

Разработка устройства задержки на основе регулируемой линии задержки для обеспечения работы матричного приемника в условиях сложной сигнальной обстановки

А.С. Лукьянов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

Аннотация: для обеспечения работы в условиях сложной сигнальной обстановки требуется повышение пропускной способности системы радиотехнического обзора комплекса радиотехнического мониторинга. Для этого предлагается установить на вход системы устройство на основе широкополосной регулируемой оптоволоконной линии задержки. В данной статье представлены принцип работы, а также структурные схемы устройства задержки и регулируемой линии задержки.

Ключевые слова: сложная сигнальная обстановка, комплекс радиомониторинга, система радиотехнического обзора, оптоволоконная линия задержки, матричный приемник, устройство задержки.

1. Введение

На сегодняшний день функционирование систем радиотехнического обзора (СРТО) комплекса радиомониторинга (КРМ) достаточно часто осуществляется в зонах действия большого количества одновременно работающих радиолокационных станций (РЛС). Работа в таких условиях подразумевает обеспечение возможности определения параметров источников радиоизлучения в условиях сложной сигнальной обстановки (ССО). Функционирование СРТО КРМ в данных условиях может привести к наложению импульсных сигналов РЛС в аналоговом тракте приемных устройств КРМ, а также в устройстве цифровой обработки, что в свою очередь может привести к ошибкам и неоднозначностям при измерении частотно-временных параметров импульсов.

Пропускная способность современных приемных устройств составляет порядка 3 – 4 импульсов. Увеличение данной пропускной способности подразумевает существенное увеличение количества ошибок, возникающих в процессе обработки импульсов.

Повышение пропускной способности матричного приемника [1, 2] можно обеспечить, установив на вход устройство на основе широкополосной регулируемой оптической линии задержки (ОЛЗ). В статье [3] представлена структурная схема установки ОЛЗ на вход матричного приемника.

В [4] для отработки возможности задержки сигнала с помощью ОЛЗ представлены структурная и функциональная схемы макета ОЛЗ, а также приведены основные параметры разработанного макета. Представленная оптическая линия задержки может быть использована для передачи СВЧ-сигналов в широком диапазоне частот от десятков мегагерц до десятков гигагерц и в то же время обладать сравнительно небольшой массой и габаритными размерами. Уменьшение массы и габаритных размеров особенно заметно в сравнении с линией задержки на основе коаксиального кабеля, применяемой в широкополосных средствах.

Из результатов [3, 4] можно сделать вывод, что доработка матричного приемника путем добавления на вход устройства оптической линии задержки позволяет повысить

количество одновременно обрабатываемых импульсов.

Целью данной работы является разработка устройства задержки на основе регулируемой линии задержки, устанавливаемого на вход матричного приемника для обеспечения работы матричного приемника в условиях сложной сигнальной обстановки.

2. Разработка устройства задержки

Устройство задержки может содержать в своем составе не менее двух каналов. Один канал необходим для обеспечения прямого прохождения импульса на вход матричного приемника без прохождения по линии задержки. Второй канал необходим для задержки наложенного импульса. В связи с тем, что один канал может задержать только один наложенный импульс, в зависимости от конкретной задачи, можно увеличить число каналов устройства задержки, тем самым увеличив количество одновременно принимаемых импульсов. В данной работе рассмотрено применение двухканального устройства задержки, структурная схема которого представлена ниже на рисунке 1.

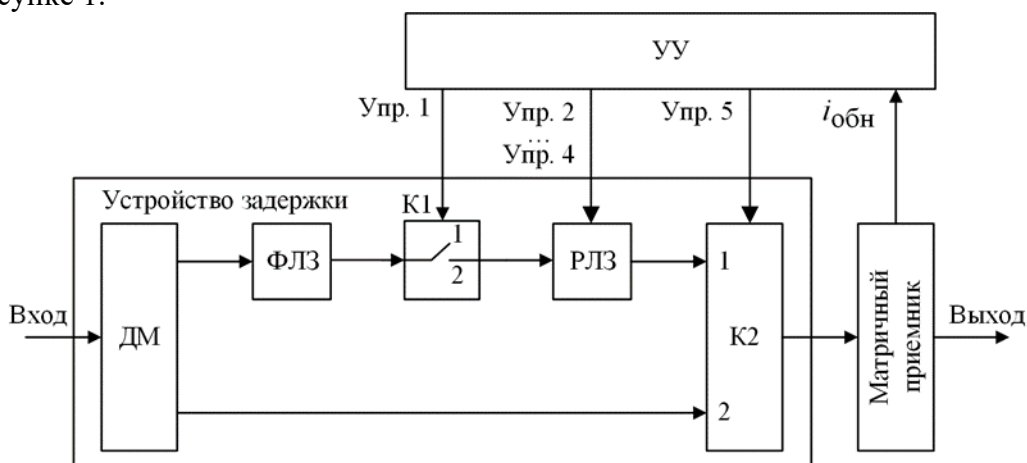


Рисунок 1. Схема подключения устройства задержки к матричному приемнику

На структурной схеме верхний канал содержит фиксированную (ФЛЗ) и регулируемую линии задержки (РЛЗ), а также ключ К1. Нижний канал обеспечивает прямое прохождение импульса на вход матричного приемника. Коммутатор К2 обеспечивает подключение верхнего и нижнего каналов ко входу матричного приемника. Устройство управления (УУ) принимает от матричного приемника текущие номера $i_{обн}$ каналов его первой ступени, в которых присутствуют импульсы ($i_{обн} = \overline{1, N_{МП1}}$, где $N_{МП1}$ – количество частотных каналов первой ступени матричного приемника) и формирует команды управления Упр. 1 – Упр. 5.

Принцип работы устройства задержки заключается в следующем. Первый импульс, проходит по нижнему каналу без внесения задержки и обнаруживается в одном из $N_{МП1}$ частотных каналов первой ступени приемника. Если за время обработки в другом канале первой ступени приемника происходит обнаружение импульса, то входной спектр с помощью ключа К1 подается на запись в РЛЗ. Время на обнаружение, прохождение команд управления и переключение ключа К1 компенсируется с помощью ФЛЗ. После завершения приема импульса в нижнем канале устройства задержки коммутатор К2 подключает выход РЛЗ ко входу матричного приемника. Следует отметить, что запись второго импульса не должна завершаться до его окончания даже после завершения наложения.

В связи с тем, что заранее определить длительность принимаемого импульса не представляется возможным, РЛЗ обеспечивает адаптивную перестройку времени задержки под длительность принимаемого импульса. Исходя из требований к возможности регулирования вносимой задержки, широкой полосе пропускания и низким массе и габаритным размерам, РЛЗ может быть выполнена по принципу, предложенному в [3] (рисунок 2).

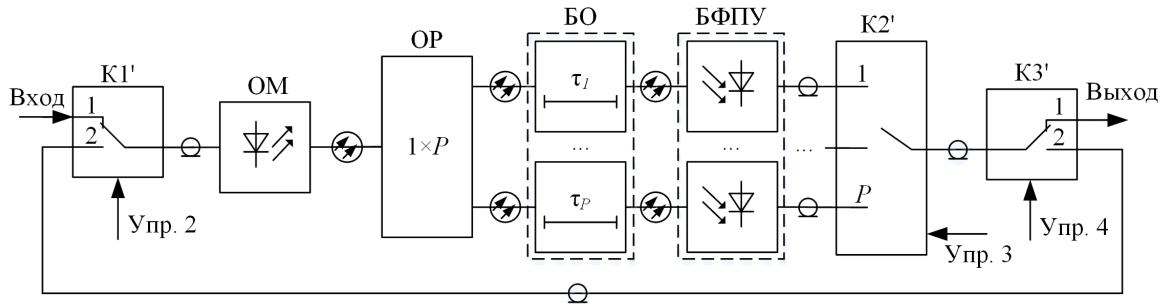


Рисунок 2. Структурная схема РЛЗ

Согласно [3], РЛЗ выполняется на основе элементов радиофотоники и работает следующим образом. Входной СВЧ-сигнал попадает на вход 1 коммутатора $K1'$ (вход устройства), который передает сигнал на вход оптического модулятора (ОМ). ОМ переносит полезный СВЧ-сигнал на оптическую несущую и передает его на оптический разветвитель (ОР) размерностью $1 \times P$. С выходов разветвителя сигнал поступает в банк отрезков оптоволокон (БО), имеющих незначительные потери. С выходов оптоволоконных отрезков сигнал поступает на соответствующие входы банка фотоприемных устройств (БФПУ), которые возвращают сигнал в СВЧ-диапазон. С одного из выходов БФПУ сигнал поступает в коммутатор $K2'$. К выходу коммутатора $K2'$ подключается вход, который соответствует тому отрезку оптоволокон, в котором превышение времени задержки минимально по сравнению с длительностью задерживаемого импульса. С выхода коммутатора $K2'$ сигнал поступает на вход коммутатора $K3'$. Коммутатор $K3'$ подает сигнал на выход устройства или обратно на входной коммутатор $K1'$ для прохождения необходимого количества циклов задержки. Необходимое управление коммутаторами выполняется по командам Упр2–Упр4 от УУ (см. рисунок 1). Для компенсации затухания, вносимого при преобразованиях сигнала из оптического диапазона в СВЧ-диапазон и обратно, в УЗ устанавливаются усилители (на схеме условно не показаны).

Задержка, вносимая p -м отрезком оптоволокон, определяется как $t_p = n_g L_p / c$, где n_g – показатель преломления сердцевины оптического волокна, L_p – длина p -го отрезка оптоволокон ($p = \overline{1, P}$), c – скорость света в вакууме.

3. Заключение

Представленная в данной работе структурная схема, а также принцип работы устройства задержки позволяет уменьшить количество пропусков импульсов, что в свою очередь улучшает работу матричного приемника в условиях сложной сигнальной обстановки. Устройство задержки разработано с учетом адаптивности времени задержки наложенного импульса. Это необходимо для обеспечения приема импульсов с заранее неизвестными параметрами. Адаптивность позволяет снизить количество пропусков импульсов путем подстройки времени задержки импульса во втором канале устройства задержки с учетом времени на обработку импульса, поступающего на вход

матричного приемника через первый канал.

Для обеспечения задержки большего количества импульсов, при необходимости, можно увеличить количество каналов устройства задержки, однако это повлечет за собой увеличение габаритных характеристик устройства, его стоимости, а также усложнит алгоритм работы.

Список литературы

1. Шлезингер Р. Д. Радиоэлектронная война. М.: Изд. Воениздат, 1963. 320 с.
2. Вакин С. А., Шустов Л. Н. Основы радиопротиводействия и радиотехнической разведки. М.: Сов. Радио, 1968.
3. Подстригаев А. С. Повышение эффективности матричного приемника в условиях сложной сигнальной обстановке на основе оптоволоконной линии задержки // Труды МАИ. 2021. №116. DOI: 10.34759/trd-2021-116-08.
4. Лукиянов А.С., Подстригаев А.С. Исследование оптоволоконной линии задержки для системы радиотехнического обзора комплекса радиомониторинга. // Радиолокация и связь — перспективные технологии. XIX Всероссийская молодежная научно-техническая конференция (Москва, 09 декабря 2021 г.) // Сборник трудов конференции — М.: Мир науки, 2021.