

О.О. ДЗЯБЕНКО, О.Л. ХАРЧЕНКО, канд. техн. наук, доцент

Повірка коаксіальних навантажень для надвисокочастотної апаратури

У роботі наведений аналіз методів повірки коаксіальних навантажень типів 1А, 1Б та вибір оптимального. Виявлено шляхи зменшення власного коефіцієнта відбиття.

За допомогою коаксіальних навантажень типів 1А, 1Б здійснюється повірка (калібрування) цілої низки засобів вимірювальної техніки. Такі засоби вимірювальної техніки в свою чергу використовуються для визначення параметрів приладів та трактів надвисоких частот радіотехнічних систем. У зв'язку з цим удосконалення методів повірки коаксіальних навантажень є актуальною науково-технічною задачею.

Метою доповіді є аналіз методів зменшення похибки визначення модулю коефіцієнта відбиття коаксіальних навантажень при їх повірці.

Коаксіальні навантаження, основні параметри й метрологічні характеристики яких відповідають ГОСТ 8.172-75 (8.173–75) застосовуються для налаштування надвисокочастотної (НВЧ) апаратури в якості самостійних зразкових мір або входять у комплект засобів вимірювальної техніки. Найбільш широко застосовуються навантаження типів 1А, 1Б [1], як робочі еталони другого розряду, що проходять повірку методом прямих вимірювань або методом порівняння за допомогою компаратора на установках для перевірки мір коефіцієнту стоячої хвилі напруги (КСХН) і повного опору з використанням комплектів мір КСХН і повного опору 1-го розряду. Похибка атестації, яких повинна бути не більше 1...2 % по КСХН і 1...2° по фазі коефіцієнта відбиття.

Відповідно до ГОСТ Р 8 597–2003 повірка коаксіальних навантажень 2-го розряду здійснюється з використанням вимірювальних ліній 1-го класу. Допускається застосування вимірювальних ліній більш низького класу, якщо їхні метрологічні характеристики задовольняють необхідній точності перевірки [2].

Вимірювання параметрів коаксіальних навантажень за допомогою вимірювальних ліній зводиться до порівняння повного (комплексного) опору навантаження (Z_H) із хвильовим опором тракту вимірювальної лінії (Z_0) який служить еталонним опором [3]. За рахунок допусків на геометричні розміри вимірювальної лінії при її виготовленні й ряду інших причин Z_0 відрізняється від номінального значення.

Відхилення хвильового опору вимірювальної лінії від номінального значення контролюється у процесі експлуатації лінії за рахунок оцінки її власного коефіцієнта відбиття (K_{CTV}), що визначається за допомогою навантажень зі змінною фазою.

Параметром навантаження, який підлягає визначенню, є Z_H що дорівнює $Z_H = R_H + jX_H$. Зв'язок між комплексним коефіцієнтом відбиття навантаження (Γ_H) і повним опором визначається виразом

$$\Gamma_i = \frac{(Z_i / Z_i) - 1}{(Z_i / Z_i) + 1}. \quad (1)$$

За допомогою вимірювальної лінії звичайно визначається модуль $|K_H|$ і фаза φ_K коефіцієнта стоячої хвилі навантаження, причому

$$|\hat{E}_i| = \frac{1 + |\Gamma_i|}{1 - |\Gamma_i|}, \quad (2)$$

де $|\Gamma_H|$ - модуль коефіцієнта відбиття навантаження.

Похибка визначення $|K_H|$ у відсотках Δ_K дорівнює [1]

$$\Delta_{\hat{E}} = \pm 1,7 \sqrt{\sigma_{1\hat{E}}^2 + \sigma_{2\hat{E}}^2 + \sigma_{3\hat{E}}^2}, \quad (3)$$

де σ_{1K} - середнє квадратичне відхилення результатів вимірювання за рахунок власного коефіцієнта стоячої хвилі (КСХН) вимірювальної лінії у відсотках; σ_{2K} - середнє квадратичне відхилення результатів вимірювання за рахунок мінливості зв'язку зонда з полем лінії у відсотках; σ_{3K} - середнє квадратичне відхилення результатів вимірювання за рахунок індикаторного приладу.

Найбільший внесок в Δ_K вносить [1,2] похибка за рахунок σ_{1K} , що дорівнює

$$\sigma_{1\hat{E}} = 0,7(K_{CTU} - 1)100\%. \quad (4)$$

Допуск на K_{CTU} залежить від класу вимірювальної лінії. Для вимірювальної лінії 1-го класу $K_{CTU} < 1.012$, для ліній 2-го класу – 1.04. У цей час в Україні відсутні вимірювальні лінії 1-го класу.

Похибка визначення $|K_H|$ за допомогою вимірювальної лінії 2-го класу тільки за рахунок K_{CTU} складе величину 2,8%, що у багатьох випадках не задовольняє пропонованим вимогам до перевірки навантажень [4].

Зменшення власного K_{CTU} вимірювальної лінії представляє собою досить складне завдання. Тому, що відбиття у вимірювальній лінії залежать від конструкцій перехідних пристроїв, щільної секції, опору центрального провідника та ін.

Вимірювальні лінії, що використовуються для перевірки коаксіальних навантажень, атестуються на фіксованих частотах. Тому, щоб усунути вплив власного K_{CTU} на вимірювані параметри навантаження, необхідно компенсувати неоднорідності вимірювальної лінії на конкретній частоті.

Список літератури:

1. ГОСТ Р8 597-2003. Нагрузки коаксиальные. Методы поверки.
2. ГОСТ 8.351-79 ГСИ Линии измерительные. Методы и средства поверки.
3. Стариков В.Д. Методы измерения на СВЧ с применением измерительных линий / Стариков В.Д. – Г. Советское радио, 1972. –145 с.