

**КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ**

УДК 621.391

**РАДИОСИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА  
НА БАЗЕ ЦИФРОВОЙ SDR ПЛАТФОРМЫ «СТРЕЛА»**

И.И. ЗАБЕНЬКОВ, Н.Н. ИСАКОВИЧ, Д.А. ЕНЬКОВ, С.Л. ЖДАНОВ, А.И. ЗАБЕНЬКОВ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь**Поступила в редакцию 22 октября 2015*

Рассмотрена совмещенная радиосистема передачи мониторингового контента, команд управления и речевого сигнала на базе современной цифровой программно определяемой радиосистемы.

*Ключевые слова:* мониторинг, цифровое радио, SDR системы, команды, речевой сигнал.

**Введение**

Системы мониторинга различных технологических процессов в обязательной мере должны включать подсистемы передачи пользователю его результатов. В предложенной статье рассмотрена совмещенная радиосистема передачи мониторингового контента, команд управления и речевого сигнала на базе современной цифровой программно определяемой радиоструктуры (SDR – Soft Define Radio) [1].

**Описание радиосистемы**

Разработанная структура отличается универсальностью аппаратной реализации. Функциональные возможности ее являются программно-определяемыми, что позволяет гибко ее конфигурировать, дополнять и усовершенствовать без внесения корректив в схемотехнику и конструкцию. Потенциально она способна заменить все имеющиеся на данный момент и аналогичные по функциям системы независимо от назначения, вида сигнала и диапазона рабочих частот. Цифровой программно-аппаратный комплекс «Стрела-М» предназначен для передачи данных мониторинга, команд и речевых технологических сообщений в одном канале связи по высоковольтным линиям электропередачи в диапазоне 24–1000 кГц. Система может работать в двух режимах – нормальном и аварийном. В нормальном режиме система передает данные и контрольный сигнал первого вида. В аварийном режиме система передает контрольный сигнал второго вида и сигналы команд релейной защиты и противоаварийной автоматики. При этом происходит форсирование мощности. Сигналы команд и данных предварительно подвергаются помехоустойчивому кодированию. Контрольный сигнал выполняет функции кадровой синхронизации, контроля работоспособности канала передачи, и определяет режим работы системы. Система может передавать до 32 команд. Все команды передаются кодированными сигналами. Поступающие на вход передатчика команды запоминаются и передаются каждая в течение заданного для нее интервала времени в очередности, устанавливаемой правилами приоритета.

Данные мониторинга могут поступать на вход передатчика со скоростями 100, 200, 300, 600, 1200, 2400, 4800 бит/с. Поскольку скорость передачи в канале связи фиксированная, то для меньших скоростей поступления данных вводится большая избыточность, что повышает

помехоустойчивость передачи данных. Структурная схема разработанной цифровой платформы представлена на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема разработанной цифровой платформы

Передатчик системы непрерывно передает контрольный сигнал либо первого, либо второго вида. Эти сигналы представляют собой цифровые последовательности с хорошими взаимнокорреляционными свойствами. Контрольные сигналы постоянно принимаются приемником, и, в случае их исчезновения (большого числа ошибок), система сигнализирует о разрыве канала передачи.

При возникновении на входе приемника сигналов аварийных команд передача данных прерывается, контрольный сигнал первого вида заменяется на контрольный сигнал второго вида, форсируется мощность передатчика для увеличения надежности передачи. Как только приемник обнаруживает сигнал команды, превышающий установленный порог (имеющий допустимое количество ошибок), замыкается соответствующий выходной контакт.

*Назначение блоков структурной схемы.* Трелисс-кодер данных осуществляет помехоустойчивое кодирование источника данных таким образом, что для разных скоростей поступления информации на вход передатчика вводятся разные избыточности (методы кодирования), в результате чего скорость закодированной последовательности на выходе остается постоянной.

Устройство выбора приоритета и обработки команд запоминает номера поступивших команд, выстраивает их в очередь согласно правилам приоритета и осуществляет кодирование таким образом, чтобы цифровые последовательности команд обладали наилучшими взаимнокорреляционными свойствами.

Устройство формирования пакетов в зависимости от поступающих на входы сигналов (данные или команды) формирует информационный пакет с добавлением контрольного сигнала первого или второго вида и осуществляет перемежение для предохранения от кратных ошибок, возникающих в канале связи.

Приемопередающий тракт включает в себя передатчик, канал связи и приемник. В системе используется многопозиционная частотная модуляция, квадратурный способ формирования и детектирования сигнала.

Декодер Витерби осуществляет декодирование принятой цифровой последовательности по алгоритму максимального правдоподобия.

Устройство разделения каналов выполняет операцию, обратную перемежению, производит распознавание контрольного сигнала и в соответствии с его видом направляет принятый цифровой поток либо в декодер данных, либо в устройство обработки команд. Декодер данных исправляет возникшие в канале связи ошибки и подает данные на выход с первоначальной скоростью.

Устройство обработки команд декодирует принятые команды и подает их на выход только при допустимом количестве ошибок (с целью уменьшения вероятности ложной тревоги).

Блок управления, регистрации и сигнализации позволяет сконфигурировать систему (приемник и передатчик), задает различные ее параметры – времена задержек, длительности, приоритеты, пороги и т.д. На передающей и на приемной стороне отдельно обеспечивает контроль работоспособности блоков аппаратуры, производит регистрацию событий и запись их в энергонезависимую память, управляет аварийной сигнализацией.

В электрической схеме разработанной SDR базовой платформы использованы современные сигнальные приемные и передающие микропроцессоры, процессоры общего применения и интегральные микросхемы. Фотография одного из вариантов SDR радиосистемы приведена на рис. 2.



Рис. 2. Вариант SDR радиосистемы «Стрела-М»

### Заключение

В результате проведения разработки SDR радиосистемы «Стрела» получены следующие основные результаты.

1. Разработана принципиально новая система в данной категории – совмещенная система передачи данных мониторинга, команд релейной защиты и речевых технологических сообщений.
2. Разработан комплект электрических схем, чертежей печатных плат, программного обеспечения совмещенной системы связи, передачи команд и данных.
3. Изготовлен опытный образец совмещенной системы связи, передачи команд и данных.
4. Проведены лабораторные и полевые испытания опытного образца.

### **RADIO DATA MONITORING TRANSMISSION BASED ON DIGITAL SDR PLATFORM «STRELA»**

I.I. ZABENKOV, N.N. ISAKOVICH, D.A. ENKOV, C.L. ZHDANOV, A.I. ZABENKOV

### Abstract

The combined radio transmission monitoring of content, control commands and speech on the basis of modern digital SDR (Soft Define Radio) radio is considered.

### Список литературы

1. *Забеньков И.И., Жданов С.Л., Исакович Н.Н. и др. // Докл. БГУИР. № 1 (13). С. 44–54.*