

В волноводе и „канале Флоке” учитывалось одинаковое количество типов (гармоник „Флоке”), т.к. геометрические размеры областей практически одинаковы (правило Миттры).

Из табл.1, 2 сходимости алгоритма МПО при наличии диэлектрического заполнения решетки следует, что достаточно учитывать от 21 до 29 типов волн (гармоник „Флоке”) в областях в зависимости от параметров заполнения. При этом не меняются 3 знака после запятой в модуле коэффициента отражения, а фаза определяется с точностью до целой величины.

**Выводы.** В работе представлена методика построения функции Грина для плоскостойкого диэлектрического заполнения в методе пронизывающей области. Показан подход для получения корректного итогового интегрального уравнения при наличии магнитодиэлектрического заполнения, связанный с правильным определением стороннего источника и представления полей одних областей через другие.

Полученные численные результаты совпадают с графической точностью с известными, что свидетельствует о корректности методики построения функции Грина и электродинамического алгоритма в рассматриваемом методе интегрального уравнения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Амитей Р. Теория и анализ фазированных антенных решёток / Амитей Р., Галиндо В., Ву Ч.; пер с англ. под ред. Маркова Г.Т., Чаплина А.Ф. – М.: Мир, 1974. – 455с.
2. Прохода И.Г. Тензорные функции Грина и их приложения в электродинамике СВЧ / И.Г.Прохода, С.Г.Дмитрюк, В.М.Морозов. – Днепропетровск: ДНУ, 1985. – 63с.
3. Марченко С.В. Электродинамический расчет плоской волноводной ФАР методом пронизывающей области / С.В.Марченко, В.М.Морозов // Изв. вузов. Радиоэлектроника. – 2009. – № 7. – С.28-33.

*Поступила в редколлегию 20.05.2013.*

УДК 621.391

РЯЗАНЦЕВ О.В., к.ф-м.н., доцент  
КУЛИК М.В., ассистент  
СЪЯНОВ А.М., д.т.н., профессор  
МАНУКЯН А.С., ассистент

Днепродзержинский государственный технический университет

## ДЕТЕКТИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ С $\pm \pi / 2$ ФАЗОВЫМИ ВРЕЗКАМИ

**Введение.** В работах [1, 2] описан вариант модифицированной фазовой манипуляции и приведены результаты воздействия соответствующего сигнала на частотно-селективные устройства (ЧСУ) для режимов резонанса токов или напряжения. В данной работе исследовались возможности выделения кодовой последовательности для сигнала с  $\pm \pi / 2$  фазовыми врезками (ФВ) и анализировалась канальная селективность для различных структур детекторов.

### Постановка задачи.

Целью работы являются:

- 1) разработка структур детекторов для сигнала с  $\pm \pi / 2$  фазовыми врезками и возвратом к фазе, использование которого, как показано в [1, 2], может обеспечить вы-

сокую канальную селективність системи зв'язи і високу символічну швидкість цифрових потоків при відповідній структурі детекторів;

2) розробка і дослідження різних варіантів структур детекторів з допомогою моделювання в середі MatLab;

3) дослідження односигнальної селективності розроблених детекторів з допомогою моделювання в середі MatLab.

**Результати роботи.** В простейшій формі була здійснена спроба взагалі відмовитися від ЧСУ і здійснювати налаштування на канал з допомогою гетеродина, коливання якого когерентні коливанням опорної частини сигналу. Роль такого гетеродина може виконувати, наприклад, гетеродинний приймач прямого перетворення. Як добре відомо, коливання гетеродина такого приймача в режимі захопту встановлюються практично в квадратурі до входного сигналу. Упрощена структура показана на рис.1.

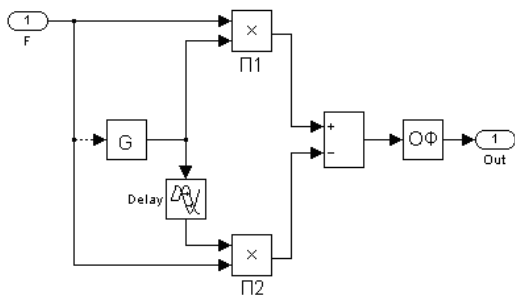


Рисунок 1 – Структурна схема бесконтурного детектора

Пунктир на рис.1 показує, що гетеродин з допомогою петлі ФАПЧ керується входним сигналом. Нехай, наприклад, входний сигнал вибраного каналу на опорній частоті  $\sim \cos \omega_0 t$ , тоді сигнал гетеродина в режимі захопту  $\sim \sin \omega_0 t$ , і на опорній частині сигналу на виходах множників П1 і П2 формуються протифазні сигнали удвоєної частоти, які при відніманні складаються, але оскільки вони не мають постійної складової, то легко відфільтруються оптимальним фільтром ОФ, який має звичайну структуру з лінією затримки на час інтервалу ФВ [1]. ОФ в даному випадку виконує роль визначальника різниці площей під функцією сигналу за умови, що «скользящие» верхні межі інтегрування по часу відрізняються на величину  $\tau_{\text{ФВ}}$ :

$$\int_0^{t+\tau_{\text{ФВ}}} S(t) dt - \int_0^t S(t) dt = \int_t^{t+\tau_{\text{ФВ}}} S(t) dt.$$

Такий вибір визначення «скользящей» площі під сигналом обумовлений прагненням максимально повністю виділити фрагмент ФВ і відсікти все рештє, в т.ч. і можливі перешкоди. В момент приходу  $\pi / 2$  скачка на виході П1 формуються сигнал  $\sin^2 \omega_0 t$ , а на виході П2 –  $(-\sin^2 \omega_0 t)$ . Після віднімання вони складаються, і на виході ОФ формуються сигнал трикутної форми з удвоєним розмахом позитивної полярності. Якщо ж на вход детектора приходить  $-\pi / 2$  скачок, то – негативної. Таким чином, ОФ, встановлений після множників здійснює свертку сигналу ФВ на «свій» сигнал, вироблюваний сфазированим гетеродином і реалізує наслідок теореми Шварца-Буняковського. На рис.2 показаний виділений на виході ОФ сигнал для входної «шахматної» послідовності, отриманий в результаті моделювання в MatLab.

Дослідження каналної селективності такого детектора показали, однак, що він придатний тільки для одноканальної зв'язи. Справа в тому, що для сусідніх каналів на виходах П1 і П2 виникають різнісні і сумарні комбінаційні частоти  $\omega_i \pm \omega_0$  з відповідними ФВ, які мають практично такої ж розмах, що і сигнал вибран-

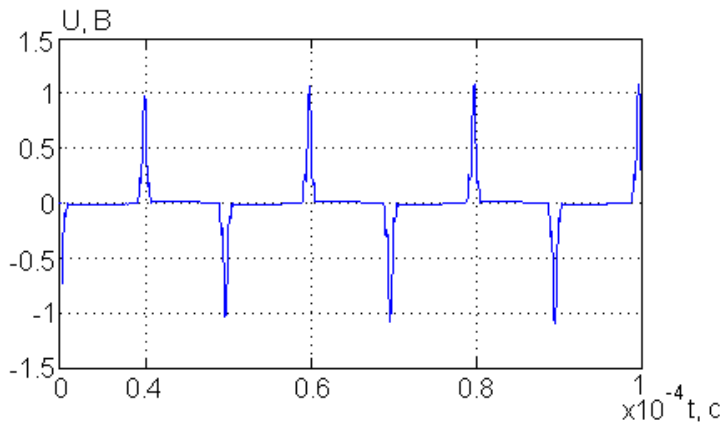


Рисунок 2 – Выходной сигнал «шахматной» последовательности

этом случае может играть практически любой резонатор (в модели это параллельный LCR – контур с резонансной частотой, равной частоте выбранного канала  $f_0 = 1,0$  МГц и добротностью  $Q = 100$ ), а токовый сигнал, в котором присутствует ФВ, снимается с балластного резистора. Из результатов этой работы следует, что в случае  $\pm \pi / 2$  ФВ сигнал оказывается таким образом согласованным с ЧСУ, что его селективные свойства и символьная скорость потока расщепляются за счет того, что  $\pm \pi / 2$  ФВ непосредственно накладываются на токи в ветвях контура, находящиеся в квадратуре с напряжением сигнала в состоянии резонанса. При отклонении от резонанса квадратурность резко нарушается. Кроме того, как следует из этой же работы, токовый сигнал при резонансе токов приобретает дополнительно амплитудную модуляцию на интервале ФВ, которая исчезает при отклонениях от резонанса, т.е. на интервале ФВ имеет место комбинация АМ-ФМ. Стоит отметить, что частотную селективность обычно связывают с амплитудным фурье-спектром. В данном же случае используются фазовые соотношения между сигналом с  $\pm \pi / 2$  ФВ и колебаниями в ЧСУ, которые в результате превращаются в амплитудные изменения и не связаны с инерционностью осциллятора, т.е. с его релаксационными свойствами. Наоборот, как показывают результаты моделирования и данные работы [2], увеличение добротности и, соответственно, времени релаксации осциллятора увеличивает коэффициент АМ и обеспечивает резкое его убывание при отклонении от резонанса.

С учетом изложенного, структура детектора на рис.1 была не только дополнена ЧСУ, а вообще видоизменена таким образом, что состоит из двух функциональных частей – амплитудной и фазовой, поскольку токовый сигнал ЧСУ промодулирован по амплитуде и по фазе. Структура такого варианта детектора изображена на рис.3.

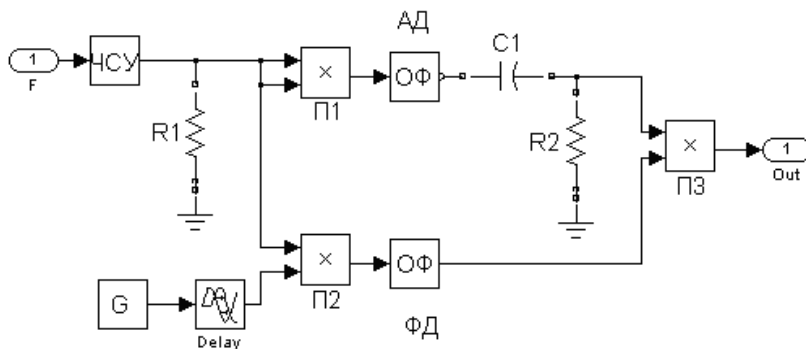


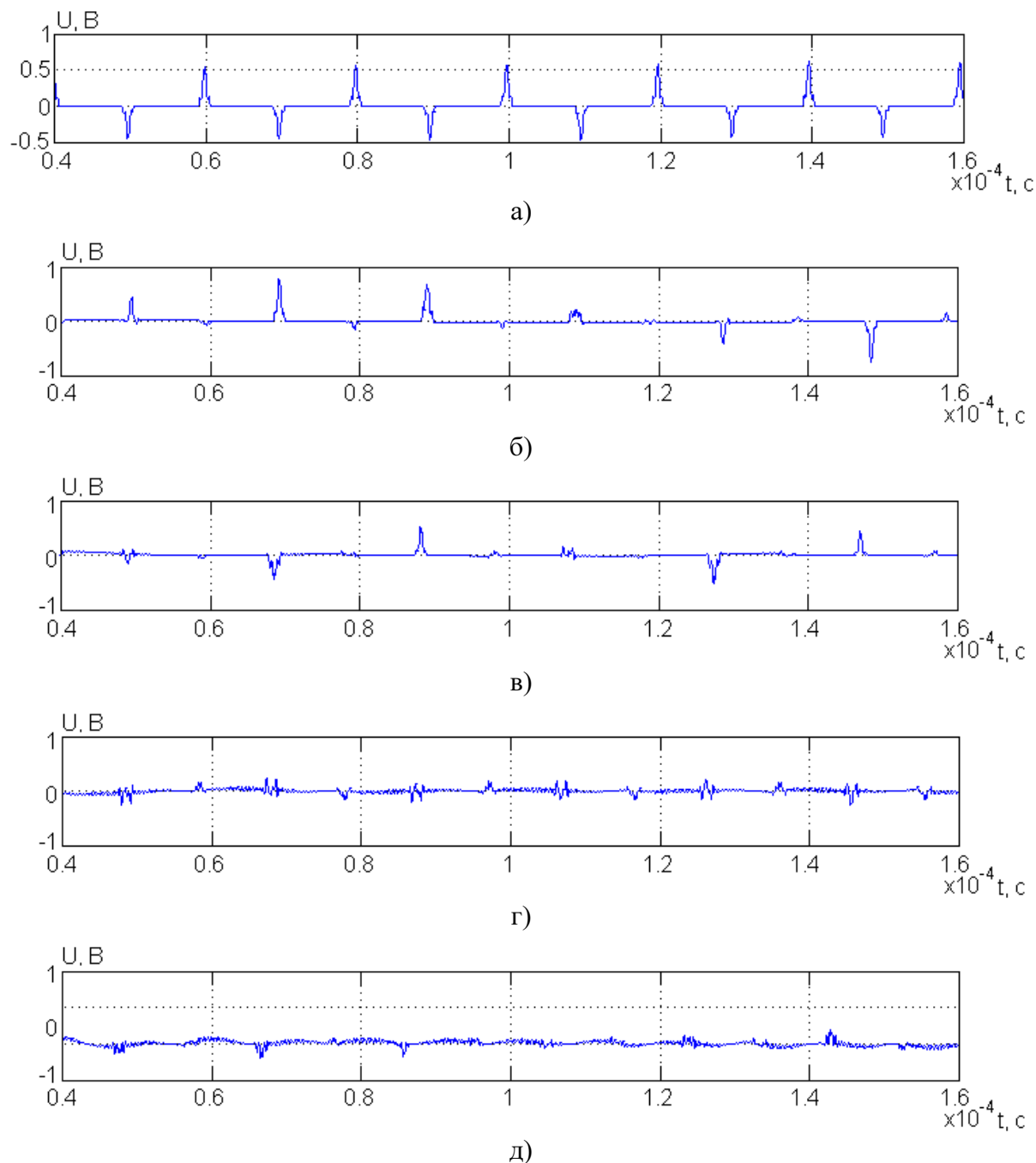
Рисунок 3 – Одноконтурный детектор

ного канала приема для частоты  $\omega_0$ . Таким образом для получения канальной селективности структура детектора должна быть дополнена ЧСУ. Используя данные работы [2], можно модифицировать детектор, показанный на рис.1, одним или несколькими ЧСУ, причем для большей общности следует отдать предпочтение режиму резонанса токов, т.к. роль ЧСУ в

Как видно из рис.3, верхняя ветвь представляет собой амплитудную часть, а нижняя – фазовую. Перемножитель П1 является по существу квадратором, с помощью ОФ выделяется огибающая токового сигнала, а

переходная RC цепочка удаляет бесполезную постоянную составляющую опорной части. Перемножитель П2 и вся нижняя ветвь представляет собой фрагмент детектора на рис.1. Смысл введения перемножителя П3 заключается в том, что выделенный П2 сигнал ФВ умножается на тактовый однополярный сигнал амплитудной части, так что для опорного фрагмента имеет место практически «умножение на нуль», чем достигается существенное уменьшение влияния на выходной сигнал выбранного канала комбинационных частот соседних каналов.

На рис.4 приведены осциллограммы выходных сигналов детектора при различных величинах расстройки относительно частоты выбранного канала  $f_0$ , полученные в результате моделирования в MatLab (односигнальная селективность).



а) – частота несущей канала; б), в), г), д) – сигналы со смещением по частоте на 10кГц

Рисунок 4 – Выходные сигналы для односигнальной селективности

Осциллограммы на рис.4, а соответствуют частоте выбранного канала 1МГц, а все последующие сдвинуты соответственно на 10 КГц.

Как видно из рис.4, канальную селективность детектора по сравнению с первоначальным вариантом удалось существенно повысить. В результате, при частоте несущей выбранного канала 1,0 МГц, амплитудном фурье-спектре сигнала «шахматной» последовательности около 700 КГц и символьном потоке 100 кбит/с полоса, занимаемая каналом, может иметь ширину  $\approx 50$  КГц, что в два раза меньше, чем по традиционным оценкам. Кроме того, как видно из этого же рисунка, влияние разностных комбинационных частот все же отрицательно сказывается на селективности данного варианта детектора, в связи с чем была предпринята попытка вообще отказаться от источника возникновения этих частот – синхронного гетеродина, т.е. построить «пассивный» детектор, настраиваемый на нужный канал только с помощью ЧСУ. Структура такого детектора показана на рис.5.

В этом случае роль гетеродинного сигнала играет токовый сигнал ЧСУ, снимаемый с R, имеющий комбинированную АМ-ФМ. В состоянии резонанса (для выбранного канала) сигналы напряжения на ЧСУ и тока приводятся к квадратуре и в верхней ветви детектора с помощью ОФ и переходной RC-цепочки выделяется полезный информационный сигнал. Для выделения огибающей токового сигнала использован обычный АМ-детектор, и на выходе нижней ветви формируется тактовый сигнал, который,

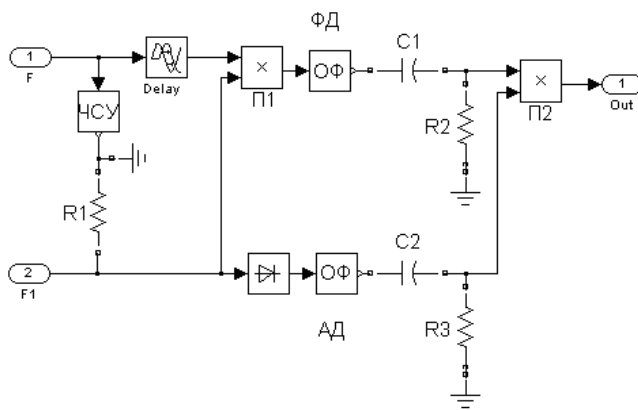
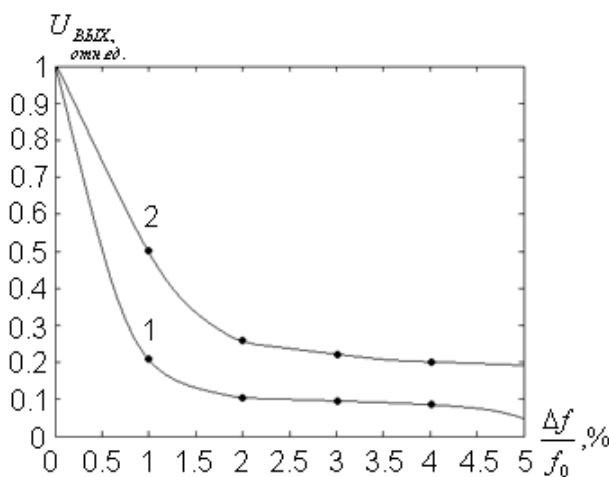


Рисунок 5 – Детектор с клапанным устройством

как и в предыдущем гетеродинном варианте, умножается на информационный перемножителем П2. При отклонении от резонанса квадратурность сомножителей П1 резко нарушается, уровень сигнала произведения падает, а возникающая бесполезная постоянная составляющая отфильтровывается переходной RC-цепочкой.



кривая 1 – для детектора,

кривая 2 – для контура

Рисунок 6 – Графики односигнальной селективности

и на выходе нижней ветви формируется тактовый сигнал, который,

На основании результатов моделирования такого детектора в MatLab была построена функция односигнальной селективности, показанная на рис.6 (кривая 1). Для сравнения на этом же рисунке показана АЧХ ЧСУ (кривая 2).

Как видно из рис.6, односигнальная селективность такого детектора оказывается выше, чем одиночного контура, за счёт введения операции перемножения на П2. Полученная при этом форма выходного сигнала идентична показанной на рис.4 для случая  $f = f_0$ . По сравнению с предыдущим вариантом детектора канальная селективность улучшилась в пять раз, т.е. ширина поло-

сы канала при указанных ранее условиях может составлять всего 10 кГц.

#### **Выводы.**

1. В результате моделирования в среде MatLab установлено, что наиболее подходящей структурой для выделения сигнала с  $\pm \pi / 2$  фазовой врезкой является детектор, показанный на рис.5.

2. Показано, что односигнальная селективность может быть в 10 раз меньше, чем величина символьного потока при добротности ЧСУ, равной 100, и соответственно в 100 раз меньше, чем частота несущей. При этом техническая ширина амплитудного Фурье-спектра приблизительно равна частоте несущей.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Рязанцев О.В. О некоторых особенностях радиоприёма цифровых сигналов / А.А.Андреев, А.Ю.Михацкий // Сб. научных трудов ДГТУ (технические науки). – Днепропетровск: ДГТУ. – 2009. – Выпуск 1(11). – С.163-165.
2. Рязанцев О.В. Цифровые сигналы с использованием фазовых врезок  $\pm \pi / 2$  и их некоторые особенности / О.В.Рязанцев, М.В.Кулик, А.М.Сьянов // Радиотехника: всеукраинский межведомственный научно-технический сборник. – 2011. – Вып. 167. – С.143-147.

*Поступила в редколлегию 26.06.2013.*

УДК 539.216.2

ТАРАН В.Г., к.ф.-м.н., доцент  
ТОМИНА А.В., студент

Днепропетровский государственный технический университет

### **ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕРОСТОВОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ $\text{BaTiO}_3$ , ПОЛУЧЕННЫХ С РАЗЛИЧНЫМИ СКОРОСТЯМИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ**

**Введение.** Титанат бария, как один из перовскитовых сегнетоэлектриков, представляет большой интерес для исследователей в связи с достаточно широкими возможностями его технического применения в электронике, нелинейной оптике, гидроакустике, а также различных областях измерительной и вычислительной техники [1]. Кроме того, титанат бария является одним из основных модельных кристаллов для решения фундаментальных вопросов электрофизики и физики фазовых превращений. Реализация такого рода прикладных и фундаментальных задач требует наличия достаточно крупных монокристаллов этого соединения с заданными электрическими и оптическими характеристиками.

**Постановка задачи.** Предыдущими исследованиями [2, 3] показано, что при выращивании кристаллов титаната бария из расплава системы  $\text{BaTiO}_3\text{-KF}$  существенным фактором влияния на электрофизические свойства является скорость снижения температуры маточного раствора, влекущая в свою очередь изменение скорости процесса кристаллизации. Установленные закономерности дают возможность, изменяя режим выращивания, получать монокристаллы  $\text{BaTiO}_3$  с наперед заданными свойствами. В этом плане актуальной является задача исследования влияния послеростовой обработки кристаллов, полученных в различных режимах, на их электрофизические свойства с целью оптимизации последних для практического применения.

**Результаты работы.** Для исследования использовались монокристаллы титаната бария, полученные в лаборатории кафедры по технологии [3] со скоростями сниже-