

УДК 621.391

М.Ш. Бозиєв

Открытое акционерное общество «Гранит», г. Макеевка

E-mail: granit@tr.dn.ua**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМА ОБНАРУЖЕНИЯ И ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ СДВ РАДИОЛИНИЙ КОМПЛЕКСОМ «P-749 У»****Abstract**

Bozijev M.Sh. Analysis of pre-conditions for improvement of the VLF radio link detect and evaluation of their parameters algorithm by «R-749 U» complex. The analysis of structure and functions of «R-749U» complex is executed. Algorithm and structure of the improved complex offered.

Keywords: VLF radio link, «R-749U» complex, functions, algorithm, structure.

Анотація

Бозиєв М.Ш. Удосконалення алгоритму виявлення і оцінювання параметрів СДВ радіоліній комплексом „P-749У”. Аналізується структура і функції комплексу «P-749У». Запропонована вдосконалена структура і алгоритм комплексу.

Ключові слова: СДВ радіолінія, комплекс „P-749У”, функції, алгоритм, структура.

Аннотация

Бозиєв М.Ш. Усовершенствование алгоритма обнаружения и оценивание параметров СДВ радиолиний комплексом «P-749У». Анализируется структура и функции комплекса «P-749У». Предложена усовершенствованная структура и алгоритм комплекса.

Ключевые слова: СДВ радиолиния, «P-749У», функции, алгоритм, структура.

Анализ проблемы и постановка задачи. Контроль и мониторинг сверхдлинноволновых (СДВ) радиолиний приобретает большую значимость для решения многих задач глобального характера — метеорологического и геофизического прогнозирования, навигации и связи военно-морского флота, геологоразведки и др.

Для контроля СДВ радиолиний военного назначения в СССР был создан специализированный комплекс P-749 «P-749 У», который с некоторыми усовершенствованиями применяется и в настоящее время [1]. Комплекс P-749 предназначен для контроля радиолиний связи (линий передачи данных) в частотном диапазоне 8 – 60 кГц и управления подавлением радиолиний. Передатчиками (приемниками) радиолиний могут быть наземные радиоцентры, самолетные ретрансляторы и подводные лодки. Комплекс построен на основе элементной базы 80-х годов прошлого столетия. Площадь необходимая для размещения изделия «P-749 У» — 50–60 м. кв. состав. Состав 4 стойки, общей массой порядка 1,5 т, потребляемая мощность 3,75 кВт.

Развитие элементной базы современных радиосистем и разработка новых принципов обработки сигналов создают основу для совершенствования структуры и алгоритмов функционирования технических средств контроля и мониторинга, позволяющих не только повысить качество функционирования, но и способствующих улучшению эксплуатационных характеристик [2,3]. Вышесказанное определяет цель и задачи данного исследования.

Решение задачи и результаты исследования. Применительно к данной работе интерес представляют следующие функции комплекса «P-749 У»:

1. Обнаружение действующих радиолиний;
2. Анализ сигналов обнаруженных радиолиний и измерение их параметров;

3. Пеленг передатчиков радиолиний;
4. Распознавание (идентификация) радиолиний;
5. Выработка командной информации на работу с радиолинией (подавление, уточняющее наблюдение, регистрация передаваемых сигналов и т.д.).

Структурная схема комплекса приведена на рис. 1.

Функции, реализуемые структурными модулями и состав этих модулей, позволяют оценить потенциальные возможности комплекса и, в какой-то мере, всей системы контроля СДВ радиолиний. Ниже приводится перечень модулей комплекса и их функции.

1. АФУ — Антенно-фидерное устройство:

– Восприятие электромагнитного излучение в точке приема и канализация переносимой им энергии в виде электрических сигналов на входы радиоприемных устройств.

2. УРС — Устройство радиоприемное сканирующее:

– Обнаружение радиоизлучения в заданном частотном диапазоне по энергетическому критерию (превышению средней мощности смеси сигнала и шума в заданной полосе приема заданного порогового значения мощности);

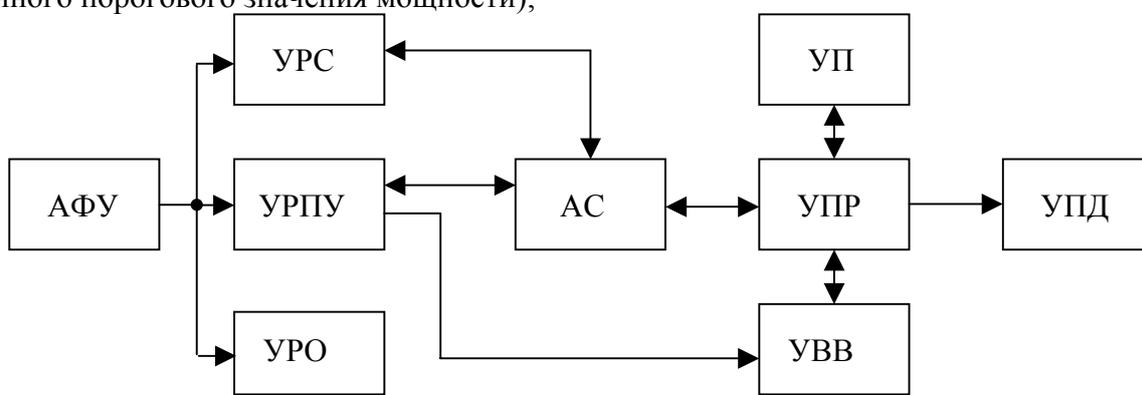


Рисунок 1 — Структурная схема комплекса Р-749У

– Формирование признака обнаружения радиоизлучения и сигналов, идентифицирующих частоту приема обнаруженного радиоизлучения, и выдача их на анализатор сигналов (АС).

3. АС — Анализатор сигналов:

– Управление информационным обменом с УРС и УРПУ;

– Текущий анализ обнаруженных сигналов от УРС в процессе, которого определяются (измеряются) их частотные и временные параметры.

4. УРПУ — Устройство радиоприемное программно управляемое:

– Прием обнаруженных радиосигналов в заданной полосе частот по признаку обнаружения и параметрам частоты, сформированными УРС;

– Выдача принимаемых (демодулированных) сигналов на АС.

5. УВВ — Устройство ввода вывода:

– Ввод параметров масок сигналов радиолиний подлежащих контролю;

– Ввод параметров масок сигналов радиолиний включенных в состав не подлежащих контролю;

– Выдача визуальной и звуковой информации о текущих результатах контроля (параметры сигналов, тональные посылки и др.);

– Оперативное управление комплексом (пуск, останов, управление принятием решений и др.);

– Ввод решений, принимаемых оператором.

6. УПР — Устройство принятия решений:

- Решение задачи распознавания (идентификации) радиолинии;
- Управление информационным обменом с УВВ, АС, УПРД (устройство передачи данных), УП (устройство пеленгования).

7. УП — Устройство пеленгования:

- Восприятия и выдача сигналов управления и данных в процессе информационного взаимодействия с УПР;

- Определение пеленга на передатчик обнаруженной радиолинии;

- Выработка кода пеленга для выдачи его в УПР.

8. УПД — Устройство передачи данных:

- Передача данных и командной информации на управление процессом подавление радиолинии.

9. Радиоприемное устройство обзорное (УРО):

- Визуальное наблюдение за радиобстановкой в контролируемой полосе частот;

- Визуальное оценивание спектральных характеристик сигналов контролируемых радиолиний.

Ключевыми элементами алгоритма функционирования комплекса в автоматизированном режиме являются:

1. Ввод в память УПР признаков радиолиний (параметрические маски радиолиний) и других начальных настроек (УВВ, УПР);

2. Запуск УРС на сканирование в заданном диапазоне частот (УВВ, УПР АС, УРС);

3. Обнаружение работающей радиолинии, определение настроек приемника и передача признака обнаружения и данных о настройках на АС и УРПУ (УРС, АС, УРПУ);

4. «Захват» радиолинии УРПУ и передача сигнала продолжения сканирования на УРС (УРПУ, АС, УРС);

5. Загрузка реализации сигнала работающей радиолинии в АС и анализ сигналов (УРПУ, АС);

6. Выдача результатов анализа из АС в УПР и принятие оценочного решения при идентификации радиолинии (АС, УПР, УВВ);

7. Формирование запроса на получение информации о пеленге на передатчик (и) радиолинии (АС, УПР, УВВ, УП).

8. Определение пеленга на передатчик радиолинии и выдача данных о нем в УПР (УП, УПР, УВВ);

9. Принятие окончательного решения по идентификации радиолинии (УПР, УВВ);

10. Принятие решения о дальнейшей работе с радиолинией и выработка командной информации на исполнение этого решения (УПР, УВВ);

11. Передача командной информации для исполнения (УВВ, УПР, УПД).

Анализ комплекса как специализированной информационно-измерительной системы с современных позиций позволяет установить несовершенство алгоритма и значительную аппаратную избыточность, а именно:

- Разбивка частотного диапазона мониторинга на поддиапазоны и последовательное сканирование поддиапазонов приводит к необходимости использования нескольких однотипных приемников, что не гарантирует, тем не менее, возможности пропуска кратковременной радиопосылки;

- Необходимость в дополнительном приемнике и средств управления им для решения задачи получения сигнала обнаруженной радиолинии с последующим измерением его параметров, что еще больше увеличивает аппаратную избыточность;

- Низкое быстродействие используемых вычислительных средств не позволяет использовать современные алгоритмы обработки сигналов и организовать работу с базами данных.

- Потенциально комплекс может быть использован для решения геофизических задач, однако, аппаратная избыточность, устаревшая элементная база, значительное энергопотреб-

ление комплекса существенно ограничивают возможности по созданию мобильных систем радиоконтроля и мониторинга. Мобильность позволяет упростить решение задач локализации неоднородности радиолинии, вызванной исследуемым геофизическим процессом, за счет рационального выбора местоположения приемных центров по отношению к предполагаемому расположению неоднородности.

Совместный анализ функций реализуемых модулями комплекса и вышеперечисленных недостатков позволяет сделать вывод о потенциальной возможности и целесообразности реализации большей части функций программными средствами. Аппаратной основой усовершенствованного комплекса может быть современный высокопроизводительный микрокомпьютер, дополненный средствами первичной обработки радиосигнала, поступающего из антенны. Структурная схема компьютерной системы СДВ мониторинга приведена на рис. 2. Структурно-алгоритмическая организация усовершенствованной системы претерпевает значительные изменения. Базовая структура усовершенствованного комплекса приведена на рис. 3.



Рисунок 2 — Структурная схема компьютерной системы СДВ мониторинга

В основу функционирования усовершенствованного комплекса положена концепция непрерывной загрузки в вычислительное устройство группового сигнала, соответствующего всему контролируемому диапазону частот (8–60 кГц) с последующими преобразованием по Фурье в реальном времени. Получаемый при этом текущий спектр группового сигнала сравнивается с предельной маской уровней частотных компонент этого сигнала (маска обнаружения). При выходе части спектра за границы предельной маски, что соответствует обнаружению работающей радиолинии, система выделяет эту часть спектра, формируя маску радиолинии, и осуществляет накопление сигнала работающей радиолинии. При этом осуществляются непрерывные измерения параметров сигнала, как во временной, так и в частотной областях, их совместная обработка, в том числе и статистическая. Маска группового сигнала корректируется с учетом спектра обнаруженной радиолинии, и процесс обнаружения новых радиолиний продолжается с учетом этой коррекции параллельно со статистической обработкой сигнала ранее обнаруженной радиолинии. Достижение устойчивости результатов статистической обработки в заданных границах допустимых погрешностей предлагается использовать в качестве критерия достаточности объема статистических данных и окончания накопления сигнала радиолинии. Полученные оценки параметров используются как информативные, по которым на основе априорных сведений базы данных принимаются идентификационные решения. В процессе идентификации может принимать участие человек — оператор комплекса.

Базовый алгоритм функционирования системы СДВ мониторинга представлен на рис.4, а его детализация и увязка с базовой структурой приведены в нижеприведенных комментариях к описаниям функций и обозначениям на рисунках:

1. ИИ — Инициализация. Выполняет установку начальных значений переменных Z , RL , D , MO , MRL .

Переменные Z и RL — логические.

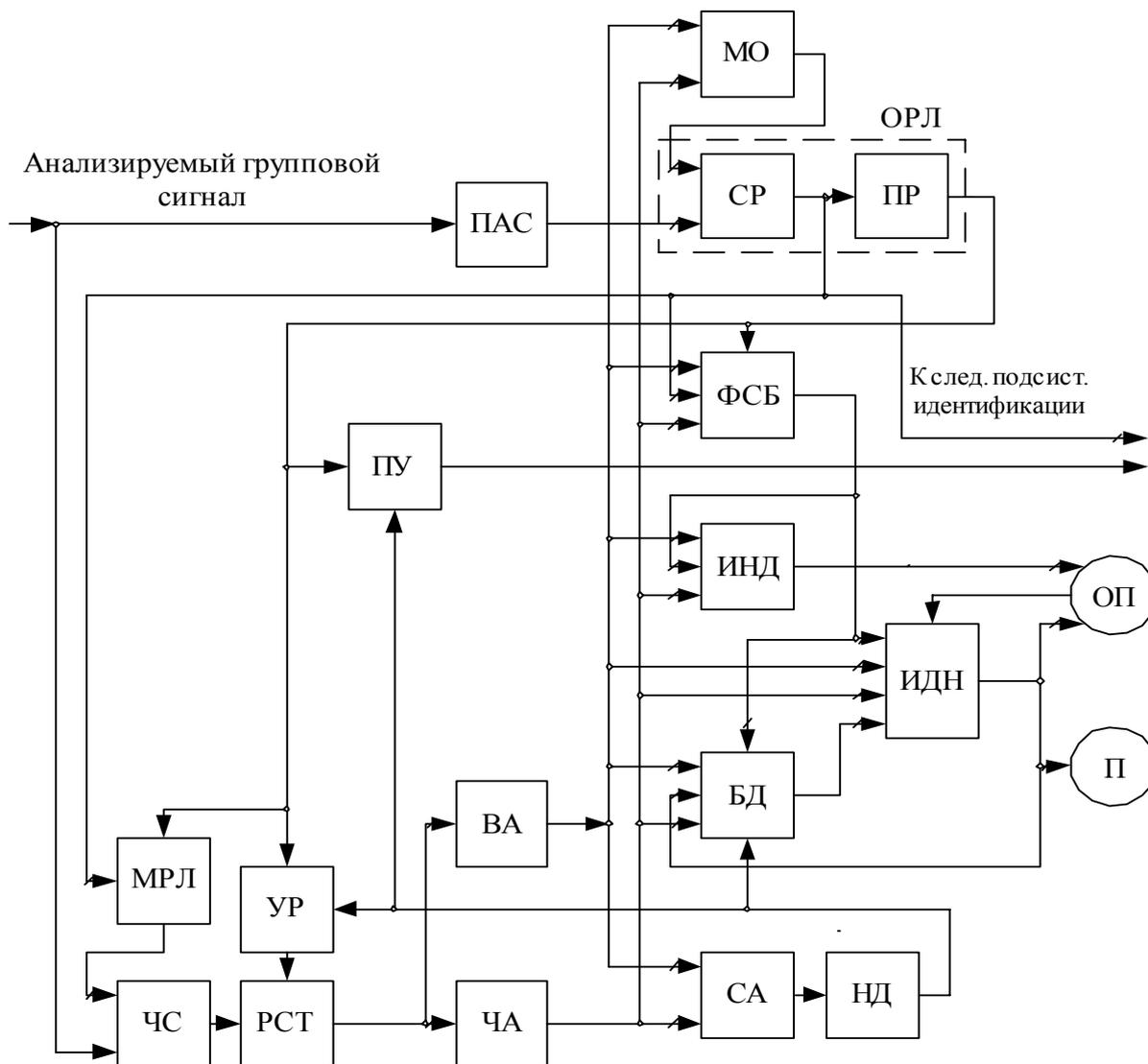


Рисунок 3 — Базовая структура компьютерной системы СДВ мониторинга

$Z=0$ — подсистема идентификации не занята и способна принять на обработку сигналы очередной обнаруженной радиолинии;

$Z=1$ — подсистема идентификации занята и не способна принять на обработку сигналы очередной обнаруженной радиолинии;

$RL=0$ — на текущий момент времени в контролируемом системой диапазоне сигналов не соответствующих маске обнаружения MO нет;

$RL=1$ — на текущий момент времени в контролируемом системой диапазоне обнаружен по крайней мере один сигнал не соответствующий маске обнаружения MO .

Переменные D , MO , MRL — непрерывные, кроме того D — скалярная величина, MO ; MRL — векторные.

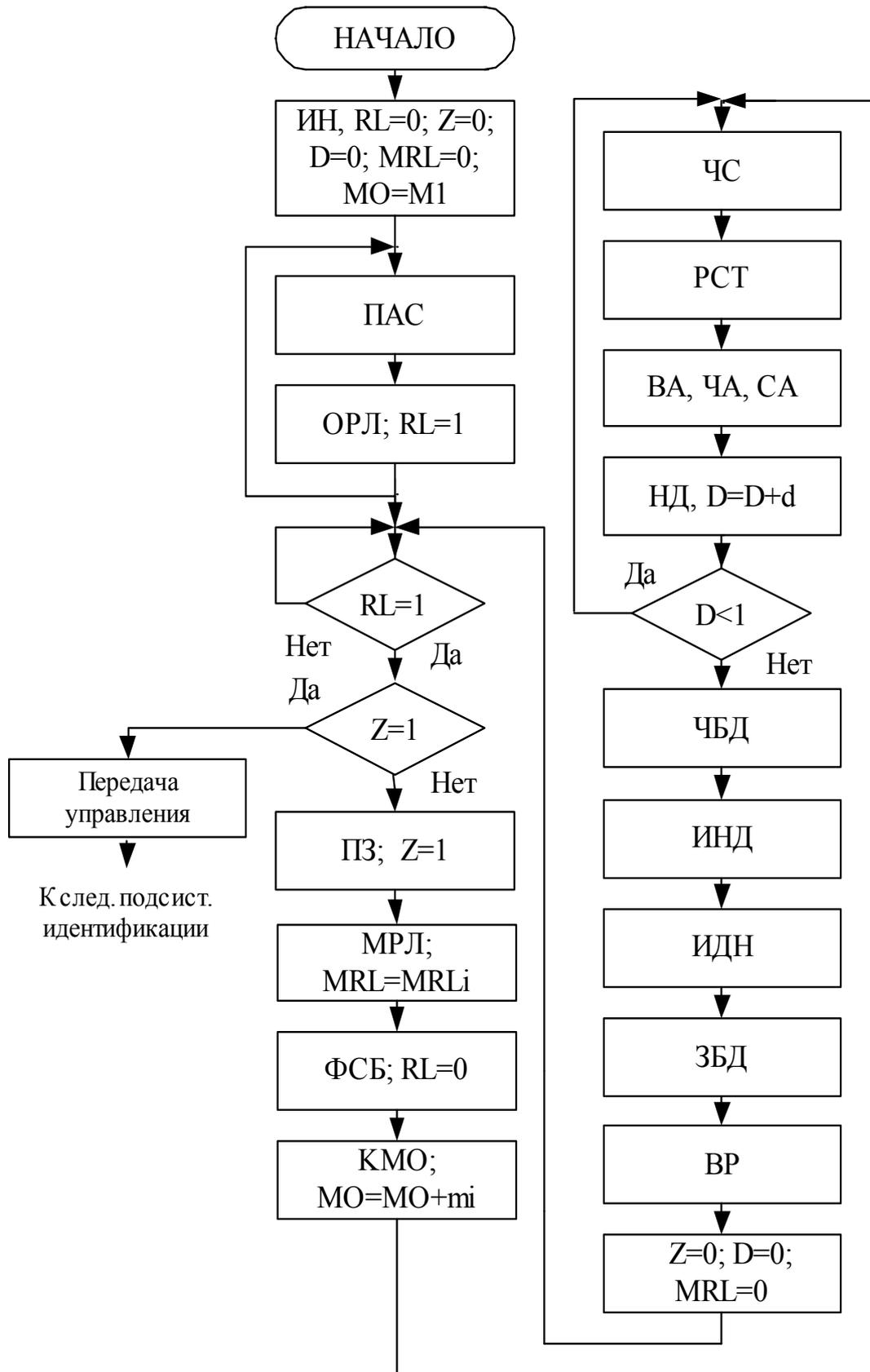


Рисунок 4 — Базовый алгоритм функционирования системы СДВ мониторинга

$0 \leq D \leq 1$ — величина, отображающая процесс накопления данных о регистрируемом сигнале обнаруженной радиолинии и достаточность этих данных для принятия решения о ее идентификации.

$D < 1$ — данных недостаточно, процесс накопления и обработки следует продолжить;

$D = 1$ — накоплено и обработано достаточно данных для принятия решения об идентификации радиолинии;

MO — Маска обнаружения отображает предельные значения спектра группового сигнала контролируемого диапазона. При первом включении системы устанавливается исходная маска $MO = MI$. В процессе работы системы, когда обнаруживаются и идентифицируются новые радиолинии, вносимые в дальнейшем в базу данных, маска последовательно корректируется $MO = MO + mi$. Здесь mi — коррекция, вносимая с учетом каждой новой идентифицированной радиолинии.

$MRL = MRLi$ — маска регистрации сигнала обнаруженной радиолинии. Создается по результатам сравнения MO и MOi . Здесь MOi — спектр группового сигнала при обнаружении i -й радиолинии. После окончания процесса идентификации эта маска снимается $MRL = 0$.

2. ПАС — Параллельный анализ спектра группового сигнала. Результат анализа — энергетический спектр группового сигнала на текущий момент времени MOt . При обнаружении i -й радиолинии $MOt = MOi$.

3. ОРЛ — Обнаружение новой радиолинии, не отображенной в текущей маске MO . Процедура обнаружения включает в себя сравнение MO и MOi (СР), а так же принятие решений (ПР). При обнаружении радиолинии устанавливается $RL = 1$. С началом поступления информации об обнаруженной радиолинии (Формировании блока служебной информации ФСБ о ней) флаг RL сбрасывается $RL = 0$, разрешая тем самым возможность приема на обработку сигналов о других обнаруживаемых радиолиниях (передача управления другим подсистемам идентификации радиолиний).

4. ПЗ — Формирование признака занятости подсистемы идентификации.

5. ФСБ — Формирование блока служебной информации об обнаруженной радиолинии, содержащем сведения о времени начала регистрации, $MRLi$, формальное имя (идентификатор, номер) идентифицируемой радиолинии и др.

6. МРЛ — Формирование и установка маски идентифицируемой радиолинии

$MRL = MRLi$ (см. так же п.1).

7. КМО — Коррекция маски обнаружения $MRL = MRLi$ (см. так же п.1).

8. ЧС — частотная селекция сигнала идентифицируемой i -й радиолинии с помощью маски $MRLi$.

9. РСТ — Регистрация выделенного в результате частотной селекции сигнала идентифицируемой i -й радиолинии. Процесс регистрации может сопровождаться параллельно частотным ЧА и временным ВА анализом.

10. ВА, ЧА, СА — Временной, частотный и совместный частотно-временной анализ реализаций сигнала i -й радиолинии. В процессе анализа вычисляются и уточняются значения информационных признаков, используемых для идентификации радиолинии.

11. НД — Накопление данных об информационных признаках, вычисляемых на предыдущем шаге. Это может быть простое накопление регистрируемых данных, накопление данных с их коррекцией (исключение не информативных фрагментов), получение и усреднение интегральных оценок, например, энергетических спектров и корреляционных функций и т.д. В процессе накопления данных показатель достаточности данных должен расти, так как при обработке каждого нового фрагмента реализации зарегистрированного сигнала i -й радиолинии степень определенности его параметров возрастает. Последнее предполагает наличие в обрабатываемом сигнале компонент не только со случайными, но и регулярными параметрами. Принятый или заданный уровень достоверности идентификации соответствует единичному значению показателя достаточности статистики $D = 1$.

12. ЧБД и ЗБД — Чтение и запись базы данных. База данных БД — содержит информацию о ранее идентифицированных радиоприемных линиях с классификацией по пользовательским категориям. Эта информация включает сведения блоков служебной информации и соответствующие им наборы параметров идентификации радиоприемных линий (опорные данные). При чтении базы ЧБД извлекаются опорные данные, наиболее близкие к полученным данным при обработке сигналов идентифицируемой i -й радиоприемной линии и используются при принятии идентификационных решений. По результатам идентификации опорный набор i -й радиоприемной линии может быть использован для коррекции сведений базы или для формирования нового набора опорных данных, которые затем записываются в базу ЗБД.

13. ИНД — Индикация опорных наборов и соответствующих параметров сигналов идентифицируемой i -й радиоприемной линии. Информация предоставляется оператору, который может участвовать в процессе идентификации радиоприемных линий.

14. ИДН — идентификация. Принятие решения по определению класса радиоприемной линии в соответствии с принятой системой пользовательской классификации. В соответствии с этим определяется, как использовать полученную информацию и какую стратегию следует выбрать по отношению к дальнейшей информации о данной радиоприемной линии.

15. ВР — выдача результатов. Результаты идентификации в виде класса радиоприемной линии к которому она отнесена в результате идентификации и ее параметров (опорный набор) передаются пользователю.

16. По окончании решения задачи идентификации, сохранении результатов и их передачи пользователю система восстанавливает начальные значения переменных $Z=0$, $D=0$, $MR=0$ и готова принять сигнал об обнаружении очередной радиоприемной линии. Если такой сигнал поступит до того как идентификация i -й радиоприемной линии не окончена, управление передается другим подсистемам идентификации.

17. ПУ — Передача управления осуществляется по условию $Z=0$, которое состоит в активации другой подсистемы идентификации и начала обработки ею группового сигнала, которая функционирует по такому же алгоритму, что и рассмотренный.

18. УР — Управление регистрацией состоит в запуске процесса регистрации с момента обнаружения радиоприемной линии и установки маски ее регистрации и остановке его по завершении процесса идентификации.

19. ОП и П — оператор и пользователь.

Выводы

1. Выполнен анализ структуры и функций комплекса для контроля СДВ радиоприемных линий «Р-749 У» и обоснована необходимость его модернизации.

2. Предложена базовая структура и базовый алгоритм как основа для модернизации комплекса и построения на его основе компьютерной информационно-измерительной системы мониторинга СДВ радиоприемных линий.

Литература

1. Краткое описание изделия Р-749У. Общее назначение. — Служебная информация специализированного предприятия «Гранит». — 1986. — 287 с.
2. Модернизация станции «Р-749 У». — Служебная информация специализированного предприятия «Гранит». — 2003. — 8 с.
3. Изделие Р-749У. Пояснительная записка к сравнительной характеристике существующего изделия к модернизированному. — Служебная информация специализированного предприятия «Гранит». — 2003. — 3 с.

Здано в редакцію:
13.03.2009р.

Рекомендовано до друку:
д.т.н, проф. Воронцов О.Г.