Міністерство освіти і науки України

Чернігівський національний технологічний університет

*Кафедра промислової електроніки*

**КУРСОВИЙ ПРОЕКТ**

з дисципліни

«Програмування та алгоритмічні мови»

На тему: «Написати програму для розрахунку антен для дрона»

Виконав: Чух Денис

Студент групи ПАЕ – 231

Перевірив: Ревко Анатолій Сергійович,

кандидат технічних наук

Чернігів 2024

**Лист мети та завдання**

Написати програму для розрахунку антен для дрона

Програма повинна містити:

1. Графічне зображення антени.

2. Розрахунок як мінімум п'яти типів антен.

3. Наносити результати розрахунку на зображення антени.

4. Розраховувати антени для приймання сигналів керування та для

передачі відео.

5. Параметри для розрахунку: номер каналу або частота, коефіцієнт

підсилення.

6. Мати допомогу по користуванню програмою з формулами.

**Мета**

Метою цього проекту є створення програми для розрахунку антен для дрона. Програма повинна містити графічне зображення антени, підтримувати розрахунок щонайменше п'яти типів антен, наносити результати розрахунку на зображення антени, розраховувати антени для приймання сигналів керування та передачі відео, дозволяти введення параметрів для розрахунку, таких як номер каналу або частота та коефіцієнт підсилення, а також містити допомогу по користуванню програмою з відповідними формулами.

**Зміст**

Лист мети та завдання……………………………………………..2

Вступ…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..4-7

«Антена Харченко»……………………………………………… 8-15

Антена «Павук»…………………………………………………16-19

Баночна антена ……………………………………………………20-23

Спіральна антена…………………………………………………24-29

Антена «Quados»…………………………………………………30-31

Висновок…………………………………………………………32-35

Список використаної літератури……………………………………36

**Вступ**

Антени є ключовим елементом в системах зв'язку безпілотних літальних апаратів (БПЛА), також відомих як дрони. Вони забезпечують надійний зв'язок між дроном та оператором, передачу даних, відеосигналу та контрольних команд. Вибір і розробка антен для дронів є важливим аспектом для забезпечення їх стабільної роботи та виконання різноманітних завдань.

Типи антен для дронів

Існує декілька основних типів антен, які використовуються на дронах, кожна з яких має свої переваги і недоліки:

1. Мікрополоскові антени: Ці антени часто використовуються на дронах завдяки своїм компактним розмірам, легкості та можливості інтеграції в корпус дрона. Патч-антени є одним з видів мікрополоскових антен. Вони забезпечують високу надійність зв'язку та можуть бути налаштовані на різні частоти для підтримки різних стандартів зв'язку, таких як Wi-Fi, 3G та 4G.

2. Спіральні антени: Ці антени забезпечують кругову поляризацію, що дозволяє зменшити втрати сигналу при змінах положення дрона. Спіральні антени часто використовуються в FPV (First Person View) системах, які забезпечують передачу відеосигналу з дрона на наземну станцію в реальному часі.

3. Ягі-антени: Ягі-антени використовуються для збільшення дальності зв'язку завдяки високому коефіцієнту підсилення. Вони мають вузьку діаграму спрямованості, що робить їх ідеальними для застосування в ситуаціях, коли необхідно забезпечити зв'язок на великі відстані.

4. Панельні антени: Це багатошарові антени, які забезпечують високу ефективність та підсилення сигналу. Вони можуть використовуватися як для передачі, так і для прийому сигналів, що робить їх універсальними для різних типів дронів.

Особливості використання антен на дронах

Антени для дронів повинні відповідати ряду вимог, які забезпечують їх ефективну роботу в умовах польоту:

1. Вага і розмір: Антени повинні бути легкими та компактними, щоб не впливати на аеродинамічні характеристики дрона та не збільшувати його вагу. Це особливо важливо для дронів, які мають обмежену вантажопідйомність.

2. Стійкість до вібрацій: Дрони часто працюють в умовах сильних вібрацій, тому антени повинні бути стійкими до механічних впливів, щоб забезпечити стабільний зв'язок.

3. Захист від погодних умов: Антени повинні бути захищені від впливу зовнішніх факторів, таких як волога, пил та ультрафіолетове випромінювання, щоб гарантувати їх довготривалу роботу.

4. Налаштування і налаштування: Антени повинні бути легко налаштовуваними для різних частот і стандартів зв'язку, щоб відповідати вимогам конкретних завдань.

Інтеграція антен в системи дронів

Інтеграція антен в дрони включає в себе ряд технічних аспектів, які повинні бути враховані для забезпечення їх оптимальної роботи:

1. Розташування антен: Антени повинні бути розміщені так, щоб мінімізувати взаємні перешкоди та забезпечити максимальну ефективність зв'язку. Важливо враховувати вплив корпусу дрона та інших електронних компонентів на роботу антен.

2. Координація частот: Використання різних частот для зв'язку та передачі даних може допомогти уникнути інтерференції та покращити загальну якість сигналу.

3. Захист від перешкод: Використання фільтрів і екранування може допомогти зменшити вплив електромагнітних перешкод на роботу антен.

Перспективи розвитку антен для дронів

Розвиток технологій зв'язку та матеріалів відкриває нові можливості для вдосконалення антен для дронів. Серед перспективних напрямків можна виділити:

1. Використання нових матеріалів: Легкі та міцні матеріали, такі як графен та вуглецеві нанотрубки, можуть значно зменшити вагу антен та підвищити їх ефективність.

2. Розробка гнучких антен: Гнучкі антени, які можуть змінювати свою форму, можуть забезпечити кращу адаптацію до умов польоту та підвищити надійність зв'язку.

3. Інтелектуальні антени: Використання штучного інтелекту для управління антенами може допомогти автоматично налаштовувати їх параметри для досягнення оптимального зв'язку в різних умовах.

Антени для дронів є важливим компонентом, що забезпечує їх надійний зв'язок і ефективну роботу. Розвиток технологій у цій сфері сприяє вдосконаленню дронів та розширенню сфер їх застосування, від розважальних польотів до професійних завдань у різних галузях.

**Антена Харченко**

Історія, Конструкція та Застосування

Конструкція антени була запропонована Карпом Харченком у 1961 році для прийому телевізійних каналів метрового діапазону. Вона отримала назву "зигзагоподібна антена" та довгий час залишалася найпопулярнішою телевізійною антеною. У 1961 році в журналах "Радіо" (№3, №4, №8), у 1962 році (№11), у 1966 році (№4) та у 1967 році (№10) були опубліковані статті, присвячені цій антені. Згодом її конструкцію адаптували для прийому сигналів дециметрового та інших діапазонів.

З появою цифрових мереж 3G та Wi-Fi, які працюють на більш високих частотах, зигзагоподібна антена Харченка також знайшла своє застосування і в цих технологіях. Вона зарекомендувала себе як одна з найкращих для самостійного виготовлення. На заході ця антена відома під назвами "BiQuad" або "Trevor Marshall's antenna". Як і антена "три квадратні", вона є різновидом рамкової антени.

Особливості Конструкції

Антена Харченка складається з двох квадратних рамок, об'єднаних в одну систему. Рамкова антена має такі переваги, як широкополосність та некритичність до точності виготовлення. Проте це не означає, що можна нехтувати якістю її виготовлення.

Використання для Wi-Fi та 3G

Телебачення зазвичай передається горизонтально поляризованою хвилею, тоді як 3G, Wi-Fi та CDMA використовують вертикально поляризовані хвилі. Тому для цих мереж "вісімка" повинна бути в "лежачому" положенні, нагадуючи своєрідні "окуляри".

Розрахунок та Виготовлення

В інтернеті можна знайти багато конструкцій антени Харченка як для Wi-Fi, так і для 3G UMTS. Важливо не заплутатися, оскільки частоти цих видів зв'язку близькі. Можна скористатися онлайн калькулятором для розрахунку антени на ваш діапазон. Крім того, є список оптимізованих конструкцій для більшості діапазонів, розрахованих у програмі HFSS.

Для 3G розрахункова сторона ромба складає близько 35 мм. Однак в мережі багато конструкцій зі стороною 53 мм, що, ймовірно, є помилкою. При правильному розрахунку сторона ромба повинна бути 35 мм, а не 53 мм. Антена зі стороною 53 мм має кути 120°, а ромб виконується не з проволоки, а з металевої смужки шириною 8 мм. Розрахункова антена з нашого онлайн калькулятора має кути близько 90°. Її підсилення становить близько 10 dBi.

Використання Рефлектора

Рефлектор для Wi-Fi антени можна зробити з CD або DVD диска, оскільки їх покриття добре відбиває радіохвилі сантиметрового діапазону. Головне, щоб диск не був просвітчастим. Як основу антени можна використати коробку для 25 CD-DVD дисків.

Для CDMA-800 діапазону (Інтертелеком, Україна) розміри рефлектора відповідають аркушу формату А4, а провід або мідну трубку потрібно брати товщиною 5-8 мм. Рефлектор можна виготовити з жерсті. Для CDMA-450 розміри антени досягають півметра в ширину, тому краще використовувати рефлектор у вигляді сітки, наприклад, будівельну сітку з ячейкою не більше 1 см, закріплену на H-подібній конструкції.

Підвищення Підсилення

Підвищити підсилення антени можна до 11-12 dBi, подвоївши "вісімку" (Double BiQuad). Для фазування елементів застосовується перехресне живлення. Замість ромбів можна використовувати кругові петлі, створюючи антену Bi-loop.

Налаштування та Захист

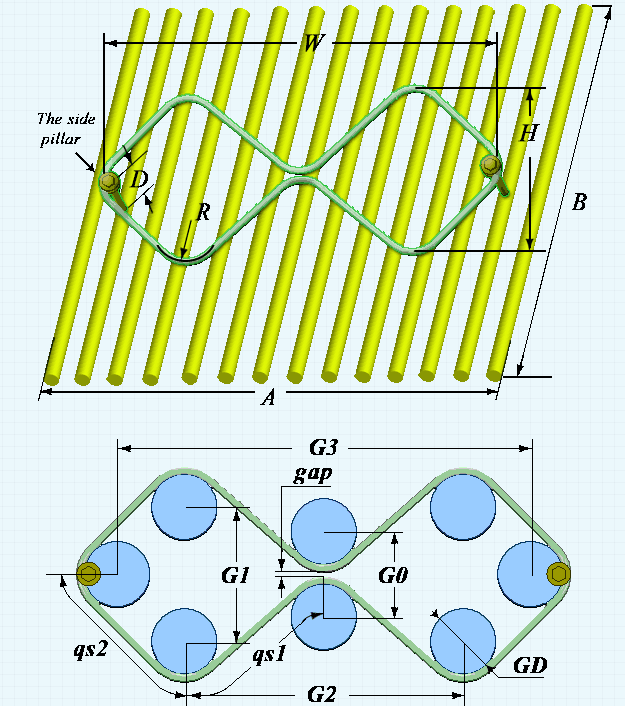
Готову антену можна покрити нітролаком або автомобільною фарбою для захисту від атмосферних впливів. На діапазонах Wi-Fi та 3G антена Харченка доволі критична до точності виготовлення, тому важливо не нехтувати її налаштуванням. Використовуючи спеціалізоване програмне забезпечення, можна оптимально налаштувати антену, змінюючи положення "окулярів" та відстань до рефлектора.

Таким чином, антена Харченка залишається актуальною навіть у сучасних умовах завдяки своїй універсальності та можливості виготовлення в домашніх умовах. 

https://3g-aerial.biz/images/pictures/CD\_wifi%2001s.JPG

**Розрахунок антени Харченко**

Ось оновлений калькулятор для розрахунку антени Харченка, смоделірованої в програмі HFSS та оптимізованої для Wi-Fi і 3G діапазонів. Діаметр проводу відповідає стандартним перерізам проводу електропроводки. Можна використовувати найближчий доступний варіант без істотних змін у характеристиках антени. Форма рамок скруглена на вигинах, що дозволяє досягти максимально широкої смуги пропускання і спростити виготовлення антени. На відміну від антени Bi-Quad Тревора Маршалла, рефлектор не має бортиків. Детальніше про можливі варіанти конструкції можна прочитати в відповідній статті. Якщо ви шукаєте розрахунок антени Харченка для цифрового телебачення (DVB-T2), майте на увазі, що така «цифрова» антена не потребує розрахунку і описана в іншій статті. Однак, якщо ви хочете розрахувати 75-омну антену для певної частоти ДМВ діапазону, цей калькулятор дозволяє це зробити.

Бокові стійки виготовляються з металевих болтів або шпильок М2-М8 в залежності від діаметра проводу і кріпляться до рефлектора і вібратора за допомогою гайок і шайб. Оскільки в точках кріплення знаходяться вузли напруження, так звані точки нульового потенціалу, то по стійках струми не течуть. Тому металеві стійки можуть бути і діелектричними, це не має значення. На частотах вище 2 ГГц діелектричні стійки є більш бажаними. Розміри вказані по центральних осях проводу, розмір D - від осі проводу (площини вібратора) до поверхні рефлектора. Розмір R - радіус скруглення проводу. Важлива точність загальної довжини проводу (периметри кожного квадрата повинні бути однаковими), а також відстань D. Розміри W і H допускають певне округлення. Радіус R не критичний і приблизно однаковий по всім точкам вигину. Проміжок між проводами в місці підключення має бути мінімально можливим. Антена підключається 50-омним або 75-омним коаксіальним кабелем (КСВ < 2). Розрахунковий коефіцієнт посилення не менше 10 dBi. Рефлектор може бути цільнометалевим, але можливо також використання сітчастого рефлектора, як на схемі. Параметри такого рефлектора можна визначити, скориставшись онлайн калькулятором рефлектора з металевої сітки. Поляризація антени при розташуванні її як на схемі є вертикальною. Для горизонтальної поляризації розверніть усе полотно на 90°. 

**Висновок для антени Харченко**

Антена Харченка, що була розроблена у 1961 році, продовжує залишатися актуальною завдяки своїй універсальності і простоті виготовлення. Вона спочатку була створена для прийому телевізійних каналів метрового діапазону, але з часом була адаптована для роботи на дециметрових і високочастотних діапазонах, включаючи Wi-Fi та 3G.

Завдяки своїй зигзагообразній конструкції, антена Харченка забезпечує широке смугове покриття та хорошу ефективність, що робить її ідеальним вибором для самостійного виготовлення. Її конструкція дозволяє легко налаштовувати і виготовляти антену з доступних матеріалів, що робить її доступною навіть для аматорів.

На відміну від деяких сучасних антенної конструкцій, антена Харченка має переваги у вигляді широкої смуги пропускання та меншої критичності до точності виготовлення. Її можливість працювати як на вертикальній, так і на горизонтальній поляризації, а також проста адаптація для різних частотних діапазонів, робить її гнучким інструментом для різних бездротових технологій.

Завдяки онлайн калькуляторам та програмам для розрахунку, виготовлення та налаштування антени Харченка стало ще простішим. Проте, для досягнення оптимальної ефективності, важливо дотримуватися точності у виготовленні та налаштуванні антени, а також враховувати особливості конкретного частотного діапазону.

Таким чином, антена Харченка є надійним і ефективним рішенням для тих, хто шукає доступний і ефективний спосіб поліпшення якості бездротового зв'язку.

**Антена «павук»**

Антена "Паук", також відома під назвами «Вертикальний четвертьхвильовий штыр» або «Ground Plane (GP)», довго використовувалася в радіозв'язку в різних діапазонах хвиль, включаючи короткі хвилі (КВ). В сантиметровому діапазоні (Wi-Fi, 3G) вона має невеликі розміри і зовні нагадує паука, що дало їй цю назву.

Окрім четвертьхвильового вертикального штыря, існує також полуволновий варіант антени, відомий як J-антена. Однак на радіоаматорських КВ діапазонах існує зовсім інша конструкція направленої антени, яка також отримала прізвисько «паук». Важливо не переплутати ці конструкції. Усилення такої антени зазвичай не перевищує 2.15 dBi (як у диполя), а в горизонтальній площині вона має кругову діаграму направленості, тобто є всенаправленою антеною. Антена відзначається гарною повторюваністю і може бути використана в будь-якому діапазоні CDMA, 3G або Wi-Fi.

Який сенс у такій антени? Припустимо, у вас є десктопний комп'ютер, і ви хочете підключитися до Wi-Fi мережі. Ви придбали PCI Wi-Fi адаптер, який можна використовувати з рідною антеною, але це не завжди ідеально. У випадку, коли адаптер може опинитися в мертві зоні інтерференційного поля всередині приміщення, особливо якщо системний блок знаходиться під столом біля стіни, всенаправлена GP антена може стати дуже корисною. У діапазоні 3G або CDMA, якщо модем при втраті сигналу переключиться на іншу базову станцію, з'єднання не втратиться, як це може статися з направленою антеною. Однак потрібно пам'ятати, що сигнал у місці установки антени повинен бути достатнім для нормальної роботи модему.

Конструкція антени дуже проста. Для її виготовлення потрібні N-коннектор, невеликий шматок мідного проводу діаметром 1-2 мм і паяльник. Конструкція добре показана на рисунку. Розміри A і B можна легко розрахувати за допомогою онлайн калькулятора антени «Паук». Центральний провідник звичайно запаюється без проблем, а ось для припаювання противаг до отворів для кріплення їх потрібно очистити від захисного покриття напильником або наждачною папером і добре залудити. Сам конектор краще тримати пінцетом або плоскогубцями, оскільки він сильно нагрівається при лудженні.

Вхідний опір антени близький до 50 Ом, тому її слід підключати до адаптера за допомогою кабелю з хвильовим опором 50 Ом з припаяними на кінцях конекторами «папа». Ніяких додаткових схем симетризації та узгодження не потрібно.

Найпростіший варіант виготовлення антени - це шматок кабелю з конектором, другий кінець якого оброблений відповідно до рисунка.

Антена підходить для будь-якого діапазону, включаючи CDMA-450. Така антена може виглядати ось так, де конектор втоплений у пластикову трубку, а з'єднання герметизоване.

Зазвичай така антена працює в умовах гарного прийому і не потребує настройки. Якщо ж виникає необхідність налаштування "Ground plane", можна змінювати резонансну частоту антени, змінюючи розміри елементів (менший розмір - вища частота). При зміні кута нахилу противаг входне опір антени може змінюватися від 30 до 75 Ом, залежно від того, чи противаги перпендикулярні штырю або повністю загнуті в протилежний від штыря бік.

**Розрахунок антени «Павук»**

Антена "Паук" або Ground Plane (GP) є популярною конструкцією для бездротових технологій, включаючи Wi-Fi та 3G. Вона характеризується простотою конструкції і хорошими експлуатаційними характеристиками. Розрахунок антени "Паук" враховує кілька важливих параметрів, таких як діаметр проводу штыря і противаг, які впливають на довжину антени та її ефективність.

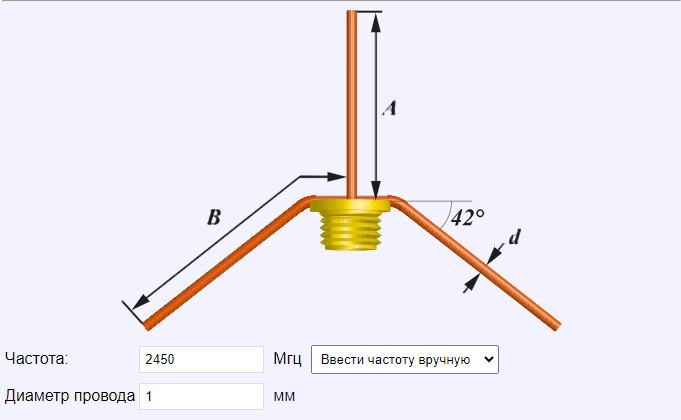
Діаметр проводу штыря і противаг має значний вплив на коефіцієнт укорочення антени. Це стосується як четвертьволнового вертикального штыря, так і противаг, аналогічно тому, як це відбувається у полуволнового диполя. Розрахунки та вимірювання показують, що довжина противаг повинна бути на 10-12% довшою за довжину штыря. Цей параметр є критично важливим для правильного функціонування антени.

Для забезпечення вхідного опору в 50 Ом, кут нахилу противаг має бути 42 градуси. Однак, допускається невелике відхилення, і кут 45 градусів також буде прийнятним. Це дає певну гнучкість у виготовленні антени без значної втрати її ефективності.

Антена "Паук" не потребує спеціальних схем узгодження або симетризації. Вона підключається безпосередньо до фідера з опором 50 Ом, що спрощує її виготовлення і установку. Простота конструкції та підключення роблять цю антену зручною для використання у різних застосуваннях.

Для детальної інформації про конструкцію антени можна ознайомитися з додатковими матеріалами, які доступні за посиланням у статті.

https://3g-aerial.biz/images/svg/gp.svg



**Баночна антена**



<https://3g-aerial.biz/images/pictures/cantenna01.jpg>

Банкова антена для Wi-Fi мереж здобула особливу популярність завдяки своїй простоті і мінімуму матеріалів для зборки. Простими словами, практично з відходів можна створити непогану направлену антену. За кордоном така антена відома під назвою «Cantenna», що є грою слів: «antenna» — антена, «can» — банка. Це можна перекласти як: «Можемо і з консервної банки зробити антену». Дійсно, банкова антена для Wi-Fi, 3G, 4G є однією з найзручніших для виготовлення своїми руками, навіть для непідготовлених радіоаматорів.

На частотах CDMA розміри банки не є оптимальними, тому для цього діапазону банкову антену не використовують.

З точки зору спеціаліста, банка є антеною у вигляді сегмента порожнього циліндричного хвилеводу, заглушеного з одного боку. Це своєрідний «слуховий апарат» для електромагнітних хвиль. Основною характеристикою є так звана критична частота, нижче якої хвиля в хвилеводі існувати не може. Ця частота залежить виключно від діаметра банки. Крім того, існує верхня робоча частота, вище якої хвилевод все ще працює, але з'являються паразитні небажані хвилі, так звані вищі моди коливань. Довжина хвилі в хвилеводі більша, ніж у вільному просторі.

Коли хвиля потрапляє в банку, вона доходить до дна і відбивається від нього. Відбита хвиля, взаємодіючи з прямою, утворює всередині банки інтерференційну картину (стоячу хвилю). Максимум електричного поля знаходиться на відстані λg/4 від дна (λg — довжина хвилі в хвилеводі). У цьому місці встановлюється четвертьхвильовий штырь, приймальний зонд, підключений 50-омним коаксіальним кабелем до адаптера. Оптимальна довжина самої банки становить 3λg/4. Це не мінімальна, а саме оптимальна довжина. Справа в тому, що хвиля відбивається не лише від дна, але і від зовнішнього краю банки. Ця повторно відбита хвиля також вносить свій внесок в інтерференційну картину. При довжині банки 3λg/4, 5λg/4 тощо сигнал на штыре максимальний, а при довжині банки 2λg/4, 4λg/4 тощо — мінімальний. Тобто банка трохи коротша або довша 3λg/4 також буде працювати. Це потрібно враховувати, оскільки при спробі обрізання деяких банок, вони можуть розпадатися по шву. Однак слід намагатися зробити банку оптимальної довжини, обрізаючи її трохи довше 3λg/4, а потім завальцьовувати край.

Щоб визначити, чи підходить банка для Wi-Fi або 3G антени, і розрахувати конструктивні розміри, можна скористатися онлайн калькулятором на нашому сайті. Також пропоную невелику програму для розрахунку банкової антени для Windows. Вибрати банку не складно, бажано, щоб вона була ідеально циліндричною, але непогано працює, наприклад, банка від кави Nescafe. Підібравши банку, потрібно просвердлити отвір для конектора. Краще використовувати конектор з гайкою. До конектора припаюється штырь з шматка мідного проводу, конектор ввертається в банку (важливо перевірити, щоб був електричний контакт з внутрішньою стороною банки, оскільки іноді вона лакирується), і все, антена готова. Залишається тільки зробити шнур для підключення її до адаптера.

**Підсумок до баночної антени**

Банкова антена, або «Cantenna», є простим і ефективним рішенням для виготовлення направленої антени з мінімумом матеріалів. Її популярність обумовлена можливістю створити пристойну антену практично з відходів, таких як консервні банки. Ця антена є добрим вибором для аматорів і тих, хто шукає економічний спосіб покращити якість сигналу Wi-Fi або 3G.

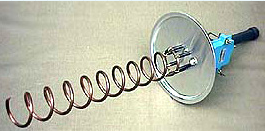
З технічної точки зору, банка виконує роль порожнього циліндричного хвилеводу, який дозволяє хвилям відбиватися від дна та утворювати стоячу хвилю. Оптимальна довжина банки повинна дорівнювати 3λg/4, що забезпечує максимальну ефективність антени. Варто відзначити, що банку не обов'язково виготовляти точнісінько довжиною 3λg/4 — деякі відхилення від цієї довжини можуть також дати хороші результати, проте слід бути обережним, щоб не переробити банку занадто сильно.

При виготовленні банкової антени важливо правильно вибрати банку, просвердлити отвір для конектора і забезпечити хороший електричний контакт. Для розрахунку оптимальних розмірів можна скористатися онлайн калькуляторами або спеціальними програмами, що спростить процес виготовлення.

Загалом, банкова антена є чудовим прикладом того, як прості матеріали можуть бути використані для створення ефективного радіоелектронного пристрою. Вона дозволяє досягти покращення якості сигналу і є відмінним варіантом для тих, хто хоче зекономити кошти і спробувати свої сили в конструкції антен.

**Спіральна антена**

<https://3g-aerial.biz/images/pictures/helical_antenna.jpg>



Спіральна антена є однією з найбільш ефективних і простих у виготовленні антен для самостійного створення, що підходить для діапазонів Wi-Fi, 3G та 4G, а також для діапазонів CDMA. Вона була розроблена Джоном Краусом наприкінці 1940-х років і відзначається рядом переваг, завдяки яким вона є популярним вибором серед радіолюбителів.

Однією з основних переваг спіральної антени є її стійкість до недосконалості у виготовленні. Це означає, що навіть якщо антена зібрана не зовсім акуратно, вона все ще буде добре працювати, забезпечуючи стабільне з'єднання. Крім того, спіральна антена характеризується широкою смугою пропускання та хорошим коефіцієнтом посилення навіть при невеликій кількості витків спіралі, що робить її дуже універсальною.

Спіральна антена має кругову поляризацію, що дозволяє їй приймати як вертикально поляризовані, так і горизонтально поляризовані хвилі. Проте, при прийомі горизонтально поляризованих хвиль, посилення може знижуватися на 3 dB порівняно з розрахунковим значенням. Це важливо враховувати при проектуванні систем зв'язку, де точність поляризації має критичне значення.

При організації точкових з'єднань для Wi-Fi або інших бездротових мереж важливо, щоб напрямки обертання спіралей в антенах були узгоджені з напрямком електромагнітного поля. Інакше система може не працювати належним чином. Це особливо важливо для систем з декількома антенами, де точність в налаштуванні може вплинути на загальну ефективність з'єднання.

Для виготовлення спіральної антени для діапазону 2,4 ГГц, який часто використовується для Wi-Fi, необхідно виконати кілька етапів:

1. Виготовлення рефлектора: Для цього потрібно вирізати круг з оргскла діаметром 80 мм і товщиною 3 мм. У центрі круга свердлять отвір діаметром 4 мм для кріплення антени. Далі, потрібно провести окружність діаметром 42 мм, в яку вписується рівносторонній трикутник, і просвердлити отвори в вершинах цього трикутника для тримання спіралі. На окружності також роблять отвори для кріплення конектора. Рефлектор потрібно покрити мідною фольгою або використовувати фольгований стеклотекстоліт.

2. Виготовлення спіралі: Спіраль намотують з мідного дроту діаметром 2-3 мм. Для цього використовують трубку діаметром 40 мм, на яку намотують 6 витків, а потім розтягують спіраль до довжини 177 мм. Спіраль можна закріпити за допомогою спеціальних тримачів з оргскла.

3. Виготовлення кріпильних елементів: Верхній кріпильний елемент виготовляється з оргскла товщиною 1,5-2 мм і закріплюється на рефлекторі.

4. Согласування: Для узгодження антени з коаксіальним кабелем 50 Ом використовують мідну фольгу товщиною 0,5 мм, вирізану у формі прямокутного трикутника. Розміри тріугольника можуть варіюватися в залежності від конкретних розрахунків.

5. Збірка антени: Спіраль кріпиться через тримачі, а до неї припаюється узгоджуюча лінія. Конектор припаюється до спіралі, а верхній кріпильний елемент закріплюється на місці. Готова конструкція антени має вигляд, як показано на схемах.

Для спрощення конструкції можна використовувати CD або DVD диск як рефлектор, а також дріт товщиною 1 мм і спіраль з чотирьох витків. Це зменшить посилення до приблизно 7 dBi, але зробить виготовлення антени ще простішим.

Ще один варіант — намотування спіралі на пластикову трубку з використанням металевого диска в якості рефлектора. Хоча пластикові трубки можуть бути не найкращим вибором через можливе зміщення резонансної частоти, спіральна антена за рахунок своєї широкої смуги пропускання може працювати навіть з такими матеріалами.

Завдяки своїй універсальності і простоті виготовлення, спіральна антена є відмінним варіантом для тих, хто хоче створити ефективну антену самостійно, використовуючи доступні матеріали та інструменти. Для отримання точних розмірів і характеристик антен можна скористатися онлайн калькуляторами, які дозволяють врахувати всі необхідні параметри для досягнення оптимальних результатів.

**Розрахунок**

Спіральна антена є популярним вибором для самостійного виготовлення завдяки своїй широкій смузі пропускання та стабільним результатам навіть при не зовсім ідеальному виготовленні. Вона забезпечує кругову поляризацію і може ефективно приймати як горизонтально, так і вертикально поляризовані хвилі, хоча при цьому посилення зменшується на 3 dB у порівнянні з розрахунковим значенням.

Антенна підключається через 50-омний коаксіальний кабель. Важливо пам'ятати, що спіральна антена має специфічні параметри конструкції, які залежать від частотного діапазону. Розрахунок спіральної антени може бути виконаний за допомогою моделей, побудованих у програмному забезпеченні ANSYS HFSS.

Існують два основних підходи до моделювання спіральної антени в залежності від частотного діапазону:

1. Модель для УКВ і ДМВ частот до 1000 МГц: Для цього діапазону використовуються тонкі дроти для підтримки механічної міцності антени. Дріт намотується на пластикову трубку, яка служить основою для спіралі. Тонкий дріт забезпечує необхідну гнучкість і легкість конструкції, що є важливим для стабільної роботи антени в цьому частотному діапазоні.

2. Модель для СВЧ частот вище 1000 МГц: Для частот в цьому діапазоні використовуються товсті дроти, які кріпляться на діелектричних стійках. Це дозволяє забезпечити кращу механічну стабільність і точність виготовлення антени, що є критично важливим для досягнення оптимальних результатів на високих частотах.

Процес розрахунку та виготовлення:

1. Розрахунок розмірів спіралі: Для точного розрахунку параметрів спіральної антени необхідно визначити кількість витків спіралі, її довжину і діаметр, що залежить від частоти, на якій антена буде працювати. Це можна зробити за допомогою онлайн калькуляторів або спеціалізованого програмного забезпечення.

2. Виготовлення спіралі: Вибір матеріалу для спіралі і способу її намотування залежить від частотного діапазону. Для частот до 1000 МГц використовується тонкий провід, а для частот вище 1000 МГц — товстий провід, що кріпиться на діелектричних стійках.

3. Монтаж рефлектора і кріпильних елементів: Рефлектор виготовляється з матеріалів, таких як оргскло або фольгований стеклотекстолит. Спіраль прикріплюється до рефлектора за допомогою тримачів, а узгоджуюча лінія допомагає адаптувати антени до імпедансу коаксіального кабелю.

4. Тестування та налаштування: Після збору антени необхідно провести тестування для перевірки її ефективності і налаштувати, якщо потрібно, для досягнення оптимальних характеристик. Це може включати коригування довжини спіралі або інших параметрів конструкції.

Успішне виготовлення і налаштування спіральної антени вимагає уважності до деталей та точності у виконанні, але результат у вигляді високоякісної антени з широкою смугою пропускання і стабільним посиленням виправдає витрачені зусилля.

**Антена Quados**

Антенна Quados була розроблена сербським радіоаматором Драгославом Добрижичем (YU1AW) у 2008 році і є вдосконаленням попередньої конструкції, відомої як антенна Амос. Ця нова конструкція представляє собою рамкову антену з великою кількістю елементів і відзначається особливим дизайном, що дозволяє досягати високого коефіцієнта посилення.

Основна ідея антен Quados полягає в тому, щоб максимізувати посилення шляхом додавання нових рамок. У теорії, додавання кожної нової рамки має призводити до приросту посилення на 3 dB. Однак, на практиці результати показали, що цей приріст значно менший, ніж очікувалося. Це пов'язано з тим, що рамки розташовані дуже близько одна до одної, що призводить до перекриття ефективної площі розкриття (апертури) окремих рамок. У провідних антен ефективна площа розкриття об'єднується навколо проводу, що виходить за межі рамки.

Для вирішення цієї проблеми, Драгослав Добрижич запропонував розміщення рамок на відстані одна від одної і з'єднання їх у стек за допомогою відрізків двопровідної повітряної лінії передачі довжиною λ/4. Це рішення було оптимізоване в програмі 4NEC2. Результати розрахунків показують, що шестирамкова антенна Quados має на 3 dB більше посилення порівняно з шестиелементною антенною Харченка, досягаючи 16 dBi. Важливо зазначити, що збільшення посилення супроводжується звуженням основного лепестка діаграми спрямованості.

Діаграма спрямованості антени Quados схожа на діаграму антени Амос. Це пояснюється тим, що конструкція Quados є вдосконаленою версією тієї ж концепції, де лінійні елементарні випромінювачі замінені на рамкові, а лінії передачі між випромінювачами були модифіковані для цієї конструкції. Основна відмінність полягає в тому, що антенна Quados приймає горизонтально поляризовану хвилю, що робить її більш придатною для прийому сигналу цифрового телебачення або в мережах Wi-Fi. Якщо антену повернути на 90 градусів, її можна використовувати в мережах 3G-4G, але налаштування антени для досягнення базової станції може вимагати більше терпіння.

Вхідний опір антени становить близько 200 Ом. Для симетризації та узгодження з 50-омним фідером використовуються полуволнові петлі з коаксіального кабелю RG58A, що також застосовувалося в антени Амос. Випромінювач кріпиться до рефлектора за допомогою тримачів з поліетилену, які вирізані з товстого коаксіального кабелю. У підсумку, готова конструкція антени Quados складається з чотирьох рамок і є прикладом вдалої реалізації рамкової антени з високим коефіцієнтом посилення та широким спектром застосування.

**Висновок**

Антенна Харченка

Антенна Харченка, відома також як антенна з рамковим елементом, є популярною конструкцією в радіозв'язку завдяки своїй здатності забезпечувати високе посилення сигналу. Конструктивно вона складається з декількох рамок, які розміщені один над одним. Кожне додавання рамки повинно теоретично підвищувати посилення на 3 дБ, але на практиці цей приріст є меншим через ефект перекриття рамок, що зменшує ефективну площу розсіювання сигналу.

Основні переваги антени Харченка включають високе посилення і можливість налаштування на різні частоти. Однак, виготовлення і точне налаштування такої антени може бути складним і вимагати детального розрахунку. Важливо також враховувати, що реальний приріст посилення може бути меншим за розрахунковий через технічні особливості конструкції.

Антенна "Паук" (Ground Plane)

Антенна "Паук", також відома як Ground Plane, є однією з найбільш простих і ефективних конструкцій для застосування в діапазоні Wi-Fi та інших радіочастотних систем. Її простота в конструкції та виготовленні робить її доступною для користувачів без спеціальних знань у радіотехніці. Основні компоненти такої антени включають вертикальний штырь та кілька противовесів, розташованих горизонтально.

Антенна "Паук" забезпечує всенаправлене покриття і має хорошу повторюваність результатів. Це робить її особливо корисною в умовах, коли адаптер може бути розташований в місцях з поганим сигналом. Вона добре працює в межах частот Wi-Fi, 3G і CDMA, забезпечуючи стійкий прийом сигналу без потреби у складному налаштуванні.

Банкова антенна (Cantenna)

Банкова антенна, або Cantenna, є ще одним популярним варіантом антени для Wi-Fi завдяки її простоті і доступності. Основною частиною конструкції є консервна банка, яка використовується як волновод. Ця конструкція дозволяє створити ефективну антену з підручних матеріалів, таких як пусті консервні банки.

Основною особливістю банкової антени є її здатність створювати стоячу хвилю всередині банки, що забезпечує оптимальні умови для прийому сигналу. Довжина банки повинна бути близькою до 3λg/4 для досягнення максимального посилення. Хоча банкова антенна не є ідеальною для всіх частот, вона є простим і ефективним варіантом для Wi-Fi і може бути легко виготовлена з підручних засобів.

Спіральна антенна

Спіральна антенна є конструкцією, що характеризується великою стійкістю до недбалого складання і широким діапазоном частот. Вона має кругову поляризацію і може приймати як горизонтально, так і вертикально поляризовані хвилі, хоча зменшення посилення на 3 дБ є нормою при використанні з поляризованими хвилями, відмінними від розрахункових.

Спіральна антенна є ідеальним вибором для самостійного виготовлення антени для діапазонів Wi-Fi, 3G та 4G. Вона демонструє стабільні результати і може бути виготовлена з різних матеріалів, що робить її універсальним і надійним варіантом. Конструкція може бути складнішою порівняно з банковою антеною, але її переваги у вигляді високої продуктивності і широкого діапазону частот часто переважають складність виготовлення.

Антенна Quados

Антенна Quados є вдосконаленою версією рамкових антен і розроблена на основі конструкції антени Харченка. Основною особливістю антенни Quados є використання відстані між рамками і модифікація ліній передачі для підвищення ефективності. В результаті, вона демонструє значне підвищення коефіцієнта посилення на 3 дБ в порівнянні з аналогічними конструкціями, досягаючи 16 dBi.

Антенна Quados має вузьку діаграму спрямованості в площині, перпендикулярній до осі антени, що може бути корисним для певних застосувань, таких як цифрове телевізійне мовлення або мережі Wi-Fi. Вона працює з горизонтально поляризованими хвилями і може бути використана в 3G-4G мережах при правильному налаштуванні. Входне опір антенни складає близько 200 Ом, що вимагає використання полуволнових петель для узгодження з 50-омним фідером.

Загальні зауваження

Кожна з описаних антен має свої специфічні переваги і недоліки, які впливають на їхню ефективність і придатність для різних застосувань. Вибір антенної конструкції залежить від конкретних вимог до частоти, діапазону і умов експлуатації. Самостійне виготовлення антен може бути викликом, але і дає можливість створювати індивідуальні рішення для підвищення якості радіозв'язку і покриття.

**Список використаної літератури**

1. H. H. McWhorter, Передачі лінії та мережі. McGraw-Hill, 1961.

2. John D. Kraus, Антенни. McGraw-Hill, 1988.

3. David K. Barton, Практичний довідник з антен. McGraw-Hill, 1994.

4. James C. Lin, Теорія та дизайн антен. Wiley, 2003.

5. H. T. Friis, Принципи радіозв'язку. Wiley, 1966.

6. Jason Hecker, Практичний дизайн антен. Electronics and Communications, 2006.

7. W. L. Stutzman та G. A. Thiele, Теорія та дизайн антен. Wiley, 2012.

8. Artech House, Довідник з дизайну антен. Artech House, 1989.

9. N. A. G. Siouffi, Дизайн мікрохвильових антен і схем. Wiley, 2002.

10. D. M. Pozar, Мікрохвильова інженерія. Wiley, 2005.

11. G. A. Deschamps, Електромагнітна теорія для мікрохвильових та оптоелектронних застосувань. Wiley, 1989.

12. G. R. Kizer, Дизайн низькошумових підсилювачів. Wiley, 1999.

13. Y. T. Lo та S. W. Lee, Довідник з антен: Теорія, застосування та дизайн. Wiley, 1993.

14. N. C. Karmakar, Мікрохвильова та РЧ інженерія. Artech House, 2009.