Університет “Львівська Політехніка”

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗОНАТОРІВ НВЧ

ВСТУП.

Коливальні системи діапазону НВЧ конструктивно реалізуються у вигляді

областей простору, обмеженого зі всіх сторін металевою оболонкою. Такі коли-

вальні системи дістали назву резонаторів НВЧ. Дана робота знайомить з основ-

ними типами резонаторів НВЧ і дозволяє встановити зв’язок між їх конструктив-

ними і електричними параметрами.

ТЕОРИТИЧНІ ОСНОВИ.

Коливальні системи низькочастотного діапазону будуються на основі елементів із зосередженими параметрами. В найпрстішому випадку, коли коливальна система складається з котушки і конденсатора, її резонансна частота визначається за формулою:

ω  . /4-1/

З цієї формули випливає, що для підвищення резонансної частоти необхідно зменшувати індуктивність і ємнність елементів. Але це можливо лише до діапа-

зону надвисоких частот. В діапазоні НВЧ індуктивність і ємність провідників, які з’єднують елементи, стає співрозмірною з реактивностями самих елементів або навіть може перевищувати їх . Тому коливальні системии на основі елемен-тів із зосередженими параметрами виявляються неприйнятними для діапазону НВЧ.

Неважко впевнитися в тому, що роль коливальних систем в діапазоні НВЧ

можуть відігравати відрізки ліній передач. дійсно, якщо на вхід корткозамкнутої лінії передач, довжиною λ/4, подати електромагнітну хвилю, то в лінії встановлюється режим стоячої хвилі з розподілом струму і напруги, який пока-заний на рис.1:

U I

λ/4

рис.1

цей розподіл показує, що на вході лінії ( в площині холостого ходу) зосереджена восновному енергія електричного поля, а в площині короткого замикання – енер-гія магнітного поля. І процес розприділення електромагнітної хвилі від площини

холостого ходу до площини короткого замикання і назад можна розглядати як процес трансформації енергії електричного поля в енергію магнітногоі навпвки. Таким чином, в чвертьхвильовому відрізку лінії передач проходять ті ж процеси,

що і в коливальному контурі, який складається із конденсатора

і котушки.

Оскільки розміри коливальних систем на НВЧ виявляються співрозмірними з довжиною хвиль, то їх належить віднести до нестандартних систем, здатних випромінювати електромагнітні хвилі в навколишній простір. Для того, щоби попередити випромінювання і звязані з ним втрати енергії електромагнітного поля, такі коловальні системи виконують на основі закритих ліній передач, в яких електромагнітне поле екранізовано від навколишнього простору. З цією метою найчастіше використовують відрізки коаксиальних або хвильових ліній передач, і такі коливальні системи носять назву резонаторів НВЧ.

На відміну від низькочастотних коливальних систем, які описуються основ-ною системою параметрів: , , , коливальні системи НВЧ діапазону опису-ються наступними основними параметрами: резонансною довжиною хвилі - .

власною (ненавантаженою) добротністю -  і еквівалентною активною провід-ністю -  .

Резонансна довжина хвилі залежить від геометрії (розмірів і форми ) резо-натора і параметрів середовища, яке його заповнює.

Власна добротність визначається із відношення:

 ,  / 4-2 /

де -енергія електромагнітного поля, нагромаджена в коливальній системі;

- енергія, що розсіюється в коливальній системі за період коливань.

Оскільки енергія, накопичена в коливальній систепмі, пропорційна її об’­єму, а розсіювана енергія в основному визначається втратами в стінках (при повітря-ному заповненні), то власна добротність виявляється пропорційною величині:

, /4-3/

де  – об’єм резонатора;

 - площа внутрішньої поверхні резонатора;

 - глибина проникнення струму на заданній частоті.

Із останнього співвідношення випливає, що з точки зору досягнення макси-мальної добротності потрібно вибирати такі форми резонаторів, для яких відно-шення  було б найбільшим.

Порівняння низькочастотних і НВЧ коливальних систем по добротності

показує, що останні володіють більшою добротністю, яка зазвичай лежить в ме-

жах . Це пояснюється тим, що джерелами втрат в низькочастотних

контурах являються провідники і сердечники котушок, поля розсіювання і діе-лектрики конденсаторів. В той час як в НВЧ резонаторах джерелами втрат явля-ються лишеїх стінки (втрати на випромінювання відсутні,так як системи явля-ються замкнутими, а втрати при використанні повітряного заповнення - незнач-ні).

З метою зниження втрат в стінках їх обробляють по високому класу час-тоти (переважно ∇8 - ∇12) і застосовують антикорозійні покриття.

І, нарешті, третім основним параметром резонатора є еквівалентна актив-на провідність. Її визначають як зосереджену активну провідність, в якій розсію-ється потужність, рівна потужності втрат в резонаторі, якщо до клем цієї провід-

ності прикласти високочастотну напругу, яка рівна напрузі в заданій площині резонатора :

. /4-3/

Еквівалентна провідність на відміну від резонансної довжини хвилі і власної добротності є параметром неінваріантним, тобто, залежним від площини відліку.

Це являється наслідком співрозмірності геометричних розмірів резонатора і дов-

жини хвилі. (рис.1).

Якщо резонатор включається в тракт НВЧ, то в цьому випадку приходиться

вводити додаткові павраметри, які характеризують зв’язок резонатора з трактом.

Так, наприклад, якщо резонатор включений по схемі активного двоподюсника

/рис.2/, то його зв’язок з навантаженням характеризують параметрами наванта-

жена // і // зовнішня добротності, які визначаються із:

 , /4-4/

 /4-5/

-енергія, накопичена в резонаторі;

- сумарна енергія, що розсіюється в резонаторі і навантажені за період;

-енергія, яка розсіюється в навантаженні за період.

Не важко впевнетися в тому, що параметри власна, навантажена і зовнішня доб-ротності зв’язуються одна з одною наступним співвідношенням:

 . /4-6/

P

### Н

Yc

Рис.2

Використовуючи представлення резонатора у вигляді еквівалентного пара-лельного коливального контура параметри добротності можна записати у вигляді:

, /4-7/

, /4-8/

, /4-9/

де - резонансна частота;

- приведена вхідна провідність резонатора;

- приведена провідність навантаження, трансформована до входу резо-

натора;

- крутизна характеристики реактивної провідності в області резонансу.

Неважко впевнитися в тому, що співвідношення між добротностями задо-

вільняють наступним нерівностям: ,  і залежать від величини зв яз-

ку резонатора з навантаженням.

ККД при передачі енергії з резонатора в навантаження можна визначити з:

, /4-10/

або

.

Розглянутий випадок на практиці зустрічається у вигляді резонатора, який входить в склад електронног приладу, який генерує коливання НВЧ.

Якщо резонатор включений по схемі пасивного двохполюсника /рис.3/, то

параметри , ,  можна використовувати для визначення режиму роботи

НВЧ тракту.

З якісно нової точки зору положення заключається в наступному. Нехай

tлектромагнітна хвиля, яка поступає з узгодженого генератора в лінію передачі

//, частково проходить в резонатор через отвір зв’язку, а частково відбивається від стінки діафрагми. Проникаючи через отвір зв’язку, хвиля відби-вається від другої стінки резонатора і частково проходить через отвір в лінію пе-

редачі, а частково відбивається назад в резонатор.