**Рощенко Олексій Миколайович,** старший науковий співробітник Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України, м. Київ, Україна, lx.toto@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-3562-5428, AAN-7001-2021

**Щодо питання проблем при передачі сигналів надвисокої частоти**

Радіосистеми, що працюють у діапазоні від 30 МГц до 300 ГГц, зазвичай можна уявити у вигляді пристроїв, з'єднаних відрізками лінії передачі. Частину такої системи, що розташована між початковим і кінцевим пристроями називають трактом надвисокої частоти (НВЧ) або ланцюгом НВЧ. Подібний тракт здійснює передачу електромагнітної енергії від передавача до антени або від антени до приймача, забезпечує необхідний режим роботи вихідних і вхідних ланцюгів передавача, виконує частотний і поляризаційний поділ сигналів, що передаються, і ряд інших функцій. Найбільш поширеними елементами НВЧ ланцюгів є відрізки ліній передачі, перехідні та стикові вузли між лініями різних типів, узгоджувальні та настроювальні елементи, суматори, дільники та відгалужувачі потужності, ін.

Обставиною, що надає великий вплив на роботу передавальних ліній НВЧ, є їх протяжність, порівнянна з довжиною хвилі, а найчастіше навіть таких, що перевищують її. Найбільш часто використовуваною передавальною лінією діапазону НВЧ є хвилевід – металева трубка, по внутрішній порожнині якої здійснюється передача енергії. Крім хвилеводу, також використовуються такі лінії передачі як двопровідні та коаксіальні лінії, однак у порівнянні з хвилеводними лініями вони мають ряд істотних недоліків.

Найбільш важливим завданням надвисоких частот є забезпечення узгодження [1]. Лінія буде ідеально узгоджена з навантаженням, якщо в ній відсутні відбиті хвилі, тобто пристрій, що узгоджує, повинен усунути відбиту від навантаження хвилю. Це завдання можна вирішити двома способами: або поглинути відбиту хвилю в узгоджувальному пристрої (відповідно при мінімальному згасанні хвилі, що падає), або погасити (компенсувати) хвилю, відбиту від навантаження нової, відбитої від узгоджувального пристрою.

Перший метод узгодження використовується в мостових схемах, або феритових невзаємних пристроях: вентилях і циркуляторах. Недолік цього – низький ККД, пов'язаний з розсіюванням потужності, що переноситься відбитою хвилею.

У другому методі потрібно, щоб амплітуди хвиль, відбитих від навантаження і від узгоджувального пристрою були рівні, а їх фази відрізнялися на $π$. Узгоджувальні пристрої, що базуються на цьому методі компенсації, складаються з реактивних елементів і при відповідному виконанні практично не вносять втрат. При цьому відбита від навантаження хвиля не поглинається, а відображається пристроєм, що узгоджує, назад до навантаження, від якої знову частково відображається в бік узгоджувального пристрою. Внаслідок багаторазових відображень, вся потужність надходить у навантаження.

В теорії ланцюгів під режимом узгодження зазвичай розуміють випадок, коли опір навантаження, включений в кінці лінії, точно дорівнює характеристичному опору лінії. При цьому відбита хвиля відсутня. Коефіцієнт відбиття дорівнює нулю; коефіцієнт стоячої хвилі (КСХ) дорівнює 1.

У разі узгодження, потужність, що надходить у навантаження від генератора, має невелику величину. У разі відсутності узгодження виникає низка небажаних ефектів:

зменшення потужності $Р\_{Н}$, що надходить у навантаження

$$P\_{Н}=P\_{ПАД}-P\_{ВІД}=P\_{ПАД}\left(1-\left|ρ\right|^{2}\right)$$

де $P\_{ПАД}$ – потужність падаючої хвилі, що відповідає найбільшій потужності, яку можна отримати в режимі, що розглядається при ідеальному узгодженні навантаження з лінією; $P\_{ВІД}$ – потужність відбитої хвилі;

зменшується граничне значення потужності, що передається через електричний пробій у тракті. Електрична міцність передавальної лінії при неузгодженому навантаженні знижується в КСХ число разів у порівнянні з електричною міцністю узгодженої лінії:

$$P\_{ПРОБ}=P\_{ПРОБmax}\frac{1}{КСХ}$$

де $P\_{ПРОБmax}$ – найбільша величина пробивної потужності, при КСХ = 1;

зменшується широкосмуговий передавальний тракт;

збільшуються активні втрати лінії передачі.

Вказане вище і є причиною того, що забезпечення узгодження в лінії передачі є одним з найпоширеніших і найважливіших завдань техніки НВЧ. З цією проблемою часто доводиться стикатися при розробці приладів НВЧ.

Необхідність узгодження виникає у випадках, коли з передавальної лінією з'єднується свідомо неузгоджене навантаження, або, що практично те саме, при поєднанні ліній з різними хвильовими (еквівалентними) опорами.

Для отримання узгодження довільного навантаження Н з лінією передачі поблизу навантаження повинен бути включений узгоджувальний чотириполюсник. Найбільший інтерес представляє узгодження за допомогою недисипативного чотириполюсника [2]. У цьому випадку узгодження відбувається без внесення активних втрат, але виконання трансформатора в «класичному» вигляді неможливо. Також самі передавальні лінії мають хороші трансформуючі властивості. У техніці НВЧ такий вид узгоджувальних пристроїв називають трансформаторами повних опорів. Найбільш поширені з них: одно- та двошлейфне узгодження, чвертьхвильовий трансформатор та ін.

Література

1. Осадчук О., Думенко Д. Аналіз характеристик малопотужного фільтра на транзисторних аналогах індуктивності як альтернативи фільтрів на пов’язаних резонаторах. Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах». 2023. №2 С. 49-53.
2. Kumngern M. Electronically tunable universal filter and quadrature oscillator using low-voltage differential difference transconductance amplifiers / M. Kumngern, P. Suksaibul, F. Khateb, T. Kulej, // IEEE Access, 2022. vol. 10. Р. 68965-68980. doi: 10.1109/ACCESS.2022.3186435