гибридно-интегральные автодинные генераторы микроволнового и миллиметрового диапазонов и их применение. Часть 7. – Динамика формирования автодинных и модуляционных характеристик // Успехи современной радиоэлектроники. 2013. № 6. С. 3–52.
3. Носков В.Я., Игнатков К.А., Смольский С.М. Современные гибридно-интегральные автодинные генераторы микроволнового и миллиметрового диапазонов и их применение. Часть 8. Автодины со стабилизацией частоты внешним высокодобротным резонатором // Успехи современной радиоэлектроники. 2013. № 12. С. 3–42.

УДК 621.391

ОЦЕНКА КОМПЛЕКСНОГО МНОЖИТЕЛЯ КАНАЛА СВЯЗИ В OFDM СИСТЕМАХ

Т. С. Карасева
г. Казань, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева.

К современным системам мобильной связи, использующим OFDM системы, предъявляются очень высокие требования по спектральной и энергетической эффективности. Для обеспечения высокой спектральной эффективности следует использовать когерентный прием [1]. Это требует высокой точности фильтрации комплексного множителя канала мобильной связи.

В OFDM системах для фильтрации комплексного множителя канала мобильной связи используются известные на приемной стороне пилот-сигналы [2]. Пилот-сигналы передаются через определенные интервалы времени. При передаче между пилот-сигналами формируются информационные символы. Для обеспечения высокой спектральной эффективности мобильных систем связи, для фильтрации параметров канала связи целесообразно использовать энергии как пилот-сигналов, так и информационных сигналов.

Описание комплексного множителя канала связи мобильной связи для узкополосных сигналов возможно с использованием полигармонической модели Джейкса [1], согласно которой отсчеты комплексного множителя канала связи $\dot{h}_{ki}$ могут быть аппроксимированы следующим образом:

$$\dot{h}_{ki} = \sum_{m=0}^{M} \dot{A}_{Mi}(k) \cdot \cos(2\pi \cdot f_{mi} \cdot k \cdot T_0)$$

где f_{mi}, $m = 0,1,2......,M$ - известные частоты квазигармонических составляющих;

$\dot{A}_{Mi}(k), m = 0,1,2......M$ - изменяющиеся во времени комплексные амплитуды квазигармонических составляющих; $M+1$ - число квазигармонических составляющих. В работе [2] предложено использовать фильтр Калмана для оценки изменяющихся во времени комплексных амплитуд квазигармонических составляющих $\dot{A}_{Mi}(k)$, что существенно позволяет сократить ошибку оценивания за счёт уменьшения скорости изменения амплитуд квазигармонических составляющих в модели Джейкса [3]. Так как OFDM сигнал является широкополосным, а именно представляет собой совокупность большого количества узкополосных сигналов, поэтому комплексный множитель канала связи для каждого из которых может быть оценен с помощью модели Джейкса.

Для OFDM систем, представляющих большое количество узкополосных сигналов комплексная амплитуда сигнала $\dot{y}_{ki}$ на i -ой поднесущей на входе приёмного устройства может быть записана в виде:

$$\dot{y}_{ki} = \dot{h}_{ki} \cdot \dot{x}_{ki} + \dot{\eta}_{ki}, k = 1,2..., \tag{2}$$

где $\dot{h}_{ki} = h_i(k \cdot T_0)$- дискретный отсчет комплексного множителя $\dot{h}(t)$; $\dot{x}_{ki} = x_i(k \cdot T_0)$- отсчет передаваемого сигнала $x(t)$; $\dot{\eta}_{ki} = h_i(k \cdot T_0)$- отсчет шума наблюдения, являющийся комплексной гауссовской случайной величиной с нулевым средним и дисперсией $2 \cdot \sigma_n^2$, $\dot{y}_{ki} = y_i(k \cdot T_0)$- отсчет наблюдаемого сигнала $y(t)$, T_0- интервал дискретизации. Так как известно, что в в OFDM сигнале отсчеты передаваемого сигнала $\dot{x}_{ki}$ случайны для большой части поднесущих, и следовательно поднесущие не могут быть использованы для оценки комплексных амплитуд $\dot{A}_{Mi}(k)$. В следствии этого, предположим, что комплексные амплитуды $\dot{A}_{Mi}(k)$ одинаковы для всех поднесущих, а их особенности будут заключаться только в частотных множителях. Это предположение основано на том, что комплексные амплитуды $\dot{A}_{Mi}(k)$ характеризуют канал связи, который для всего OFDM сигнала один и несет в ограниченной полосе частот схожие характеристики.

Фильтр Калмана применяется для оценки неизвестных амплитуд [2]. Таким образом значения комплексных множителей каналов мобильной связи для всех поднесущих можно определить по формуле:

$$\vec{h}_{ki} = \|T_{ki}\| \vec{F}_{ki}, \tag{3}$$

где $\left\|T_{ki}\right\| = \begin{bmatrix} \exp(j2\pi f_{01}kT_0) & \dots & \exp(j2\pi f_{m1}kT_0) \\ \vdots & & \vdots \\ \exp(j2\pi f_{0n}kT_0) & \dots & \exp(j2\pi f_{mn}kT_0) \end{bmatrix}$ - матрица модуляции для

всего набора поднесущих. Далее проводим оценку комплексного множителя по пилот- каналам по формуле:

$$\vec{y}_{ki}^{\,m} = \left\|T_{kp}^{m}\right\| \vec{F}_{kp}^{\,T} + \vec{\eta}_{ki} \,. \qquad (4)$$

Список использованных источников
1 Прокис Дж. Цифровая связь. - М: Радио и связь, 2000.
2 Полигармоническая фильтрация комплексного множителя канала в системах подвижной радиосвязи/ Под. ред. С.Ф. Кондрашова, В.Б. Крейнделина.-М: Электросвязь №5, 2007.
3 Связь с подвижными объектами в диапазоне СВЧ/Под ред. У.К.Джейкса: Пер с анг/Под ред. М.С. Ярлыкова, М.В. Чернякова .- М.: Связь, 1979.

УДК 621.396.67

ТЕОРИЯ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ АНТЕНН

А.И.Махов
г. Самара, «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»

Теория антенн основана на законах и уравнениях теории поля [1 - 3]. Одной из задач этой теории является то, что она должна осуществлять связь теории поля с теорией общей (проводной) радиотехники. На самом деле этого не происходит. Исторически получилось так, что законы и правила общей (проводной) радиотехники не принимались во внимание. Например, в теории антенн совершенно игнорируется основная электродвижущая сила – **напряжение**. Во всех уравнениях – одни только токи и даже введены фиктивные токи – магнитные. А ведь на антенну с генератора подаётся именно напряжение, а величина тока определяется возможностями антенны. Возникает вопрос: не нарушается ли при этом основной закон природы – закон сохранения энергии? Есть и другие несовпадения теорий. Проведённый анализ антенных уравнений показал, что уравнения Ампера – Фарадея со сторонними силами и уравнения Максвелла без сторонних сил не вызывают сомнения, так как первые