

Нгуен Хыу Шон

**РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ФИЛЬТРОВ НА
НЕРЕГУЛЯРНОЙ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ С Т-ВОЛНАМИ ДЛЯ
СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ**

**05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства радионавигации,
радиолокации и телевидения**

АВТОРЕФЕРАТ

**Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Москва – 2003

Научный руководитель:

доктор технических наук,
профессор Чернышев С.Л.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор Хохлов В. К.
кандидат технических наук,
доцент Булкин В. В.

1618035		
Нгуен Хыу Шон		
Разработка и анализ		
распределенных фильтров		
на нерегулярной передаче		
с Т-волнами для сверхш...		
2003	0-00	

ный научно-исследовательский институт

003г. на заседании диссертационного
ском государственном техническом
зале Ученого совета в

1618035

ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ

обозначенного здесь срока

У им. Н.Э. Баумана

Власов И.Б.

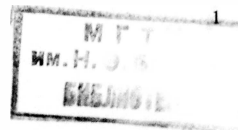
Актуальность Большинство традиционных радиотехнических систем имеет узкую полосу частот, а в качестве несущего колебания для передачи информации в них используются синусоидальные сигналы. Резонансные свойства таких систем позволяют легко выполнять частотную селекцию сигналов, которая в радиотехнике служит основным способом разделения информационных каналов. Поэтому полоса частот многих радиотехнических систем намного меньше их несущей частоты.

Однако узкая полоса частот ограничивает информативность радиотехнических систем, поскольку количество информации, передаваемой в единицу времени, прямо пропорционально этой полосе. Для повышения информационных возможностей системы необходимо расширять ее полосу частот. Альтернативой может служить только увеличение времени передачи информации. Особенно актуальна эта проблема в радиолокации, где время наблюдения за целью всегда очень ограничено. Поэтому один из путей дальнейшего развития радаров – переход к сигналам с широкой и сверхширокой полосами частот.

Стремление к применению сверхширокополосных (СШП) сигналов в радиолокации и радиосвязи обусловлено прежде всего их уникальными возможностями: сверхвысокой разрешающей способностью по дальности, высокой пропускной способностью канала связи, возможностью обнаружения предметов в различных средах, скрытностью работы, высокой помехозащищенностью.

Специфика применения СШП радиолокационных систем основана на очень малой длительности сигналов. В настоящее время она колеблется от десятков пикосекунд до нескольких наносекунд. При этом толщина излучаемого фронта радиоволны составляет от всего нескольких миллиметров до десятков сантиметров. Такой узкий фронт волны оказывается значительно меньше геометрических размеров облучаемого объекта. В результате отраженный от него сигнал несет в себе информацию о профиле объекта, так как падающий сигнал, в силу своего малого геометрического размера, проходит по всей его поверхности и отражается от ее частей. Отсюда следует, что соответствующая обработка отраженного сигнала позволяет в результате решать задачу распознавания радиолокационных портретов целей.

Сверхширокополосные системы, в силу своей специфики, не могут опираться на традиционную элементную базу, присущую узкополосным системам. Сверхширокая полоса требует разработки новых устройств, обеспечивающих необходимые характеристики на всех рабочих частотах, начиная от генераторов и заканчивая антеннами. Обработка информации также должна вестись новыми оригинальными методами, поскольку цифровая обработка при столь широкой полосе (до десятков ГГц) невозможна из-за отсутствия соответствующих АЦП. Наряду с общей интенсификацией развития СШП



РЛС одним из сдерживающих факторов является фактическое отсутствие методов и средств согласованной фильтрации СШП сигналов. В настоящее время обработка сигналов в СШП РЛС осуществляется в основном с помощью стробоскопического преобразования. Хотя оно позволяет обойти проблему отсутствия сверхширокополосных АЦП и обрабатывать информацию не в реальном времени, однако методы прямой обработки остаются более привлекательными. Такая обработка возможна с применением специальных устройств фильтрации, созданных на базе нерегулярных линий с Т-волной (термин «волна» мы будем использовать по традиции, однако при этом будем учитывать, что распространяющийся в линии импульсный СШП сигнал имеет малую длительность), как не перестраиваемых, так и перестраиваемых. В последнем случае возможно применение сочетания аналоговых СШП фильтров с процессорами, обеспечивающими цифровую реализацию алгоритмов управления.

Целью работы является разработка алгоритма анализа и синтеза отражательного согласованного фильтра, построенного на базе нерегулярной линии с Т-волнами, для ненормированной падающей волны напряжения. В отличие от традиционного рассмотрения нормированных волн, этот подход позволяет сразу определять напряжение сигналов в линии и синтезировать фильтры непосредственно по этим напряжениям.

Исходя из цели работы, были поставлены следующие задачи:

1. Анализ реальной импульсной характеристики наблюдаемого объекта с учетом реально генерируемого СШП сигнала в виде короткого радиосигнала.
2. Анализ влияния различных факторов на возможность распознавания объектов, имеющих разные геометрические формы.
3. Нахождение рекуррентного алгоритма анализа распределенного фильтра с Т-волной, построенного на нерегулярной линии передачи.
4. Разработка алгоритма синтеза этих фильтров для волны рассеяния напряжения.
5. Исследование динамических свойств этих фильтров.

Методы исследования. При выполнении диссертационной работы использовались метод описания радиолокационной цели с помощью ее импульсной характеристики, а так же метод физической оптики для нахождения профильных функций тел при различных ракурсах наблюдения. В процессе исследования динамических свойств синтезированных фильтров использовали метод математического моделирования и имитационного эксперимента с применением разработанной компьютерной программы на персональной ЭВМ.

Научная новизна. В процессе решения поставленных задач получены следующие новые научные результаты:

1. Разработан алгоритм синтеза фильтров на НЛП с Т-волнами для ненормированной волны напряжения.

2. Проведен анализ реальной импульсной характеристики цели при падении на него СШП сигнала в виде короткого радиоимпульса.
3. Проведен анализ различных факторов на возможность распознавания объектов, имеющих разные геометрические формы.
4. Получен рекуррентный алгоритм анализа распределенного фильтра на НЛП с Т-волной.

Практическая значимость. Она заключается в разработке и реализации программного комплекса анализа и синтеза согласованных фильтров, способных обрабатывать СШП сигналы без их стробоскопического преобразования, который был использован при проведении научно-исследовательских работ в НИИРЛ МГТУ им. Н.Э. Баумана и предполагается использовать в Социалистической Республике Вьетнам при реализации подповерхностного зондирования с целью обнаружения мин и снарядов, оставшихся после войны.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы были апробированы в докладах на научных конференциях: на VII Международной НТК “Радиолокация. Навигация. Связь “ (Воронеж, 2001); на Международной НТК “ Физика и технические приложения волновых процессов ” (Самара, 2001); на III Международной конференции “ Кибернетика и Технологии XXI века ” (Воронеж, 2002); на VIII Международной НТК “ Радиолокация. Навигация. Связь ” (Воронеж, 2002).

Публикация. По теме диссертации опубликовано 4 печатных работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четыре глав, заключения, списка литературы из 64 наименований и приложения. Основное содержание работы изложено на 145 страницах, содержит 45 рисунок, 1 таблицы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснованы актуальность темы, научная новизна и практическая значимость выполненных исследований, определена общая цель и задачи работы, кратко описана структура диссертации.

Первая глава “ Анализ методов распознавания радиолокационной цели ” В этой главе дан общий обзор о предстоящей решаемой задаче; анализируются преимущества, присущие только СШП радиолокаторам; кратко дана оценка существующих методов радиолокационного распознавания; ставится задача анализа и синтеза СШП фильтров.

Отмечена необходимость перехода к СШП сигналам, как одна из путей увеличения объема полезной полученной информации. При переходе к СШП сигналам у радиолокатора появляются следующие дополнительные возможности. Увеличение ширины полосы сигнала в СШП радиолокатора позволяет:

- + Повысить точность измерения расстояния до цели и разрешающую способность по дальности.
- + Произвести распознавание класса и типа цели, а так же получить радиоизображение цели, поскольку принятый сигнал несет информацию не только о цели в целом, но и об её отдельных элементах.
- + Уменьшить “мертвую зону” радиолокатора.
- + Повысить устойчивость радиолокатора к воздействию всех видов пассивных помех
- + Повысить устойчивость радиолокатора к воздействию внешних узкополосных электромагнитных излучений и помех.
- + Повысить вероятность обнаружения и устойчивость сопровождения цели за счет увеличения ЭПР цели (при оптимальной обработке сигнала).
- + Повысить вероятность обнаружения и устойчивость сопровождения цели
- + Повысить устойчивость сопровождения цели под низким углом места
- + Изменить характеристики излучения (ширину и форму ДН), изменяя параметры излучаемого сигнала; в том числе получить сверхузкую ДН.
- + Повысить скрытность работы радиолокатора.

Далее была дана оценка существующих методов распознавания радиолокационной цели. Они включают в себя следующее:

- + Метод распознавания с помощью узкополосных сигналов.
- + Метод распознавания с помощью многочастотных сигналов.
- + Метод распознавания с помощью широкополосных сигналов.
- + Метод распознавания с помощью сверхширокополосных сигналов.
- + Метод распознавания с помощью нейронной сети.

В нашем случае будем использовать импульсную характеристику цели в качестве главного информативного признака для ее распознавания при зондировании СШП сигналом в виде импульса очень малой длительности. Наша задача заключается в разработке алгоритмов анализа и синтеза распределенных фильтров на базе нерегулярной линии передачи (НЛП) с Т-волнами для ненормированной падающей волны напряжения рассеяния.

Вторая глава “ Анализ факторов, влияющих на возможности распознавания радиолокационной цели ”. В данной главе ставится и решается задача анализа возможностей распознавания радиолокационных целей; кратко рассматривается классификация и метод моделирования радиолокационной цели; обоснованно выводится выражение реальной импульсной характеристики распознаваемого объекта и рассматривается влияние различных факторов на возможность распознавания.

С этой целью рассматривалась связь между импульсной переходной характеристикой цели и ее профильной функцией. На основе теории метода физической оптики при обратном рассеянии эта связь выражается следующим соотношением.

$$g(t) = -\frac{1}{4\pi} \frac{d^2 A(z)}{dz^2}, \quad (1)$$

где $g(t)$ – импульсная переходная характеристика цели;

$A(t)$ – профильная функция цели.

На форму импульсной характеристики (ИХ), кроме профиля цели, влияет множество различных факторов: форма зондирующего сигнала, ракурс цели, характеристики трассы и др, что приводит к необходимости изучать не саму ИХ, являющуюся по определению реакцией на δ - функцию Дирака, а некоторую квазиимпульсную характеристику, по которой и проводится распознавание.

В связи с тем, что такого сигнала, как δ - функция, в реальности не существует, для получения реальной ИХ цели был рассмотрен следующий реальногенерируемый в системе сигнал.

$$U(t) = U_m \left[l(t) \frac{t}{T} e^{-\frac{t}{T}} - l(t-t_0) \frac{t-t_0}{T} e^{-\frac{t-t_0}{T}} \right] - U_0, \quad (2)$$

где U_m, U_0 – амплитуда и постоянная составляющая сигнала.

T, t_0 – постоянная времени и время до начала спада импульса; функция $l(t) = 1$ при $t \geq 0$ и $l(t) = 0$ при $t < 0$. Пример такого сигнала изображен на ниже рисунке.

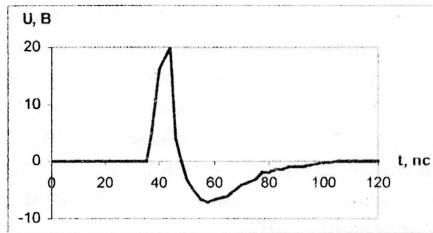


Рис. 1.

При облучении цели сигналом (2), отраженный сигнал будет иметь вид:

$$g_p(t) = \frac{T U_m}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{K_o(j\omega)(1-e^{-j\omega t_0})}{(1+j\omega T)^2} e^{j\omega t} d\omega, \quad (3)$$

где $K_o(j\omega)$ – комплексная частотная характеристика цели.

Таким образом, задача распознавания фактически будет решаться путём различения не идеальной ИХ, а характеристики вида (3).

Далее было проведено исследование влияние некоторых факторов таких, как ракурса наблюдения и помехи на возможность распознавания на примере двух пробных объектов: шар и конус. Из проведенного анализа получено, что радиолокационные цели, профильные функции которых описываются глад-

кими степенными зависимостями не выше второго порядка, распознаванию с помощью ИХ не поддаются. При анализе влияния помехи предлагается один из возможных алгоритмов распознавания, основанный на использовании функции правдоподобия с учетом вероятности ошибки, совершенной при данной классификации.

Третья глава. “ Анализ распределенных фильтров с Т-волной ”. В этой главе математически представлена ИХ согласованного фильтра на НЛП, представленного его в виде четырехполосника; обосновываются математическая модель НЛП и закон изменения внутренних параметров согласованного фильтра; выводятся выражения рекуррентного алгоритма, связывающие отсчеты падающей на вход фильтра и отраженной от него волн; представлены результаты анализа динамических свойств этих фильтров.

Как известно, обработка радиолокационного сигнала с известными параметрами на фоне произвольной помехи обычно осуществляется в тракте промежуточной частоты после частотного преобразования смеси сигнала и помехи. При использовании сверхширокополосных сигналов существенно повышается информационная емкость каналов связи, расширяются возможности распознавания объектов в задачах радиолокации и т.д. Однако обработка таких сигналов в реальном времени затруднена из-за ширины их спектра. Этим вызвана необходимость создания специальных устройств их фильтрации, к которым относятся аналоговые фильтры в виде каскадов коротких отрезков линий передачи с разными волновыми параметрами, позволяющих реализовать корреляционный прием. Для обработки таких сверхширокополосных сигналов, у которых спектр простирается до СВЧ или КВЧ диапазонов, входные цепи приемника имеют распределенный характер и каждый их участок можно представить в виде соединения погонных емкостей и индуктивностей, правильный расчет которых позволяет придать входному тракту фильтрующие функции. Если подобные фильтры согласовывают с сигналом, то значения погонных параметров в них будут неодинаковыми, и синтез согласованного фильтра входного тракта должен осуществляться на нерегулярных линиях передачи (НЛП).

Разработка математического аппарата анализа и синтеза аналоговых фильтров для этой обработки в временной области позволила создавать распределенные согласованные фильтры (РСФ), реализуемые на НЛП, располагаемые после входных каскадов высокочастотной части приемника РЛС. Импульсная переходная характеристика РСФ, согласованная с сигналом, отраженным от цели и прошедшим входные цепи приемника РЛС, обеспечивает за счет соответствующего закона изменения внутренних волновых параметров. Такой РСФ будет соответствовать определенной цели, ее ракурсу и определенному вектору поляризации, поэтому для РЛС требуется пакет таких фильтров, информация с выхода которых обрабатывается на ЭВМ.

В дальнейшем сосредоточимся именно на временном методе синтеза и анализа РСФ на НЛП. Будем определять основные характеристики, требуемые для РСФ, принцип действия и алгоритмы их анализа и синтеза.

При синтезе НЛП в частотной области удобно использовать общепринятый аппарат волновых матриц рассеяния. Представим НЛП в виде четырех-полосника с волновой матрицей рассеяния $[S]$ размером 2×2 .

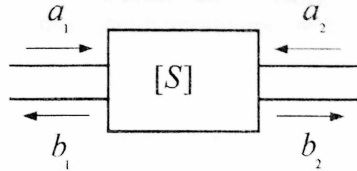


Рис. 2.

Нормированные падающие и отраженные волны напряжения сигнала $[a]$ и $[b]$ и помехи $[n_a]$ и $[n_b]$ записываются в виде:

$$[a] = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}; [b] = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix}; [n_a] = \begin{bmatrix} n_{a1} \\ n_{a2} \end{bmatrix}; [n_b] = \begin{bmatrix} n_{b1} \\ n_{b2} \end{bmatrix}$$

и связаны между собой матричным уравнением:

$$[b] + [n_b] = [S][a] + [n_a].$$

При обеспечении полного согласования с нагрузкой связь между изображениями по Фурье входной и выходной волн СФ СВЧ в смеси с помехой имеет вид.

$$b_2(\omega) + n_{b2}(\omega) = S_{21}(\omega) \{a_1(\omega) + n_{a1}(\omega)\}, \quad (4)$$

где $S_{21}(\omega)$ - волновой коэффициент передачи СФ. Следовательно, оптимальная импульсная характеристика СФ на НЛП, определяемая через выражение, аналогичное (3.2), должна быть согласована с некоторой эквивалентной волной $A_{19}(t)$:

$$g_s(t) = A_{19}(t_s - t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{a_1^*(\omega)}{S_n(\omega)} e^{[i\omega(t-t_s)]} d\omega.$$

Тогда волновой коэффициент передачи $S_{21}(\omega)$ находится из уравнения:

$$S_{21}(\omega) = \int_{t_0-T}^{t_0} A_{19}(t_s - t) e^{-i\omega t} dt. \quad (5)$$

Уравнение (5) является основным для синтеза СФ на НЛП и определяет его необходимую частотную характеристику.

Анализ нерегулярной линии передачи с Т-волной известными методами, основанными на решении дифференциального уравнения типа Риккати,

показал, что приближенное выражение для закона изменения волнового сопротивления НЛП, на которой реализуется отражательный СФ, имеет вид:

$$R(\tau) = R(0) \exp[2k_{\text{отп}} \int_0^{\tau} A_z(t_0 - t) dt], \quad (6)$$

где τ - время распространения волны в линии.

Переход от переменной τ к координате поперечного сечения НЛП x осуществляется путём подстановки $\tau = \frac{2x}{\omega} \beta_{\text{cp}}(x)$ в (6).

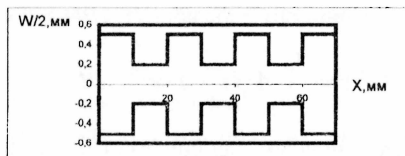
В дальнейшем сосредоточимся на временном методе синтеза и анализа РСФ на НЛП. Будем определять основные характеристики, требуемые для РСФ, принцип действия и алгоритмы их анализа и синтеза.

Для получения непосредственного алгоритма анализа был рассмотрен механизм формирования отраженной и прошедшей волн в неоднородной структуре на НЛП с Т-волной. Далее с применением рекуррентных формул была получена система рекуррентных уравнений, позволяющая определить любые временные отсчеты отраженной и прошедшей волн через заданную НЛП при заданных отсчетах падающей волны.

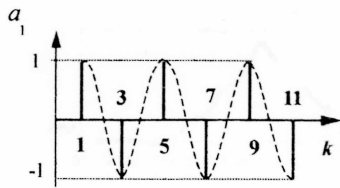
С помощью разработанной программы, основанной на этой системе уравнений, был проведен анализ динамических свойств некоторых типичных НЛП.

Цепочка знакопеременных неоднородностей

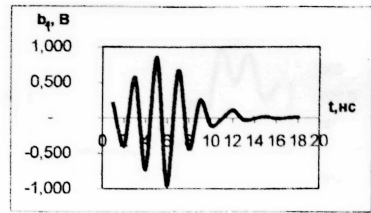
На рис. 3а приведена топология фильтра на НЛП, состоящего из каскада широких и узких участков микрополосковой линии. При падении на такую цепочку сигнала, имеющего форму рис. 3б, от этого каскада отражается сигнал рис. 3в. Видно, что он близок по форме к корреляционной функции. Колебания на ее окончании вызваны остаточными переотражениями сигнала в НЛП (позже 10 нс).



а)



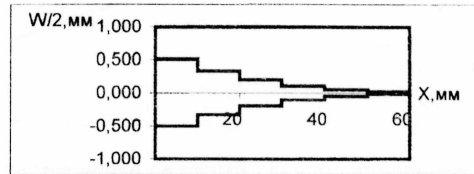
б)



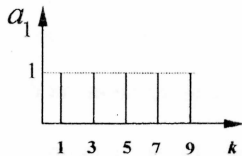
в)

Рис. 3.

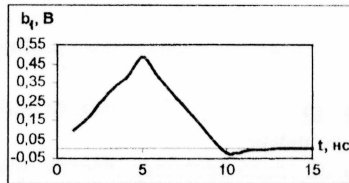
Цепочка знакопостоянных неоднородностей. На рис. 4а приведена топология такой цепочки. При подаче на нее сигнала, имеющего форму рис.4б, отраженный сигнал имеет форму рис.4в.



а)



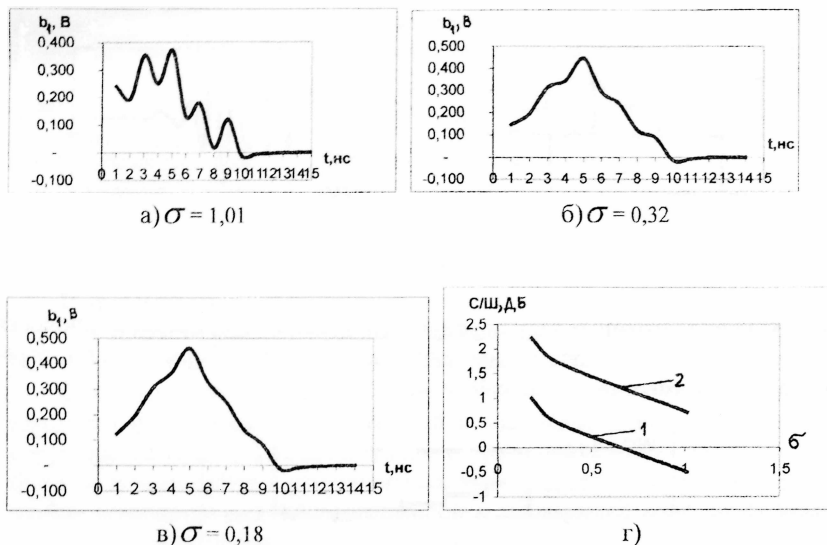
б)



в)

Рис. 4.

В диссертации проведен также анализ отраженного от СФ на НЛП сигнала при наличии помех на входе. На рис. 5 приведены результаты такого анализа для СФ, изображенного на рис. 4а. Так, на рис. 5а-в показаны случайные реализации сигнала, отраженного от такого СФ при различных значениях дисперсии помехи σ . В качестве помехи в данном случае рассмотрен белый шум. Видно, что при увеличении дисперсии помехи корреляционная функция теряет свою форму (см. рис. 4в), в ней появляются другие произвольные пики, а ее максимум уменьшается. На рис. 5г показана зависимость отношения сигнал / помеха в отраженной (2) и падающей (1) волнах от дисперсии помехи σ . Видно, что не смотря на уменьшение этого отношения с ростом σ , выигрыш по его величине в таком СФ на НЛП сохраняется при любых σ .



- 1 – Отношение сигнал / помеха на входе фильтра;
 2 – Отношение сигнал / помеха на выходе фильтра;

Рис. 5.

Четвертая глава “Разработка алгоритма синтеза распределенных фильтров с Т-волнами”.

В этой главе рассматривается сущность процесса синтеза; анализируются существующие методы синтеза; обосновываются математические выражения, необходимые для синтеза нерегулярных линий передачи по различным частотным характеристикам; развивается алгоритм синтеза согласованных фильтров для волны напряжения; представлены результаты моделирования с помощью разработанной программы для синтеза и результаты экспериментальных исследований на измерительном стенде.

Здесь сосредоточимся на разработке алгоритма синтеза СФ на базе НЛП с Т-волной. Особенностью разрабатываемого алгоритма является рассмотрение волн напряжения, более соответствующих реальным физическим процессам при обработке сигналов в фильтрах на НЛП. Как известно, можно осуществлять синтез как в частотной так и во временной областях. В нашем случае более предпочтительным является синтез во временной области. Для получения алгоритма синтеза используем ту же математическую модель, что и в третьей главе.

При этом каждый скачок НЛП характеризуется следующей волновой матрицей рассеяния вида:

$$\begin{bmatrix} s_i & 1-s_i \\ 1+s_i & -s_i \end{bmatrix},$$

где s_i - тоже местный волновой коэффициент от стыка участков линий с разными волновыми сопротивлениями.

Тогда этот скачок можно представить в виде следующей эквивалентной схемы.

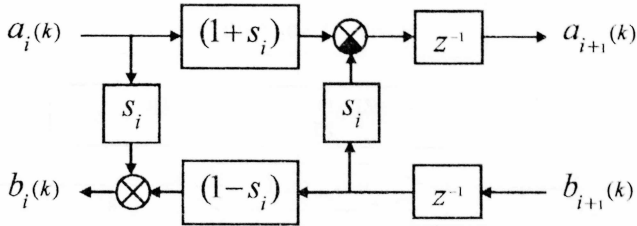


Рис. 6.

На основе этой схемы получим новые рекуррентные формулы, показывающие связь между временными отсчетами падающих и отраженных волн.

$$a_{i+1}(k) = [a_i(k-1) - s_i b_i(k-1)] / (1 - s_i), \quad (7)$$

$$b_i(k) = a_i(k) s_i + b_{i+1}(k-1) (1 - s_i). \quad (8)$$

Эти выражения легли в основу алгоритмов анализа и синтеза СШП фильтра на НЛП с Т-волнами и на его основе была написана программа на языке Турбо-Паскаль.

На рис. 7 приведен алгоритм программы синтеза СФ на НЛП с Т-волнами для ненормированной волны напряжения.

На рис. 8-11 приведены результаты анализа и синтеза СФ для некоторых объектов. На этих рисунках а) - импульсная характеристика, по которой синтезировались СФ; б) - топология микрополосковой линии синтезированных СФ; в) - отраженный от СФ сигнал (корреляционная функция).

Из этих рисунков видно, что при подаче на вход синтезированного СФ на НЛП сигнала, с которым согласован этот СФ, действительно происходит корреляционная обработка такого СШП сигнала. Наиболее острый пик, как и следовало ожидать, имеет место при обработке шумоподобного сигнала.

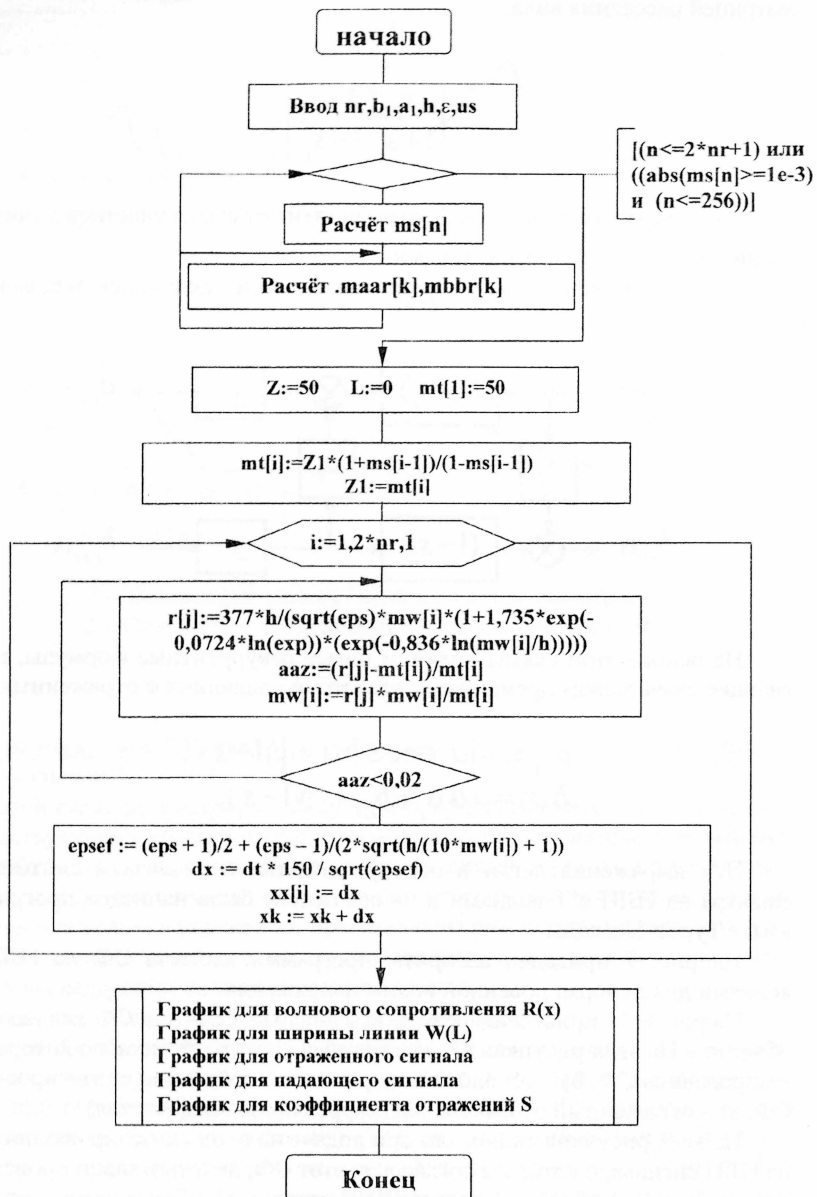
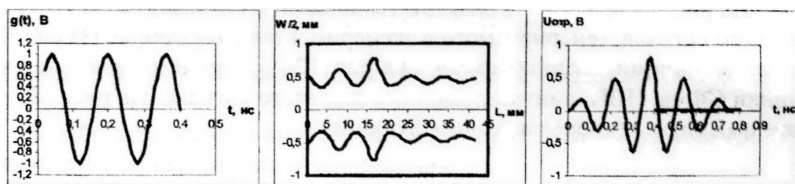
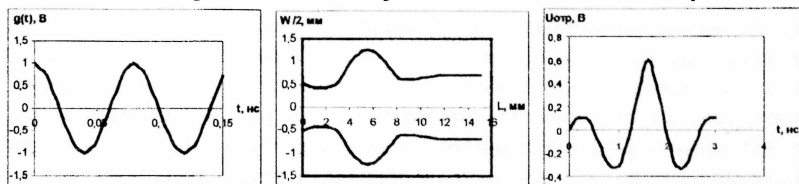


Рис. 7.



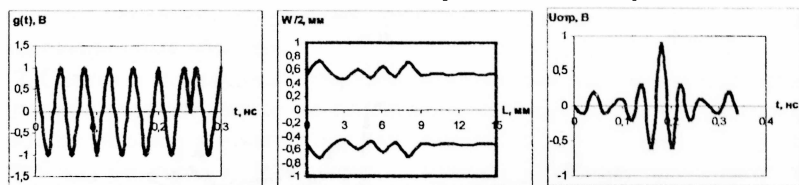
а) б) в)

Рис. 8. СФ для радиосигнала, отраженного от плоской поверхности.



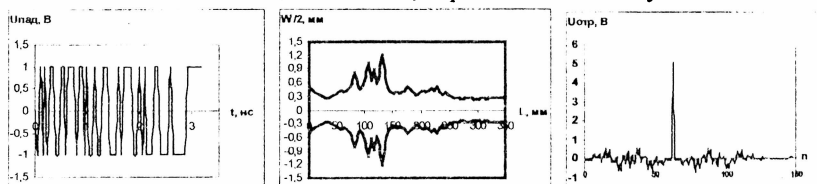
а) б) в)

Рис. 9. СФ для сигнала, отраженного от шара.



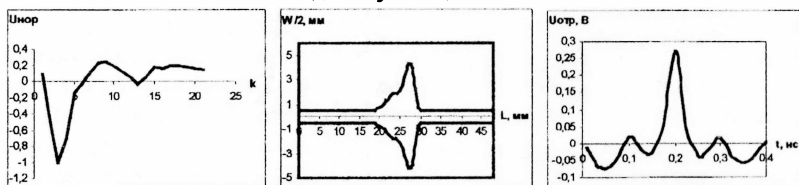
а) б) в)

Рис. 10. СФ для сигнала, отраженного от конуса.



а) б) в)

Рис. 11. СФ для шумоподобного сигнала.



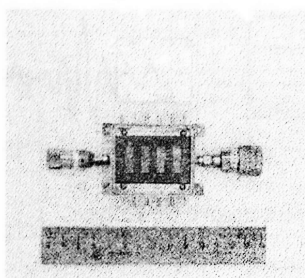
а) б) в)

Рис. 12. СФ для реального зондирующего сигнала.

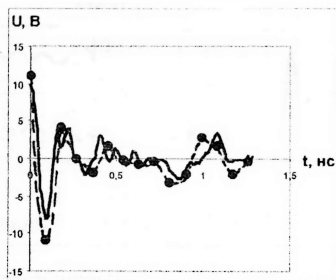
На рис. 12 приведены результаты анализа и синтеза СФ на НЛП для реального сигнала, генерируемого в экспериментальном стенде. На рис. 12а показан сам нормированный сигнал, на рис. 12б – топология микрополосковой линии СФ на НЛП, синтезированного для этого сигнала. На рис. 12в – отраженный сигнал (корреляционная функция).

Экспериментальные исследования реальных структур неоднородности

В диссертации проведены также натурные эксперименты с целью подтверждения разработанных теоретических положений. На рис. 13а и рис. 14а показаны лабораторные образцы СФ на НЛП. В первом случае – НЛП в виде знакопеременных неоднородностей, во втором случае – СФ, согласованный с генерируемым в стенде сигналом. На рис. 13б и рис. 14б показаны сигналы, отраженные от НЛП при расчете (пунктирная линия) и при эксперименте (сплошная). Видно, что эти сигналы совпадали друг с другом не только в их основной части но и в хвостовой части, вызванной переотражениями в НЛП.

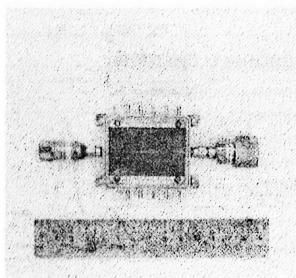


а)

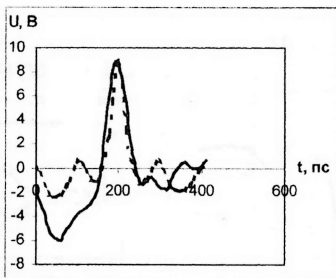


б)

Рис. 13. Цепочка знакопеременных неоднородностей.



а)



б)

Рис. 14. Фильтр, согласованный с реальным СШП сигналом.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Основные результаты диссертационной работы заключаются в следующем:

1. Разработан алгоритм синтеза фильтров на НЛП с Т-волнами для ненормированной волны рассеяния напряжения.
2. Проведен анализ реальной импульсной характеристики цели при падении на него СШП сигнала в виде короткого радиоимпульса;
3. Проведен анализ различных факторов на возможность распознавания объектов, имеющих разные геометрические формы.
4. Получен рекуррентный алгоритм анализа распределенного фильтра на НЛП с Т-волной.

По полученным результатам диссертационной работы были сделаны следующие выводы:

1. Результаты исследований показали, что применение распределенных фильтров на нерегулярной линии с Т-волнами позволяет осуществить корреляционную обработку сверхширокополосных сигналов для распознавания радиолокационных объектов.
2. Синтез согласованных сверхширокополосных распределенных фильтров должен осуществляться не по сигналу, соответствующему импульсной характеристике радиолокационного объекта, а по весовой функции, учитывающей как факторы, действующие на трассе распространения электромагнитной волны, так и помехи и форму зондирующего сигнала.
3. Разработанный алгоритм синтеза фильтров на НЛП с Т-волнами позволяет рассматривать ненормированные волны напряжения, реально действующие в приемном тракте.
4. Проведенный анализ показал, что возможность распознавания различных радиолокационных объектов, расположенных под произвольным ракурсом, обеспечивается в случаях, когда профильную функцию этих объектов можно аппроксимировать степенным полиномом выше второго порядка.
5. Разработка рекуррентного алгоритма работы распределенных фильтров позволила осуществить исследование динамических свойств этих фильтров.
6. Экспериментальные исследования синтезированных образцов сверхширокополосных фильтров подтвердили теоретические положения диссертации и правильность разработанного алгоритма анализа и синтеза.
7. Программное обеспечение алгоритма синтеза сверхширокополосных фильтров получило практическое использование при проведении научно-исследовательских работ в НИИРЛ МГТУ им. Н. Э. Баумана и предполагается использовать для создания аппаратуры подповерхностного зондирования земли для обнаружения мин и боеприпасов, оставшихся после войны в Вьетнаме.

Список работ по теме диссертации

1. Чернышев С. Л., Шон Н.Х. Анализ характеристик сверхширокополосных фильтров// Радиолокация. Навигация. Связь: Докл. VII МНТК. – Воронеж, 2001. – С. 585-591.
2. Чернышев С.Л., Шон Н.Х. Сверхширокополосные фильтры шумоподобных сигналов// Физика и приложения волновых процессов: Тез. Докл. МНТК. – Самара, 2001. – С. 265-270.
3. Чернышев С.Л., Шон Н.Х. Об особенностях применения распределенных фильтров для различения сверхширокополосных сигналов, отраженных от объектов, имеющих разные геометрические формы// Радиолокация. Навигация. Связь: Докл. VIII МНТК. – Воронеж, 2002. – С. 485-491.
4. Чернышев С.Л., Данилов Б.С., Шон Н.Х. Алгоритм управления распределенным сверхширокополосным фильтром// Кибернетика и технологии XXI века: Докл. III МК. – Воронеж, 2002. – С. 165-170.