

У статті розкрито спосіб синтезу діаграм спрямованості і нееквідистантних фазованих антенних решіток на основі застосування принципу просторово-часової еквівалентності. Даний підхід аналогічний синтезу нерекурсивних (трансверсальних) фільтрів на основі використання елементів затримки неоднакової величини

Ключові слова: імпульсна характеристика, діаграма направленості, не рекурсивний фільтр

В статье раскрыт способ синтеза диаграм направленности и неэквидистантных фазированных антенных решеток на основе применения принципа пространственно-временной эквивалентности. Данный подход аналогичен синтезу нерекурсивных (трансверсальных) фильтров на основе использования элементов задержки неодинаковой величины

Ключевые слова: импульсная характеристика, диаграмма направленности, нерекурсивный фильтр

The article discloses a method of synthesis of radiation patterns and nonequidistant phased array antennas based on the application of the space-time equivalence principle. This approach is analogous to the synthesis of transversal filters based on the use of delay elements of unequal value

Keywords: impulse response, radiation pattern, non-recursive filter

СПОСОБ СИНТЕЗА НЕЭКВИДИСТАНТНЫХ ФАР НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ

И. В. Терещенко

Кандидат технических наук, доцент*
Контактный тел.: 067-959-41-34, (057) 702-55-92
E-mail: iter@ukr.net

С. В. Штангей

Кандидат технических наук, доцент*
Контактный тел.: 063-471-61-59, (057) 702-55-92
E-mail: qwertysv1@inbox.ru

*Кафедра телекоммуникационных систем
Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166

1. Постановка проблемы в общем виде. Актуальность

Актуальность темы обусловлена практической необходимостью поиска путей связи вида характеристик ФАР и трансверсальных фильтров с их конструкцией при использования способов их неэквидистантного построения.

2. Цель статьи. Изложение основного материала

Цель статьи – раскрыть способ синтеза неэквидистантных ФАР аналогичный синтезу нерекурсивных (трансверсальных) фильтров на основе использования элементов задержки неодинаковой величины [1]. Данный подход является, не так часто встречающимся в литературе, примером практического применения принципа пространственно-временной эквивалентности, что и определяет проблематику публикации.

В данной статье метод синтеза диаграммы направленности (ДН) и неэквидистантной ФАР (НФАР) основан на принципе пространственно-временной эквивалентности [2]. Согласно этому принципу синтез импульсных характеристик нерекурсивных фильтров с неравными элементами задержки во временной области во многом аналогичен подходу, используе-

мому при синтезе ДН в пространстве распределения АФР токов на раскрыве ФАР. Рассматриваемая аналогия может быть представлена в виде логической цепочки: частотная и временная структура сигнала ó амплитудно-частотная характеристика фильтра ó импульсная характеристика фильтра ó АФР токов антенны ó диаграмма направленности [2].

Этой логике соответствую следующие методы расчета [3]:

1. По заданному амплитудному распределению непрерывной антенны.

1А. По заданной амплитудно-частотной (АЧХ) и фазо-частотной (ФЧХ) или импульсной характеристике (ИХ) фильтра.

АЧХ и ФЧХ фильтра выбирается из требований к обработке сигнала. Для этого необходимо знать временные и частотные характеристики сигнала. Отсюда следуют методы синтеза:

- для детерминированного сигнала;
- для неизвестного сигнала (в условиях частичной или полной априорной неопределенности).

2. Статистический расчет НФАР. Положение излучателей – случайные величины с определенной плотностью распределения вероятности вдоль антенны. Такие НФАР оптимизируются в смысле одинаковой вероятности всех боковых лепестков одинакового уровня.

2А. Проявление требований в статистическом виде к форме частотной (ЧХ) или импульсной характеристике фильтра. Те ко всему, что сказано в п. 1А добавляются еще статистические требования к форме ЧХ или ИХ. Связь ЧХ фильтра с его ИХ и связь ДН антенны с АФР токов описываются выражениями (1) и (2) соответственно:

$$S(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} K_x(t-u)e^{-j\omega u} du \tag{1}$$

где $K_x(t-u)$ - импульсная характеристика системы

$$F(Q, \phi) = \iint_x A(x, y) e^{-j\phi(x, y, Q, \phi)} dx dy \tag{2}$$

где $A(x, y)$ - амплитудное распределение в раскрыве, $\phi(x, y, Q, \phi)$ - фазовое распределение в раскрыве.

Синтез нерекурсивного фильтра осуществляется по известной методике [3]:

Задаётся импульсная характеристика и производится выбор схемы построения фильтра. Затем анализируется весовая функция для аппроксимации заданной частотной характеристики. Далее, если при выбранных количестве точек представления импульсной характеристики и схеме построения фильтра не достигается требуемая частотная характеристика, то повторяется выбор количества точек дискретизации импульсной характеристики и уточняется выбор схемы построения.

По аналогии с изложенным синтез фильтра с неравными величинами задержек заключаться в расчете фильтра с неэквилидистантными элементами задержки и с равномерной импульсной (весовой) характеристикой эквивалентного фильтру с равными элементами задержки, но с неравномерной импульсной характеристикой [3]. Критерием синтеза служит заданная погрешность приближения к виду необходимой импульсной либо частотной характеристике фильтра.

Согласно принципу пространственно-временной эквивалентности синтез ДН и НФАР производится в следующей последовательности:

1. Построение эквидистантной ФАР (ЭФАР) с заданным амплитудно-фазовым распределением – $A(x)$.
2. Расчет расстояния между элементами ЭФАР выбирается с точки зрения отсутствия интерференционных лепестков ДН – $d_0 = \lambda/2$. Каждому элементу ЭФАР соответствует элемент площади – S_i :

$$S_i = \int_{(i-\frac{1}{2}d_0)}^{(i+\frac{1}{2}d_0)} A(x) dx .$$

Для построения равномерно возбужденной НФАР, эквивалентной ЭФАР введем следующие условия:

- а) все амплитуды A_i и S_i каждого элемента НФАР должны быть равны нормированной амплитуде и для центрального элемента ($S_i = S_0$);
 - б) сумма $-S_{\Sigma}$ всех S_i для ЭФАР и НФАР должны быть равны.
3. Построение НФАР осуществляется путем разбиения всей S_{Σ} эквидистантной ФАР на $M_0 = 2M + 1$ участков с $S_i = S_0$ и размещения элементов НФАР в

весовых центрах этих участков - X_i . Весовым центром будем называть точку на оси абсцисс (x или t), разбивающую «площадь» $S_i = S_0$ соответствующую этому участку, на две равные части.

4. После выбора размера центрального участка d_0 находим параметр S_0 для этого элемента решетки:

$$S_i = S_0 = 2 \int_0^{\frac{d_0}{2}} A(x) dx$$

5. Размеры участков последовательно находят из уравнения:

$$\int_{X_{i-1}}^{X_{i-1}+d_i} A(x) dx = S_0, \quad i = 1, \dots, M$$

$$X_{i-1} = \frac{d_0}{2} + \sum_{n=1}^{i-1} d_n$$

$$X_i = X_{i-1} + \Delta X_i$$

Величина ΔX_i определяется из условия

$$\int_{X_{i-1}}^{X_{i-1}+\Delta X_i} A(x) dx = \frac{S_0}{2} .$$

Рассмотрим построение нерекурсивного фильтра с неравными элементами задержек (неэквилидистантного фильтра) по аналогии с построением НФАР.

1. Построение эквидистантного фильтра с заданной импульсной характеристикой - $h(t)$.
2. Элементарный интервал задержки - T выбирается по Котельникову – Найквисту – $(0,2 \div 0,3)\tau_{кор}$, где $\tau_{кор}$ – интервал корреляции.

$$S_i = \int_{(i-\frac{1}{2}T)}^{(i+\frac{1}{2}T)} h(t) dt .$$

Для синтеза неэквилидистантного фильтра (НЭФ) с равномерной импульсной характеристикой эквивалентного эквидистантному введем следующие условия:

- а) все амплитуды H_i и S_i параметры S_i для каждого элемента НЭФ должны быть равны нормированной амплитуде H_0 и параметру S_0 для центрального элемента ($S_i = S_0$).
 - б) сумма $S_i - S_{\Sigma}$ для эквидистантного и неэквилидистантного фильтра должны быть равны.
3. Построение НЭФ осуществляется путем разбиения всей S_{Σ} (ЭАР) на $M_0 = 2M + 1$ участков с $S_i = S_0$ и приравнивания времени задержки соответствующих элементов значениям «весовых центров» этих участков - t_i .
4. После выбора величины элементарной задержки – T находим параметр S_0 для элемента задержки в структуре эквидистантного фильтра, принятого за центральный:

$$S_i = S_0 = 2 \int_0^{\frac{T}{2}} h(t) dt .$$

5. Значение задержки t_i последовательно находим из уравнений:

$$\int_{t_{i-1}}^{t_{i-1}+\Delta_i} h(t)dt = S_0, i = 1, \dots, M$$

$$t_{i-1} = T/2 + \sum_{n=1}^{i-1} t_n$$

$$t_i = t_{i-1} + \Delta_i$$

$$\int_{t_{i-1}}^{t_{i-1}+\Delta_i} h(x)dt = \frac{S_0}{2}$$

Следует заметить, что синтез рассмотрен для симметричных АФР и импульсной характеристик соответственно. Для несимметричных характеристик следует ожидать увеличения вычислительной сложности предлагаемых алгоритмов.

3. Выводы

Предлагаемый метод синтеза ДН НФАР позволяет связать процесс построения ДН с позиционированием элементов на раскрыве ФАР. Это практически даёт возможность синтезировать ДН заданного вида вместе с определением структуры НФАР. Аналогичный в пространственно-временном смысле подход для нерекурсивных фильтров с элементами задержки неодинаковой величины также приводит к тому, что желаемая импульсная характеристика фильтра достигается при определённой конструкции фильтра.

Рассмотренный способ хорошо формализован и допускает несложную программную реализацию. Для обоих случаев можно говорить о использовании ещё одной степени свободы при синтезе характеристик ФАР и фильтров.

Литература

1. Терещенко, И.В. Способ построения трансверсального фильтра с неравными величинами задержек [Текст] / И.В. Терещенко, А.А. Игнатенко // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч. - техн. Сб. 2007. Вып. 148. С. 269-271.
2. Голяницкий, И. А. Математические модели и методы в радиосвязи [Текст] / Под ред. Ю.А. Громакова. – М.: Эко-Трендз., 2005. – 440 с. : ил.
3. Рабинер, Л. Теория и применение цифровой обработки сигналов [Текст] / Л. Рабинер, Б. Гоулд / Пер. с англ. под ред. Ю.Н. Александрова. – М.: Мир, 1978 – 848с.

У статті розглядаються методи адаптивної компенсації кросс-поляризаційних спотворень

Ключові слова: крос-поляризація, компенсація

В этой статье рассматриваются методы адаптивной компенсации кросс-поляризационных искажений

Ключевые слова: кросс-поляризация, компенсация

The methods of adaptive compensation of cross-polarization distortions are considered in this article

Keywords: cross-polarization, compensation

УДК 321.396.49

АДАПТИВНАЯ КОМПЕНСАЦИЯ КРОСС-ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ИСКАЖЕНИЙ

С.В. Ельченко

Старший инженер средств радио и телевидения
ООО “ЭкостарУкраина”
ул. Новгородская, 11а, г. Харьков, Украина, 61145
Контактный тел.: 050-212-09-85
E-mail: elchenko@ukr.net

1. Введение

В современных системах связи потребность передачи информации через каналы с ограниченной полосой пропускания стимулировала поиск методов эффективной эксплуатации спектральных и пространственных ресурсов. Такие эффективные системы могут быть реализованы при повторном использовании частот с ортогонально поляризованными несущими двух информационных потоков на одной частоте. Два

независимых источника последовательностей s_1 и s_2 переданные одновременно в вертикальной и горизонтальной поляризации, на одной несущей частоте, и принятые двумя соответствующими поляризованными антеннами. На практике при исполнении такой схемы в системах спутникового цифрового телевизионного вещания отмечаются тенденции ухудшения качества сигнала вследствие появления кросс-поляризации. В связи с этим возникает задача компенсации кросс-поляризационных искажений.