

ОСОБЛИВОСТІ ПОШИРЕННЯ ШИРОКОСМУГОВИХ СИГНАЛІВ У ПРОВІДНИКОВИХ ЛІНІЯХ ПЕРЕДАЧІ

Бойченко С.В.

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

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПІ,
м. Харків, Україна

e-mail: serhii.boichenko@nure.ua

The peculiarities of the use of typical conductor transmission lines for the distribution of broadband signals are considered. The main factors affecting the line parameters on the broadband signal, as well as the directions of their mathematical analysis and evaluation, are defined.

Мета роботи – виявлення факторів впливу та параметрів провідникових ліній передачі на широкосмугові сигнали.

Переважна частина існуючих сучасних радіоелектронних засобів і систем забезпечує створення, обробку, передачу та приймання цифрових сигналів. Одиначний цифровий сигнал у електричному уявленні є імпульсним сигналом з визначеною тривалістю. Чим менше тривалість такого імпульсу, тим більше їх можна передавати та обробляти за одиницю часу.

Однак, чим менше тривалість імпульсного сигналу, тим більшу смугу частот треба забезпечувати для його не викривленої передачі. Зазвичай вважається що смуга частот повинна бути не меншою $1/\tau$, де τ – тривалість імпульсу. Для сучасних систем τ десь $10^{-8} \dots 10^{-10}$ с. Відповідно робоча смуга частот, яку треба забезпечити може сягати декількох ГГц.

З цих загальних міркувань витікає, чому сучасна радіоелектроніка рухається у бік все більших робочих частот, де можна створювати такі широкосмугові канали.

Якщо розглядати спрощену схему системи передачі інформації, то можна уявити, що вона складається з трьох частин: передавач, лінія передачі та приймач. Лінію передачі можна реалізувати на основі радіоканалу (й тут, відповідно, будуть свої особливості) але передавач та приймач неможливо створити без застосування провідникових (кабельних або планарних) ліній передачі.

У цьому випадку виникає питання як й які параметри існуючих провідникових ліній передачі будуть впливати на умови поширення широкосмугових сигналів в діапазонах можливих робочих частот.

Тут треба урахувати, по-перше, особливості функціонування таких ліній на дуже високих частотах (десь $10 \dots 100$ ГГц), а, по-друге, зміну параметрів ліній передачі у робочій смузі частот.

На сьогодні широкосмуговими провідниковими лініями вважаються коаксіальні (кабельні) та стрічкові (планарні) структури (див. рис. 1, 2).

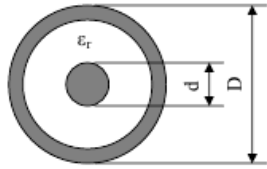


Рис. 1 Коаксіальна лінія

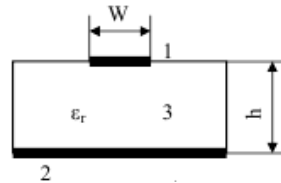


Рис. 2 Стрічкова лінія

Урахування впливу зростання значення центральної робочої частоти зазвичай проводиться зменшенням розмірів до значень співрозмірних довжині робочої хвилі щоб уникнути викривлень розподілу електромагнітних складових хвиль, які поширюються вздовж ліній передачі.

Головний фактор, який оцінюється при аналізі впливу лінії передачі на корисний сигнал, це рівень втрат або ступень згасання при проходженні сигналу вздовж лінії. Для коаксіальних ліній це втрати в діелектрику заповнення та провідниках, для стрічкових ліній – втрати у діелектрику підкладки (3) та оточуючого середовища, втрати у провідниках (1, 2), втрати на випромінювання.

Для ширококутових сигналів треба додатково враховувати різні рівні втрат для різних складових частотного спектра сигналу. Зазвичай, головний внесок до втрат вносять втрати у провідниках, які залежать від величини поверхневого опору R_s [1]:

$$R_s = \sqrt{\pi \cdot \rho \cdot \mu_m \cdot \mu_0 \cdot f}, [\text{Ом}/\square],$$

де ρ – питомий опір металу, Ом/м; μ_m – магнітна проникність металу (зазвичай дорівнює 1); $\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-6}$ Гн/м – магнітна проникність вакууму; f – частота, Гц.

Величина R_s буде змінюватись пропорційно \sqrt{f} , тобто різні складові спектра сигналу будуть мати різні ступені згасання. Це буде приводити до викривлень форми імпульсного сигналу. Загальні викривлення імпульсного сигналу можна оцінити за допомогою зворотного перетворення Фур'є, якщо визначені функціональні залежності можливих втрат.

Деякі результати експериментальних досліджень, що підтверджують необхідність ретельного вивчення згаданих питань наведено у роботі [2].

Список використаних джерел:

1. Бондаренко І.М. Мікроелектроніка НВЧ. Ч. 1. Елементи та пристрої НВЧ-тракту: навч. посіб. Харків, 2017. 152 с.
2. Горбенко Е. А., Бондаренко І.Н. Искажения импульсных сигналов малой длительности в измерительных цепях // Радиоелектроніка та молодь у ХХІІ столітті : зб. тез. доп. ХХІ Харків. конф. молодих науковців, 17–19 квіт. 2018 р. Харків, 2018. С. 41–42.