

УДК 550.837.2:62396.6

## ГЕОРАДАР ЛЧМ С ПОВЫШЕННЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ

Д. С. СИВАЦКИЙ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

Выполнен анализ радиолокатора подповерхностного зондирования. Рассмотрена структура радиолокатора подповерхностного зондирования с формированием и обработкой сверхширокополосных квазинепрерывных ЛЧМ-сигналов. Разработана функциональная схема ЛЧМ-радиолокатора подповерхностного зондирования с высокой разрешающей способностью.

**Ключевые слова:** радиолокатор, линейно-частотно модулированный сигнал, сверхразрешение.

Классическая структура радиолокатора подповерхностного зондирования не позволяет сформировать однозначно интерпретируемый глубинный портрет объекта по причине недостаточной разрешающей способности системы [1-4].

Перспективным путем решения этой проблемы является использование адаптивных алгоритмов "сверхразрешения", которые могут повысить разрешающую способность по радиолокационному портрету до пяти раз в зависимости от отношения сигнал-шум на входе системы.

Для практической реализации, необходимо синхронизировать работ приемо-передающего тракта и анализатора спектра для обеспечения возможности анализа одного периода принятого сигнала, как оцифрованной реализации, строго привязанной во временной области к зондирующему сигналу (ЗС).

Структура радиолокатора подповерхностного зондирования, позволяющая формировать одиночные ЛЧМ-радиоимпульсы и обрабатывать их как квазинепрерывное колебание, представлена на рисунке

Здесь на выходе смесителя образуются частоты биений, содержащие информацию об объекте зондирования, а отличительной особенностью является наличие генератора пилообразного импульса синхронизированного с блоком оцифровки.

Управляющий модуль (Блок Управления) задает период и формирует сигналы запуска генератора пилообразного импульса и блока оцифровки. Это позволяет изменять временное положение окна анализа относительно начала зондирующего импульса.



**Рисунок 1. – Структура радиолокатора подповерхностного зондирования с формированием и обработкой сверхширокополосных квазинепрерывных ЛЧМ-сигналов**

За счет синхронизации блока оцифровки с передающим трактом, полученные реализации разностных колебаний жестко привязаны к развертке частоты, что позволяет анализировать один период сигнала, содержащий полную информацию о глубинном портрете.

Таким образом, появляется возможность применения алгоритмов "сверхразрешения", работающих в реальном масштабе времени [5].

С учетом рассмотренных принципов построения и системных параметров структура ЛЧМ радара принимает вид, показанный на рисунке 2.

Радар включает следующие подсистемы: радиолокационный блок, блок вычислителя, индикаторное устройство, источник питания и органы управления.

Устройство управления задает режим работы локатора, формируя с требуемым периодом синхроимпульсы запуска генератора пилообразного импульса и блока оцифровки, включающего:

АЦП, тактовый генератор, управляющий контроллер и буферное оперативное запоминающее устройство (ОЗУ).

Такое решение позволяет задать временное положение окна анализа относительно момента начала генерации зондирующего импульса.



Рисунок 2. – Функциональная схема ЛЧМ-радиолокатора подповерхностного зондирования с высокой разрешающей способностью

По приходу синхроимпульса генератор пилообразного импульса формирует один период линейно изменяющегося напряжения, являющегося модулирующим импульсом для ГУН. Генератор, управляемый напряжением, обеспечивает формирование широкополосного ЛЧМ сигнала, который после деления на опорную и зондирующую составляющие подводится к усилителю мощности, обеспечивающему доведение ЗС до заданного уровня и подачу в антенный блок.

Отраженный сигнал регистрируется приемной антенной АБ и поступает через малошумящий усилитель на сигнальный вход смесителя, где перемножается с опорным сигналом.

ФНЧ выделяет область спектра, содержащую разностные частоты, соответствующие диапазону зондируемых глубин.

Полученный сигнал биений оцифровывается АЦП. Тактирование АЦП осуществляется высокостабильным генератором, обеспечивающим фиксированную длительность окна анализа.

В ОЗУ записывается заданное количество отсчетов его реализации. После заполнения буфера памяти блок оцифровки передает полученную реализацию сигнала на специализированный вычислитель, где происходит ее цифровая обработка с целью вычисления глубинного портрета зондируемой среды. Обнаружение объекта выполняется по глубинному портрету, вычисляемому по классическому корреляционному алгоритму (ДПФ) в режиме реального времени.

При обнаружении объекта и уточнении его размеров при обработке данных по адаптивному алгоритму: методу максимального правдоподобия (ММП), возможно произвести его классификацию, опираясь на полученные значения толщины и протяженности [6,7].

Рассмотренное устройство может быть применено для зондирования подповерхностной среды и обнаружения объектов с высокой разрешающей способностью.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Филькенштейн М.И. Применение радиолокационного подповерхностного зондирования в инженерной геологии. М.: Недра, 1986. 128 с.
2. Вопросы подповерхностной радиолокации. А.Ю. Гринев [и др.] М.: Радиотехника, 2005. 416 с.
3. Подповерхностная радиолокация. Под ред. М.И.Финкельштейна.М. 1994.
4. Марпл С.Л. мл. Цифровой спектральный анализ и его приложения. М.: Мир, 1990. 584 с.
5. Баскаков С.И. Основы электродинамики. М.: Советское радио, 1973. 248с.
6. В.Ф. Янушкевич. Моделирование двухчастотного зондирования углеводородных залежей. Полоцкий гос. ун-т. Новополоцк, 2000. с. 205-208.
7. Проблематика построения радиолокатора подповерхностного зондирования. С.А. Савенко. Наука и воен. безопасность. 2013. № 3. с.20–27.