

Использование разнесенных акустических резонаторов для задач дистанционного инфразвукового мониторинга земной поверхности.

О.Р. Никитин, А.В. Породников

Владимирский Государственный Университет, roadking777@mail.ru

В настоящее время мониторинг антропогенных и природных изменений поверхности Земли ведется в различных диапазонах длин волн. Множество станций мониторинга используют СВЧ диапазон.

Предлагается использовать диапазон КНЧ для выявления высокоэнергетических источников таких как землетрясения, запуски ракет, испытание оружия.

В качестве аппаратной части предлагается использовать системы акустических резонаторов, настроенных на тысячную часть длины акустической волны, и расположенные друг от друга на расстоянии, кратном длине волны. В каждом резонаторе расположен приемник и источник инфразвука. Акустическая волна, последовательно проходя через резонаторы системы, возбуждает в них стоячие волны, которые улавливаются приемником, обрабатываются компьютером и с временной задержкой передаются на следующий резонатор, для обеспечения акустического резонанса с пришедшей волной и стоячей волной резонатора. За счет последовательного прохождения акустической волны, на выходе системы получается выделенное акустическое инфразвуковое колебание. Используя минимум три акустические системы, возможно, определить местоположение источника возмущения.

Currently, monitoring of anthropogenic and natural changes in the Earth's surface is in different wave lengths. The set of monitoring stations using microwave range.

It is proposed to use the range of ELF to detect high-energy sources such as earthquakes, missile launches, testing of weapons.

The hardware part of the proposed use of acoustic resonators, tuned to the thousandth part of the length of the acoustic wave, and is located from each other at a distance, multiple wavelength. Each cavity is located receiver and a source of infrasound. Acoustic wave passes successively through the cavities of the system, it excites them standing waves that are detected by a receiver, processed by computer and transmitted with a time delay to the next resonator for acoustic resonance with an incoming wave and standing wave resonator. Due to the serial transmission of the acoustic wave at the output of the system turns the selected acoustic infrasonic oscillations. Using a minimum of three acoustic systems may determine the location of the source of disturbance.

Актуальность проблемы

В настоящее время мониторинг антропогенных и природных процессов в верхних слоях литосферы Земли ведется в различных диапазонах длин волн. Множество станций мониторинга используют СВЧ диапазон. Существенным недостатком высокочастотных методов мониторинга является то, что электромагнитные волны высокой частоты имеют сильное затухание.

Существующие методы высокочастотного мониторинга земной поверхности не позволяют получать всю необходимую информацию для решения таких практических задач, как оперативное предсказание землетрясений, определения местоположения подземных разломов и пустот. В настоящее время актуальной является проблема создания аппаратно-программного комплекса мониторинга верхних слоев литосферы, основанного на принципиально ином подходе получения информации.

В работе в качестве основного носителя информации предлагается использовать инфразвук, распространяющийся в земной коре, и вызванный различными источниками, такими как землетрясения, неоднородности литосферы, подземные испытания оружия и т.д.

Исходя из вышеизложенного, важной задачей является исследование методов СНЧ – мониторинга природных сред с целью выявления источников возмущений с помощью инфразвука.

Основная проблема

Для того чтобы анализировать инфразвуковые колебания земной поверхности и получать необходимую для решения практических задач информацию, необходимо решение нескольких теоретических и инженерных задач:

- создание системы пространственно разнесенных акустических резонаторов, настроенных на частоты, характеризующие выбранный источник возмущения;
- разработка методов получения информации от инфразвуковых приемников, ее обработки и принятия решений;
- составление баз данных и библиотек параметров инфразвуковых волн литосферы от различных источников.

Основной задачей исследования является создание аппаратно-программного комплекса мониторинга верхних слоев литосферы на основе инфразвуковых колебаний.

Пути решения

Перспективным является метод выявления источников подземных возмущений с помощью приема инфразвука различной частоты. Задача определения местоположения источника является решаемой, если использовать несколько пространственно разнесенных приемных станций.

Поскольку инфразвук слабо поглощается, он распространяется на большие расстояния и может служить индикатором наличия высокоэнергетических источников на удаленном расстоянии. Для инфразвука характерно малое поглощение в различных средах вследствие чего инфразвуковые волны в воздухе, воде и в земной коре могут распространяться на очень далёкие расстояния.

Инфразвук имеет природу, аналогичную обычному звуку. Для анализа можно использовать математический аппарат акустической физики. В данном исследовании основную роль играет резонатор Гельмгольца. Как показывают расчеты, габаритные размеры резонатора, настроенного на частоты 1-10 Гц составляют несколько метров (300-400 метров), что для данной задачи недопустимо.

Предлагается использовать систему пространственно разнесенных, расположенных на определенной глубине в земле, резонаторов, настроенных на тысячные части длины инфразвуковых волн. Расстояние между резонаторами подбирается таким образом, чтобы обеспечить необходимую фазовую задержку приходящей акустической волны. Метод выделения инфразвуковых волн заключается в последовательном возбуждении колебаний в объеме каждого резонатора частью акустической инфразвуковой волны, с передачей их на следующий резонатор с временной задержкой, определяемой скоростью звука в среде. Такое решение позволит уменьшить габаритные размеры системы – длина резонатора 0,2 – 0,4 метра, а также даст возможность оперативного реагирования на изменения окружающих условий на программном и аппаратном уровне.

Каждый резонатор представляет собой емкость цилиндрической формы с отверстием. Воздух в отверстии является колеблющейся массой, а объем воздуха в емкости играет роль упругого элемента. Основная часть кинетической энергии колебаний оказывается сосредоточенной в плоскости отверстия резонатора, где колебательная скорость частиц воздуха имеет наибольшую величину. В этом месте устанавливается СНЧ – приемник. Электрический сигнал с приемника передается на

микропроцессорный блок управления, который вычисляет необходимую задержку передачи звука в зависимости от свойств среды (в первую очередь скорости звука). Сигнал с СНЧ – приемника с определенной задержкой передается на следующий резонатор, где установлен СНЧ – излучатель. Акустический резонанс во втором резонаторе возникает между естественным инфразвуком, инфразвуком, воспроизведенным СНЧ - излучателем, и объемом резонатора. Вследствие того, что система состоит из нескольких резонаторов (3-5 резонаторов), происходит последовательное их возбуждение и выделение необходимой гармоника инфразвукового излучения требуемой амплитуды.

С помощью данной системы решаются две задачи:

- усиление необходимых гармоник, определяемых в процессе внедрения системы и натуральных экспериментов;
- фильтрация шумов.

Установка представляет собой систему из трех и более пространственно разнесенных систем акустических резонаторов, блока управления и блока обработки данных и принятия решений (рис.1).

Система состоит из следующих основных блоков:

Периферийный блок:

ПА – приемник акустический: преобразование инфразвука в электрические сигналы;

ПА* - приемник акустический: дополнительный модуль для приема звука вне резонатора;

ИА – излучатель акустический: излучение инфразвука в объеме резонатора;

ЦАП и АЦП – цифро-аналоговый и аналогово-цифровой преобразователи: первичное изменение информации в необходимую форму;

МК – микроконтроллер; управляет работой системы приема инфразвуковых колебаний, служит для обработки сигналов, их временной задержки и фильтрации шумов на программном уровне. Также управляет радиочастотным модулем (РЧМ);

РЧМ – радиочастотный модуль: передача и прием информации по радиоканалу, несущая частота 433МГц;

Центральный блок:

ПС – преобразователь сигналов: получение сигналов, для обработки центральным компьютером – ПК;

ПК – персональный компьютер: обработка информации, взаимодействие с пользователем, автоматизация и принятие решений, составление и хранение баз данных и библиотек сигналов.

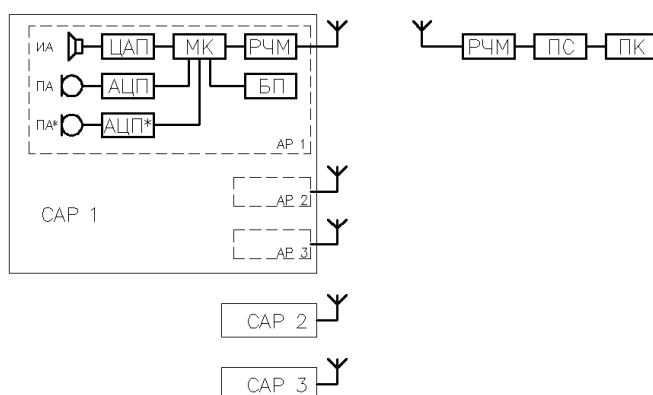


Рис.1 Структурная схема системы инфразвукового мониторинга

ПК – центральный компьютер системы. Получает информацию от всех САР – систем акустических резонаторов. Основная задача: сбор информации от акустических резонаторов по радиоканалу; обработка информации и обеспечение необходимых временных задержек; по времени задержки получаемых с каждой системы резонаторов сигналов вычисление местоположения источника возмущения на основе географической привязки комплекса и его положения в пространстве.

САР – система акустических резонаторов. Аппаратно-программный комплекс, в состав которого входят минимум три акустических резонатора (АР), настроенных на тысячную долю длины волны инфразвука заданной частоты в среде распространения – земной коре. Расстояние между резонаторами определяется необходимой фазовой задержкой и сложностью акустической картины региона, т.е. при прослушивании слабозашумленных территорий (вне города) или территории с большим количеством посторонних источников количество резонаторов различается. Это различие также обуславливается необходимой минимальной амплитудой сигнала, обеспечивающей качественное обнаружение и распознавание источника возмущений. Также в состав САР входит микропроцессорный блок управления, автономный источник питания, аппаратура передачи информации по радиоканалу, как к соседним системам резонаторов, так и к центральному компьютеру.

Дополнительные акустические приемники (ПА*) используют свой АЦП и расположены в границах всей системы; предназначены для постоянного прослушивания земной коры с целью выявления источников аддитивных помех (деятельность людей, природные явления), не относящихся к выявляемым.

Радио – частотные модули (РЧМ): так как система имеет большую пространственную протяженность, то предполагается использовать радиоканал для связи систем резонаторов между собой, а так же с центральным блоком. Для этой цели необходимо использовать радио-модули на 433МГц, рассчитанные на дуплексный режим работы и использующие протокол связи ZigBee, для упрощения организации сетевой структуры.

Блоки питания (БП), используемые в системе, автономные, рассчитанные на длительный период работы.

На приемной стороне кроме ПК также установлены РЧМ, а также преобразователи сигналов – ПС. Математическая обработка информации, необходимые вычисления, создание временных задержек и взаимодействие с пользователем осуществляется с помощью ПК.

Недостатком системы в первую очередь следует считать фиксированную анализируемую частоту, определяемую габаритными размерами резонатора. Недостаточная информационная база данных спектральных характеристик инфразвука от различных источников (землетрясения, старты ракет и самолетов) на начальных этапах внедрения системы будет накладывать ограничения на точность (решение проблемы: расширяемая база данных для записи уже проанализированных предлагаемым способом возмущений).

Заключение

Предложенный метод является универсальным и позволяет выделять необходимые гармоники инфразвуковых колебаний земной поверхности, являющиеся следствием активности подземных источников. Диапазон принимаемых частот зависит только от габаритных размеров резонаторов. Подстройка под конкретные природные условия происходит на программном уровне. Организация мониторинга на определенной местности не требует значительных финансовых инвестиций и затрат времени.

Литература

1. Сокол, Г. И. Особенности акустических процессов в инфразвуковом диапазоне частот / Г. И. Сокол. – Днепропетровск: Проминь, 2000. – 143 с.