Електродинаміка, пристрої НВЧ та антенна техніка

Параметра та характеристики антен

Параметра та характеристики антен можна поділити на первинні та вторинні.

До первинних параметрів можна віднести:

– вхідний опір;
– резонансні частоти;
– опір випромінювання;
– потужність втрат;
– коефіцієнт корисної дії;
– характеристика спрямованості антени;
– гранично допустима потужність.

До вторинних параметрів можна віднести:

– параметри спрямованої дії антени (ширина ДНА, КСД, коефіцієнт підсилення антени, рівень бічних пелюсток);
– ефективна площа;
– діюча довжина;
– поляризаційні параметри антени (коефіцієнт еліптичності, кут нахилу, напрям обертання вектора $\vec{E}$).

Одним з основних параметрів передавальної антени як навантаження для генератора чи фідера є її *вхідний опір.*

Вхідний опір антени Z_A – відношення напруги високої частоти U_A на затискачах антени до струму живлення антени I_A:

$$Z_A = \frac{U_A}{I_A}.$$

У загальному випадку цей опір містить як активну R_A, так і реактивну складову X_A, які до того ж залежать від частоти:

$$\dot{Z}_A = R_A(f) + iX_A(f).$$

! *Залежність від частоти вхідного опору антени загальновідома, тому у позначенні* $\dot{Z}_A$ *опускають це написання.*

Генератор витрачає свою потужність на створення електромагнітного поля випромінювання (P_Σ) та компенсацію втрат в антені ($P_\text{П}$). Крім того, коли в антені відсутній резонанс, у її ближній зоні енергія електричного поля перевищує енергію магнітного чи навпаки, і надлишкове поле відповідає реактивній потужності генератора P_X.

Тому, у загальному випадку, вхідний опір антени комплексний.

З урахуванням цього його визначення можна переписати так:

$$\dot{Z}_A = \frac{\dot{U}_A}{\dot{I}_A} = \frac{\dot{P}_A}{\dot{I}_A^2},$$

де $\dot{P}_A$ – підведена до антени потужність.

Оскільки ця потужність складається з активних потужностей випромінювання P_Σ, втрат P_{LS} та потужності реактивних полів P_X, то

$$\dot{Z}_A = \frac{\dot{P}_A}{\dot{I}_A^2} = \frac{P_\Sigma + P_{LS} + iP_X}{\dot{I}_A^2} = \frac{P_\Sigma}{\dot{I}_A^2} + \frac{P_{LS}}{\dot{I}_A^2} + i\frac{P_X}{\dot{I}_A^2} = R_\Sigma + R_{LS} + iX_A = R_A + iX_A,$$

де $R_A = R_\Sigma + R_\text{П}$ – активна складова вхідного опору, яка дорівнює сумі опорів випромінювання та втрат, віднесених до вхідних клем антени, X_A – реактивна складова вхідного опору, яка відповідає потужності реактивних полів довкола антени P_X. При резонансі $P_X = 0$, тому, $X_A = 0$ і вхідний опір антени активний $\dot{Z}_A = R_A$.

На вхідний опір антени впливають сторонні провідники та інші тіла, розташовані неподалік від антени.

При наявності відповідних вимірювальних приладів вхідний опір антени можна визначити шляхом вимірювань на певній частоті. Для таких вимірювань використовують спеціальні вимірювальні мости, вимірювальні лінії, антенні аналізатори, скалярні та векторні аналізатори кіл. Для деяких типів антен вхідний опір можна визначити розрахунковим чином. Дещо складніше визначити вхідний опір антен з хвилеводним входом. У цьому випадку її вхідний опір простіше визначити шляхом вимірювання відбиття хвилі від її входу. Але при цьому пам'ятайте, що коефіцієнт відбиття визначають для кожного типу хвилі окремо!

На практиці найчастіше використовують лише один тип коливань. У такому випадку коефіцієнт відбиття $\dot{R}$ можна виразити через вхідний опір антени $\dot{Z}_A$ та хвилевий опір хвилеводу W:

$$\dot{Z}_A = W\frac{1+\dot{R}}{1-\dot{R}}.$$

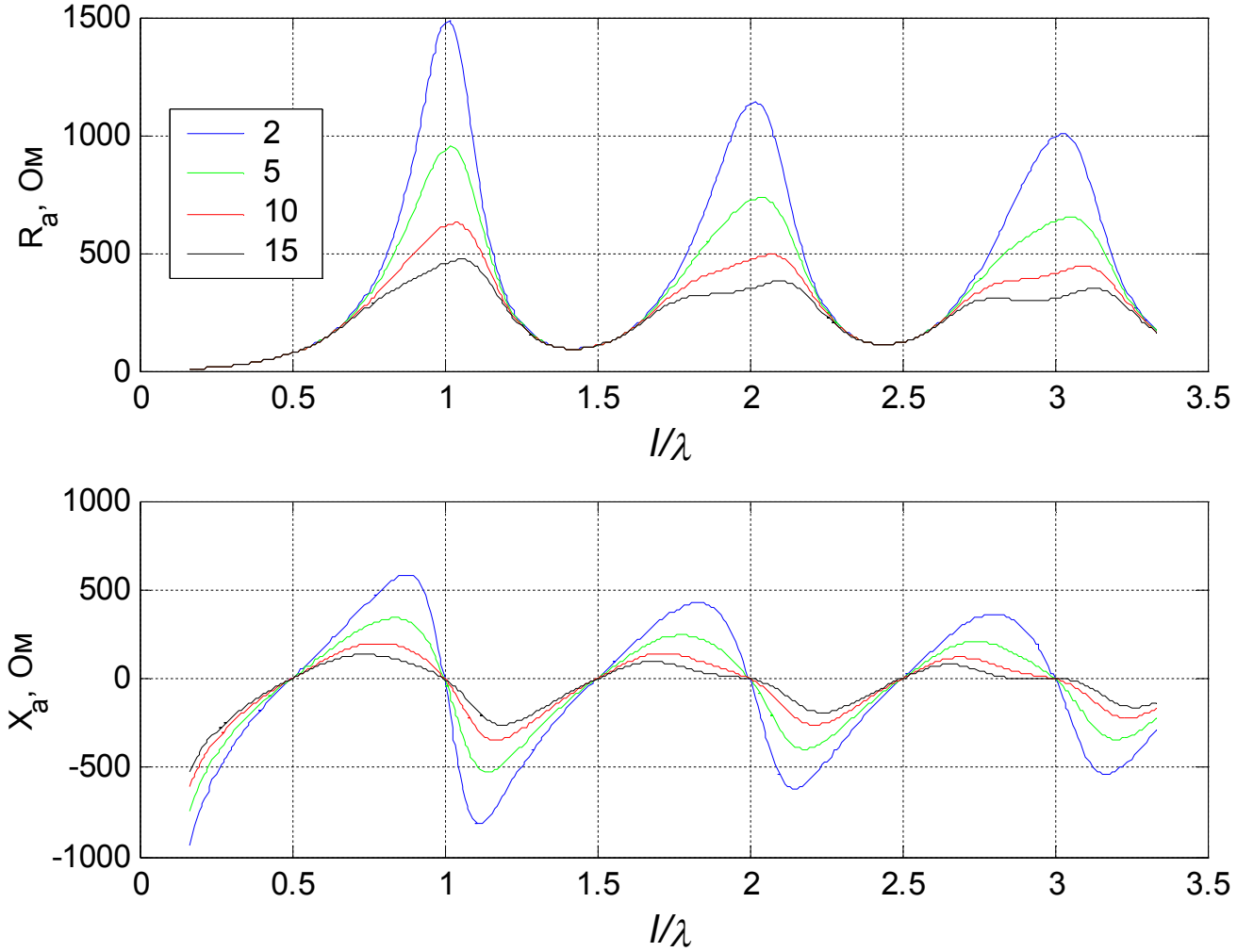
Опір випромінювання R_Σ – коефіцієнт, який пов'язує потужність випромінювання антени P_Σ з квадратом діючого значення струму у даній точці антени I :

$$R_\Sigma = \frac{P_\Sigma}{I^2}.$$

Тобто за змістом цей параметр пов'язано з потужністю випромінювання антени, тобто з середнім значенням потоку електромагнітної енергії, який проходить за одиницю часу крізь сферу, яка оточує антену.

Резонансні частоти – це такі значення частот, за яких реактивна складова вхідного опору антени дорівнює нулю ($X_A = 0$).

Приклад на наступному слайді.



Залежність вхідного опору симетричного вібратора від частоти

Смуга пропускання – смуга частот, у межах якої коефіцієнт стоячої хвилі не перевищує задане значення.

Опір втрат – коефіцієнт, який пов'язує потужність втрат антени P_{LS} з квадратом діючого значення струму у даній точці антени I :

$$R_{LS} = \frac{P_{LS}}{I^2}.$$

Коефіцієнт корисної дії (ККД) антени – це відношення потужності випромінювання до всієї активної потужності, підведеної до антени:

$$\eta = \frac{P_\Sigma}{P_A} = \frac{P_\Sigma}{P_\Sigma + P_\Pi} = \frac{I^2 R_\Sigma}{I^2 R_\Sigma + I^2 R_\Pi} = \frac{R_\Sigma}{R_\Sigma + R_\Pi} = \frac{1}{1 + R_\Pi / R_\Sigma}.$$

Ось чому ККД антени тим більший, чим більший опір випромінювання та менший опір втрат.

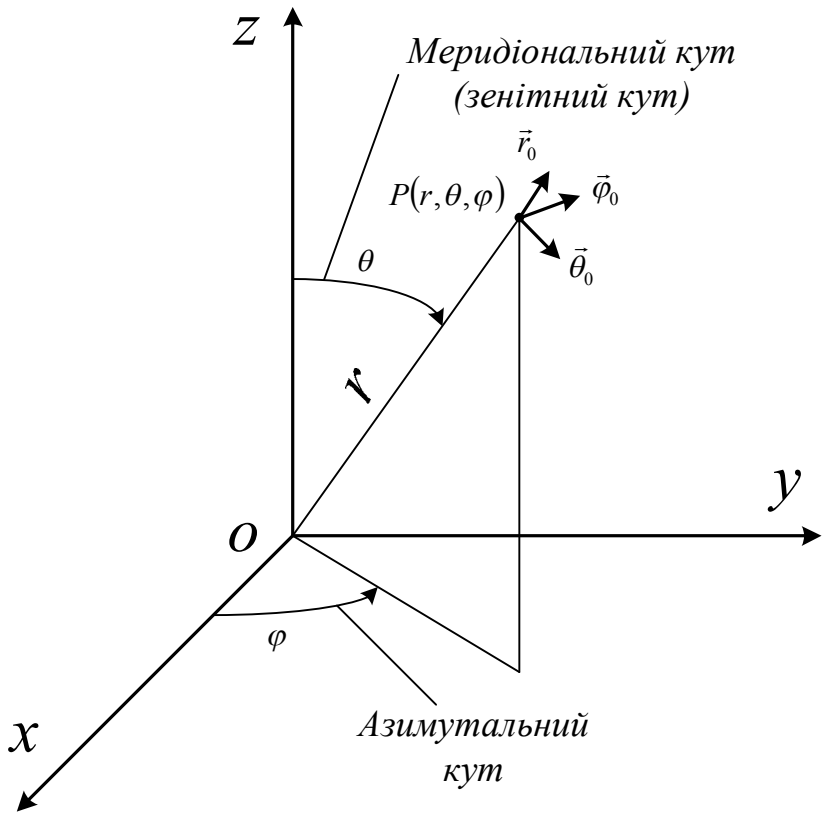
Параметр R_Σ названо опором лише в силу його одиниці вимірювання (оми), фактично ж це коефіцієнт пропорційності між корисною потужністю випромінювання P_Σ і

квадратом струму в антені. Опір втрат еквівалентний резистору, який за струму I поглинає потужність P_{LS}.

Робоча потужність антени:

$$Ð_{ðîá} = \left(\frac{1}{2} \dots \frac{1}{3}\right) \cdot Ð_{ãð}$$

де $Ð_{ãð}$ – гранична потужність антени.



Сферичні координати точки спостереження *P*

Комплексна характеристика напрямленості антени – залежність комплексного вектора напруженості електричного (чи магнітного) випроміненого антеною поля від кутів сферичної системи координат.

З урахуванням цього напруженість електричного поля будь-якої антени:

$$\dot{\vec{E}}_m(\theta,\varphi) = \dot{A} f(\theta,\varphi)\dot{\vec{p}}(\theta,\varphi)e^{i\psi(\theta,\varphi)}.$$

Тут $\dot{A}$ – амплітудний множник, який не залежить від значень кутів θ,φ;

$f(\theta,\varphi)$ – амплітудна характеристика напрямленості;

$\psi(\theta,\varphi)$ – фазова характеристика напрямленості;

$\dot{\vec{p}}(\theta,\varphi)$ – вектор поляризації поля антени (поляризаційна характеристика).

1) Комплексная характеристика напрямленості антени не залежить від відстані та описує кутовий розподіл складових вектора напруженості поля у дальній зоні.

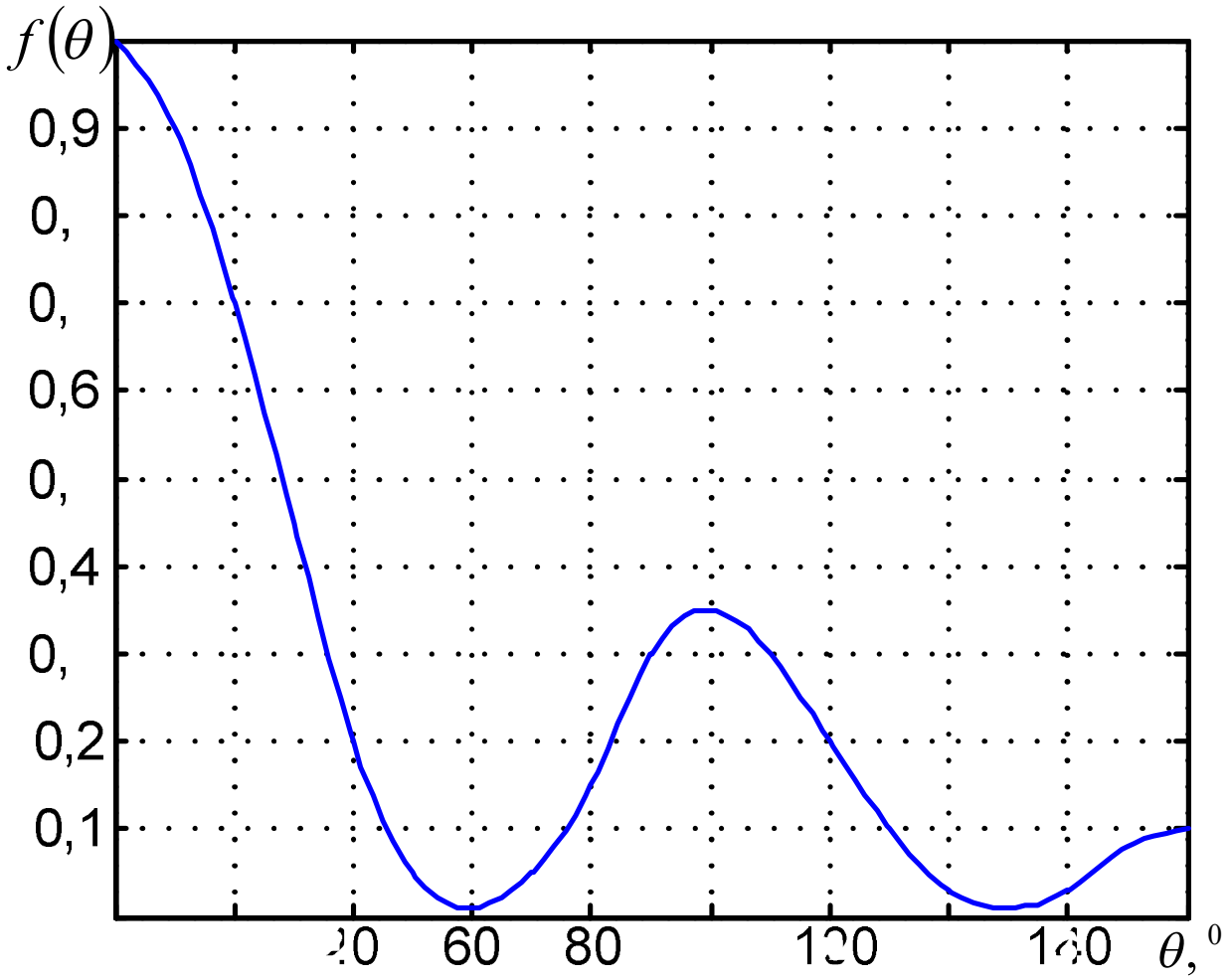
2) Комплексна амплітуда має модуль та аргумент, крім того, хвилю характеризують поляризацією. Тому характеристики напрямленості антени поділяють на амплітудні на амплитудні, фазові та поляризаційні. Потрібно пам’ятати проте, що на практиці найчастіше (не більше!) використовують амплітудні характеристики, і в таких випадках слово „амплітудний” опускають.

Функцію, яка описує характеристику напрямленості, називають функцією напрямленості, а її графічне зображення – діаграмою напрямленості (ДН).

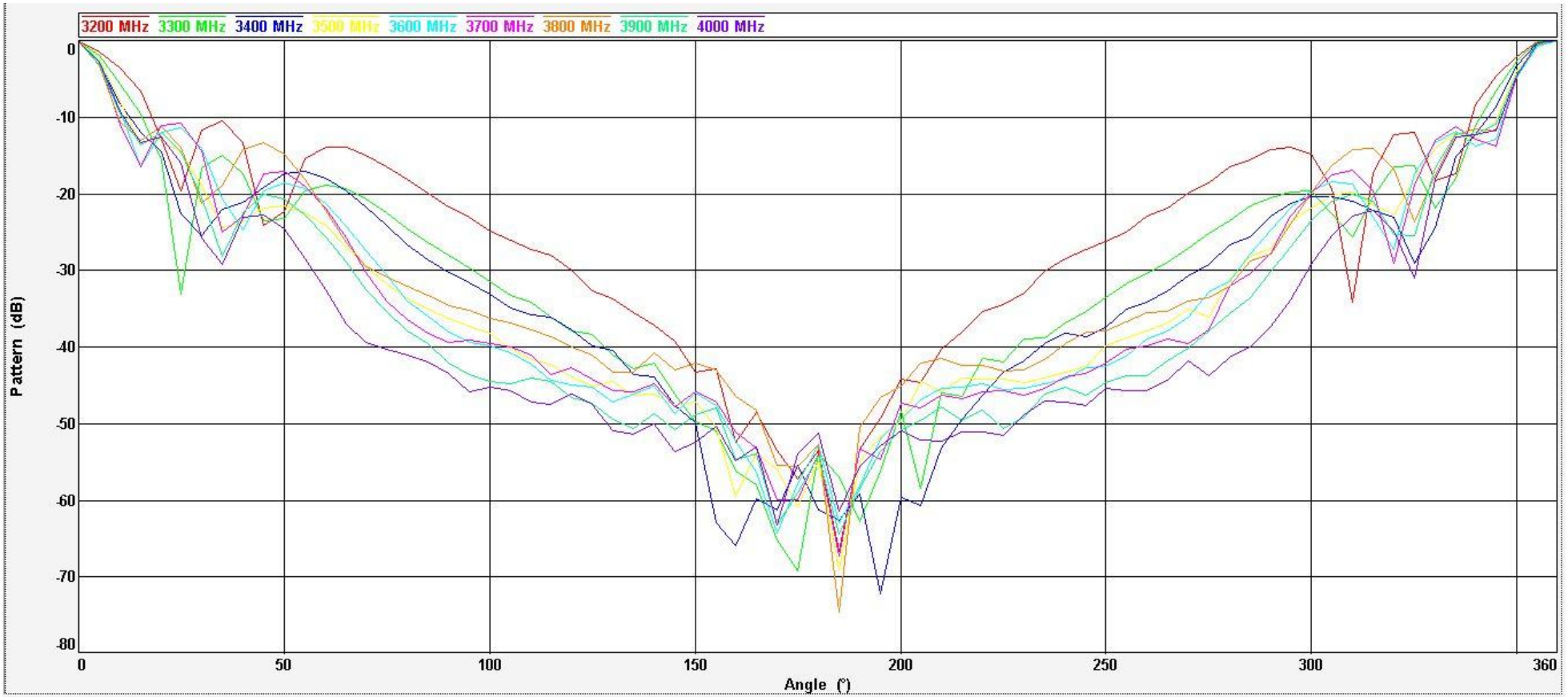
Крім поділу на амплітудні, фазові та поляризаційні, ДН класифікують за такими ознаками:

1) ***За полем та потужністю.*** ДН за полем показує залежність амплітудного $\dot{\vec{E}}_m$ чи діючого $\vec{E}$ значення напруженості поля від напряму (кутів θ,φ), а ДН за потужністю – від густини потоку потужності $\vec{\Pi}$. Оскільки щільність потоку потужності пропорційна квадрату напруженості поля ($\Pi = E^2/120\pi = 120\pi H^2$), тому якщо ДН за полем виражають функцією $f(\theta,\varphi)$, то ДН за потужністю – функцією $f^2(\theta,\varphi)$.

2) ***Просторові (об'ємні) та площинні ДН.*** Просторова ДН – функція двох кутів θ,φ, яка є поверхнею $f(\theta,\varphi)$, котра охоплює певний об'єм. Площинна ДН є функцією одного кута та є плоскою фігурою.

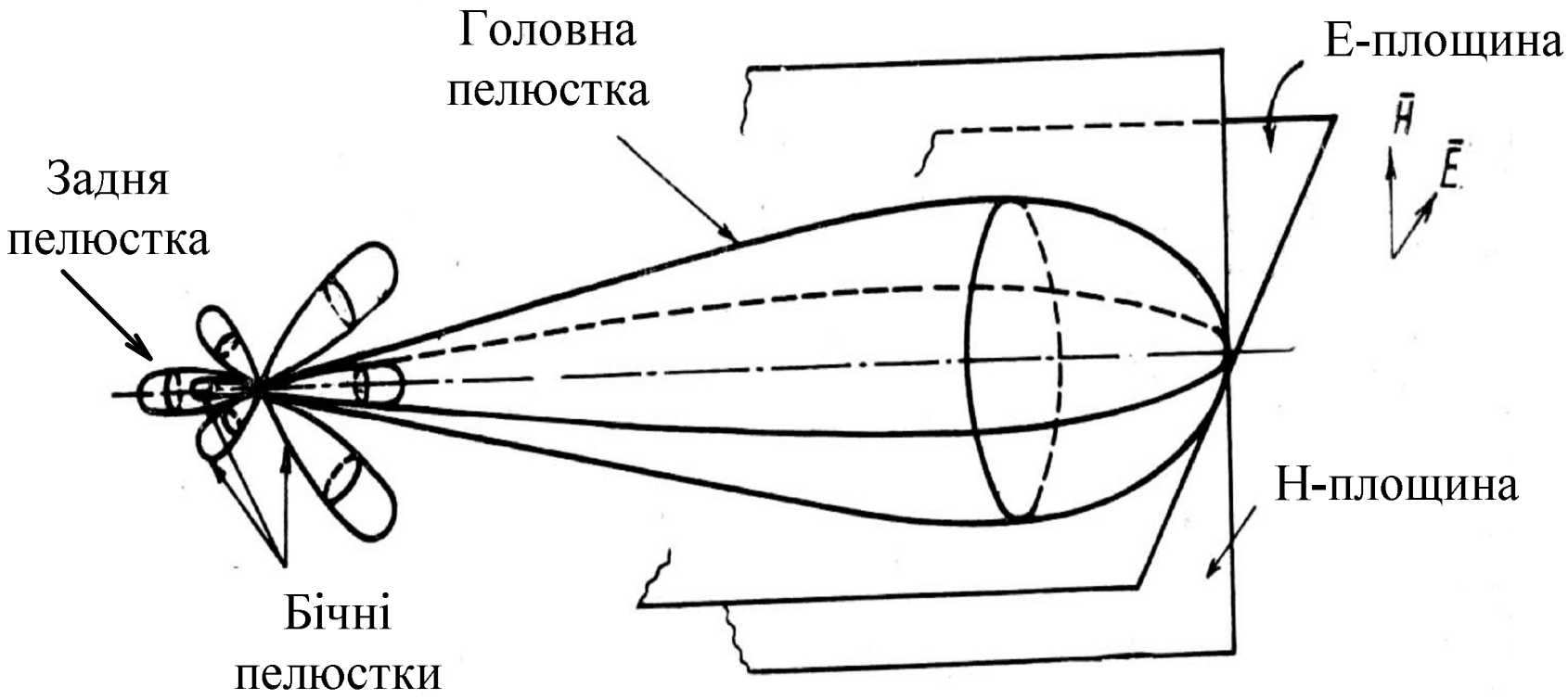


Приклад 1 площинної ДН антени на одній частоті

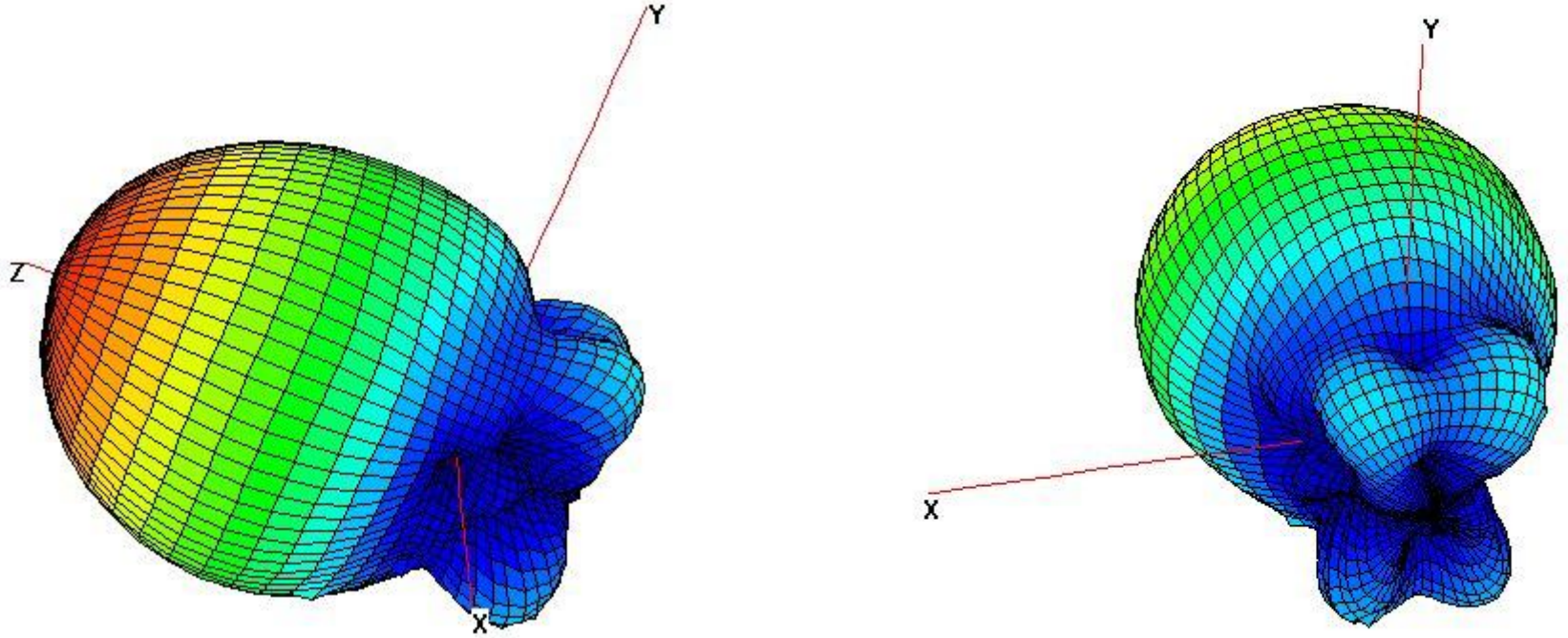


Приклад 2 площинної ДН антени на множині частот

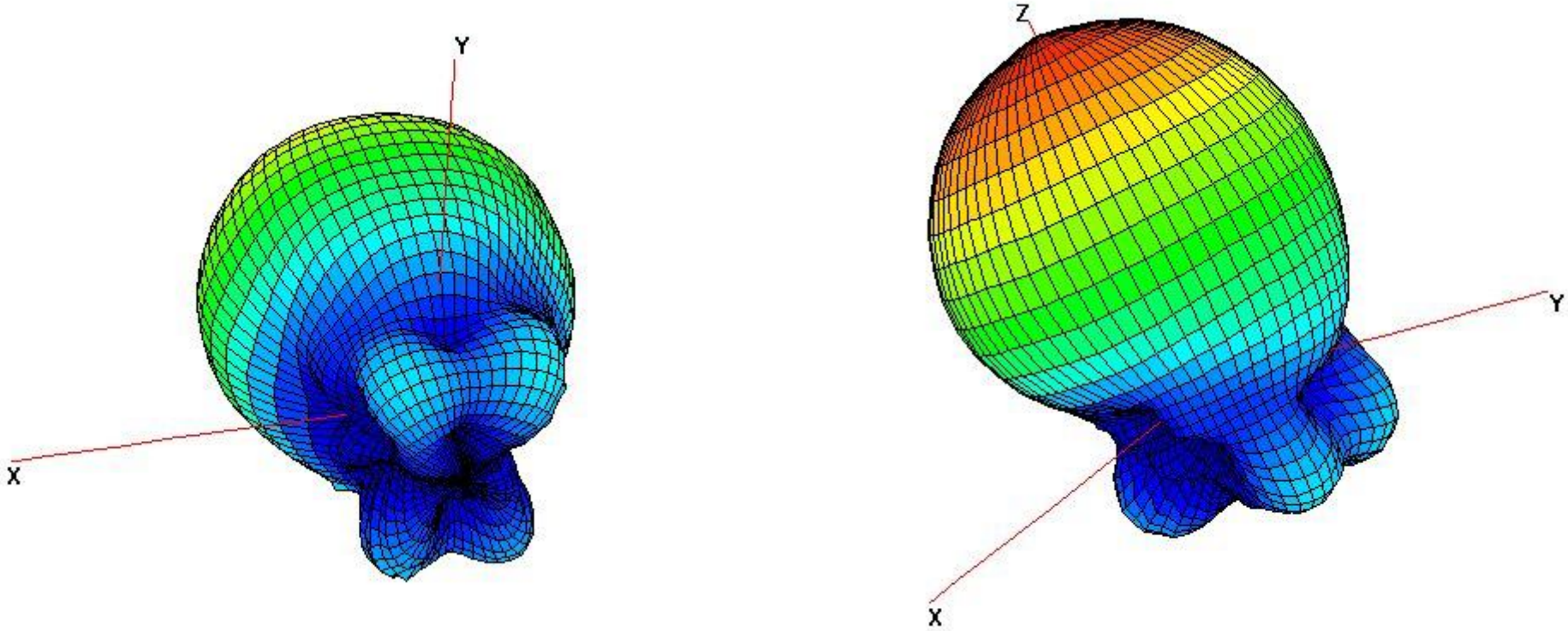
Зазвичай для побудови ДН вибирають площини, які проходять через напрямки максимального випромінювання – *головні площини.* Одна з них співпадає з вектором $\vec{E}$ – називають *Е-площина*, а інша – з вектором $\vec{H}$, називають *Н-площина*.



Просторова ДН антени

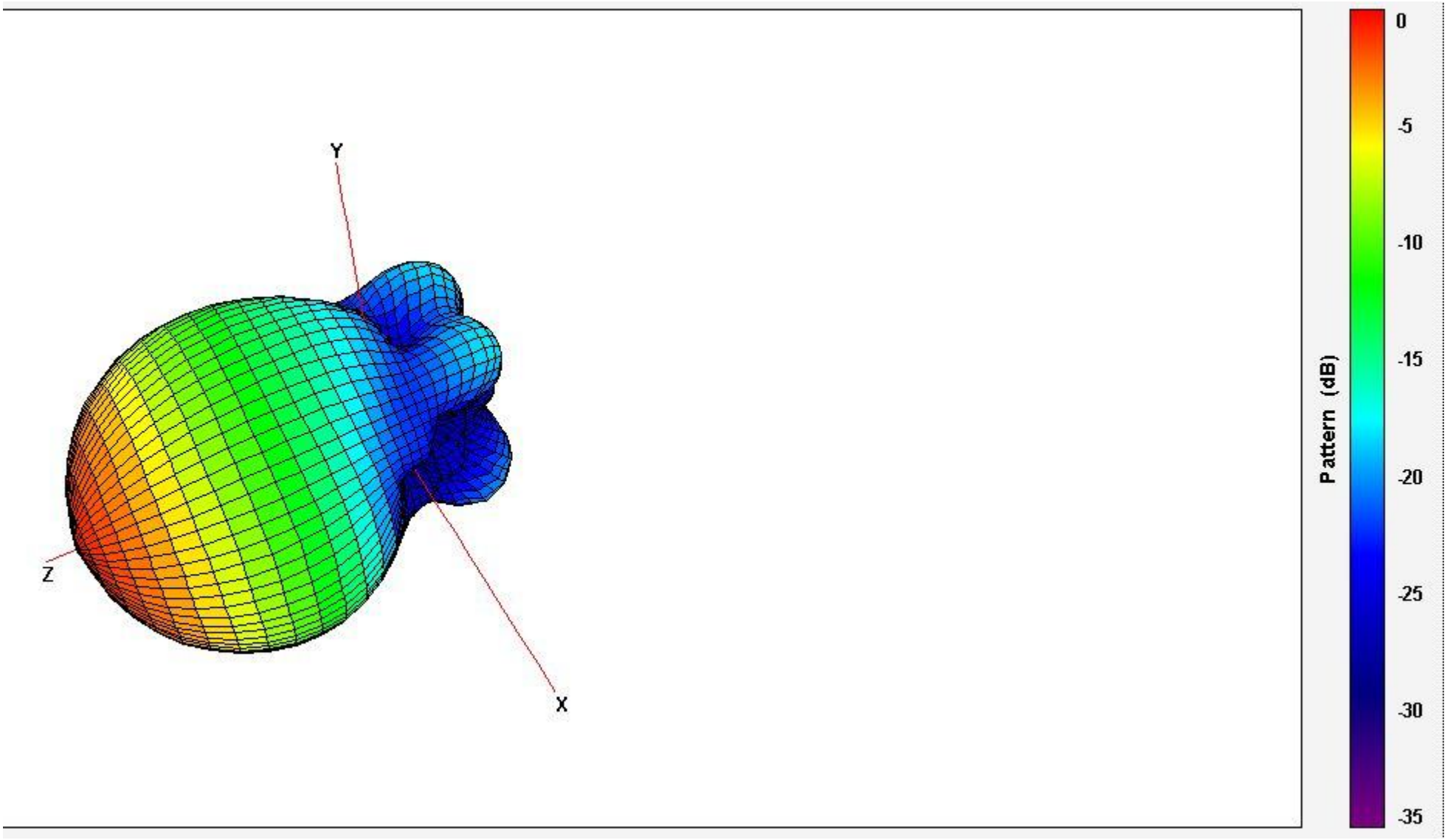


Приклад 1 просторової ДН антени з різних ракурсів

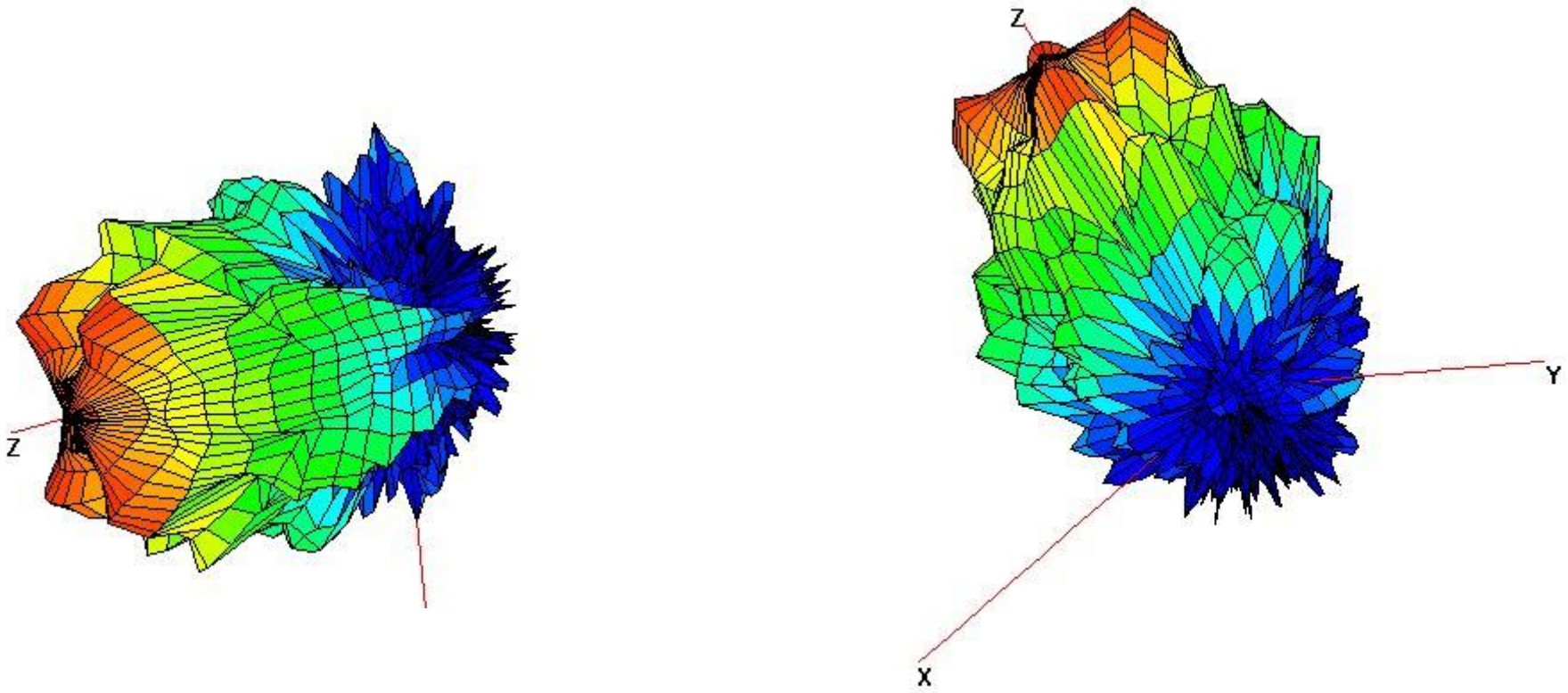


Приклад 1 просторової ДН антени з різних ракурсів (продовження)

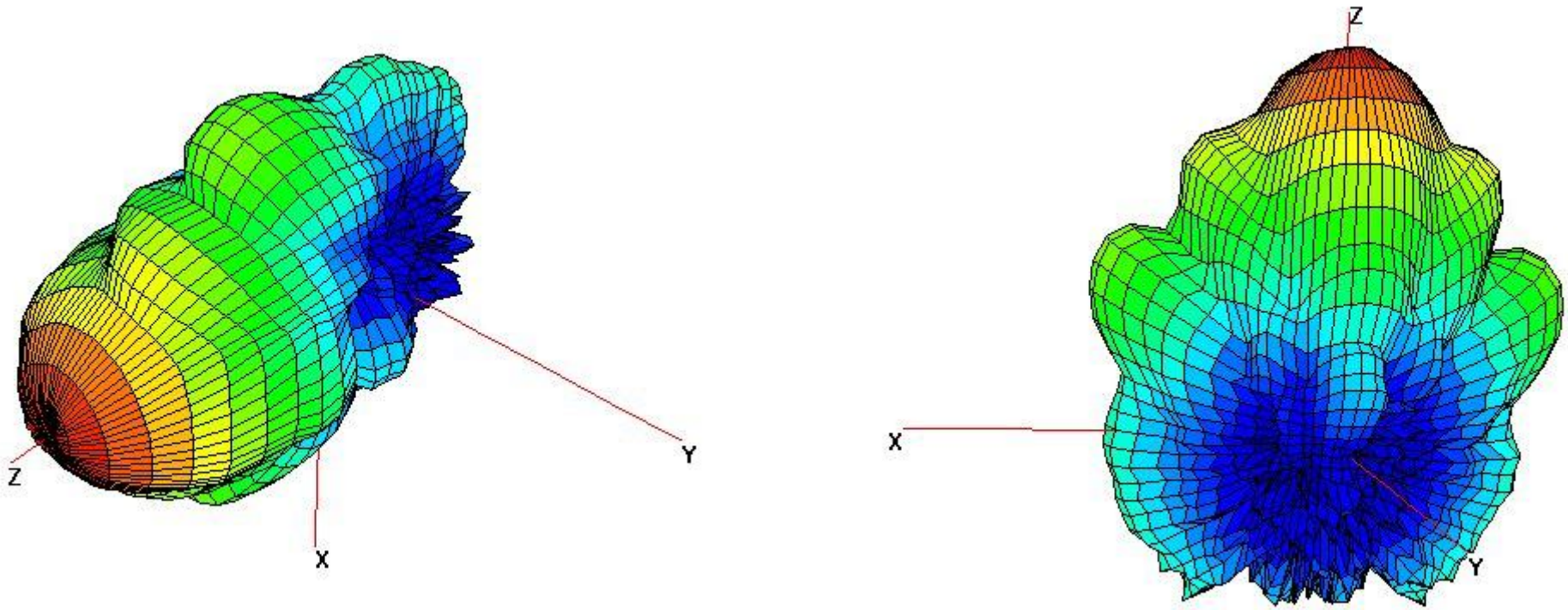
Кольором на цих рисунках позначають абсолютне значення рівня ДН – див. наступний рисунок.



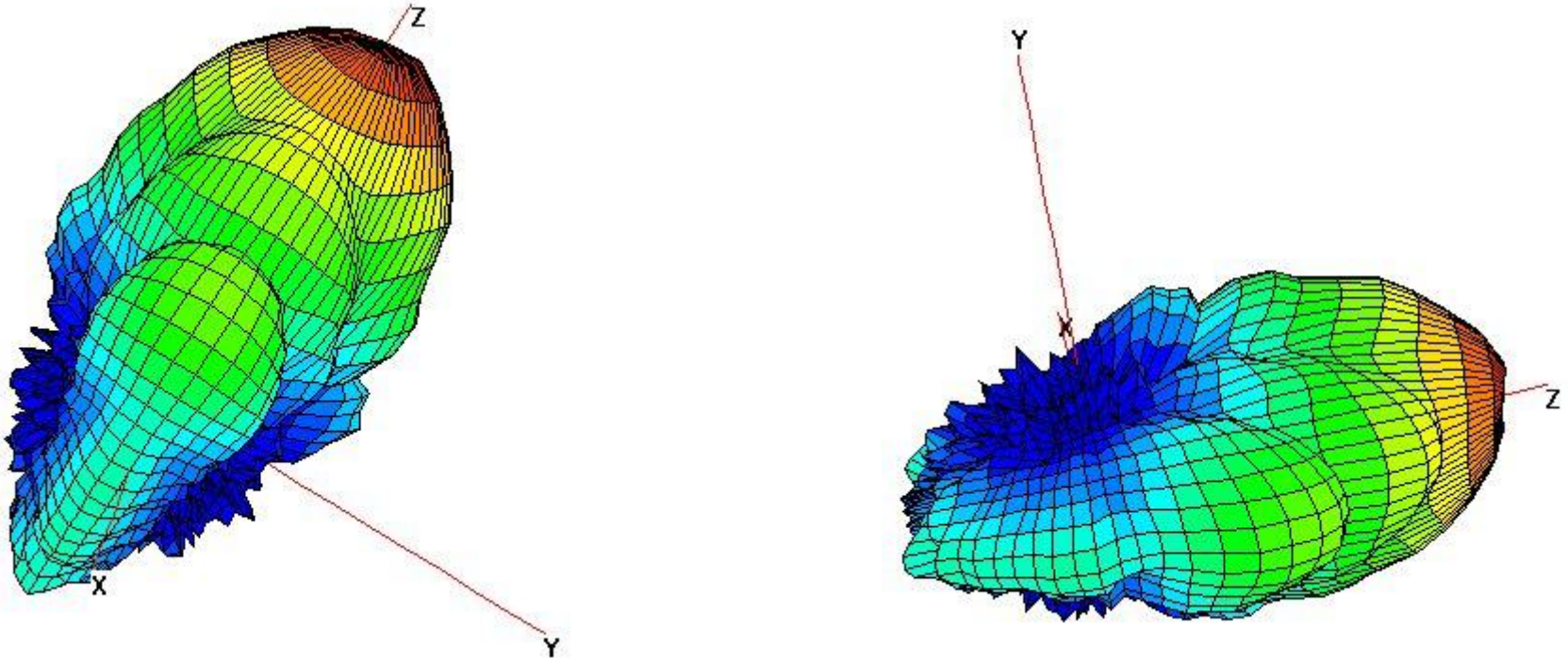
Приклад 2 просторової ДН антени зі шкалою її значень



Приклад 3 просторової ДН антени з різних ракурсів



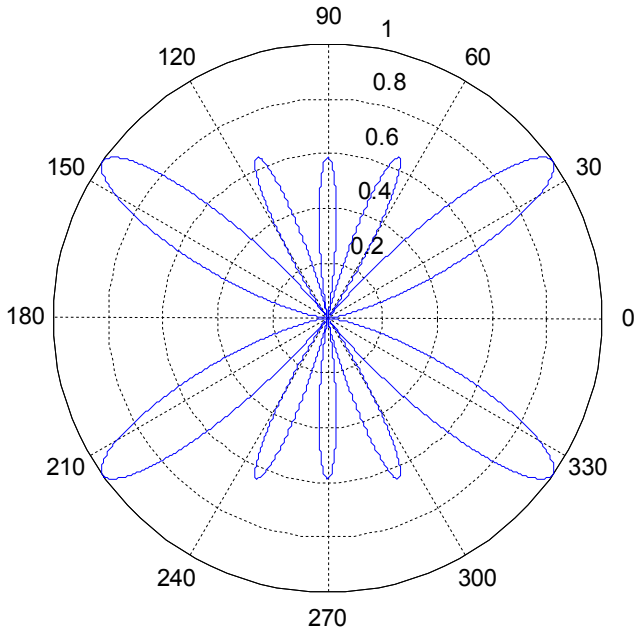
Приклад 4 просторової ДН антени з різних ракурсів

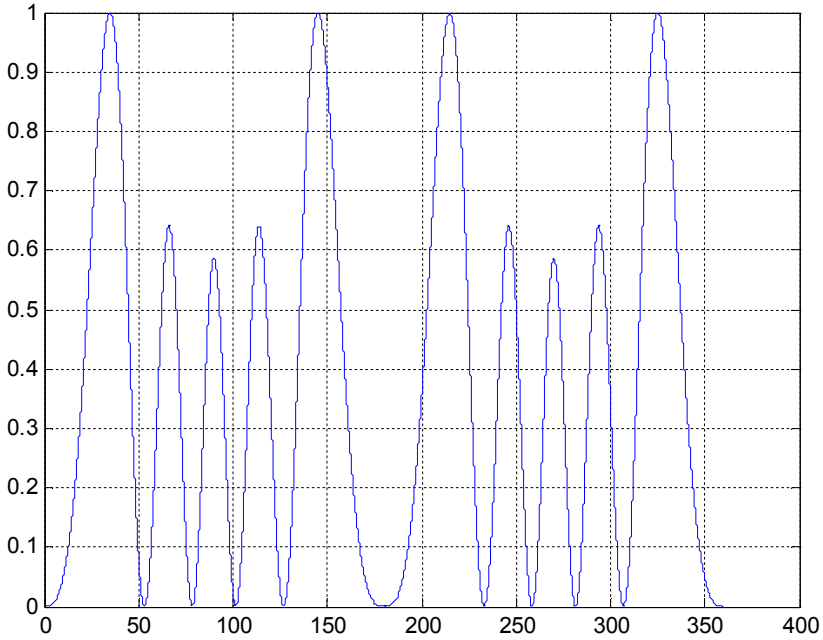


Приклад 4 просторової ДН антени з різних ракурсів (продовження)

3) ***За вибраною для побудови ДН системою координат*** – полярною чи декартовою. У полярній системі координат на радіусі, розташованому під кутом θ чи φ до початкового напряму, відкладають відрізок, довжина якого пропорційна абсолютному значенню $f(\theta)$ чи $f(\varphi)$, а потім ці кінці відрізків, розташованих під різними кутами θ чи φ, з'єднують між собою. У прямокутній системі координат кут θ чи φ відкладають по осі абсцис, а $f(\theta)$ чи $f(\varphi)$ – по осі ординат, після чого отримані точки з'єднують між собою.

4) ***За вибраним масштабом відліку ДН.*** ДН багатьох антен, особливо гостроспрямованих, мають багатопелюсткову структуру: крім головної пелюстки вони містять бічні та задні пелюстки. У таких випадках краще зображати ДН у прямокутних координатах, на якому можна вибрати довільний масштаб по осях, і цим показати слабкі бічні та задню пелюстки виразніше, ніж у полярній системі координат.

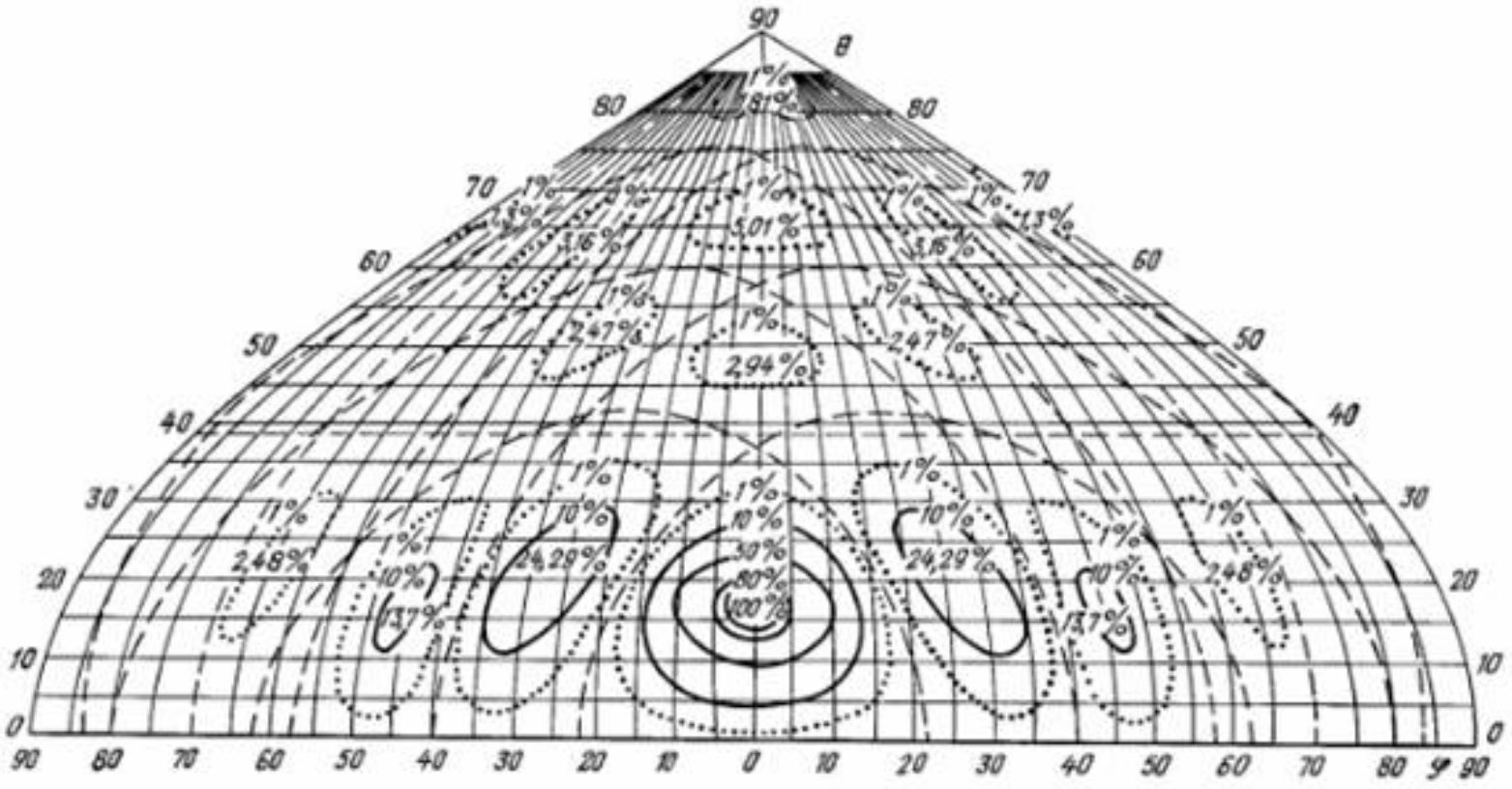




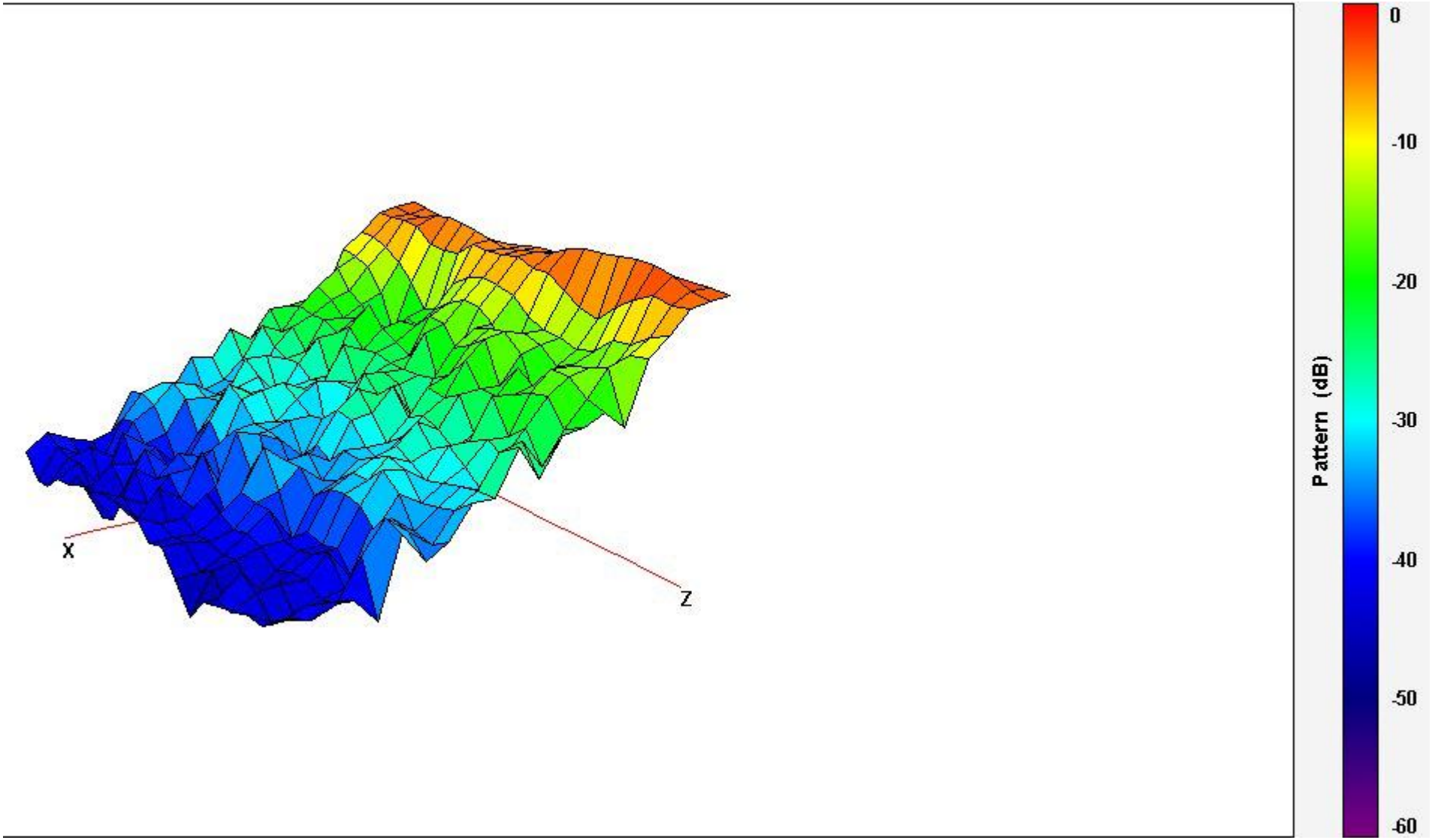
а) б)

ДН однієї і тієї ж антени у полярній (а) та декартовій (б) системах координат

Існує також ***картографічний метод:*** будують плоску сітку координат θ, φ в якій якій-небудь системі координат (прямокутній, декартовій) подібно до сітки меридіанів і паралелей на географічній карті. На цій сітці замкненими лініями зображають значення ДН антени.



Картографічний метод зображення ДН



Сучасна версія картографічного методу зображення ДН

Розрізняють ненормовані та нормовані ДН.

Нормування означає, що величини $\vec{E}_m$ та $\vec{\Pi}$ у напрямку θ,φ віднесено до максимальних значень $\vec{E}_{m\max}$ та $\vec{\Pi}_{\max}$:

$$F(\theta,\varphi)=\frac{|f(\theta,\varphi)|}{|f_{\max}(\theta,\varphi)|}=\frac{\left|\dot{\vec{E}}_m\right|}{\left|\dot{\vec{E}}_{m\max}\right|},$$

$$F^2(\theta,\varphi)=\frac{|f^2(\theta,\varphi)|}{|f^2_{\max}(\theta,\varphi)|}=\frac{\left|\vec{\Pi}_m\right|}{\left|\dot{\vec{\Pi}}_{m\max}\right|}.$$

використовуючи ці вирази, легко розрахувати напруженість (густину потоку потужності) поля, створюваного антеною у довільному напрямі θ,φ:

$$\dot{\vec{E}}_m(\theta,\varphi)=\dot{\vec{E}}_{m\max}F(\theta,\varphi),$$

$$\vec{\Pi}_m(\theta,\varphi)=\dot{\vec{\Pi}}_{m\max}F^2(\theta,\varphi).$$

Зверніть увагу:

1) у літературі традиційно *ненормовану ДН антени позначають* $f(\theta,\varphi)$ а *нормовану* $F(\theta,\varphi)$, хоча це не догма;

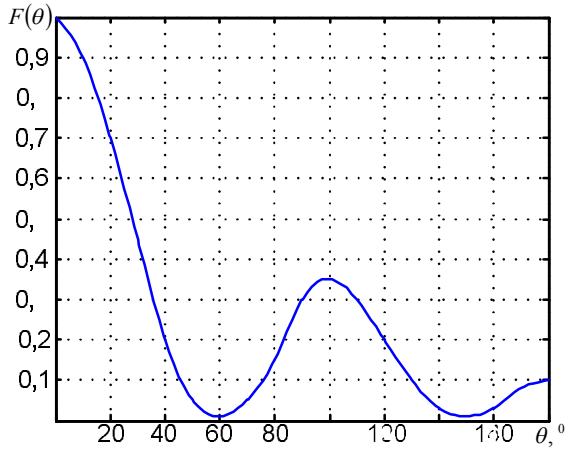
2) напрям $\theta=\theta_0$, $\varphi=\varphi_0$, у якому $F(\theta_0,\varphi_0)=1$, називають ***головним максимумом ДН антени.***

Нормовані ДН зручно зображати у напівлогарифмічному масштабі, при якому функції напрямленості виражають у децибелах:

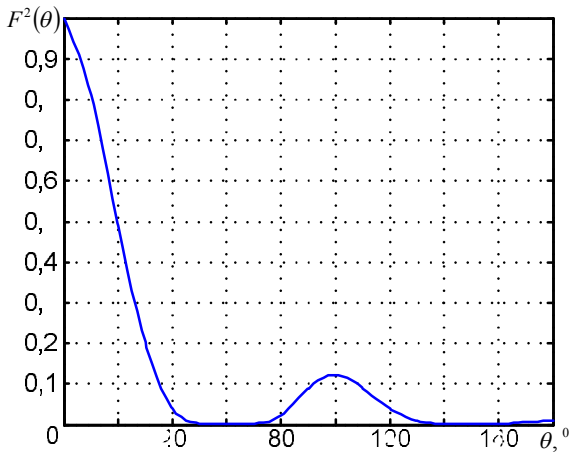
$$N[\text{дБ}]=10\lg F^2(\theta,\varphi)=20\lg F(\theta,\varphi).$$

У таблиці наведено числа, які ілюструють перерахунок у децибели функцій $F^2(\theta,\varphi)$ і $F(\theta,\varphi)$.

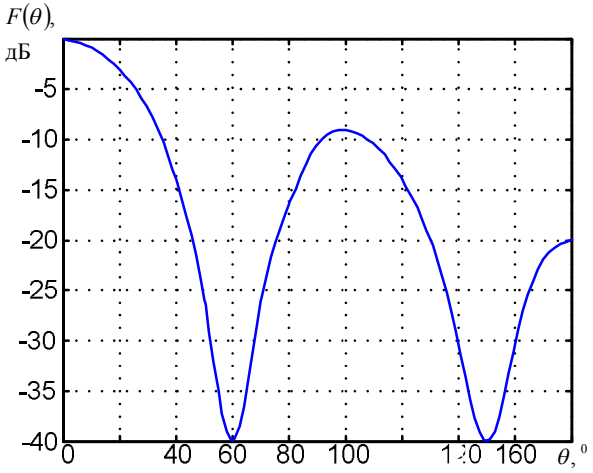
$F^2(\theta,\varphi)$	1	1,26	1,58	2	4	10	100	1000	10000	1000000
$F(\theta,\varphi)$	1	1,12	1,26	1,41	2	3,16	10	31,6	100	1000
$N[\text{дБ}]$	0	1	2	3	6	10	20	30	40	60



а)



б)



в)

Варіанти масштабів відліку ДН однієї і тієї ж антени: лінійний (а), лінійний за потужністю (б); напівлогарифмічний (в)

Векторний множник $\dot{\vec{p}}(\theta,\varphi)$ є одиничним вектором поляризації з двома компонентами, орієнтованими за базисними ортами сферичної системи координат:

$$\dot{\vec{p}}(\theta,\varphi)=\vec{\theta}_0\dot{p}_\theta(\theta,\varphi)+\vec{\varphi}_0\dot{p}_\varphi(\theta,\varphi)=\left(\vec{\theta}_0,\vec{\varphi}_0\right)\begin{pmatrix}\dot{p}_\theta\\ \dot{p}_\varphi\end{pmatrix}.$$

Модуль цього вектора дорівнює одиниці, незалежно від напрямку, тобто $\left|\dot{p}_\theta\right|^2+\left|\dot{p}_\varphi\right|^2=1$.

Компоненти $\dot{p}_\theta$ $\dot{p}_\varphi$ показують співвідношення між вертикальною і горизонтальною складовими поля у дальній зони антени для вибраного напряму, а також фазовий зсув між ними.

У загальному випадку обидві компоненти вектора поляризації є комплексними числами. Одну з цих компонент зазвичай вважають дійсною та позначають, наприклад, α. Це так звана *головна складова поляризації.*

Другу компоненту вектора поляризації, ортогональну до головної, називають *кросполяризаційною* (іноді паразитною) *складовою поляризації*. З урахуванням цього:

$$\dot{\vec{p}}(\theta,\varphi)=\vec{\theta}_{глн}\alpha(\theta,\varphi)+\vec{\theta}_{кп}\sqrt{1-\alpha^2(\theta,\varphi)}e^{i\Delta\psi(\theta,\varphi)},$$

где $\vec{\theta}_{глн}$ – базисний одиничний вектор головної поляризації; дійсна додатна функція; $\alpha(\theta,\varphi)$ – базисний вектор кросполяризаційної складової поляризації; $\Delta\psi(\theta,\varphi)$ – фазовий зсув між складовими. Значення різниці $1-\alpha^2$ є значенням густини потоку потужності кросполяризаційної складової.

Уявний показник степеня $\psi(\theta,\varphi)$ називають *фазовою характеристикою напрямленості антени за головною поляризацією випромінювання*. Функція $\psi(\theta,\varphi)$ характеризує зміну фазового зсуву головної компоненти поляризації при переміщенні точки спостереження по поверхні сфери радіуса R з центром у початку вибраної системи координат і, як наслідок, суттєво залежить від цього вибору.

Нагадування: хвилі колової та еліптичної поляризацій складаються з двох лінійно поляризованих хвиль, які зсунуті за фазою одна відносно одної на 90 градусів та мають взаємно перпендикулярні вектори електричного поля.

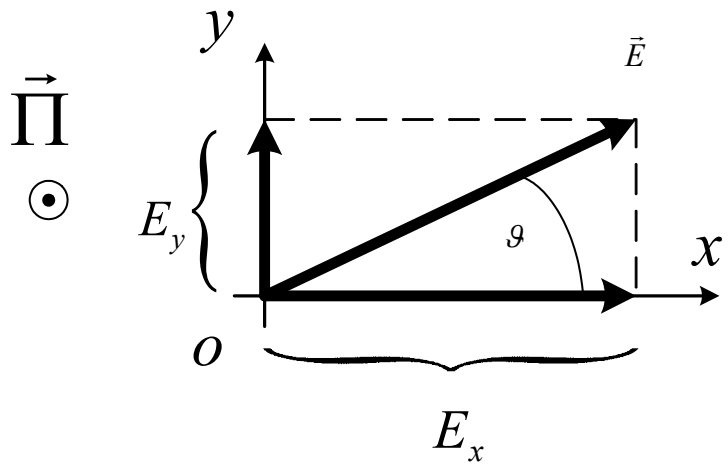
Складемо електричні поля двох ортогонально лінійно поляризованих хвиль:

$$\dot{\vec{E}}_m = \dot{\vec{E}}_{m1} + \dot{\vec{E}}_{m2} = \left(\vec{x}_0 \dot{A} + \vec{y}_0 \dot{C}\right) e^{-ikz}.$$

Якщо **фази хвиль співпадають** $\dot{A} = Ae^{i\varphi}$ і $\dot{C} = Ce^{i\varphi}$, то результатом накладання таких хвиль буде хвиля, **площина поляризації якої буде нерухома та утворює кут**

$$\vartheta = \operatorname{arctg}\frac{C}{A}$$

з площиною поляризації першої хвилі (рисунок)



Результат буде іншим, **якщо фази цих хвиль різні.**

Наприклад, $\dot{A} = Ae^{i\varphi}$ і $\dot{C} = Ae^{i(\varphi - 90^0)}$:

$$\dot{\vec{E}}_m = \dot{\vec{E}}_{m1} + \dot{\vec{E}}_{m2} = \left(\vec{x}_0 \dot{A} + \vec{y}_0 \dot{C}\right) e^{-ikz} = \left(\vec{x}_0 Ae^{i\varphi} + \vec{y}_0 Ae^{i(\varphi - 90^0)}\right) e^{-ikz}.$$

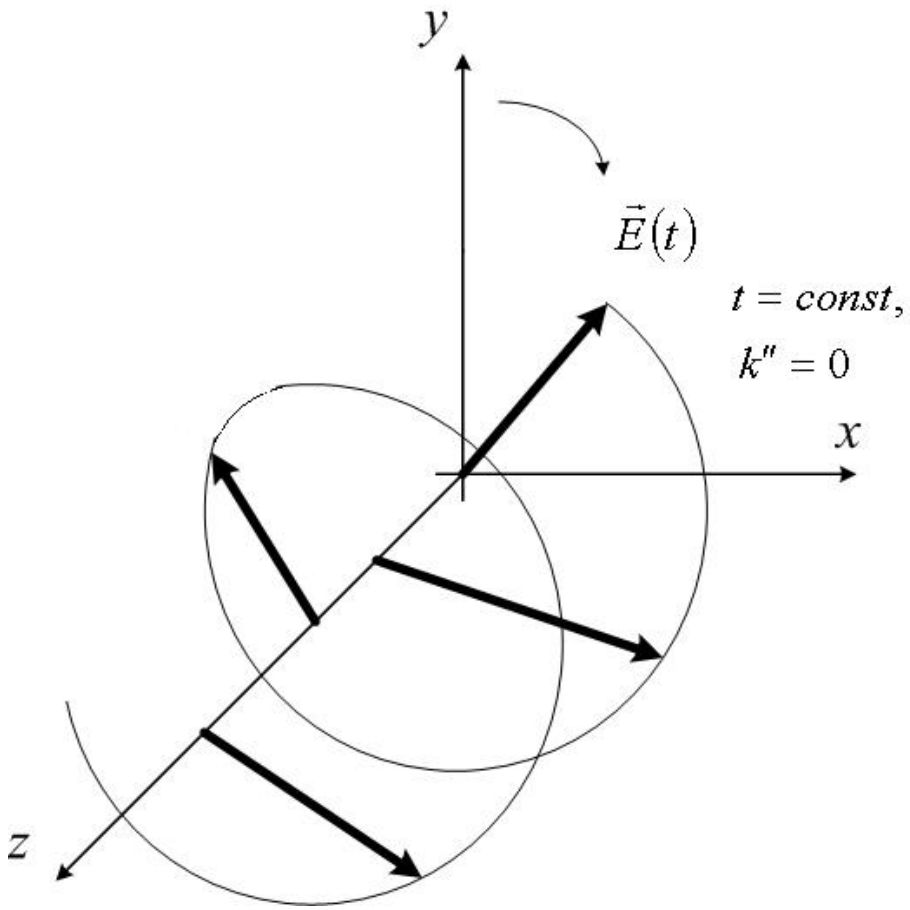
Звідси, вважаючи для повноти хвилеве число комплексним (тобто врахування втрат у середовищі), отримаємо

$$\vec{E} = \mathrm{Re}\left(\dot{\vec{E}}_m e^{i\omega t}\right) = \mathrm{Re}\left[\left(\vec{x}_0 Ae^{i\varphi} + \vec{y}_0 Ae^{i(\varphi - 90^0)}\right) e^{-i\dot{k}z} e^{i\omega t}\right] =$$
$$= Ae^{-k''z}\left[\vec{x}_0 \cos(\omega t - k'z + \varphi) + \vec{y}_0 \sin(\omega t - k'z + \varphi)\right].$$

Власне, **кут площини поляризації:**

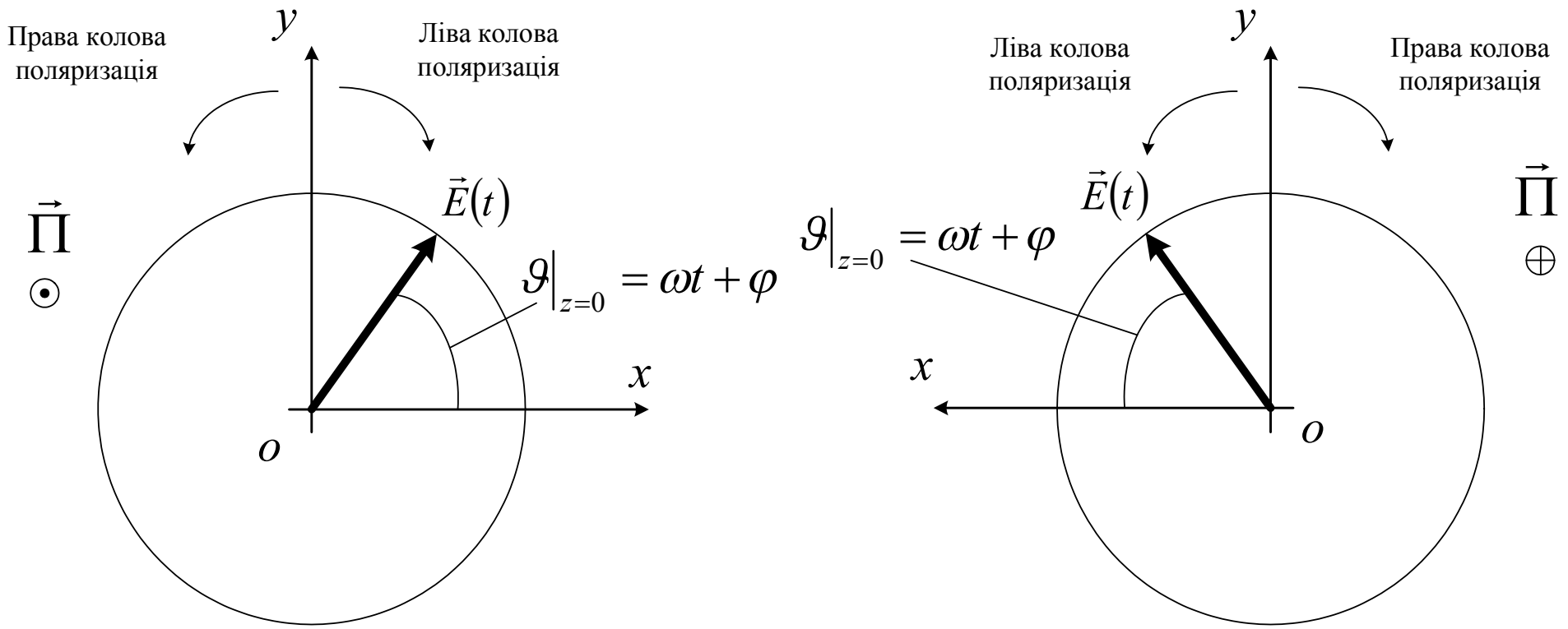
$$\vartheta = \mathrm{arctg}\frac{E_y}{E_x} = \omega t - k'z + \varphi.$$

Значення цього кута **змінюється у часі та просторі** – наступний слайд.



Це **хвиля колової поляризації**, а саме **лівої колової поляризації**.

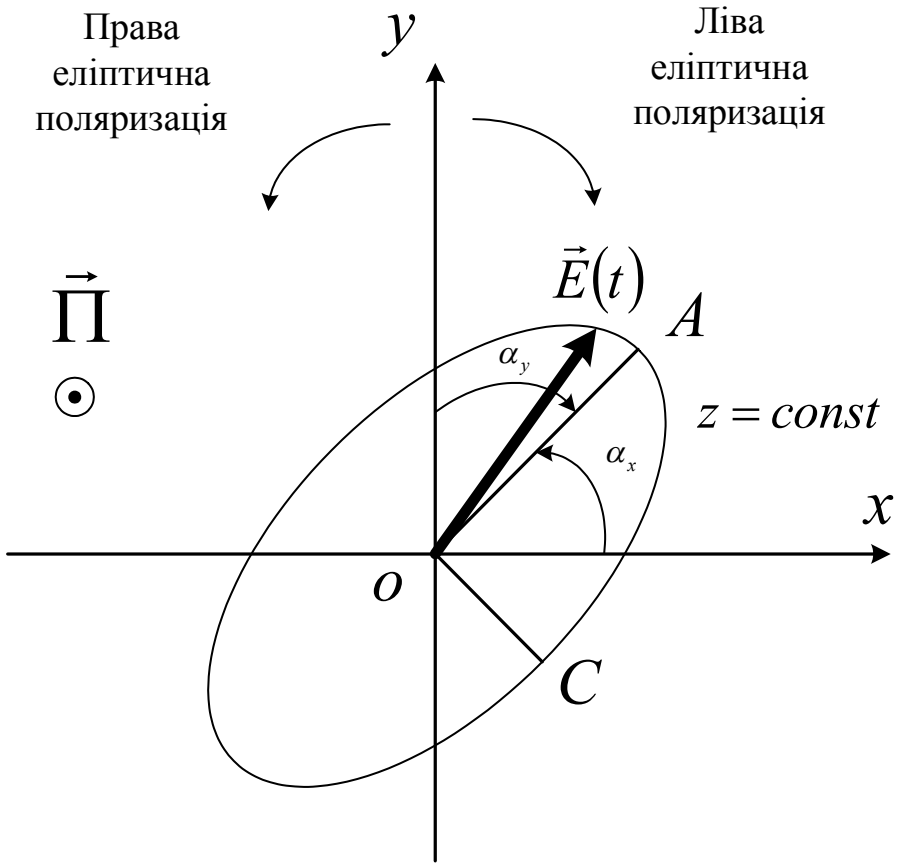
У кожній фіксованій точці $z = const$ вектор E обертається з кутовою швидкістю ω, а у фіксований момент часу t розподіл поля уздовж осі такий, що вектор E „ковзає уздовж гвинтової лінії”.



Права колова поляризація відповідає випадку $\dot{A} = Ae^{i\varphi}$ і $\dot{C} = Ae^{i\left(\varphi+90^0\right)}$, тобто обертанню вектора E у протилежну сторону.

Якщо **вектор обертається за годинниковою стрілкою, то це** буде ***права колова поляризація.*** Якщо ж **вектор обертається проти годинникової стрілки,** то це ***ліва колова поляризація. Такі визначення видів поляризації будуть за умови, що ЕМХ поширюється від спостерігача.***

Якщо ж має місце суперпозиція (накладання) двох хвиль з довільними амплітудами та фазами, то результуюча хвиля буде мати еліптичну поляризацію. Тобто при обертанні вектор E змінює своє значення, а його кінець описує еліпс.



Орієнтацію та ексцентриситет цього еліпса буде визначати відношення комплексних амплітуд $\dot{A}$ і $\dot{C}$.

Параметрами такої хвилі, і, відповідно, **антени, яка випромінює таку хвилю, є:**

1**) Коефіцієнт еліптичності** k_e, який дорівнює відношенню малої піввісі еліпса ОС до великої ОА:

$$k_e = OB/OC.$$

Частинні випадки еліптичної поляризації: **колова**, коли $k_e = 1$ (ОА=ОС) і, відповідно, кінець вектора *E* описує коло; **лінійна**, коли $k_e = 0$ (ОС=0), тобто еліпс вироджується у пряму лінію і вектор *E*, як і перпендикулярний до нього вектор *H*, зберігає незмінне положення.

2) **Кут нахилу** α_x чи α_y – кут нахилу великої осі поляризаційного еліпса відносно осі Ох чи Оу (див. Рисунок)

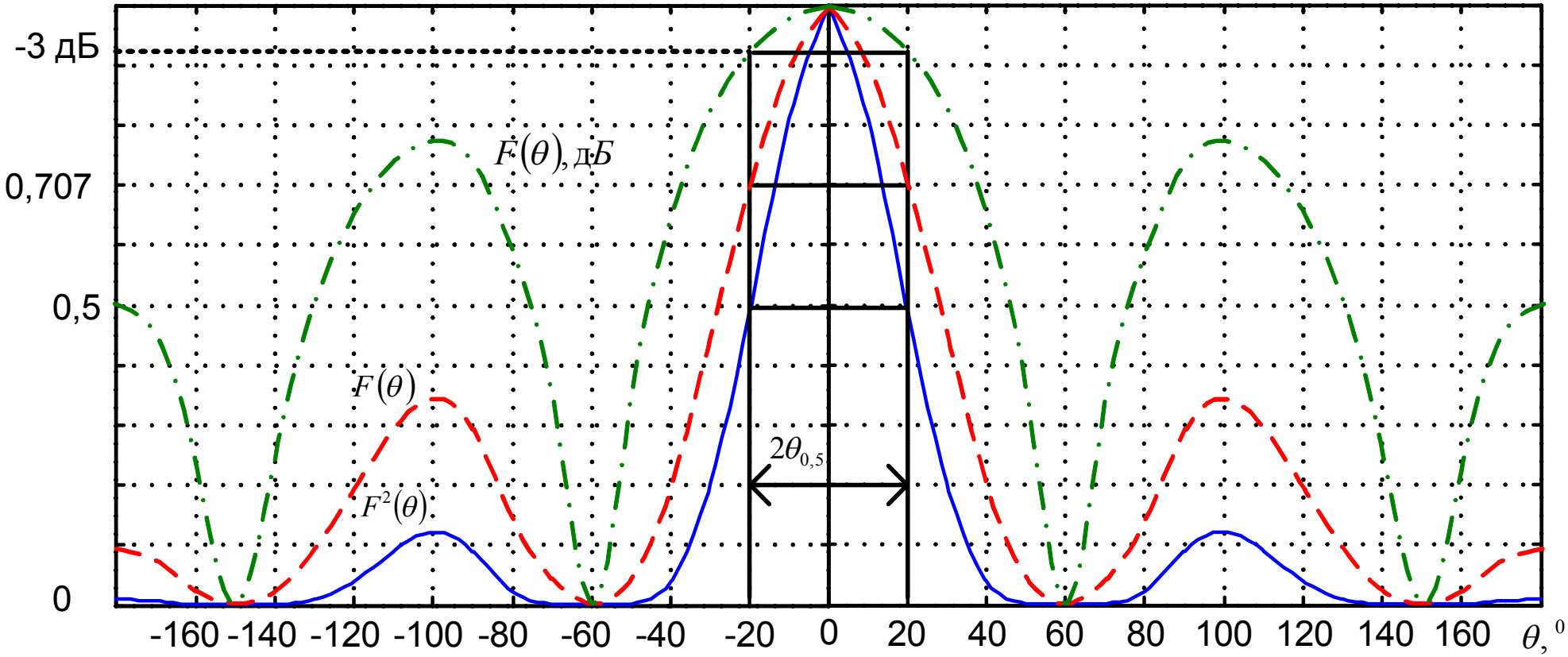
3) **Напрям обертання вектора *E***, тобто поля лівого та правого обертання.

4) **Поляризаційна ДН** – залежність $k_e(\theta,\varphi)$, тобто залежність коефіцієнта еліптичності від напряму на точку спостереження.

Параметри спрямованої дії антени

Ширина ДН антени – це кутовий сектор, який охоплює ту частину променя (головної пелюстки ДН), на границях якого густина потоку потужності менша за максимальну у задану кількість раз, зазвичай у двічі (–3 дБ) чи вдесятеро (–10 дБ).

Ширину ДН на рівні „половинної потужності”, тобто на рівні $1/\sqrt{2} = 0{,}707$ за напруженістю поля, позначають як $2\theta_{0,5}$, на рівні 0,1 – як $2\theta_{0,1}$.



Параметри спрямованої дії антени

Коефіцієнт спрямованої дії (КСД) – відношення густини потоку потужності $\vec{\Pi}(\theta_1,\varphi_1)$ випромінюваної антеною у даному напрямі θ_1,φ_1, до густини потоку потужності $\vec{\Pi}_{ср}$, яка випромінювалась б у тому ж напрямі ізотропним випромінювачем чи іншою еталонною антенною за умови рівності повних потужностей випромінювання порівнюваних антен:

$$D=\frac{\Pi(\theta_1,\varphi_1)}{\Pi_{ср}}.$$

Оскільки значення напруженості поля пропорційні відповідним значенням ДН, вираз для КСД можна записати так:

$$D=\frac{\left|F(\theta_1,\varphi_1)\right|^2}{\left|F(\theta,\varphi)\right|^2_{ср}}=\frac{4\pi\left|F(\theta_1,\varphi_1)\right|^2}{\int_0^{2\pi}d\varphi\int_0^{\pi}\left|F(\theta,\varphi)\right|^2\sin\theta d\theta}.$$

Параметри спрямованої дії антени

Якщо ДН має симетрію обертання відносно осі, тобто не залежить від азимутального кута φ, вираз для КСД можна спростити:

$$D = \frac{2\left|F(\theta_1)\right|^2}{\int_0^{\pi} \left|F(\theta,\varphi)\right|^2 \sin\theta d\theta}.$$

У напрямі максимального випромінювання (кути θ_0, φ_0):

$$\left|F(\theta_0,\varphi_0)\right| = 1 \text{ і } \mathrm{D}(\theta_0,\varphi_0) = D_{\max}.$$

Для будь-яких інших кутів:

$$\mathrm{D}(\theta,\varphi) = \mathrm{D}(\theta_0,\varphi_0)\left|F(\theta,\varphi)\right|^2 = D_{\max}\left|F(\theta,\varphi)\right|^2.$$

Параметри спрямованої дії антени

У більшості типів антен основну частину випромінюваної потужності зосереджено у межах головної пелюстки. При оцінці КСД можна покласти $|F(\theta,\varphi)|^2 = 1$ в області головної пелюстки (на рівні половинної потужності) і $|F(\theta,\varphi)|^2 = 0$ поза цією ділянкою. Звідси випливає:

$$D \approx \frac{4\pi}{\theta_{0,5} \cdot \varphi_{0,5}} \approx \frac{40000}{2\theta_{0,5} \cdot 2\varphi_{0,5}},$$

$2\theta_{0,5}$, $\varphi_{0,5}$ – відповідні значення ширини ДН на рівні половинної потужності, виражені у градусах.

Вираз для КСД можна переписати через випромінювану антеною потужність чи опір випромінювання. **Для вільного простору** маємо:

$$D(\theta_1,\varphi_1) = \frac{r^2|E(\theta_1,\varphi_1)|^2}{60P_\Sigma} = \frac{r^2|E(\theta_1,\varphi_1)|^2}{30I^2R_\Sigma}.$$

Параметри спрямованої дії антени

КСД тим більший, чим вужча головна пелюстка ДН і чим менший рівень бічних пелюсток.

КСД визначається лише ДН антени та не враховує втрати підведеної до антени енергії.

Тому у розгляд вводиться

Коефіцієнт підсилення як добуток КСД на ККД антени:

$$G = D \cdot \eta.$$

Якщо кути не вказано, то мають на увазі напрям максимального випромінювання!

Параметри спрямованої дії антени

Рівень бічних пелюсток – відношення максимуму найбільшої бічної пелюстки до максимуму випромінювання.

У загальному випадку, для довільної бічної пелюстки з номером *N:*

$$\xi_N = \frac{\left|E_{N\max}\right|}{\left|E_N\right|},$$

$E_{N\max}$ – напруженість поля, створюваного у напрямі максимуму даної бічної пелюстки;

E_N – напруженість поля у напрямі головного максимуму.

Параметри приймальної антени

ККД приймальної антени – відношення потужності, поглинутої навантаженням цієї антени, до потужності, яка поглиналась б цим самим навантаженням, якби у цієї антени не було втрат.

Коефіцієнт підсилення приймальної антени визначають аналогічно коефіцієнту підсилення передавальної антени.

Діюча довжина приймальної антени – відношення ЕРС, індукованої в антені, до тангенційної складової напруженості електричного поля перетинаючої її хвилі:

$$h_{\text{д}} = \frac{E_A}{E_\tau}.$$

Ефективна площа антени – відношення максимальної потужності, яку приймає антена, узгоджена з навантаженням, до густини потоку потужності падаючої на неї хвилі.

Її зв’язок з КСД (КСД у напрямі максимуму випромінювання):

$$S_{ef} = \frac{D \cdot \lambda^2}{4\pi}.$$

Параметри приймальної антени

Узгодженість приймальної антени з падаючою на нею хвилею по поляризації оцінюють коефіцієнтом поляризаційної ефективності, який тим більший, чим менше відрізняються коефіцієнти еліптичності та кути нахилу поляризаційних еліпсів відповідно антени та хвилі. Якщо такі відмінності відсутні та напрями поляризацій співпадають, то прийнята антеною потужність, максимальна, і цей коефіцієнт дорівнює одиниці.

Еквівалентна шумова температура антени:

$$T_{\text{А}} = T_{\text{А фіз}}\left(1-\eta\right)+T_{\Sigma}\eta,$$

$T_{\text{А физ}}$ – фізична температура антенно-фідерного тракту;

T_{Σ} – температура зовнішніх шумів.

Параметри приймальної антени

Властивості шумової температури антени:

– внутрішні шуми антени впливають на прийом сигналів тим менше, чим більший ККД антени та менша її фізична температура;

– температура зовнішніх шумів тим більша, чим потужніші джерела зовнішніх шумів, прийнятих антеною;

– на значення температури зовнішніх шумів впливає просторове спрямування антени;

– на відміну від внутрішніх, зовнішні шуми тим менше піднімають еквівалентну температуру антени, чим менший її ККД. З цієї ж причини на низьких радіочастотах, де великі зовнішні завади, ускладнювати приймальну антену з метою збільшення її ККД нераціонально: у таких умовах рівні сигналу та завади зменшуються однаково (пропорційно до ККД антени) і відношення сигнал/завада залишається без змін. У діапазоні ж НВЧ, де рівень зовнішніх шумів значно менший за рівень внутрішніх шумів антени, ККД приймальної антени бажано робити максимально можливим;

– до шумів антени, підсилюваних приймачем, додаються його власні шуми.