

АПРОКСИМАЦІЯ ХАРАКТЕРИСТИК РАДІОЛІНІЇ ДОСТУПУ В САНТИМЕТРОВОМУ І ДЕЦИМЕТРОВОМУ ДІАПАЗОНАХ

Воловик А.О., Бунін С.Г.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: volovykandrey@gmail.com

Approximation of access radioline characteristics in the centimeter and decimeter ranges

Designed an efficient method for approximating the empirical characteristics radio wave attenuation in the propagation models in urban environments, as well as AFC experimental radio links based on electrical theory filter theory and numerical methods.

Для розробки моделюючого фільтру при оцінці передачі потужності Ultra - Wide Band (UWB) сигналу в зону прийому можна використовувати метод апроксимації будь-якої, в тому числі емпіричної, частотної характеристики радіолінії [1].

При вирішенні задачі апроксимації можна використовувати різні критерії, які застосовуються при синтезі фільтрів в теорії електричних ланцюгів, якщо апроксимувати АЧХ радіолінії перехідною смугою фільтра [2]. Однак необхідно враховувати, що рішення такого завдання є компромісом між ідеальною формою апроксимуючої функції і складністю її використання при аналізі та синтезі систем і сигналів. Отже, беручи до уваги гладкість кривих ослаблення відповідно до моделі Окамури-Хата [3] застосуємо апроксимацію поліномом якомога нижчого порядку.

Для прикладу візьмемо нижню частоту радіолінії, що моделюється $f_n = 500 \text{ МГц}$, верхня частота $f_B = 1500 \text{ МГц}$, тоді гранична частота смуги пропускання $f_{\Pi} = f_n$, а полоси затримки $f_3 = f_B$; дальність зв'язку $d = 5 \text{ км}$, висота приймальної і передавальної антен відповідно $h_{\text{прм}} = 2 \text{ м}$ та $h_{\text{прд}} = 30 \text{ м}$. Значення ослаблення вичислимо по методиці Окамури-Хата. Для отримання універсальних результатів проводимо нормування частоти і ослаблення радіолінії. Далі визначаємо для синтезу ФНЧ-прототипу допустиме загасання в полосі пропускання A_{max} і в полосі затримки A_{min} .

Проведемо проміжне перетворення по частоті, нормуюче область частот: $\Omega = f / f_n$, де $f = (500 \quad 1000 \quad 1500) \text{ МГц}$, тобто отримаємо $\Omega = (1 \quad 2 \quad 3)$, тоді медіанне ослаблення у відповідності до моделі Хата для міста буде $A_M = (143.2 \quad 155.9 \quad 165.4) \text{ дБ}$.

Додаємо корегуючий коефіцієнт типу місцевості [3]. Знаходимо: $A = (159.2 \quad 176.9 \quad 182.4) \text{ дБ}$ або після нормування $A = (1 \quad 17,7 \quad 23,2) \text{ дБ}$, що відповідає квадрату АЧХ $H^2(\Omega) = 10^{-0,1A(\Omega)} = (1 \quad 0,017 \quad 0,004786)$. Далі, задаючись допустимим ослабленням в смузі пропускання ФНЧ-прототипу, наприклад 3дБ, тобто $A_{\text{max}} = 3 \text{ дБ}$, визначаємо допустиме затухання в полосі

затримки $A_{\min} = 23,2$ дБ.

У відповідності з методом поліноміальної апроксимації теорії електричних фільтрів передавальна функція моделюючого ФНЧ – прототипу має вигляд [4] :

$$H(p) = \frac{1}{V(p)}, \quad (1)$$

де $V(p) = p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_{n-1} p + a_n$ - поліном Гурвіца.

Ослаблення поліноміального фільтра є чіткою функцією нормованої частоти:

$$A(\Omega) = 10 \lg \frac{1}{|H(j\omega)|^2} = 10 \lg (A_0 \Omega^{2n} + A_1 \Omega^{2n-2} + \dots + A_n), \quad (2)$$

де Ω - нормована частота відносно частоти f_H .

Коефіцієнт ослаблення ФНЧ-прототипу при гладкій апроксимації дорівнює:

$$A(\Omega) = 10 \lg (1 + A_0 \Omega^{2n}). \quad (3)$$

Відомо, що фільтри з такими характеристиками ослаблення називаються фільтрами з характеристиками Баттерворта [5] . Якщо $A_{\max} = 3$ дБ, то $A_0 = 1$. Далі знаходимо передаточну функцію фільтра:

$$H(p) \cdot H(-p) = |H(j\omega)|_{j\omega=p}^2 = \frac{1}{1 + (-jp)^{2n}}. \quad (4)$$

Обчислюємо корні рівняння $1 + (-jp)^2 = 0$; відібравши полюси, що відносяться до $H(p)$, отримаємо:

$$H(p) = \frac{1}{\prod_{k=1}^n (p - p_k)} = \frac{1}{p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + 1}. \quad (5)$$

Синтез ФНЧ-прототипу проводимо у відповідності з представленою вище методикою. Його передавальна функція визначається формулою:

$$H(p) = \frac{1}{p^3 + 2p^2 + 2p + 1}. \quad (6)$$

Далі, здійснивши стандартну заміну змінних, отримуємо відповідну динамічну модель радіолінії у вигляді передавальної функції апроксимуючого смугового фільтра:

$$H_{an}(p) = \frac{p^3}{p^6 + 2p^5 + 5p^4 + 4p^3 + 5p^2 + 2p + 2}. \quad (7)$$

Робоче ослаблення моделі радіолінії шостого порядку в характерних точках буде $A = (0 \ 12 \ 25)$ дБ. Максимальне відхилення в середній точці від реального ослаблення складає суттєву величину (більше 5 дБ). Головним недоліком цієї моделі є недостатня точність симетричної моделі досить високого порядку.

Для апроксимації несиметричного загасання в області низьких і високих частот, а також для підвищення точності, можна модернізувати розглянутий

метод. Зокрема, синтезувати один ФНЧ-прототип для області низьких частот, а інший – для високих частот. Тоді модель АЧХ несиметричної радіолінії може бути представлена у вигляді різниці АЧХ отриманих ФНЧ. Таким чином, ослаблення радіолінії моделюється різницею двох трапецій низькочастотного ослаблення. На рис. 1 приведені АЧХ (суцільна лінія – модель радіолінії, штрихова і пунктирна відповідають допоміжним моделям ФНЧ1 і ФНЧ2). Визначаємо АЧХ двох допоміжних ФНЧ-прототипів по характерним точкам в області низьких частот і в діапазоні радіолінії ($H_1(\Omega)$) і ($H_2(\Omega)$) на рис. 1).

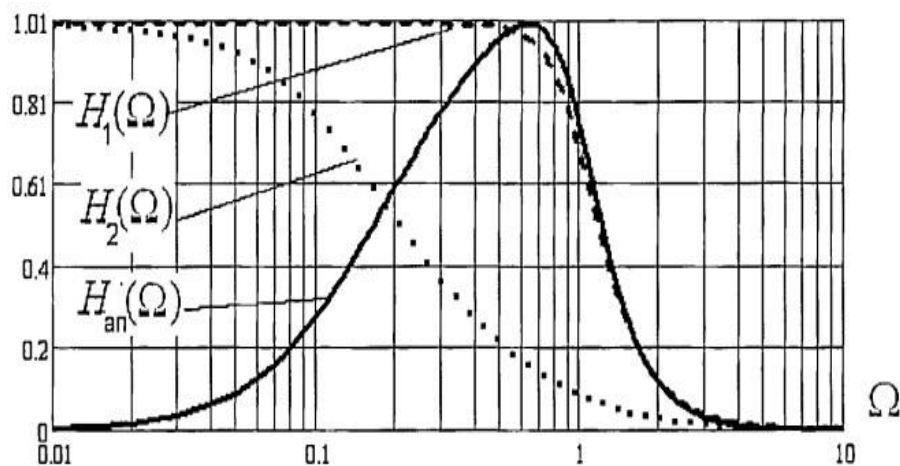


Рис. 1 АЧХ динамічної моделі по методу трапецій.

Далі по методу двох трапецій приходимо до необхідної моделі радіолінії, АЧХ якої знаходиться як різниця відповідних характеристик ФНЧ-прототипу ($H_1(\Omega) - H_2(\Omega)$).

Отримана методом трапецій модель радіолінії в діапазоні частот апроксимацій має ослаблення $A = (2,2 \quad 18 \quad 30)$ дБ. Якщо здійснити перетворення нормованих частот $\Omega_1 = \Omega - 0,35$, то шкала частот буде відповідати першій моделі. В цьому випадку ослаблення буде $A = (0 \quad 13,9 \quad 27,1)$ дБ. Максимальне відхилення в середній точці від реального ослаблення дорівнює близько 4 дБ.

Висновок: Другий метод апроксимації має більшу точність і дозволяє описувати радіолінії з несиметричними АЧХ. Однак, як і метод смугового фільтру (перший метод), метод трапецій гарантує точність лише в одній точці апроксимуючої АЧХ радіолінії.

Література

1. Комашинский В.И., Максимова А.В. Системы подвижной радиосвязи с пакетной передачей информации. Основы моделирования. - М.: Горячая линия - Телеком, 007-176с.
2. Бабков Ю.В., Вознюк М.А., Михайлов П.А. Сети мобильной связи. Частотно - территориальное планирование. - М.: Горячая линия - Телеком, 2007. - 224с.
3. H. L. Bertoni, Radio Propagation for Modern Wireless Systems, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2000.
4. Урядников Ю.Ф., Штыркин В.В. Технология сверхширокополосного абонентского доступа по проводным линиям. - Электросвязь, 2004, №6, С. 27-31.
5. Хазел Г.Е. Справочник по расчету фильтров. Пер. с англ. под ред. А.Е. Знаменского. - М. "Сов. радио", 1974, 288с.