

УДК 621.396

ЛЯХ Б. А., КОНДРАТЕНКО В. А.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАДИОМОНИТОРИНГА СИГНАЛОВ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ КОРТКОВОЛНОВОГО ДИАПАЗОНА

Военная академия Республики Беларусь

Описана структура модели, позволяющей провести оценку эффективности функционирования системы радиомониторинга сигналов адаптивных систем радиосвязи коротковолнового диапазона в неблагоприятных условиях воздействия внешних помех.

Введение

Современный этап развития систем и средств связи различных диапазонов характеризуется совершенствованием технических средств их реализации. Однако несмотря на бурное развитие средств коммуникации УКВ диапазона (транкинговая, сотовая, спутниковая связь), позволяющих формировать широкополосные высокоскоростные каналы передачи информации, США, Германия, Китай, Россия и т. д. продолжают наряду с этим использовать относительно низкоскоростную и малокабельную коротковолновую (КВ) радиосвязь. При этом, как показано в [1], ведущие производители коммуникационного оборудования регулярно представляют свои новые разработки в области КВ радиосвязи, как для гражданских, так и специализированных пользователей. Для этого существует ряд причин:

– большая дистанция связи (от десятков до тысяч километров) без дополнительных затрат на оборудование сетей и, как следствие, низкая стоимость одного километра канала КВ связи по сравнению с другими системами радиокommunikаций;

– использование адаптивных методов установления и поддержания радиосвязи, базирующихся на современных технологиях цифровой обработки информации, позволяющих повысить качество и устойчивость КВ каналов радиосвязи.

Современные системы связи КВ диапазона характеризуются автоматизацией процессов

установления радиосвязи и гарантированной передачи информации, адаптивностью к помеховой обстановке в КВ диапазоне, возможностью организации аналоговых и цифровых сетей связи. Это стало возможным благодаря развитию технологии автоматического установления и поддержания радиосвязи (ALE – Automatic Link Establishment). Технология автоматического установления и поддержания радиосвязи в автоматическом режиме производит выбор канала связи, глубину помехоустойчивого кодирования и вида модуляции сигнала в зависимости от параметров канала связи, контролирует качество получаемых данных.

Режим автоматического установления и поддержания связи в КВ диапазоне является основным для систем и средств связи гражданского и специального назначения. Его применение регламентировано стандартами MIL-STD-188-141A и MIL-STD-188-141B (App. C).

Проведенный анализ показал, что существующие стандарты и сама технология ALE постоянно совершенствуются. В настоящее время системы и средства связи гражданского и специального назначения поддерживают режимы ALE второго и третьего поколения.

Одновременно с этим, в связи с имеющимися особенностями обработки радиосигналов адаптивных систем радиосвязи, существует необходимость в автоматизации процессов обнаружения, распознавания и выделения данных сигналов из всей совокупности радиосиг-

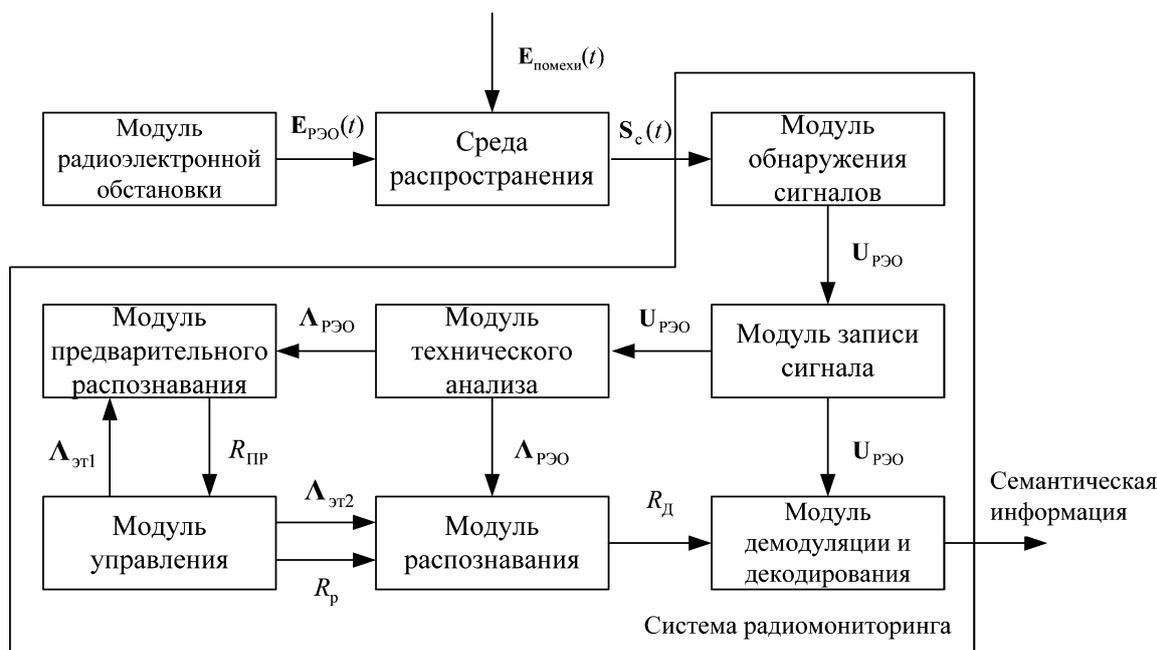


Рисунок 1. - Структура математической модели системы радиомониторинга

налов КВ диапазона, что является одной из актуальных задач процесса ведения радиомониторинга.

Система радиомониторинга адаптивных систем радиосвязи КВ диапазона относится к классу больших систем, этапы проектирования, внедрения, эксплуатации и эволюции, которой в настоящее время невозможны без использования различных видов моделирования. На всех перечисленных этапах, как показано в [2], для различных уровней обработки системы радиомониторинга необходимо учитывать следующие особенности: сложность структуры и стохастичность связей между элементами, неоднозначность алгоритмов поведения при различных условиях, большое количество параметров и переменных, неполноту и недетерминированность исходной информации, разнообразие и вероятностный характер воздействий внешней среды и т. д. Согласно [3], ограниченность возможностей экспериментального исследования системы радиомониторинга делает актуальной разработку методики моделирования, которая позволила бы в соответствующей форме представить процессы функционирования системы радиомониторинга и получение результатов оценки характеристик исследуемых сигналов адаптивных систем радиосвязи КВ диапазона с помощью математических моделей.

Математическое моделирование системы радиомониторинга сигналов адаптивных систем радиосвязи КВ диапазона

Основной задачей математического моделирования является оценка возможностей системы радиомониторинга сигналов адаптивных систем радиосвязи КВ диапазона обнаруживать, распознавать и принимать решения по дальнейшей обработке сигналов в сложной помеховой обстановке.

Для проведения исследований авторами разрабатывается математическая модель системы радиомониторинга сигналов адаптивных систем радиосвязи КВ диапазона, структура которой представлена на рис. 1.

Представленная на рис. 1 схема не исчерпывает всего многообразия ситуаций, которые могут возникать в процессе ведения радиомониторинга адаптивных систем связи КВ диапазона, и является типовой схемой системы радиомониторинга. Она позволяет по результатам моделирования, по аналогии с [4], оценить взаимосвязь различных объектов (модулей) системы, провести выборку входных параметров, исследовать вопросы управления и дает возможность выделить те параметры, значения которых подлежат корректировке.

Совокупность ИРИ совместно с влиянием среды распространения (затухание, искажение и др.) и воздействием помех создает результи-

рующее электромагнитное поле радиосигналов $S_c(t)$, которое является входным вектором системы радиомониторинга:

$$S_c(t) = E_{PЭО}(t) + E_{помехи}(t),$$

где $E_{помехи}(t)$ – вектор, описывающий искажающее влияние среды распространения радиоволн и помехи (естественные и искусственные).

Реализация $S_c(t)$ поступает на вход системы радиомониторинга. Ее первым блоком является модуль обнаружения сигналов, который осуществляет обнаружение и аналого-цифровое преобразование (АЦП) $S_c(t)$.

Состав модуля, в зависимости от задач обнаружения, может включать различные технические средства: блоки АЦП, антенно-фидерная система (пассивная или активная), радиоприемные устройства (одноканальные или многоканальные), пеленгатор и др.

Как показано в [4], основными техническими характеристиками модуля обнаружения сигналов, позволяющими сравнивать различные варианты построения, являются: чувствительность приемников, ширина полосы частот одновременного приема, сектора направлений одновременного приема сигналов по азимуту и углу места, пропускная способность по потоку обрабатываемых сигналов, динамический диапазон в односигнальном и многосигнальном режиме, разрешающая способность измерения основных первичных параметров сигналов.

В качестве критериев обнаружения сигналов могут использоваться: диапазон частот, пеленг, уровень мощности входного сигнала, время наблюдения и т. д.

На выходе модуля обнаружения формируется вектор $U_{PЭО}$ совокупности обнаруженных сигналов:

$$U_{PЭО} = \sum_{j=1}^N U_j,$$

где U_j – вектор j -го сигнала.

Каждый обнаруженный сигнал вектора $U_{PЭО}$ сохраняется в модуле записи сигнала и поступает на модуль демодуляции и декодирования, а также – на модуль технического анализа, который формирует вектор $\Lambda_{PЭО}$ в виде сгруппированных по каждому j -му сигналу вектора $U_{PЭО}$ упорядоченных наборов данных, содер-

жащих результаты технического анализа параметров сигналов в соответствующем формате:

$$\Lambda_{PЭО} = \begin{bmatrix} f_{o1}, T_{o1}, E_{o1}, \Delta f_1, TM_1, M_1, V_{M1} \\ f_{o2}, T_{o2}, E_{o2}, \Delta f_2, TM_2, M_2, V_{M2} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ f_{oN}, T_{oN}, E_{oN}, \Delta f_N, TM_N, M_N, V_{MN} \end{bmatrix},$$

где f_o – центральная частота сигнала; T_o – длительность сигнала; E_o – амплитуда сигнала; Δf – ширина спектра сигнала; TM – вид модуляции сигнала (АМ, ЧМ, ФМ); M – количество позиций модулированного сигнала с фазовой модуляцией (ФМ-2, -4, -8); V_M – скорость манипуляции для сигналов с ФМ-2, -4, -8.

Для выделения сигналов адаптивной системы радиосвязи из всей совокупности $\Lambda_{PЭО}$ в модели используется два модуля: модуль предварительного распознавания и модуль распознавания. Использование двух модулей обуславливается необходимостью сокращения времени процесса распознавания и дальнейшей обработки, так как вероятность вскрытия адаптивной системы связи, меняющей за сеанс связи частоты приема/передачи и режимы работы, зависит от скорости обнаружения, распознавания и обработки этих сигналов.

Модуль предварительного распознавания выполняет задачу «прореживания» вектора $\Lambda_{PЭО}$ с целью исключения из дальнейшей обработки сигналов, которые не принадлежат адаптивной системе связи. В качестве эталона используется вектор $\Lambda_{эт1}$ формата:

$$\Lambda_{эт1} = \{F_{н}, \Delta F, V_M\}.$$

В случае если анализируемые параметры i -го сигнала $\Lambda_{PЭО}$ совпадают с эталонными значениями $\Lambda_{эт1}$, в модуле предварительного распознавания формируется сигнал управления $R_{ПР}$, который поступает на вход модуля управления и содержит индекс сигнала $N_{инд}$ из совокупности $\Lambda_{PЭО}$, который подлежит последующему распознаванию в модуле распознавания.

Модуль управления предназначен для управления системой распознавания сигналов и формирования эталонных значений $\Lambda_{эт1}$ и $\Lambda_{эт2}$. При поступлении $R_{ПР}$ на вход модуля управления на его выходе формируется сигнал управления R_p , содержащий разрешающую команду на выполнение процедуры распознавания и индекс сигнала $N_{инд}$ совокупности $\Lambda_{PЭО}$.

который подлежит распознаванию, и эталонный вектор $\Lambda_{\text{эт2}}$ формата:

$$\Lambda_{\text{эт2}} = \{T_{\text{и}}, n_{\text{м}}, \nu_{\text{м}}, U\}.$$

Модуль распознавания, получив от модуля управления сигнал $R_{\text{р}}$ и вектор $\Lambda_{\text{эт2}}$, производит сравнение оставшихся параметров сигнала с индексом $N_{\text{инд}}$ совокупности $\Lambda_{\text{РЭО}}$ с вектором $\Lambda_{\text{эт2}}$ и, в случае их совпадения, на выходе модуля формируется сигнал управления $R_{\text{д}}$, содержащий разрешающую команду на выполнение процедуры демодуляции и декодирования и индекс сигнала $N_{\text{инд}}$ совокупности $\Lambda_{\text{РЭО}}$, который подлежит обработке.

Модуль демодуляции и декодирования, получив разрешение на выполнение, запрашивает из модуля записи сигнал с индексом $N_{\text{инд}}$ и выполняет операции демодуляции и декодирования, а в случае успешной реализации на

выходе модуля формируется семантическая информация в виде документов: doc, xls, txt, pdf, rtf и др.

Заключение

Представленная структура модели системы радиомониторинга адаптивных систем радиосвязи КВ диапазона позволит в дальнейшем провести оценку весовых коэффициентов их признаков, что может привести к значительному сокращению времени моделирования.

Целями дальнейших исследований являются: декомпозиция процесса получения информации и обоснование содержания основных этапов обработки сигналов, а также оценка эффективности, адекватности и универсальности представленной модели системы радиомониторинга.

Литература

1. Головин О. В., Простов С. П. Системы и устройства коротковолновой радиосвязи / Под ред. профессора О. В. Головина. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 598 с.
2. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем: Учеб. для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2001. – 343 с.
3. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1968. – 356 с.
4. Радзиевский В. Г., Сирота А. А. Теоретические основы радиоэлектронной разведки. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Радиотехника, 2004. – 432 с.

Поступила 10.03. 15

ЛІАКН В. А., KONDRATYONOK V. A.

MODELLING OF RADIO MONITORING SYSTEM OF SHORT-WAVE RADIO COMMUNICATION ADAPTIVE SYSTEMS

The structure of model which allows to spend an estimation of system functioning efficiency of radio monitoring system of short-wave radio communication adaptive systems in adverse conditions of influence of external jams is described.