

УДК 519.85:621.3

І.Г. Леонов¹, А.Є. Присяжний¹, В.А. Присяжний², Д.С. Сидоренко³

¹ Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

² Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

³ Харківський радіотехнічний технікум, Харків

ОРГАНІЗАЦІЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ ТА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ КУРСАНТІВ І СТУДЕНТІВ ІЗ ДИСЦИПЛІНИ «ПРИСТРОЇ НВЧ ТА АНТЕНИ»

У статті проаналізована можливість використання сучасних програмних пакетів моделювання антенно-фідерних пристроїв для створення віртуальних лабораторних комплексів із метою ефективної організації лабораторного практикуму та самостійної роботи курсантів і студентів із дисципліни „Пристрої НВЧ та антени”.

Ключові слова: віртуальні лабораторні комплекси, самостійна робота курсантів і студентів, лабораторний практикум, MMANA, SABOR.

Вступ

Постановка проблеми. Важливою відмінною рисою сучасного етапу розвитку суспільства є процес його інформатизації. Об'єктивною передумовою формування інформаційного середовища є бурхливий розвиток і глобальне поширення персональних комп'ютерних засобів та спеціального програмного забезпечення.

При цьому стратегічними завданнями системи освіти в інформатизації суспільства є:

1) наукове обґрунтування методології інформатизації системи освіти в умовах інформаційного середовища;

2) підготовка кадрів, які здатні досягати поставлених масштабних цілей;

3) поліпшення якості освіти на основі широкого й ефективного застосування сучасних і перспективних інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ);

4) аналіз рівнів доцільного використання ІКТ у різних напрямках і для спеціалістів різних рівнів підготовленості;

5) розробка комп'ютерно-орієнтованих навчальних систем;

6) створення системи стандартів ІКТ, розробка методик сертифікації програмних і технічних засобів навчання;

7) розвиток єдиної системи баз даних та інформаційних ресурсів у системі освіти, забезпечення масового доступу до цієї системи всіх категорій користувачів.

На думку науковців, виключно важливою є умова, відповідно до якої реформування системи освіти та її інформатизація мають в обов'язковому порядку йти одночасно і взаємопов'язано, а не послідовно і паралельно. Перехід системи освіти на якісно новий рівень без її інформатизації є неможливим.

Інформатизація освіти – це упорядкована сукупність взаємопов'язаних організаційно-правових, соціально-економічних, навчально-методичних, науково-технічних, виробничих та управлінських процесів, спрямованих на задоволення освітніх інформаційних, обчислювальних і телекомунікаційних потреб учасників навчально-виховного процесу.

Головна мета процесу інформатизації – це зміна системних властивостей сфери освіти, і, в першу чергу, вищої школи з метою підвищення її сприй-

мання інновацій, надання можливостей активного цілеспрямованого використання світової інформаційної магістралі, нових можливостей впливу на освітню, наукову, професійну траєкторію, а з ними і на історичну траєкторію розвитку країни.

В основу інформатизації навчального процесу слід покласти створення і широке впровадження в повсякденну педагогічну практику нових комп'ютерно-орієнтованих методичних систем навчання на принципах поступового і неантагоністичного, без руйнівних перебудов і реформ, вбудовування інформаційно-комунікаційних технологій у діючі дидактичні системи, гармонійного поєднання традиційних і комп'ютерно-орієнтованих технологій навчання, не заперечування і відкидання здобутків педагогічної науки минулого, а, навпаки, їх удосконалення і посилення, в тому числі і за рахунок використання досягнень у розвитку комп'ютерної техніки і засобів зв'язку.

Саме тому стає актуальним завдання пошуку нової парадигми освіти, суть якої багато в чому визначають фундаментальність, цілісність, різносторонній і своєчасний розвиток творчих здібностей молоді, формування навиків самоосвіти, самореалізації особистості.

Зараз все більша кількість курсантів і студентів отримує доступ до персональних комп'ютерів. Зростає кількість комп'ютерів на кафедрах і в лабораторіях, зростає і число курсантів і студентів, які мають комп'ютери вдома.

У засвоєнні знань велику роль грає не лише наукова теоретична підготовка, але і наочність знань.

Сучасні інформаційні технології, вживані в процесі навчання, дозволяють по-новому організувати експериментальні дослідження в лабораторному практикумі при вивченні радіотехнічних дисциплін.

Технологія віртуальних лабораторних комплексів дозволяє кожному курсанту і студенту не лише набути навичок роботи з обладнанням, навчитися приймати якісні і швидкі рішення в різних ситуаціях, але і розширити, закріпити і пов'язати з практикою знання, отримані при теоретичному вивченні дисциплін, активізувати пізнавальну діяльність за рахунок одержання нових знань при виконанні віртуального експерименту, засвоїти фундаментальні закономірності, що покладені в основу роботи реального обладнання.

Працюючи з віртуальним обладнанням, курсант і студент може не побоюватися вивести його з ладу своїми неправильними діями, має можливість оперативно отримувати відповіді на питання типу: «що буде, якщо...?», тобто значно збільшується інформаційна насиченість виконуваних лабораторних робіт.

Поєднання традиційного та інноваційного методів навчання, у свою чергу, дозволяє вирішити наступні завдання:

1) самостійну підготовку курсантів і студентів до проведення реального фізичного експерименту (є можливість самостійно проводити попередній експеримент на базі персонального комп'ютера і віртуальних приладів, відпрацьовувати професійні навички проведення експериментальних досліджень);

2) індивідуалізацію виконання робіт за рахунок довільної зміни параметрів елементів досліджуваної схеми електричного кола;

3) скорочення часу на підготовку до лабораторної роботи, проведення експерименту і оформлення звіту за рахунок автоматизації розрахунків, графічних побудов, а також використання електронної форми звіту.

Крім того, практика показала, що курсанти і студенти починають використовувати САПР для самостійної роботи. Підготовлений лабораторний практикум допомагає курсантам і студентам, оскільки формулювання проблеми для дослідження є для них не завжди простою задачею.

Основні особливості розробки віртуальних лабораторних стендів полягають в збереженні функціональних властивостей конкретного лабораторного обладнання, всіх елементів управління і захисту, що входять в стенд. Це дозволяє застосовувати віртуальні стенди як методичний інструмент при заочному та дистанційному навчанні.

Вибір певного пакету програм залежить від обчислювальних ресурсів персонального комп'ютера, що використовується.

Середовище моделювання, як і сама модель, повинне строго відповідати поставленому завданню. Тому питання «Що є кращим?» є некоректним і, на наш погляд, має сенс лише в формулюванні «Що є кращим для вирішення даного завдання?».

Перед побудовою моделі необхідно чітко й однозначно сформулювати мету та визначити завдання моделювання. Необхідно ретельно стежити за тим, щоб рівень моделі строго відповідав поставленим при моделюванні задачам. Украй небажаним є будь-яке, не обумовлене поставленими задачами, переускладнення моделі.

Далі необхідно переконатися в доступності моделей усіх елементів, що необхідні для якісного моделювання системи. Під доступністю розуміється наявність моделі в стандартних бібліотеках, або наявність моделі аналога необхідного елемента, або можливість розробки власної моделі.

Аналіз літератури. У наш час розробниками антенно-фідерних пристроїв активно використовуються наступні САПР: Microwave Office, Microwave Studio, Antenna Magus, HFSS та інші. До їхніх недоліків слід віднести високу вартість ліцензії, високі вимоги до ресурсів ПЕОМ, велику кількість опцій, які необхідні лише професіоналам, складність інтерфейсу.

Виконання лабораторних робіт у різних програмних середовищах призводить, за нашими спостереженнями, до абсолютно механічного виконання завдань, відсутності розвитку таких необхідних якостей особистості, як креативність, здатність до аналізу та синтезу.

У зв'язку з вищезазначеним, виникає необхідність сформулювати основні вимоги до програмного пакета, який можна було б використовувати для проведення лабораторного практикуму та організації самостійної роботи курсантів і студентів з дисципліни „Пристрої НВЧ та антени”:

- 1) інтуїтивність інтерфейсу;
- 2) програмний пакет повинен бути безкоштовним або мати студентську ліцензію (версію, в якій відсутні певні опції);
- 3) невисокі вимоги до ресурсів ПЕОМ.

Даним вимогам, на наш погляд, відповідають програмні пакети MMANA та SABOR.

Метою даної статті є стислий опис можливостей програмних пакетів MMANA та SABOR на прикладі лабораторних робіт із дисципліни „Пристрої НВЧ та антени”.

Основна частина

1. Моделювання дровових антен у програмі MMANA

Обчислювальною основою MMANA є програма MININEC Ver.3, яка була створена для американських ВМС в Washington Research Institute. Усі додаткові функції і інтерфейси написані програмістом Makoto Mori. Русифікована і англійська версії MMANA зроблені І. Гончаренко.

Обмежень по взаємному розташуванню дровів немає. Це означає, що будь-яка конфігурація провідників буде розрахована коректно.

Максимальне число: дровів – 512, джерел – 64, навантажень – 100. Максимальне число точок розрахунку – 8192 (встановлено за умовчанням – 1280).

Необхідний об'єм ОЗП для програми складає: для 1024 точок – 8 Мб, для 2048 – 32 Мб, для 4096 – 128 Мб, для 8192 – 512 Мб. Тобто подвоєння числа точок вимагає збільшення в чотири рази ємності ОЗП. У ще більш різкій, експоненціальній залежності зростає час обчислень від числа точок.

Вкладка **Геометрія** (рис. 1) містить три таблиці, які призначені для введення і редагування дровів, джерел і навантажень. Крім того, на ній розташовані елементи, що дозволяють настроїти параметри сегментації та встановити основну частоту.

Таблиця дровів розташована у верхній частині вікна і має 8 колонок. Перші шість (X1, Y1, Z1, X2, Y2, Z2) описують координати (декартові) початку та кінця дроту. Координати указуються в метрах, або, при встановленій опції «в лямбдах», координати указуються у відношенні до довжини хвилі.

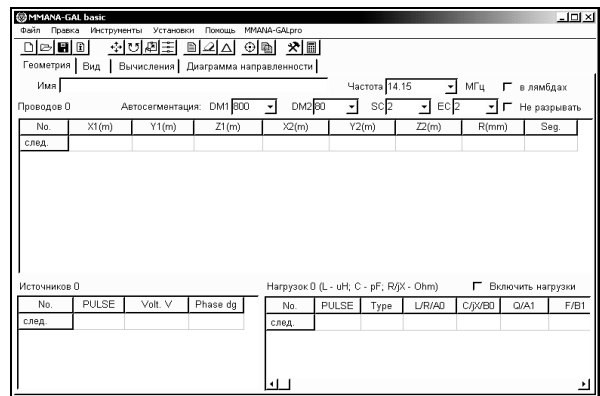


Рис. 1. Інтерфейс програми MMANA

Сьома колонка R описує радіус дроту:

$R > 0$ – радіус дроту в міліметрах ;

$R = 0$ – ізолятор, дріт не враховується при розрахунках;

$R < 0$ – комбінований дріт, що складається з декількох дровів різного фізичного радіусу, опис якого задається у вікні для установок комбінованого дроту або з вікна з таблицею розмірів комбінованого дроту. Обидва вікна можна викликати із меню, а вікно Установки комбінованого дроту і з головного меню Правка.

Остання колонка Seg описує спосіб сегментації (ділення даного дроту на сегменти для методу моментів):

$Seg > 0$ – режим ручного розбиття;

$Seg = 0$ – Автоматичне розбиття дроту на сегменти однакової довжини, рівної $\lambda/DM2$. Рекомендується до використання тільки тоді, коли небажано використовувати негативні значення Seg через малу довжину сегменту на краях.

1) Мінімальна довжина сегменту має бути менше ніж $0,1\lambda$, ніж мінімальна відстань між сусідніми дротами, ніж мінімальна висота дроту над землею, ніж довжина найкоротшого дроту.

2) Довжина сегменту має бути більше, ніж діаметр дроту.

3) Максимальний радіус не повинен перевищувати $0,01\lambda$ для високої точності розрахунку.

4) Відношення довжини сегментів у дротах, що з'єднуються, має бути більше 2.

5) Відношення радіусів провідників, створюючих перехід, повинно бути більше 10.

Джерела напруги. Таблиця розташована в нижній частині вікна і має 3 колонки:

Місце розташування джерела. Описується так:

1) перша літера має бути w(ire);

2) наступна за нею цифра означає номер дроту ,до якого включено джерело;

3) буква після номера дроту позначає місце включення джерела в дріт; b(ottom) – початок дроту; c(enter) – середина дроту; e(nd) – кінець дроту;

4) наступна цифра (не обов'язковий елемент) показує кількість сегментів, на яку зміщена точка включення джерела.

Фаза напруги джерела. Необхідність в зсуві фази живлячої напруги виникає при проектуванні антен з активним живленням.

Напруга джерел живлення. При відміченому віконці "Авто напр." величина напруги автоматично встановлюється рівною $1/(\text{кількість джерел})$.

Навантаження. Таблиця навантажень призначена для встановлення RLC елементів, включених в дрти антени. Кількість використовуваних колонок залежить від способу опису навантаження. Колонка **Pulse** призначена для опису місця включення навантаження, яке описується так само, як для джерел. У колонці **Tуре** описується тип навантаження: LC, R+jX, S.

Вкладка «Вид». Вибравши цю вкладку, можна переглянути зовнішній вигляд в тривимірному просторі описаної антени (або взятою з готового файлу) і розподіл сегментів і струмів по ній. Останнє можливо лише після попереднього проведення розрахунку у вкладці Обчислення.

Вкладка «Обчислення» призначена для запуску розрахунків і виклику вікон оптимізації, графіків і редакторів дроту і елементів. На цій вкладці можна встановлювати частоту для поточного розрахунку, параметри землі і матеріал дротів.

Слід враховувати, що вхідний опір і ближнє (реактивне) поле розраховується без урахування втрат в реальній землі (тобто вважаючи землю ідеально провідною). Втрати в землі враховуються лише при розрахунку діаграми спрямованості моделі. Радіус ближньої зони складає біля $\lambda/2\pi = 0,16\lambda$.

Вкладка «Діаграма спрямованості». На цій закладці виводяться діаграми спрямованості. За умовчанням горизонтальна діаграма виводиться для зенітного кута, що відповідає максимальному підсиленню.

Змінити зенітний кут побудови горизонтальної діаграми спрямованості можна, натиснувши кнопку «Зенітний кут». ДС у вертикальній площині будується для азимутного кута 0° (тобто уздовж осі X). Змінити цей кут можна обертанням антени навколо осі Z.

Вибравши точку на діаграмі спрямованості, можна отримати докладну інформацію по випромінюванню у вибраному напрямі.

У програмі передбачена можливість побудови тривимірної діаграми спрямованості. Для її виводу на екран слід натиснути кнопку «3Д ДН» (рис. 2).

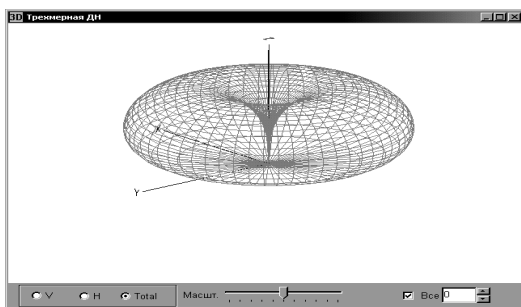


Рис. 2. Діаграма спрямованості несиметричного вібратора у режимі 3D

2. Моделювання апертурних антен у програмі SABOR

Програма SABOR, що працює під операційною системою Windows, дозволяє проводити розрахунок, оптимізацію основних параметрів апертурних антен (рупорних, дзеркальних) (рис. 3).

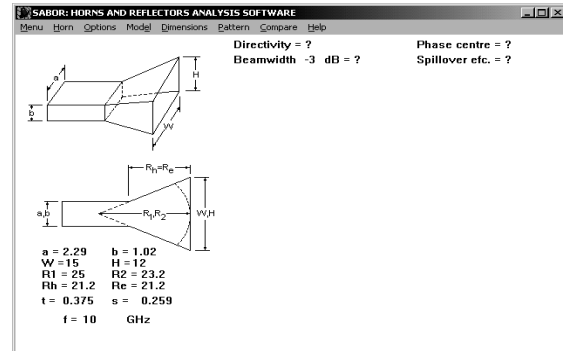


Рис. 3. Інтерфейс програми SABOR

Для всіх типів антен, які можна досліджувати в програмі SABOR, вікно містить:

- креслення антени;
- значення геометричних параметрів антени;
- розраховані параметри антен (КСД – *Directivity*, ширина діаграми спрямованості за заданим рівнем у дБ – *Beamwidth* та ін.)

Вікно містить головне меню:

- *Menu (Меню)*
- *Horn (Рупор)*
- *Options (Опції)*
- *Model (Модель)*
- *Dimensions (Розміри)*
- *Patterns (Діаграми спрямованості)*
- *Compare (Порівняння діаграм спрямованості)*
- *Help (Допомога).*

Menu (Меню). Вкладка *Menu* дозволяє вибрати для дослідження рупорні або дзеркальні антени. За умовчанням, після старту, програма працює в режимі дослідження рупорних антен.

Зупинимося детальніше на даному режимі.

2.1. Режим Horn (Рупор)

Вкладка *Horn* дозволяє вибрати тип рупора, що розраховується:

Rectangular – дозволяє вибрати для розрахунку гладкостінний прямокутний рупор, можливі варіанти:

E-plane sectoral – секторіальний E-площинний рупор – збуджується хвилеводом прямокутного перетину з основною хвилею H_{10} і розширюється в площині вектора напруженості електричного поля \vec{E} .

H-plane sectoral – секторіальний H-площинний рупор – збуджується хвилеводом прямокутного перетину з основною хвилею H_{10} і розширюється в площині вектора напруженості магнітного поля \vec{H} .

Pyramidal – пірамідальний рупор утворений одночасним розширенням стінок поперечного перетину хвилеводу.

Circular – кінчний рупор збуджується хвильовим круглого перетину з основною хвилею типу H_{11} .

Corrugated – вибирає для розрахунку і побудови діаграми спрямованості гофрований рупор.

Options (Опції)

Меню *Options* дозволяє задавати фізичні параметри для розрахунку рупорів, а також вибирати систему координат для побудови діаграми спрямованості – полярну або декартову.

Доступні наступні пункти:

Frequency (частота), де можна задати робочу частоту ($ГГц$) або робочу довжину хвилі ($см$).

У якості додаткової інформації приведено значення критичної частоти для збуджуючого хвильоводу – *Cut freq.* ($ГГц$).

Theta – встановлює діапазон значень кута *Theta* в градусах для розрахунку діаграми спрямованості. Рекомендується встановлювати діапазон *Theta* -90 до 90.

N.divisions – кількість ділень (поділок) з кроком ϵ/div градусів.

Phi-cut – дозволяє задавати площину зрізу діаграми спрямованості.

Field Scale – дає можливість встановити максимальне (E_{max}) і мінімальне (E_{min}) значення в дБ напруженості електричного поля, що відображаються на діаграмах спрямованості.

Automatic – при активному пункті меню, програма автоматично встановлює оптимальний формат представлення діаграми спрямованості, параметри задані в *FieldScale*, *Theta* не враховуються.

Beamwidth – дозволяє розрахувати ширину основної пелюстки діаграми спрямованості за рівнем x дБ (за замовчуванням -3 дБ). Також обчислюється фазовий центр і рівень бічних пелюсток.

XY – для побудови діаграми спрямованості використовується декартова система координат.

Polars – для побудови діаграми спрямованості використовується полярна система координат, з *Theta*, що набуває значень $-90^\circ \dots 90^\circ$.

Rad. Power – дозволяє обчислювати випромінювану потужність двома способами:

– *Aperture* – інтегруванням струму на апертурі

– *Pattern* – інтегруванням діаграми спрямованості, розрахунок за методом вектора Пойтинга.

N.points – встановлює кількість використовуваних точок ($1 \dots 100$) для побудови діаграми спрямованості. Рекомендується встановити максимальне значення.

Меню Model (Модель)

Поле випромінювання апертурних антен приблизно може бути розраховане двома методами:

First principle – апертурний метод (від слова «апертура» – розкрит), базується на використанні законів геометричної оптики. Поле обчислюється в розкритті дзеркала, а потім за відомим полем у розкритті, користуючись поняттями про елемент Гюйген-

са, визначається поле випромінювання. Інтегрування ведеться за розкритом дзеркала. Цей метод є наближеним, оскільки закони геометричної оптики, строго кажучи, точні при нескінченно ідеально провідному плоскому дзеркалі.

Second principle – струмовий метод випромінювання апертурних антен.

Меню Dimensions (Розміри)

За допомогою даного пункту встановлюються геометричні розміри хвильоводу, довжини рупора, а також геометричні розміри розкриття рупора.

Waveguide dimensions – геометричні розміри хвильоводу (H -plane – ширина в H -площині, розмір a , E -plane – висота в E -площині, розмір b);

Horn aperture dimensions – геометричні розміри апертури рупора (H -plane – ширина в H -площині, розмір W ; E -plane – висота в E -площині, розмір H);

R_1, R_2 – радіуси поверхні рівних фаз ($см$);

t, s – максимальні значення фазової помилки в H і E -площині.

Меню Patterns (Діаграми спрямованості), Compare (Порівняння)

Пункт *Patterns* дозволяє вивести розраховану діаграму спрямованості.

A Compare дозволяє порівняти діаграми спрямованості, наприклад, різних геометричних параметрів.

2.2. Режим Reflector (Дзеркальні антени)

Для переходу до режиму дослідження дзеркальних антен необхідно вибрати пункт *Menu > Reflector*. При виборі пункту *Reflectors* на екрані з'явиться додаткове вікно про вибір опромінювача:

– *Ideal cos-q* – випромінююча поверхня з косинусоїдальним розподілом поля;

– *Designed horn* – заздалегідь розрахований рупор.

Menu Reflector (Дзеркальні антени)

Надає можливість вибрати тип дзеркальної антени, що розраховується.

Містить наступні пункти:

Cassegrain – двохдзеркальна антена Кассегрена, у якій велике дзеркало – параболічної форми, а мале (префокальне) – гіперболічної форми. Воно розміщене опуклою стороною до великого дзеркала. Фазовий центр опромінювача розташовується у фокусі гіперболічного відбивача; другий фокус гіперболічної поєднується з фокусом параболічного дзеркала. Сферична хвиля опромінювача трансформується малим дзеркалом у сферичну хвилю, але з центром у другому фокусі, яка, у свою чергу, трансформується великим дзеркалом в плоску хвилю, що створює в розкритті синфазне поле гіперболічного відбивача; другий фокус гіперболічної поєднується з фокусом параболічного дзеркала. Сферична хвиля опромінювача трансформується малим дзеркалом у сферичну хвилю, але з центром у другому фокусі, яка, у свою чергу, трансформується великим дзеркалом в плоску хвилю, що створює в розкритті синфазне поле.

Parabolic – дзеркальна параболічна антена. Дзеркальна параболічна антена складається з металевої поверхні, виконаної у вигляді параболоїда обертання, і антени випромінювача, встановленого у фокусі параболоїда. Параболічна поверхня виходить у результаті обертання параболі з фокусом в точці F навколо осі z. Тому будь-який перетин параболоїда площиною, що містить вісь z або паралельною цій осі, є параболою. При падінні сферичної радіохвилі у внутрішню поверхню параболічного дзеркала електромагнітні хвилі розсіюються. Формована дзеркалом хвиля не є плоскою, і діаграму спрямованості антени не можна визначити, виходячи з принципів геометричної оптики. Проте на невеликому відрізку шляху, від дзеркала до поверхні його розкриву, розходження променів можна нехтувати, і тому цю поверхню можна вважати за плоску, синфазно збуджену випромінюючу поверхню.

Offset – офсетна антена. Це антена з винесеним з фокусу опромінювачем. Перевага побудови такої антени полягає в тому, що усувається затінювання опромінювачем і опорами, чим забезпечується вищий коефіцієнт використання поверхні розкриву. Осьова симетричність дзеркала враховується при встановленні та орієнтації антени.

Dual offset – двохдзеркальна офсетна антена, в даному пункті розглядаються дві антени: антена Грегорі і антена Кассегрена.

Cassegrain – двохдзеркальна офсетна антена Кассегрена.

Gregorian – двохдзеркальна офсетна антена Грегорі. У антени Грегорі застосовуються основне дзеркало параболічної і мале дзеркало еліптичної форми. Сферична хвиля опромінювача, розміщеного у фокусі малого дзеркала, після віддзеркалення від останнього перетворюється в сферичну хвилю з центром у точці, в якій суміщені другий фокус еліпса і фокус параболі. Сферична хвиля після малого дзеркала падає на велике дзеркало, після чого вона перетворюється в плоску хвилю.

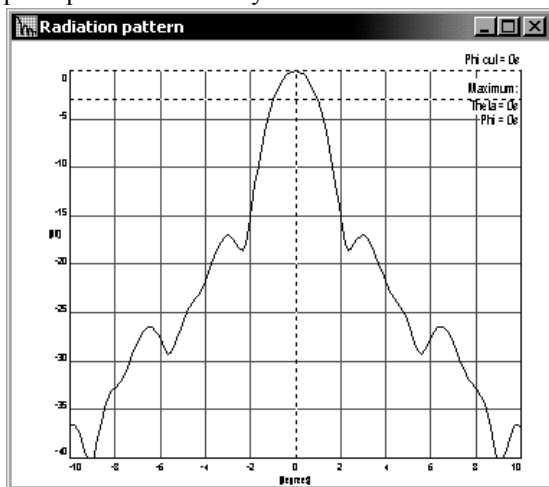


Рис. 4. Діаграма спрямованості дзеркальної антени Кассегрена в декартових координатах

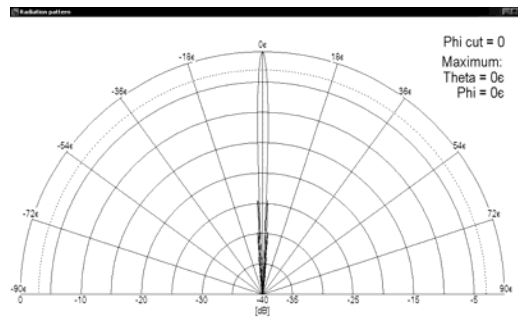


Рис. 5. Діаграма спрямованості дзеркальної антени Кассегрена в полярних координатах

Options (Опції)

Даний пункт, як і у випадку з рупорами, дозволяє задавати фізичні параметри для розрахунку дзеркальних антен, вибирати систему координат для побудови діаграм спрямованості – декартову або полярну. Також даний пункт дає можливість вибрати робочий сектор діаграми спрямованості. Варто відзначити найбільш часто використовувані додаткові пункти меню:

Polarization – поляризація електромагнітної хвилі. Надається декілька варіантів:

- *Circular* – кругова поляризація за годинниковою стрілкою (clockwise) і кругова поляризація проти годинникової стрілки (Counter clockwise);

- *Lineal* – лінійна поляризація.

Feed defocusing – дозволяє змінювати координати опромінювача, тобто дає можливість виносити опромінювач з фокусу.

Feed misalignment – ця опція надає можливість змінювати кут випромінювання.

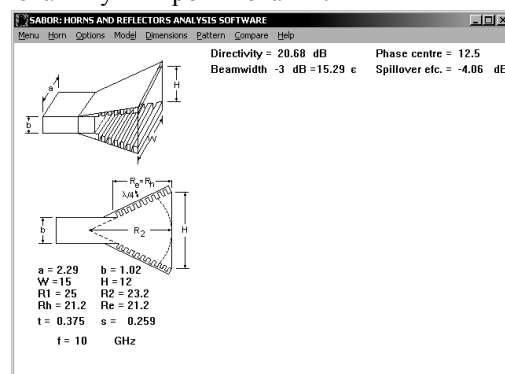


Рис. 6. Результати розрахунку основних параметрів гофрованого рупора

Меню Model (Модель)

Поле випромінювання дзеркальних антен приблизно може бути розраховане двома методами:

First principle – перший метод полягає у визначенні електромагнітного поля в зоні випромінювання за відомим розподілом поля, що збуджується, поверхні розкриву дзеркала. Нехтуючи рядом чинників, вважають, що випромінюючою поверхнею дзеркала є лише поверхня його розкриву. Вважаю-

чи, що при падінні електромагнітної хвилі на внутрішню поверхню дзеркала дотримуються закони геометричної оптики, поверхню розкриву вважають за синфазну збуджену. Амплітудний розподіл у розкриві дзеркала визначається формою дзеркала і діаграмою спрямованості опромінювача.

Second principle – другий метод визначення спрямованих властивостей параболічної антени базується на відомому розподілі поверхневих струмів на внутрішній поверхні дзеркала.

Меню Dimensions (Розміри)

За допомогою цього пункту встановлюються геометричні параметри дзеркальної антени. Деякі часто використовувані параметри:

D – діаметр апертури основного дзеркала (*Reflector diameter*)

d – діаметр апертури другого дзеркала (*Subreflector diameter*), відношення F/D , де F – відстань до фокусу параболічного дзеркала, D – діаметр основного дзеркала. Також можливо вказати f – відстань від F до фокусу гіперболічного відбивача. Для параболічної антени слід вказати лише діаметр апертури дзеркала (D) і відношення F/D .

Для двохдзеркальних антен указуються наступні параметри: D – діаметр великого дзеркала, dc – відстань від кромки основного дзеркала до кромки малого дзеркала, ds – діаметр апертури другого дзеркала. Докладнішого розгляду всіх параметрів не вимагається, оскільки всі вони вказані на кресленнях антен у головному вікні програми.

Меню Aperture (Апертура)

Виводить розподіл поля на апертурі антени в новому вікні, розміри якого можуть бути змінені для зручності сприйняття.

Меню Geometry (Геометрія)

Показує загальний вид антени і траєкторії падаючих і відбитих променів при використанні законів геометричної оптики.

Висновки

1. Системи моделювання дозволяють різко зменшити об'єм експериментальних досліджень, для

проведення яких потрібне придбання дорогих вимірювальних приладів, радіодеталей, трудомістка збірка і тривала настройка макетів.

2. Розглянуті вище пакети прикладних програм об'єднуються в загальний напрям, а саме – інформаційно-комунікаційні технології підтримки навчання. Основу технології складають математичні моделі та методи комп'ютерного моделювання із застосуванням сучасних програмних засобів. Це дозволяє проводити чисельні експерименти, конструювання систем, вирішувати різноманітні задачі, забезпечувати активний контроль знань. Саме тому такий напрям застосування інформаційних технологій є перспективним для дослідження складних радіотехнічних систем.

3. Українські навчальні заклади зацікавлені в появі віртуальних лабораторних практикумів радіотехнічних дисциплін.

Список літератури

1. Гуревич Р.С. Информационно-телекоммуникационные технологии в учебном процессе и научных исследованиях: учебное пособие для студентов педагогических ВУЗов и слушателей институтов последипломного педагогического образования / Р.С. Гуревич, М.Ю. Кадемия. – Винница: ООО "Планер", 2005. – 366 с.

2. Дегтярьова Г.А. Подготовка учителя до проведения современного урока в условиях информатизации освіти: навчально методичний посібник / Г.А. Дегтярьова, Т.В. Паперова. – Х.: Харківська академія неперервної освіти, 2011. – 220 с.

3. Роберт И.В. Информационные и коммуникационные технологии в образовании / И.В. Роберт. – М.: Дрофа, 2008. – 312 с.

4. Панюкова С.В. Использование информационных и коммуникационных технологий в образовании / С.В. Панюкова. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 224 с.

5. Дмитриев В.М. Автоматизированные лабораторные комплексы в учебном процессе: монография / В.М. Дмитриев. – Томск: В-Спектр, 2007. – 182 с.

Надійшла до редколегії 15.02.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Д. Карлов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ КУРСАНТОВ И СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «УСТРОЙСТВА СВЧ И АНТЕННЫ»

И.Г. Леонов, А.Е. Присяжный, В.А. Присяжный, Д.С. Сидоренко

В статье проанализирована возможность использования современных программных пакетов моделирования антенно-фидерных устройств для создания виртуальных лабораторных комплексов с целью эффективной организации лабораторного практикума и самостоятельной работы курсантов и студентов по дисциплине «Устройства СВЧ и антенны».

Ключевые слова: виртуальные лабораторные комплексы, самостоятельная работа студентов, лабораторный практикум, ММАН, SABOR.

ORGANIZATION OF LABORATORY PRACTICAL WORK AND INDEPENDENT WORK OF CADETS AND STUDENTS AT SUBJECT «MICROWAVE DEVICES AND ANTENNAS»

I.G. Leonov, A.Y. Prisyazhniy, V.A. Prisyazhniy, D.S. Sidorenko

In this articles analysed the possibility of use the modern programs for design microwave devices and antennas for creation the virtual laboratory complexes for effective organization of laboratory practical work and independent work of students.

Keywords: virtual laboratory complexes, independent work of students, laboratory practical work, ММАН, SABOR.