

*А.В. Загора, к.т.н., доцент, НУГЗУ,
Е.Е. Селеенко, преподаватель, НУГЗУ,
А.Б. Фещенко, к.т.н., доцент, НУГЗУ*

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ГАРМОНИЧЕСКИХ
СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ ДИСТАНЦИОННОГО
ПОИСКА ПОСТРАДАВШИХ**
(представлено д.т.н. Туркиным И.Б.)

Показано, что для решения задачи поиска и обнаружения людей в задымленных и горящих помещениях целесообразно использование дистанционных методов: радиолокационного зондирования с применением простых и сложных сигналов. Обоснована необходимость минимизации уровня шумов в спектре излучаемого сигнала. Проведены исследования спектров гармонических сигналов с целью определения оптимальных параметров программных синтезаторов сигналов, обеспечивающих уменьшение уровня искажений синтезируемых колебаний.

Ключевые слова: радиолокационное зондирование, гармонические сигналы, минимизация уровня шумов.

Постановка проблемы. Проблема эффективного поиска и обнаружения людей в задымленных и горящих помещениях, несмотря на оснащенность спасателей ГСЧС современными техническими средствами поиска, остается достаточно актуальной и в настоящее время. В задачу аварийно-спасательных подразделений входит детальное обследование всех помещений горящего сооружения для обнаружения и своевременного оказания помощи пострадавшим. Вместе с тем, наличие агрессивной среды – дыма и огня – существенно осложняет поиск: спасатели вынуждены передвигаться в условиях нулевой видимости; велика вероятность обрушения горящих конструкций здания; используемая поисковая аппаратура (тепловизоры, приборы ночного видения, инфракрасные камеры, виброфоны, ультразвуковые локаторы) имеет высокий уровень ложных тревог [1]. Таким образом, применение традиционных способов поиска пострадавших на пожаре малоэффективно и представляет существенную опасность для жизни и здоровья самих спасателей.

Анализ последних исследований и публикаций. Одним из перспективных направлений развития способов поиска и обнаружения людей в задымленных и горящих помещениях является применение дистанционных поисковых систем (ПС), базирующихся на применении малогабаритных радиолокационных станций (РЛС) [2, 3].

Важнейшей особенностью конструкции ПС для применения личным составом аварийно – спасательных сил является их компактность и малый вес. Поэтому наибольший интерес представляют ПС, реализующие

щие цифроаналоговый метод формирования сигналов. Причем, цифровая часть формирователей сигналов таких ПС должна быть реализована на основе устройств с гибкой логикой [2]. Применение различных видов простых и сложных сигналов обеспечивает необходимую вероятность правильного обнаружения и высокую разрешающую способность ПС (до единиц сантиметров) [2, 3, 4].

Вместе с тем, решение задачи поиска людей в задымленных и горящих помещениях имеет свою специфику: объекты малоподвижны, мало-размерны и обладают малой отражающей способностью, что обуславливает малую мощность отраженного (принимаемого) сигнала. Кроме того, неравномерность и неоднородность среды, окружающей объекты поиска, определяют высокий уровень искажений отраженного сигнала, что ухудшает эффективность применения радиолокационных методов при решении задачи обнаружения пострадавших на пожаре [2, 4]. Одним из способов уменьшения искажений отраженного сигнала является минимизация до допустимых значений уровня искажений в спектре излучаемого сигнала.

Постановка задачи и её решение. Необходимость использования в ПС, решающих задачу поиска и обнаружения людей в задымленных и горящих помещениях, простых (гармонических) сигналов, обуславливает ужесточение требований к уровню искажений синтезируемых колебаний [2]. Поэтому, ниже рассмотрим условия выбора оптимальных параметров программных синтезаторов для ПС, обеспечивающих минимальный уровень искажений в спектре синтезируемых гармонических сигналов.

Исследования проведем на основе анализа спектров сигналов, полученных в результате математического моделирования. В результате работы программного вычислителя кодов фаз формируются коды мгновенных значений фазы цифрового сигнала $K_{\phi}(i)$

$$K_{\phi}(i) = K_{\phi}(i-1) + K_{\text{фн}}, \quad (1)$$

где $K_{\text{фн}}$ – код несущей частоты.

В соответствии с функциями синуса либо косинуса, при помощи тригонометрического преобразователя рассчитываются коды мгновенных значений напряжения $K_u(i)$. Моделирование квантованного сигнала осуществляется на основе соотношения

$$U(i) = K_u(i) / (2^{r-f} - 1), \quad (2)$$

где $r-f$ – разрядность вычислителя кодов фаз.

Для нахождения реальной и мнимой части спектральной плотности сигнала $S(i)$ воспользуемся выражением

$$\text{Re}(S(i)) = \sum_{i=1}^N \left(U(i) \cos \frac{2\pi m f_{\text{н}} i}{f_{\text{т}}} \right); \quad \text{Im}(S(i)) = \sum_{i=1}^N \left(U(i) \sin \frac{2\pi m f_{\text{н}} i}{f_{\text{т}}} \right). \quad (3)$$

Спектральную плотность мощности $G(i)$ определим как квадрат модуля спектральной плотности

$$G(i) = |S(i)|^2 = \text{Re}(S(i))^2 + \text{Im}(S(i))^2. \quad (4)$$

Тогда, превышение уровня сигнала над уровнем спектральных составляющих искажений определяется из выражения

$$D(i) = 10 \cdot \lg \frac{G(k)}{G(i)}, \quad (5)$$

где $G(k)$ – мощность полезного сигнала, $G(i)$ – мощность i -й спектральной составляющей искажений.

В результате моделирования были выделены две группы спектров. Детальный анализ спектров обеих групп показал следующее:

- уровень и характер искажений обусловлены влиянием фазовых ошибок, которые являются следствием процессов дискретизации сигнала во времени, а также квантования фазы и напряжения;

- определяющее влияние процесса дискретизации или процесса квантования на суммарный уровень искажений зависит от (R_{sp}) – соотношения между параметрами сигнала и параметрами формирователя. В частности, отношением начальной частоты к величине интервала разрешения по частоте (Δ_{sp})

$$R_{sp} = \frac{f_H}{\Delta_{sp}}, \quad (6)$$

где $\Delta_{sp} = \frac{f_T}{n_c}$ – величина интервала разрешения.

Таким образом, для минимизации влияния фазовых ошибок, обусловленных дискретизацией сигнала по времени, на общий (суммарный) уровень искажений необходимо выполнение следующего условия

$$R_{sp} \in N, \quad (7)$$

где N – множество целых чисел.

Выполнения условия (7) достигается за счет коррекции значений f_H , f_T или n_c . В качестве примера, проведем коррекцию частоты f_H при неизменных значениях f_T и n_c . Тогда скорректированное значение начальной частоты ($f_{H \text{ кор}}$) будет рассчитывается из следующего выражения

$$f_{H \text{ кор}} = f_T \cdot \frac{\text{round}\left[f_H \cdot \frac{n_c}{f_T} \right]}{n_c}. \quad (8)$$

Выводы. Таким образом, в результате проведенных исследований определены условия, обеспечивающие минимальный уровень искажений в спектре гармонических сигналов, синтезируемых программными цифроаналоговыми формирователями дистанционных поисковых систем, которые решают задачу поиска и обнаружения людей в задымленных и горящих помещениях.

В рассматриваемом случае, коррекция начальной частоты привела к уменьшению уровня искажений, обусловленных дискретизацией сигнала по времени, до 50 дБ, что позволяет существенно увеличить вероятность правильного обнаружения людей пострадавших на пожаре.

Однако, на практике не всегда имеется возможность изменять значения начальной частоты, поэтому приведение соотношения между параметрами сигнала и параметрами формирователя к условию (8) требует дальнейшего исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акимов В.А. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера [Текст] / В.А. Акимов, Ю.Л. Воробьев, М.И. Фадеев и др. – М.: Высш. шк., 2006. – 592 с.

2. Теория и техника генерирования, излучения и приема радиолокационных сигналов [Текст] / Под ред. Ю.Н. Седышева. – ВИРТА, 1986. – 650 с.

3. Щербаков Г.Н. Обнаружение скрытых объектов – для гуманитарного разминирования, криминалистики, археологии, строительства и борьбы с терроризмом [Текст] / Г.Н. Щербаков. – М.: Арбат-Информ, 2004. – 224 с.

4. Рабинер Л. Теория и применение цифровой обработки сигналов [Текст] / Л. Рабинер, Б. Гоулд. – М.: Мир, 1991. – 848 с.

Получено редколлегией 24.02.2017

О.В. Загора, Є.Є. Селеєнко, А.Б. Фещенко

Результати дослідження гармонічних сигналів у системах дистанційного пошуку постраждалих

Показано, що для розв'язання задачі пошуку і виявлення людей у задимлених і гарячих приміщеннях доцільно використання дистанційних методів: радіолокаційного зондування з застосуванням простих і складних сигналів. Обґрунтовано необхідність мінімізації рівня шумів у спектрі випромінюваного сигналу. Проведені дослідження спектрів гармонійних сигналів з метою визначення оптимальних параметрів програмних синтезаторів сигналів, що забезпечують зменшення рівня спотворень синтезованих коливань.

Ключові слова: радіолокаційне зондування, гармонійні сигнали, мінімізація рівня шумів.

A.V. Zakora, Y.Y. Seleenko, A.B. Feshchenko

The results of the study of harmonic signals in the systems of remote search for victims

It is shown that for solving the problem of finding and tracking people in a smoky and burning the premises of the appropriate use of remote sensing techniques: radar sensing using simple and complex signals. The necessity of minimizing noise in the spectrum of the emitted signal. Investigations of the spectra of harmonic signals to determine the optimal parameters of the software synths signals that minimize the distortion of the synthesized vibrations.

Keywords: radar probing, harmonic signals, minimizing noise level.