan talablar kundan-kunga ortib bormoqda. Bunga esa aslo iloji yo'q. Katta hisoblashlarni qisqa vaqtlar ichida amalga oshirishni faqat kompyuter texnikasini jalb qilish evazigagina erishish mumkin. Ayniqsa, o'tgan asrning 90-yillari boshida yaratilgan yuqori aniqlikdagi zanjir analizatorlari - antenna o'lchash texnikasidagi

haqiqiy "vulqon" sifatida yangi davmi boshlab berdi. Antenna tizimlarining o'lov obyektlari sifatidagi o'ziga xosligi ularning og'irlik ko'rsatkichlari, konstruktiv xususiyatlari, yo'nalganlik tavsiflari, chastota diapazoni va eng muhimi o'lchashlarni o'tkazish sharoitlarida hisoblanadi.

Hozirda har tomonlama o'lchashlarni amalga oshirish uchun avtomatlashtirilgan o'lchash va hisoblash komplekslari (AO'HK) ishlatiladi. Yuqoridagi omillar asosida, belgilangan sharoitlarda o'rganilayotgan maxsus antennaga mos keladigan o'lov usuli tanlanadi.

Antennalarni o'lchash usullari

1. Vaqt sohasidagi o'lchashlar

Bunday o'lchashlar taxminan o'n gigagerts atrofidagi Δf absolyut chastota spektri kengligiga va $\Delta f/f_0$ nisbiy kenglikka ega bo'lgan (f_0 - o'rtacha chastota) qisqa impulsli signallar yordamida amalga oshiriladi. Bunda, o'ta qisqa impuls generatori va stroboskopik qabul qilgich AO'HK tarkibi asosini tashkil etadi. Vaqt sohasidagi o'lchashlarning asosiy afzalligi turli obyektlardan akslangan xalaqit beruvchi signallarni vaqtincha tanlash qobiliyatidir. Ba'zan bu usul tan narxi qimmat bo'lgan aks sadosiz kameralar, radioyutuvchi materiallar va qoplamalardan voz kechish imkonini beradi. Shu kabi holatlarda o'lchash qurilmasini oddiy xonalarga ham o'rnatish mumkin.

AO'HK antennalarni uzoq zonada vaqt sohasidagi o'lchashlarini amalga oshirishda juda keng chastota diapazonini qamrab oladi.

Vaqt sohasidagi o'lchashlarni amalga oshirish uchun mo'ljallangan AO'HK larni an'anaviy tor polosali chastota sohasi bo'yicha o'lchashga mo'ljallangan AO'HK larga nisbatan quyidagi afzalliklarga ega:

- 1). Tan narxi qimmat bo'lgan ekranlangan aks sadosiz elektromagnit kameralar talab etilmaydi.
- 2). Berilgan barcha talablarning avtomatik ravishda qondiriladi.
- 3). Talab etilgan chastotalarda antenna qurilmalari bilan ishlashda o'lchovlarni sezilarli darajada tezlashtirish.
- 4). Antenna qurilma ishlab chiqish bosqichida vaqt bo'yicha o'lchovlardan maqsadli foydalanish. Ya'ni, bir vaqtning o'zida bir nechta chastotalarda yo'nalganlik xarakteristikalarini olish imkoniyati antenna qurilmasini ishlab chiqaruvchisiga antennani loyihalashda,

konstruksiyasini ishlab chiqish va unga texnik talablarni tuzishda yanada oqilona va asosli qarorlar qabul qilish imkonini beradi.

Shuningdek, o'ta keng polosali impuls yordamida antennalarning xususiyatlarini o'lchashda ma'lumotni qayta ishlash usuli an'anaviy tor polosali signallarni o'lchash usulidan deyarli farq qilmaydi, faqat o'ta keng polosali kompleks spektrlarini qayta ishlashga o'tish zarurati bilan bog'liq.

Uzoq zonadagi vaqt oralig'idagi antennalarning xarakteristikalarini o'lchash kompleksining blok diagrammasi 13.9-rasmida ko'rsatilgan.

Unda quyidagilar belgilangan: UQ - uzatuvchi qurilma, KPK - keng polosali qattiq holatdagi kuchaytirgich, bu QQ BB - quvvatlash qurilmasining boshqaruv bloki, ShK - shaxsiy kompyuter.

Uzatuvchi qurilma (UQ) - o'ta qisqa impuls generatori - yordamchi uzatuvchi antennaning o'lchanayotgan antenna yo'nalishida hosil qilgan nurlatilgan zondlangan signallarni qo'zg'atilgan impulsarga aylantiradi.

Boshqarish blokiga (BB) ega bo'lgan tayanch aylanma qurilmasi o'lchanayotgan antennani o'rnatish va belgilangan sektorlardagi o'lchash burchaklarida avtomatik joylashtirish uchun mo'ljallangan.

Keng polosali kuchaytirgich (KPK) zarur bo'lganda foydalaniladi hamda o'lchanayotgan antenna chiqishidagi signalni kuchaytirishni ta'minlaydi.

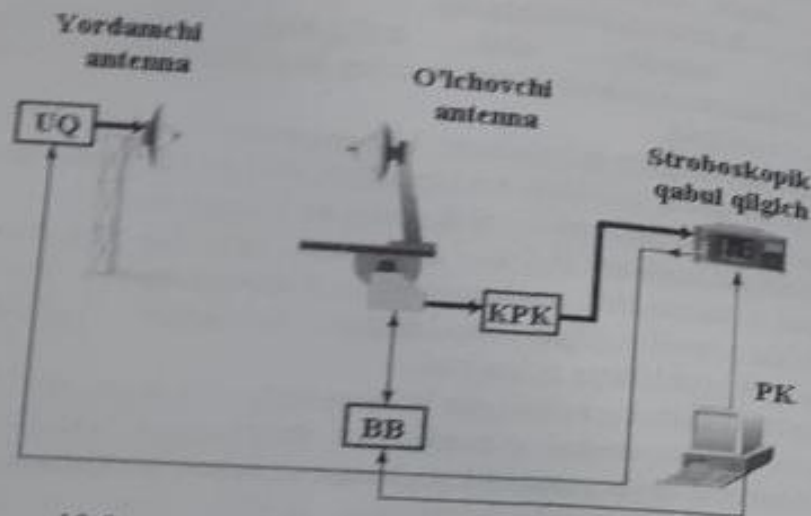
Stroboskopik keng polosali qabul qilish qurilmasi (SKPQQQ) unga kiruvchi signallarni vaqt masshtabi bo'yicha o'zgartiradi va keyingi qayta ishlash uchun ularni raqamli kodlashni amalga oshiradi. Bundan tashqari, qabul qilgich uzatkiichni ishlatish uchun zarur bo'lgan sinxronimpulslarni hosil qiladi.

Antennalarning amplituda, faza, qutblanish yo'nalishli yo'nalganlik diagrammalarini o'lchashni bosqichma-bosqich diskretli pozitsiyalash yoki va tayanch aylanma qurilmasini uzluksiz aylantirish orqali amalga oshirish mumkin.

Uzluksiz aylantirish rejimida aylanish tezligi signalning kirish parametrlari va belgilangan o'rtacha burchak intervali asosida aniqlanadi.

Yo'nalganlik diagrammalarini uzluksiz aylantirish rejimida o'lchash vaqti bosqichma-bosqich diskretli pozitsiyalash rejimiga nisbatan bir necha marta kam vaqt talab etadi. Qoidaga ko'ra,

antennaning yo'nalغانlik diagrammasini faqat bitta tekislikda 360° to'liq sektor bo'yicha hisoblashga taxminan 2-4 daqiqa vaqt ketadi. Keng polosali kuchaytirgich AO'HK ning dasturiy - algoritmik ta'minoti antennalarning quyidagi radiotexnik tavsiflarini o'lchash va hisoblash imkonini beradi:

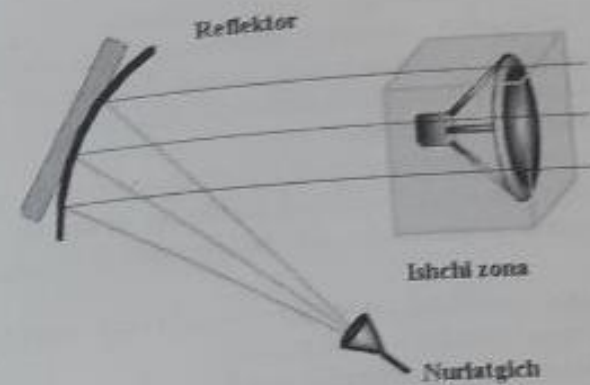


13.9-rasm. Avtomatlashtirilgan o'lchash va hisoblash komplekslari

- amplituda, faza va qutblanganlik bo'yicha yo'nalغانlik diagrammalarini (hajmiy va boshqa berilgan koordinatalar tizimida);
- kuchaytirish koeffitsiyenti va yo'nalغانlik koeffitsiyenlarining chastotaga bog'liqligini;
- faza markazining koordinatalarini;
- qutblanganlik xarakteristikalarining chastotaga bog'liqligi va boshqalar.

Kollimator o'lchash usuli

Ushbu usul o'lchamlari tadqiq etilayotgan antenna o'lchamlaridan katta bo'lgan, tadqiq etilayotgan antennaga yaqin joylashtirilgan yordamchi antenna - kollimatordan foydalanib yassi to'lqin frontiga ega bo'lgan yordamchi elektromagnit to'lqinlarning maydonini hosil qilishga asoslanadi (13.10-rasm).



13.10-rasm. Kollimatorli o'lchash qurilmasi

Odatda, kollimator sifatida ko'zguli antennalardan foydalaniladi. Lekin, boshqa turdagi: rупorli, linzasimon, antenna panjaralari kabi antennalardan ham foydalanish mumkin. Kollimatorning o'lchamlari tadqiq etilayotgan antennaning o'lchamidan 3-4 marta katta qilib tanlanadi, bu tadqiq etilayotgan antenna yoyilmasi oralig'ida kollimator maydonini tekis va bir jinsli bo'lishiga qo'yiladigan talablardan kelib chiqadi.

Antennaning yo'nalغانlik diagrammasi antennani kollimator maydonida mexanik aylantirish orqali o'lchanadi, xuddi uzoq zonada yo'nalغانlik diagrammasini o'lchagani kabi.

Kollimator ko'zgusi va antenna orasidagi masofa shunday tanlanadiki, bunda antenna kollimatorning fokal tekisligi orqasida joylashishi hamda ko'zguni uning nurlatgichidan to'sib qolmasligi kerak. Aksariyat hollarda, kollimator sifatida kollimator ko'zgunini to'smaydigan qilib joylashtirilgan nurlatgichli ko'zguli paraboloida aylanmasining nosimmetrik qirqimi ishlatiladi.

Kollimator maydoni o'zida qaytargichdan akslangan yassi to'lqinlarni va kollimator qirralarida hosil bo'lgan yassi bo'lmagan to'lqinlarning yig'indisini mujassamlashtiradi.

Kollimator qirralaridan akslanayotgan to'lqinlar faza frontining tekisligini va to'lqinlarning bir jinsligini buzadi, bu esa tadqiq etilayotgan antennaning xususiyatlarini o'lchashdagi xatoliklarga keltirib chiqaradi. Shuning uchun kollimator nurlatgichi sifatida tor

yo'nalganlik diagrammasini hosil qiluvchi nurlatgichlardan foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Buning natijasida, kollimator ko'zgusi nurlatgichining notekisligi ortadi, bu esa o'z navbatida tadqiq etilayotgan antennaga tushayotgan maydonning notekisligi ortishiga olib keladi.

Tadqiq etilayotgan antennaning kuchaytirish koeffitsiyentini, tadqiq etilayotgan antenna signalini sathining aynan shu kollimator maydonida joylashtirilgan etalon antennaga solishtirish orqali o'lchash mumkin.

Kollimator usulining afzalligi uning yaqin zonadagi boshqa o'lchash usullariga nisbatan soddaligidadir.

O'lchashning golografik usuli

Tadqiq etilayotgan antennaning spektri bo'yicha amplituda-faza taqsimotini bilgan holda uning xarakteristikalarini fazoning istalgan nuqtasida hisoblash mumkin. Antenna maydonining amplituda - faza taqsimotini to'g'ridan-to'g'ri o'lchash juda murakkab jarayon bo'lib, bunda, birinchidan, antenna yoyilmasiga o'lchash zondni kiritilishi zond va antenna o'rtasida kuchli o'zaro ta'sirga olib keladi, bu esa o'z navbatida, antenna maydonining buzilishiga sabab buladi, natijada o'lchash xatoliklari kuzatiladi. Ikkinchidan, tadqiq etilayotgan antenna yoyilmasini bevosita o'lchashga to'sqinlik qiluvchi texnik qiynchiliklar yuzaga keladi.

Muammo masalan, antenna suyri (obtekatel) bilan yopilgan hollarda paydo bo'ladi, shu sababli uni olib tashlamasdan turib antennaning xarakteristikalarini o'lchashni iloji yo'q.

Antennani o'rab turgan ixtiyoriy yopiq yuzadagi maydonning amplituda va faza taqsimotini bilgan holda, ushbu antennaning maydonini tashqi fazoning istalgan nuqtasida aniqlash mumkin. Shuning uchun, tadqiq etilayotgan ba'zi sirdagi maydonni o'lchash orqali olingan ma'lumotlar asosida antennaning xususiyatlarini aniqlash mumkin.

2. Chastota sohasidagi o'lchashlar.

Bu o'lchashlar 3 guruhga bo'linadi, har bir guruh o'z navbatida bir nechta usullarni o'z ichiga oladi:

1) uzoq zona usullari:

- ochiq poligon;
- aks sadosiz kamera;
- laboratoriya xonasi;

2) kvazi uzoq zona usuli: bu usul kollimatorlardan foydalanishni o'z ichiga oladi;

3) yaqin zona usuli: bu usul yassi skaner, silindrsimon skaner va sferik skanerdan foydalanishni o'z ichiga oladi.

Chastota sohasidagi o'lchashlar uchun mo'ljallangan AO'HK lari juda oddiy tuzilishga ega bo'lib, ularni batafsil bayon qilish shart emas. Faqat shuni alohida ta'kidlash kerakki, ularda stroboskopik ossillografdan emas, balki oddiy skalyar (yoki vektorli) elektron analizatoridan foydalaniladi.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Antennalarni modellashtirish dasturi deganda nimani tushunasiz?
2. Antennalarni modellashtirishning qanday usullari mavjud?
3. Hozirda mavjud bo'lgan modellashtirish dasturlarining qanday imkoniyatlari mavjud?
4. MININEC yadrosining asosiy kamchiliklari nimalardan iborat?
5. MMANA dasturining ishlash prinsipini tushuntiring.
6. CST Microwave Studio tizimi - to'liq dasturiy mahsulotining imkoniyatlari haqida ma'lumot bering.
7. Antenna o'lchash-hisoblash komplekslarining ishlash prinsipini tushuntiring.
8. Vaqt sohasidagi va chastota sohasidagi o'lchash usullarining farqi nimada?
9. "Kollimator" qanday qurilma, nima sababdan undan antennalarni o'lchashda foydalaniladi?
10. O'lchashning golografik usuli haqida ma'lumot bering.

ASOSIY QISQARTMALAR RO'YXATI

- AP – antenna panjarasi
BV – bog'liq vibratorlar
DA – direktorli antenna
KK – kuchaytirish koeffitsiyenti
EYuK – elektr yurituvchi kuch
FIK – foydali ish koeffitsiyenti
LPA – logoperiodik antenna
PA – parabolik antenna
QT – qisqa to'lqin
SA – spiral antenna
SV – simmetrik vibrator
SFK – sirtidan foydalanish koeffitsiyenti
SGD – sinfaz gorizontal diapazonli antenna
UQT – ultra qisqa to'lqin
UT – uzun to'lqin
YD – yo'nalganlik diagrammasi
YTK – yo'naltirilgan ta'sir koeffitsiyenti
YuTA – yugurma to'lqin antennalari
YuTT – yugurma to'lqin koeffitsiyenti
O'UT – o'ta uzun to'lqin

ADABIYOTLAR RO'YXATI

Asosiy adabiyotlar

1. Распространение радиоволн и антенны спутниковых систем связи. Сомов А.М. М.: Горячая линия – Телеком, 2015.
2. Зеркальные антенны для земных станций спутниковой связи. О.П. Фролов, В.П. Вальд. М.: Горячая линия – Телеком, 2012.
3. Расчет антенн земных станций спутниковой связи. Сомов А.М. М.: Горячая линия – Телеком, 2012.
4. Антенны систем спутниковой связи и навигации. Бей Н.А. и др. М.: Рудомино, 2010.

Qo'shimcha adabiyotlar

1. Mirziyoev Sh.M. "O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha harakatlar strategiyasi to'g'risida" gi 2017 yil 7 fevralda qabul qilingan PF-4947 - sonli prezident farmoni //Xalq so'zi gazetasi. 2017 yil 8 fevral, №28 (6722)
2. 2019 yil 8 oktyabr PF-5747-sonli farmoni "O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim tizimini 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasi" <https://lex.uz/docs/-4545884>
3. Антенны. Карл Ротхаммель. М.:Данвел 2007.
4. Зеркальные антенны. Том 1. Галимов Г.К. М.: Адвансэд Солюшнз, 2010.
5. Современная теория и практические применения антенн. Неганов В.А., Табаков Д.П., Яровой Г.П. М.: Радиотехника, 2009.
6. Aripova U.X. "Antenna asoslari", 2-qism. O'quv qo'llanma. Toshkent, TATU, 2019.
7. Антенны КВ и УКВ. Компьютерное моделирование. ММАНА. И.В. Гончаренко // М.: ИП Радиософт. 2004.

I BOB. ANTENNALAR NAZARIYASIGA KIRISH	3
1.1. Radioto'lqinlarni nurlatish va qabul qilishning umumiy tamoyillari.....	3
1.2. Antennalarning tasniflanishi.....	4
1.3. Antennalarning elektr va yo'nalganlik xususiyatlarini tavsiflovchi parametrlar.....	6
II BOB. SIMMETRIK VIBRATOR YORDAMIDA NURLATUVCHI MAYDONNI HOSIL QILISH	18
2.1. Simmetrik vibratorlarning qisqacha nazariyasi.....	18
2.2. Simmetrik vibratorning yo'nalganlik tavsiflari.....	20
2.3. Simmetrik vibratorning elektr xususiyatlari.....	25
2.4. Simmetrik vibratorning kirish qarshiligi.....	27
III BOB. SHIRLI ANTENNALAR YORDAMIDA NURLATUVCHI MAYDONNI HOSIL QILISH	35
3.1. Shtirli antennalar va ularni qo'zg'atish usullari.....	35
3.2. Shtirli antennalarning yo'nalganlik xususiyatlari.....	39
IV BOB BOG'LIQ VIBRATORLAR YORDAMIDA NURLATUVCHI MAYDONNI HOSIL QILISH	45
4.1. Ikkita bog'liq simmetrik vibratorlarning nurlatishi.....	45
4.2. Bog'liq vibratorlarning yo'nalganlik va elektr tavsiflari.....	45
4.3. Bog'liq vibratorlarning yo'nalganlik diagrammalarini boshqarish usullari.....	51
V BOB. KUCHSIZ YO'NALGAN VIBRATORLI ANTENNALARNING KONSTRUKSIYASI VA TAVSIFLARI	57
5.1. Simmetrik vibratorlarning turlari.....	57
5.2. Turniketli antennalar.....	61
VI BOB. YO'NALGAN VA DIAPAZONLI VIBRATORLI ANTENNALARNING KONSTRUKSIYASI VA TAVSIFLARI	66

6.1. Direktorli antenna.....	66
6.2. Logoperiodik antenna.....	71
6.3. Yugurma to'lqin antennalari.....	76
VII BOB VIBRATORLI ANTENNALARNI QO'ZG'ATISH VA MOSLASHTIRISH	80
7.1. U – tizza simmetriyalovchi qurilmasi.....	80
7.2. Chorak to'lqinli "stakan" turidagi simmetriyalovchi qurilma.....	82
7.3. Simmetriyalovchi qo'shimcha qurilma - "pristavka".....	83
VIII BOB ANTENNA PANJARALARI YORDAMIDA O'TKIR YO'NALGANLIKNI HOSIL QILISH	85
8.1. Antenna panjara turlari.....	85
8.2. Ko'ndalang nurlatuvchi antenna panjaralari.....	87
8.3. Ko'ndalang nurlatuvchi yassi antenna panjaralari.....	91
8.4. O'qi bo'yicha nurlatuvchi antenna panjaralari.....	94
IX BOB. QO'ZG'ATILGAN SIRTNING NURLATISHI	104
9.1. Qo'zg'atilgan sirtning xususiyatlari.....	104
9.2. Yassi yoyilmaning nurlatishi.....	106
9.3. Yassi yoyilmaning yo'nalganlik xususiyatlariga amplituda taqsimotining ko'rsatadigan ta'siri.....	109
9.4. Nurlatuvchi sirtning yo'nalganlik koeffitsiyenti.....	112
X BOB. APERTUR ANTENNALARNING KONSTRUKSIYASI VA TAVSIFLARI	114
10.1. Ruporli antennalar va ularning turlari.....	114
10.2. Parabolik antennalar va ularning turlari.....	118
10.3. Ko'zguning nurlatuvchiga ko'rsatgan ta'siri.....	123
XI BOB. ULTRA YUQORI VA O'TA YUQORI CHASTOTA DIAPAZONIDAGI ANTENNALARNING KONSTRUKSIYASI VA TAVSIFLARI	125
11.1. Ramkasimon antennalar.....	125
11.2. Spiralantennalar.....	129

11.3. Zigzagsimon antennalar.....	134
11.4. Panelli antennalar.....	137
11.5. Mikropolosali antennalar.....	139
XII BOB. PAST CHASTOTA DIAPAZONIDAGI ANTENNALARNING KONSTRUKSIYASI VA TAVSIFLARI	145
12.1. Past chastota diapazonidagi antennalarning konstruktiv xususiyatlari.....	145
12.2. Past chastota diapazonining uzatuvchi antennalar.....	146
12.3. Past chastota diapazonining qabul qiluvchi antennalar.....	151
XIII BOB. ANTENNALARNI KOMPYUTERLI MODELLASHTIRISH VA ULARNING PARAMETRLARINI O'LCHASH ASOSLARI.....	155
13.1. Antennalarni kompyuterli modellashtirish usullari va imkoniyatlari.....	155
13.2. MMANA dasturi.....	161
13.3. Antenna o'lchash - hisoblash komplekslari va ularning tavsiflari.....	165
ASOSIY QISQARTMALAR RO'YXATI.....	172
ADABIYOTLAR RO'YXATI.....	173

Aripova Umida Xayrullayevna

ANTENNALAR VA RADIOESHITTIRISH

O'quv qo'llanma

Toshkent - "METHODIST NASHRIYOTI" - 2024

Muharrir: Bakirov Nurmuhammad

*Texnik muharrir: Tashatov Farrux
Musahhih: Muhammadiyeva Sevinch
Dizayner: Ochilova Zarnigor*

*Bosishga 20.06.2024 da ruxsat etildi.
Bichimi 60x90. "Times New Roman" garniturasini.
Ofset bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog'i 12. Nashr bosma tabog'i 11.25.
Adadi 300 nusxa.*

*"METHODIST NASHRIYOTI" MCHJ matbaa ho'limida chop etildi.
Manzil: Toshkent shahri, Shota Rustaveli 2-vagon tor ko'chasi, 1-uy.*



+99893 552-11-21

Nashriyot roziligisiz chop etish ta'qiqlanadi.

ISBN 978-9910-03-217-2

