

В структурній схемі на рис. 5 застосовуються мультиплексори для того, щоб не використовувати помножувачі. Це досягається логічним зсувом вправо або вліво виходу квадратора (для квадратичної складової), або зміною фази для лінійної складової та виконання додавання усіх зсунутих доданків. Знак доданку h_{jk} використовується для формування негативної півхвилі. Така структура призводить до виникнення спотворень у синтезованому сигналі, для боротьби з яким підбираються коефіцієнти оптимізації q_k .

Висновки

Розглянуто принципи організації високошвидкісних цифрових синтезаторів частоти – DDS. Проведено класифікацію та виконано аналіз функціонування таких синтезаторів. Розглянуто основні напрямки розвитку високошвидкісних синтезаторів. Виявлено, що за мінімальних апаратних затрат найбільший частотний діапазон мають синтезатори з подвійно усіченим трикутником. Проте такі синтезатори мають недостатньо високу спектральну чистоту синтезованих сигналів. Для вирішення цієї проблеми в роботі запропоновано комбінований метод формування багаторівневого сигналу з кусково-лінійною та кусково-параболічною апроксимацією. Запропоновано математичну модель такого метода та структурну схему синтезатора сигналів синусоїдальної форми. Вираховано оптимальні коефіцієнти перетворення запропонованого методу.

Література

1. Ямпурин Н.П. Формирование прецизионных частот сигналов // Ямпурин Н.П., Болозев В.В., Сафонов Е.В., Жалнин Е.Б. / Под ред. Ямпурин Н.П. – Нижний Новгород, 2003.
2. Byung-Do Yang, Jang-Hong Choi, Seon-Ho Han An 800-MHz Low-Power Direct digital Frequency synthesizer With an On-Chip D/A converter/ Byung-Do Yang // IEEE Journal of solid-state circuits, vol.39, №5. – 2004.
3. Николайчук Я.М. П.В. Теоретичні засади та принципи побудови арифметико-логічного пристрою на основі вертикально-інформаційної технології / Николайчук Я.М., Заставний О.М., Гуменний // Вісник ХНУ. – 2012. – № 2. – С. 190 – 196..
4. Манасевич В. Синтезаторы частот. Теория и проектирование: Пер. с англ./Под ред. А.С. Галина. – М.: Связь, 1979.
5. Yuanwang Yang, Jingye Cai A Novel DDS Structure with Low Phase Noise and spurs/ Yuanwang Yang // UESTC, Chengdu. – 2011.
6. Vankka J. Direct Digital Synthesizers: Theory, Design and Applications/ Vankka J. // Helsinki University of Technology. – 2000. – С. 192.

Надійшла 6.9.2012 р.

Рецензент: д.т.н. Троцишин І.В.

УДК 614.8

Б.Б. ПОСПЕЛОВ

Национальный университет гражданской защиты Украины

О.М. ШИНКАРУК

Хмельницький національний університет

Р.І. ШЕВЧЕНКО

Национальный университет гражданской защиты Украины

ГРАНИЦЫ ПРИЕМЛЕМЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОБНАРУЖЕНИЯ КРИТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Определены границы приемлемых показателей качества для технических систем обнаружения критических состояний объектов природной и технической сферы в соответствии с современной концепцией приемлемого риска. Показано, что приемлемые показатели качества обнаружения обеспечиваются только при достаточно высоких энергетических соотношениях наблюдаемого фактора опасности и фона.

The limits of acceptable quality for technical systems detect critical conditions of natural and technical sphere in accordance with the modern concept of acceptable risk. It is shown that acceptable quality detection is provided only at sufficiently high energy ratio of the observed risk factors and background.

Ключевые слова: концепция приемлемого риска, техническая система обнаружения критических состояний объектов, границы приемлемых показателей качества обнаружения, критические состояния объектов.

Постановка проблемы. Антропогенное давление на окружающую среду, усиливающееся с развитием научно-технического прогресса, приводит к существенному росту числа опасных объектов

природной и технической сферы и порождает одну из глобальных проблем настоящего времени – проблему безопасности населения. В этих условиях актуальным становится предотвращение или сведение к минимуму тяжелых последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС), обусловленных авариями, загрязнением и разрушением биосферы, а также стихийными бедствиями. Концепция абсолютной безопасности недавнего времени лежала в основе создания и использования различных технических систем обнаружения опасных ситуаций с целью обеспечения безопасности объектов, принимаемых организационных мероприятий, жесткого регламента технологических процессов и работ. Считалось, что такой подход позволяет исключить любую опасность для населения и окружающей среды. До последнего десятилетия этот подход был оправдан. Однако в связи с существенным усложнением современных производств и появления принципиально новых технологий, концепция абсолютной безопасности вступает в противоречие с внутренними законами техносферы и биосферы. Поэтому человеческое сообщество пришло к пониманию невозможности обеспечения “абсолютной безопасности” реальной действительности и необходимости перехода к достижению “приемлемого” уровня риска от возможных ЧС. Его приемлемость обосновывается исходя из экономических и социальных соображений. Это означает, что уровень риска от возможных ЧС является приемлемым, если его величина (вероятность реализации или возможный ущерб) настолько незначительна, что ради получаемой при этом выгоды в виде материальных и социальных благ, человек или общество в целом готово пойти на соответствующий риск. Значения приемлемого риска являются отправными при определении величины целесообразных показателей качества для существующих и перспективных технических систем обнаружения критических состояний объектов. Актуальной при этом следует считать задачу определения по заданным пороговым значениям приемлемого риска соответствующих граничных значений приемлемых показателей качества для современных и перспективных технических систем обнаружения критических состояний объектов природной и технической сферы.

Анализ последних исследований и публикаций. Обоснованию критериев качества для систем обнаружения применительно к радиотехническим приложениям посвящена обширная литература [1]. Возможные критерии и показатели качества для технических систем обнаружения ЧС и технических систем безопасности потенциально опасных объектов рассматривались в работах [2– 5]. Однако в данных работах не решалась важная для проблемы безопасности задача определения границ приемлемых показателей качества для технических систем обнаружения критических состояний объектов природной и технической сферы с учетом реализации современной концепции «приемлемого» риска.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является анализ возможных критериев оптимальности и определение границ приемлемых показателей качества для современных и перспективных систем обнаружения критических состояний объектов природной и технической сферы, а также технических систем безопасности потенциально опасных объектов с учетом концепции «приемлемого» риска.

На сегодняшний день степень внедрения концепции «приемлемого» риска в разных странах различна. Например, в Нидерландах она доведена до закона. Согласно которого, вероятность смерти индивидуума от опасности техногенной сферы более 10^{-6} в течение года считается недопустимой, а менее 10^{-8} – пренебрежимо малой. Поэтому обычно приемлемый уровень риска, исходя из экономических и социальных причин, выбирается в диапазоне 10^{-6} – 10^{-8} в год. Важным фактором при определении приемлемого уровня риска является объективное существование случайной зависимости между частотой F наступления опасных событий и наносимыми ими ущербами N . Ущерб принято выражать в виде числа летальных исходов или в денежном эквиваленте. Такие зависимости получили название « F/N -диаграмм» и приведены в [6].

В зависимости от объектов и решаемых ими задач риск R представляется в виде математического ожидания ущерба или вероятности наступления неблагоприятного события в течение года. В первом случае риск R определяется по формуле:

$$R_1 = p \cdot g, \quad (1)$$

где p – вероятность наступления ЧС (частота аварий, катастроф) за год; g – ущерб от рассматриваемой ЧС. Размерность риска (1) согласуется с характером ущерба и определяется в виде размерности ущерб/год. Во втором случае риск определяется соотношением вида:

$$R_2 = p \cdot s, \quad (2)$$

где s – вероятность наступления неблагоприятного события при условии возникновения ЧС. Размерность риска (2), учитывая размерность параметра s , определяется в виде 1/год. Имея в виду основную задачу – защиту населения, в качестве неблагоприятного события, как правило, рассматривается степень опасности для жизни людей. Вероятность наступления чрезвычайной ситуации p (частота аварии, катастрофы) обычно определяется по картам зонирования опасности или по статистическим данным. Учитывая вероятностный характер процессов, потенциальный ущерб от ЧС определяют как математическое ожидание ущерба [6].

Будем полагать, что процесс контроля опасных факторов, характеризующих состояние объекта, сопровождается воздействием некоррелированных и случайных ненаблюдаемых фоновых факторов $\varepsilon_1(t)$, $\varepsilon_2(t)$, ..., $\varepsilon_n(t)$. Вследствие этого результат порогового испытания (обнаружения наличия критического состояния объекта, предвестника возможной ЧС) носит случайный характер. В случае обнаружения факта

критического состояния (превышения порога) выдается сигнал, инициирующий систему ослабления последствий опасного состояния. Случайный характер результата порогового испытания приводит к двум видам ошибок: ошибки пропуска и ошибки ложной тревоги. Обозначая вероятность ошибки пропуска через p_α , а вероятность ошибки ложной тревоги через p_β , средний риск L_1 от ошибок обнаружения критического состояния будет определяться величиной:

$$L_1 = Ap_\alpha p_c + Bp_\beta \bar{p}_c, \quad (3)$$

где A и B – стоимости ошибок пропуска и ложной тревоги: в общем случае $A \geq 0, B \geq 0; p_c, \bar{p}_c = 1 - p_c$ – априорные вероятности соответственно наличия и отсутствия критического состояния объекта в рассматриваемой области пространства. Сравнивая различные системы обнаружения, следует отдавать предпочтение такой, для которой средний риск L_1 оказывается меньше. Следовательно, оптимизация систем обнаружения критического состояния в общем случае должна производиться в соответствии с *критерием минимума среднего риска* L_1 , определяемого (3).

В частности, если стоимость ошибок за ложную тревогу и пропуск одинакова и равна единице, то средний риск будет равен сумме вероятностей указанных ошибок обнаружения:

$$L_2 = p_\alpha p_c + p_\beta \bar{p}_c. \quad (4)$$

Минимум этой вероятности в теории обнаружения обычно называют *критерием идеального наблюдателя* [1]. Очевидно, что критерий (3) является более общим для систем обнаружения критического состояния опасных объектов по сравнению с критерием (4). Поскольку он учитывает различие в стоимости ошибок ложной тревоги и пропуска. С учетом того, что вероятность пропуска $p_\alpha = 1 - \bar{p}_\alpha$, где \bar{p}_α является вероятностью правильного обнаружения, средний риск (3) может быть представлен в виде:

$$L_1 = Ap_c - Ap_c(\bar{p}_\alpha - k p_\beta), \quad (5)$$

где $k = B\bar{p}_c / Ap_c$ – весовой множитель. Поскольку первое слагаемое положительно, то критерий минимума среднего риска сводится к критерию

$$(\bar{p}_\alpha - k p_\beta) = \sup(\max), \quad (6)$$

который представляет собой весовой критерий обнаружения критического состояния объектов. Этот критерий требует такого повышения вероятности правильного обнаружения и понижения вероятности ложной тревоги в системах обнаружения критического состояния, при которых увеличивается взвешенная разность $\bar{p}_\alpha - k p_\beta$. При этом весовой множитель k в (5) и (6) определяется априорными вероятностями наличия или отсутствия критического состояния у объектов. Кроме этого он определяется стоимостями каждого вида ошибок. Если зафиксировать вероятность ложной тревоги на заданном уровне, то оптимизация системы обнаружения критического состояния объектов при заданном весовом множителе сводится к максимизации вероятности правильного обнаружения. Такая процедура в радиолокации получила название *критерия Неймана-Пирсона*. Рассмотренные критерии (3)– (6) качества для систем обнаружения критических состояний объектов природной и технической сферы базируются на знании *главных показателей качества* \bar{p}_α, p_α , и p_β обнаружения. При решении практических задач создания, модернизации и оптимизации, в смысле (3) – (6), систем обнаружения критических состояний объектов необходимо располагать данными о границах приемлемых показателей качества обнаружения с учетом концепции «приемлемого» риска.

Определим границы приемлемых значений для *главных показателей качества* \bar{p}_α, p_α , и p_β обнаружения критических состояний. Общее и частные решения данной задачи можно получить на основе рассмотренных выше критериев оптимальности обнаружения, если определить величину приемлемого риска, требуемые априорные вероятности наличия или отсутствия критических состояний объекта в тот или иной момент времени, а также стоимости соответствующих ошибок. Если невозможно знать их заранее для произвольного момента времени, то стоимости соответствующих ошибок удобно принять одинаковыми и единичными, а априорные вероятности наличия или отсутствия критических состояний равными 0,5. В этом случае соотношения, связывающие главные искомые показатели качества систем обнаружения с величинами приемлемого риска (1) и (2), примут соответствующий вид:

$$p_\alpha g_\alpha \leq 2R_1 - p_\beta g_\beta, \quad (7)$$

$$p_\alpha \leq 2R_2 - p_\beta, \quad (8)$$

где g_α и g_β – ущербы, наносимые ошибками пропуска и ложной тревоги при обнаружении критических состояний объектов.

В качестве примера на рис. 1 приведены, полученные на основе (8), зависимости граничных значений главных показателей качества p_α , и p_β для рассматриваемых технических систем обнаружения критических состояний объектов природной и технической сферы. При этом приемлемый уровень риска определялся принятыми допустимыми вероятностями смерти индивидуума от опасностей техногенной сферы. При этом предполагалось, что процесс появления опасности описывается пуассоновским потоком заданной интенсивности λ .

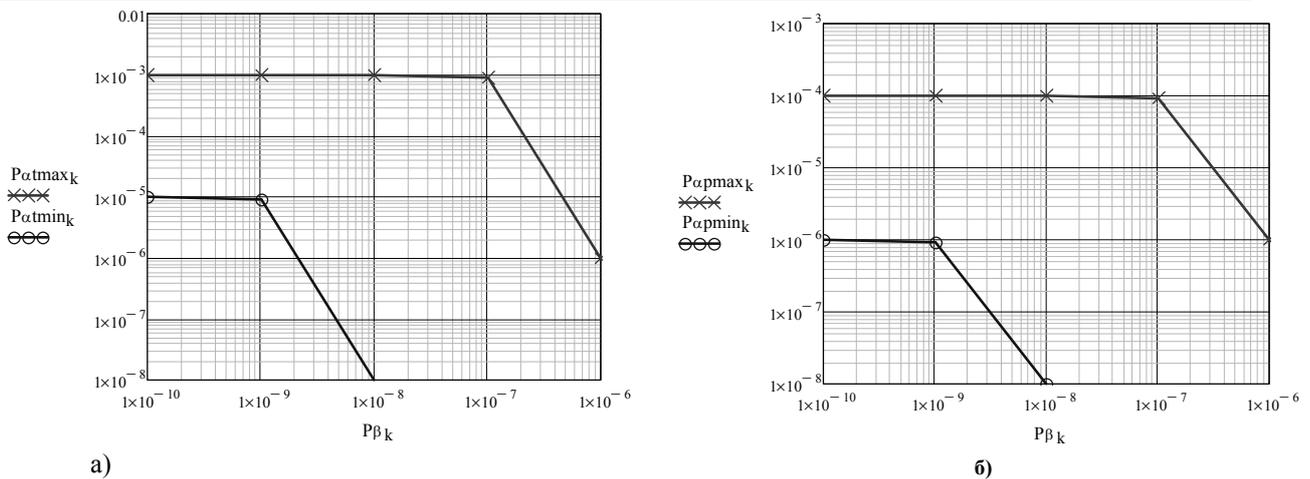


Рис. 1. Зависимости границ показателей P_{α} и P_{β} для систем техногенной сферы (а) и природной сферы (б) от вероятности P_{β}

Следует отметить, что вероятность возникновения наиболее тяжелых катастроф первых трех классов в мирное время составляют от $(2 \div 3) \cdot 10^{-2}$ до $(0,5 \div 1) \cdot 10^{-1}$ в год, а ущербы от 1 до 100 миллиардов долларов на катастрофу. При этом их риски изменяются в пределах от 10 тысяч долларов в год до 10 миллиардов долларов в год (произведение вероятности аварии или катастрофы и прямого ущерба, который она приносит). По данным [6] частота возникновения ЧС с летальным исходом в техногенной сфере свыше 10000 человек составляет $10^{-3} - 10^{-4}$ в год. Аналогичные данные для природных ЧС составляют $10^{-2} - 10^{-3}$.

Верхние кривые на рис. 1 (а, б) получены для приемлемого риска, который характеризуется допустимой вероятностью смерти индивидуума от техногенных ЧС ($\lambda = 10^{-3}$) и природных ЧС ($\lambda = 10^{-2}$). Вероятность смерти выбиралась равной величине 10^{-6} и считается недопустимой [6]. Нижние кривые соответствуют приемлемому риску для вероятности 10^{-8} . Такая вероятность считается пренебрежимо малой. Область, лежащая между кривыми, определяет допустимую область значений для главных показателей качества p_{α} и p_{β} . Существующие и создаваемые системы обнаружения должны иметь показатели качества, принадлежащие указанным областям. Если вероятности появления критических состояний объектов неизвестны (априорная неопределенность условий обнаружения), то полагают их равными 0,5. В этом случае зависимости граничных значений P_{α} и P_{β} от величины вероятности ложной тревоги P_{β} для главных показателей качества систем обнаружения соответственно в техногенной и природной сфере совпадают и приведены на рис. 2.

Из анализа данных, приведенных на рис. 1 и рис. 2 следует, что в условиях априорной неопределенности к главным показателям качества технических систем обнаружения должны предъявляться довольно жесткие требования, выполнение которых может потребовать использования значительного ресурса.

В работе [7] развивается системный подход к оценке риска на основе определения энергетических факторов опасности. Учитывая это, представляется интересной оценка требуемых энергетических соотношений между уровнями определяемого фактора опасности и сопутствующего мешающего фона. Показатели качества обнаружения p_{α} и p_{β} факторов опасности со случайными параметрами зависят от статистики наблюдений. Статистика должна учитывать наличие и отсутствие опасного фактора в смеси с мешающим фоном. Безусловная статистика наблюдений находится на основе интегрирования соответствующих условных статистик наблюдений по указанным случайным параметрам. Сказанное имеет место при наличии энергетических и неэнергетических случайных параметров у определяемого фактора опасности. Можно показать, что в этом случае статистика наблюдений при наличии и отсутствии опасного фактора в смеси описывается законом Рэлея с соответствующими параметрами. При этом показатели p_{α} и p_{β} оказываются зависимыми от порога h обнаружения. Эти показатели определяются следующими соотношениями:

$$p_{\alpha} = 1 - \exp(-h^2 / (2 + q)), \quad (9)$$

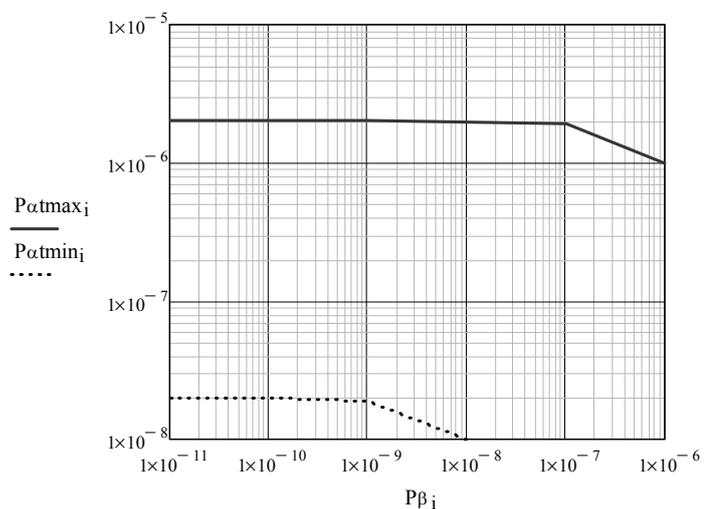


Рис. 2. Зависимости граничных значений P_{α} и P_{β} от величины P_{β} для систем обнаружения критических состояний в условиях неопределенности

$$p_{\beta} = \exp(-h^2 / 2), \quad (10)$$

где $q = 2E/N_0$ – отношение энергии определяемого фактора опасности к спектральной плотности мешающего фона. Исключив величину h из соотношений (9) и (10) получим, что

$$p_{\alpha} = 1 - p_{\beta}^{(1+q/2)^{-1}}. \quad (11)$$

Из выражения (11) следует, что требуемые показатели качества технических систем обнаружения в соответствии концепцией допустимого уровня риска обеспечиваются только при достаточно высоких значениях отношения энергии определяемого фактора опасности к спектральной плотности мешающего фона. Так, например, для обнаружения ЧС техногенной сферы с параметрами качества $p_{\alpha} = 10^{-3}$ и $p_{\beta} = 10^{-7}$ из допустимой подобласти (рис. 1) требуемая величина $q = 3,222 \cdot 10^4$. Это означает, что мешающий фон, сопутствующий наблюдению энергетического параметра опасности, практически должны отсутствовать. В противном случае обеспечение требуемых приемлемых показателей качества обнаружения критических ситуаций объектов становится весьма проблематичным.

Выводы. Проведен анализ возможных критериев оптимизации и показателей качества для технических систем обнаружения критических состояний опасных объектов природной и технической сферы. Определены соотношения, связывающие искомые главные показатели качества для технических систем обнаружения критических состояний объектов с величинами приемлемого риска. Найдены граничные значения приемлемых показателей качества обнаружения технических систем для техногенной и природной сферы. Показано, что требуемые приемлемые показатели качества обнаружения обеспечиваются только при достаточно высоких значениях отношения энергии определяемого фактора опасности к спектральной плотности мешающего фона.

Література

1. Ван Трис Г.Л. Теория обнаружения, оценок и модуляции : т. I– II / Ван Трис Г.Л.; [пер. с англ. / под ред. В.И. Тихонова]. – М. : Сов. Радио, 1972. – 744 с.
2. Абрамов Ю.А. Повышение эффективности обнаружения пожара по температуре / Ю.А. Абрамов, В.М. Гвоздь, Е.А. Тищенко. – Харьков : НУГЗУ, 2011. – 129 с.
3. Поспелов Б.Б. Оптимальный выбор количества пожарных извещателей в системе защиты резервуара с нефтепродуктом / Б.Б. Поспелов, А.Е. Басманов, А.А. Михайлюк, Я.С. Кулик // Проблемы пожарной безопасности. – Х. : НУГЗУ, 2011. – Вып. 30. – С. 12– 15.
4. Поспелов Б.Б. Структурный метод повышения надежности датчиков первичной информации в системе ослабления последствий чрезвычайной ситуации / Б.Б. Поспелов, А.Е. Басманов // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х. : НУГЗУ, 2011. – Вип. 14. – С. 129– 134.
5. Шевченко Р.І. Визначення показників небезпеки основних елементів аміачної холодильної установки за допомогою багатокритеріальної методики оцінки та управління ризиком виникнення аварій / Р.І. Шевченко, Д.В. Тарадуда, С.М. Щербак // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х. : НУЦЗУ, 2010. – Вип. 12. – С. 155– 166.
6. Надежность технических систем и техногенный риск / [Акимов В.А., Лапин В.Л., Попов В.М. и др.]. – М. : ЗАО ФИД «Деловой экспресс», 2002. – 386 с.
7. Калугін В.Д. Системний підхід до оцінки ризиків надзвичайних ситуацій в Україні / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Чорного, Р.І. Шевченко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2012. – № 1/6 (55). – С. 59– 70.

Надійшла 14.9.2012 р.
Статтю представляє: д.т.н. Шинкарук О.М.