

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

ПРИСТРОЇ НАДВИСОКИХ ЧАСТОТ ТА АНТЕНИ

Частина I. Антени

**Методичні вказівки до лабораторних робіт
для студентів радіотехнічного факультету**

*Затверджено:
на засіданні кафедри теоретичних основ радіотехніки
Протокол № 5 від 30 січня 2013 р.*

Київ, НТУУ «КПІ» 2013

Пристрої надвисоких частот та антени. Частина I. Антени : методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів радіотехнічного факультету / Укл. В. С. Вунтесмері, О. М. Купрій, С. Є. Мартинюк, М. С. Юрченко. — К. : НТУУ КПІ, 2013. — 36 с. Видання 3-є, виправлене.

Укладачі:

ВУНТЕСМЕРІ Володимир Семенович, к.т.н., доцент
КУПРІЙ Олександр Михайлович, к.т.н., доцент
МАРТИНЮК Сергій Євстафійович, к.т.н., доцент
ЮРЧЕНКО Михайло Сергійович, к.т.н., доцент

Відповідальний редактор

О. Б. Шарпан, д.т.н., проф.

Рецензент

Ф. Ф. Дубровка, д.т.н., проф.

За редакцією укладачів

ВСТУП

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Пристрої надвисоких частот та антени» (Частина I. Антени) призначені для студентів радіотехнічного факультету всіх форм навчання.

Антени є складовою частиною будь-якої радіотехнічної системи. Вони часто визначають потенційні характеристики системи, такі як дальність дії, широкосмуговість, точність визначення координат, роздільну здатність, завадостійкість та ін. Крім того, в складних радіотехнічних системах антени на 50–80% визначають вартість системи в цілому. Тому «Пристрої НВЧ і антени» є обов'язковою дисципліною циклу професійної підготовки бакалаврів радіотехнічного факультету.

Цикл лабораторних занять в даному курсі складаються з шести робіт, що охоплюють основні розділи лекційного курсу. Термін виконання кожної роботи три години. Метою проведення лабораторних робіт є поглиблення теоретичних знань з окремих тем, ознайомлення з реальними конструкціями антен, набуття практичних навичок роботи з апаратурою НВЧ діапазону, досвіду проведення експерименту.

Під час підготовки до лабораторних занять кожному студенту необхідно:

- усвідомити мету роботи і вивчити теоретичний матеріал з конспекту лекцій і рекомендованої літератури, окрім того матеріалу, що наведений в даному посібнику;
- перевірити свої знання, відповівши на контрольні запитання, які наведені в кінці кожної лабораторної роботи;
- виконати домашнє завдання;
- підготувати протокол майбутньої лабораторної роботи в зошиті або на окремих аркушах.

До протоколу мають входити: титульний лист, назва і дата виконання роботи, мета роботи, схема вимірювання, результати виконання домашнього завдання. В процесі виконання лабораторної роботи до протоколу вносяться результати експериментальних досліджень, пишуться висновки. В кінці заняття повністю оформлений протокол (звіт) подається викладачу для перевірки і затвердження (заліку).

ЗМІСТ

Вступ.	3
Лабораторна робота № 1	
Дослідження характеристик випромінювання системи вертикальних вібраторів в горизонтальній площині	5
Лабораторна робота № 2	
Дослідження характеристик випромінювання ромбічної антени	9
Лабораторна робота № 3	
Дослідження характеристик випромінювання антени типу «хвильовий канал».	13
Лабораторна робота № 4	
Дослідження характеристик випромінювання та узгодження рупорної та рупорно-лінзової антен	17
Лабораторна робота № 5	
Дослідження характеристик випромінювання дзеркальної антени	24
Лабораторна робота № 6	
Дослідження характеристик випромінювання та узгодження логоперіодичних вібраторних антен	29
Список рекомендованої літератури	36

Лабораторна робота № 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВИПРОМІНЮВАННЯ СИСТЕМИ ВЕРТИКАЛЬНИХ ВІБРАТОРІВ В ГОРИЗОНТАЛЬНІЙ ПЛОЩИНІ

Мета роботи: вивчити та експериментально дослідити характеристики випромінювання системи, що складається з двох вертикальних вібраторів [2, 7, 8, 9, 11].

Методичні вказівки по вивченню теорії випромінювання системи вертикальних вібраторів

Для отримання направленого випромінювання електромагнітних хвиль в діапазоні коротких та ультракоротких хвиль застосовують антени, які складаються з кількох однакових випромінювачів. Таку антену називають антенною решіткою (АР). Поля окремих випромінювачів АР складаються (інтерферують) в просторі і створюють в результаті цього збільшення напруженості поля в одному або декількох напрямках за рахунок зменшення напруженості поля в інших напрямках.

Діаграма спрямованості (ДС) АР залежить від типу випромінювачів, їх розташування, відстані між ними, довжини хвилі, співвідношення між амплітудами та фазами струмів в випромінювачах. Відповідним розташуванням випромінювачів та збудженням в них струмів певних амплітуд та фаз можна одержати різні ДС.

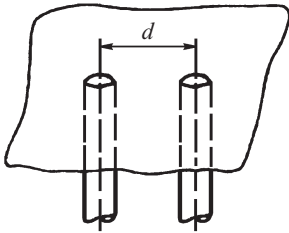


Рис. 1.1.

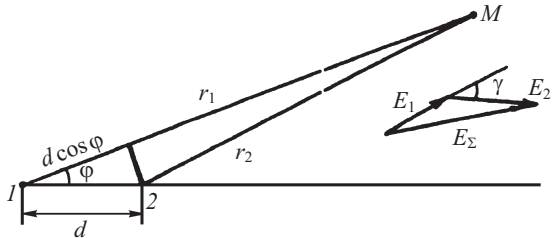


Рис. 1.2.

В роботі досліджується поле випромінювання АР, що складається з двох несиметричних вертикальних вібраторів в площині H (в горизонтальній площині) (рис. 1.1).

Випромінювання кожного вібратора в цій площині — ненаправлене. Його ДС є колом в полярній системі координат.

Знайдемо закон розподілу полів випромінювання в площині H системи, що складається з двох ненаправлених вібраторів (рис. 1.1), якщо струми в них однакові за амплітудою, але мають зсув фаз Φ .

Результуюча напруженість поля в віддаленій точці M визначається як геометрична сума полів E_1 та E_2 від першого та другого вібраторів.

Зсув фаз між полями E_1 та E_2 обумовлений, по-перше, різницею шляхів від першого та другого вібраторів до точки спостереження, по-друге, зсувом фаз Φ між струмами в вібраторах.

Різниця шляхів $r_1 - r_2$ дорівнює $d \cos \varphi$. Зсув фаз, зумовлений різницею шляхів, дорівнює:

$$kd \cos \varphi = \frac{2\pi}{\lambda} d \cos \varphi.$$

Таким чином сумарний зсув фаз між E_1 та E_2 в точці M дорівнює:

$$\gamma = kd \cos \varphi - \Phi.$$

На великій відстані до точки M від системи вібраторів різниця шляхів відносно невелика, тому при відсутності втрат можна вважати амплітуди E_1 та E_2 однаковими. При цьому векторна діаграма поля в точці M має вигляд рівнобедреного трикутника з внутрішнім кутом між векторами E_1 і E_2 , що дорівнює $180^\circ - \gamma$. Використавши теорему косинусів, визначимо амплітуду сумарного поля:

$$E_\Sigma = 2E_1 \cos \gamma / 2 = 2E_1 \cos \frac{1}{2} (kd \cos \varphi - \Phi).$$

Залежність напруженості поля від кута φ , яка визначає ДС, визначається формулою:

$$f(\varphi) = 2 \cos \frac{1}{2} (kd \cos \varphi - \Phi),$$

а нормована діаграма спрямованості:

$$F(\varphi) = \frac{f(\varphi)}{f_{\max}(\varphi)} = \cos \frac{1}{2} (kd \cos \varphi - \Phi).$$

Одержані формули справедливі при будь-яких відстанях між вібраторами d та будь-якому зсуві фаз між струмами Φ при однакових амплітудах струмів в вібраторах.

Розглянемо для прикладу два випадки.

1. $d = \lambda/2$, $\Phi = 0$:

$$F(\varphi) = \cos \frac{1}{2} \left(\frac{2\pi}{\lambda} \frac{\lambda}{2} \cos \varphi - 0 \right) = \cos \frac{1}{2} (\pi \cos \varphi).$$

Цей вираз дорівнює нулю при $\varphi = 0$ та 180° , максимальне значення — при $\varphi = \pm 90^\circ$.

Діаграма спрямованості та відповідні їй векторні діаграми для випадку **1** подані на рис. 1.3а, б, відповідно.

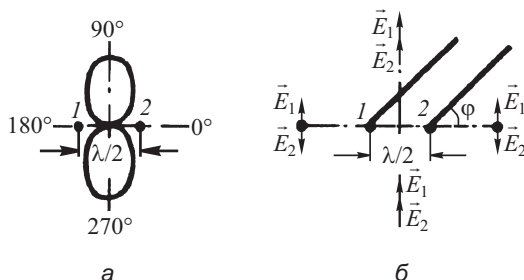


Рис. 1.3.

2. $d = \lambda/4$, $\Phi = \pi/2$:

$$F(\varphi) = \cos \frac{1}{2} \left(\frac{2\pi \lambda}{\lambda} \frac{\lambda}{4} \cos \varphi - \frac{\pi}{2} \right) = \cos \frac{\pi}{4} (\cos \varphi - 1).$$

Цей вираз дорівнює нулю при $\varphi = 180^\circ$ і максимум — при $\varphi = 0$.

Діаграма спрямованості та векторна діаграма для випадку **2** показані на рис. 1.4а, б, відповідно.

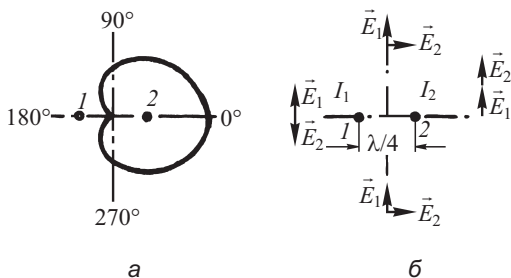


Рис. 1.4.

Діаграма спрямованості нагадує кардіоїду і має однонаправлений характер. Така діаграма характерна для системи антена-рефлектор. Вібратор 1, струм в якому за фазою випереджає на 90° струм вібратора 2, виконує роль рефлектора, а вібратор 2 виконує роль директора.

В роботі досліджуються ДС системи з двох вібраторів при різних відстанях між ними та різних фазових зсувах між струмами у вібраторах.

Домашнє завдання

Проаналізувати та побудувати нормовані ДС $F(\varphi) = \frac{f(\varphi)}{f_{\max}(\varphi)}$ при:

- а) $d = \lambda/2$, $\Phi = 0$; π ;
- б) $d = \lambda$, $\Phi = 0$; π ;
- в) $d = \lambda/4$, $\Phi = \pi/2$.

Послідовність виконання роботи

Схема макета подана на рис. 1.5.

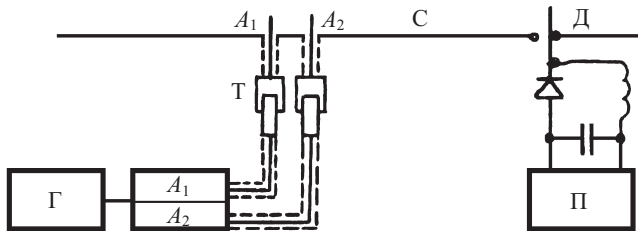


Рис. 1.5.

На схемі використані позначення: A_1 та A_2 — несиметричні вертикальні вібратори, C — «земля» (екран), D — приймальна антена з детектором, Π — підсилювач, T — фазообертач в вигляді телескопічної коаксіальної лінії, G — генератор.

Виміряти та побудувати нормовані ДС при таких відстанях між вібраторами та зсувом фаз між струмами в вібраторах:

- 1) $d = \lambda/2$, $\Phi = 0$;
- 2) $d = \lambda/2$, $\Phi = \pi$;
- 3) $d = \lambda$, $\Phi = 0$;
- 4) $d = \lambda$, $\Phi = \pi$;
- 5) $d = \lambda/4$, $\Phi = \pi/2$.

Вимірювання провести на частоті 2 ГГц. Діаграму спрямованості знімати через 10° від 0 до 360° .

Установка рівності амплітуд струмів в вібраторах та необхідного зсуву фаз проводиться за відомою ДС. Спочатку необхідно установити рівні амплітуди струмів в кожному вібраторі, потім знайти напрямки нульових випромінювань ($f(\varphi) = 0$). Це буде при $kd \cos \varphi_{\min} - \Phi = \pm \pi$ або