

НАКОПИЧУВАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ РЕЗОНАТОРНИХ СТРУКТУР МІКРОХВИЛЬОВОГО ДІАПАЗОНУ

Горбенко Є.О.

Науковий керівник – д.ф.-м.н., проф. Бондаренко І.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки

61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. мікроелектроніки, електронних приладів
та пристроїв, тел. (057) 702-13-62,

E-mail: d_meda@nure.ua

The analysis of the factors influencing the amount of energy that can accumulate in the cavity resonator structures of the microwave range is carried out. Possible directions of its increase are determined.

В останні десятиріччя проведено великий обсяг фізичних досліджень і розробок пристроїв формування потужних і надпотужних електромагнітних імпульсів [1-4]. Одним з напрямків таких досліджень є пристрої, засновані на накопиченні енергії в високодобротних резонансних обсягах з подальшим її швидким виведенням. При цьому можуть бути сформовані потужні НВЧ імпульси наносекундної тривалості при порівняно невисокій потужності джерела накачування і відносно малих габаритах пристрою в цілому. У той же час для ефективної роботи такого пристрою накопичувальний резонатор повинен мати якомога високу добротність. Добротність резонатора з повітряним або вакуумним заповненням (або оточенням) і стінками (або провідниками) з добре провідного матеріалу можна оцінити за допомогою наступного співвідношення [5]:

$$Q_0 = \omega_p \frac{W_{\text{зап}}}{W_{\text{рас}}} = \frac{\sqrt{\omega_p \mu_0} \int_V |\dot{H}|^2 dv}{\sqrt{\frac{\mu_0}{2\sigma_S}} \int_S |\dot{H}_\tau|^2 ds} = \frac{\omega_p \mu_0 \int_V |\dot{H}|^2 dv}{R_{\text{п}} \int_S |\dot{H}_\tau|^2 ds} = \frac{G}{R_{\text{п}}}$$

де ω_p – резонансна частота; $W_{\text{зап}}$ – енергія, запасена в резонаторі на резонансній частоті, величина якої залежить від конструкції резонатора і характеру (структури) коливань, збуджуваних в резонаторі; $W_{\text{рас}}$ – енергія, що розсіюється в резонаторі, яка залежить від структури коливання, а також від значення поверхневого опору матеріалу стінок резонатора (об'ємні резонатори з провідними стінками), поверхневого опору, втрат в діелектрику, і втрат на випромінювання (металодіелектричні, полоскові та мікрополоскові резонатори), втрат в діелектрику і втрат на випромінювання (діелектричні резонатори) і т. д.; μ_0 – магнітна проникність вакууму; σ – провідність матеріалу стінок (або провідників) резонатора; $R_{\text{п}}$ – поверхневий опір матеріалу стінок (або провідників)

$$G = \omega_p \mu_0 \int_V |\dot{H}|^2 dv / \int_S |\dot{H}_\tau|^2 ds$$

резонатора; - геометричний фактор, що залежить від геометрії і розмірів резонатора, а також від структури електромагнітних полів (виду коливань). Аналіз наведеного виразу показує, що максимальною добротністю будуть володіти такі резонансні структури НВЧ діапазону у яких: відсутні втрати на випромінювання, малі втрати в діелектриках або вони відсутні (закриті об'ємні резонатори з провідними стінками); мала величина поверхневого опору матеріалу стінок або провідників або вони відсутні (діелектричні резонатори, наприклад); велика величина геометричного фактора, пропорційного відношенню обсягу резонатора до його поверхні, а також залежного від виду коливань на якому відбувається резонанс (характеру розподілу електромагнітних полів в резонаторі і струмів на його поверхнях). Крім того, необхідно враховувати, що напруженість полів в резонаторі будуть зростати пропорційно добротності, а це, в свою чергу, може привести до пробую, автоелектронній емісії, теплового перегріву і т.п. Користуючись наведеною формулою, а також виразами для полів в резонаторі при обраному виді коливань можна оцінити щільність і, відповідно, досягну величину енергії для конкретної резонаторної структури.

Список літератури:

1. Диденко А.Н., Юшков Ю.Г. Мощные СВЧ-импульсы наносекундной длительности / М.: Энергоатомиздат, 1984. – 112 с.
2. Bondarenko I.N., Gorbenko E.A., Krasnoshok V.I. Microwave switch based on waveguide T-junction for compression resonant pulse former // Telecommunications and Radio Engineering. Begell Hous, Inc., NY, (USA). – 2017. – Vol. 76, N 6. pp. 469-475.
3. Bondarenko I.N., Gorbenko E.A., Krasnoshok V.I. Microwave switch based on a combined coaxial-waveguide tee for a cavity pulse shaper // Telecommunications and Radio Engineering. Begell Hous, Inc., NY, (USA). – 2018. – Vol. 77, N 5. pp. 391-397.
4. Bondarenko I.N., Gorbenko E.A. Formation of powerful microwave pulses using resonator storage // Telecommunications and Radio Engineering, vol. 77, 2018, N 15, pp.1311-1319.
5. Менде, Ф.Ф. Сверхпроводящие и охлаждаемые резонансные системы / Ф.Ф. Менде, И.Н. Бондаренко, А.В. Трубицын. – К.: Наук. думка, 1976. – 272 с.