

УДК 62-529

DOI 10.17513/snt.39634

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЕМ ОБЪЕКТА СЕТИ ТЕЛЕРАДИОВЕЩАНИЯ

Чаадаев К.В.*ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»,**Москва, e-mail: vkchaadaev@molnet.ru*

Создание и последующее внедрение систем автоматического мониторинга нарушения качества телекоммуникационных услуг, параметров работы технического оборудования является не только важной, но и особой в научно-практическом смысле задачей, требующей постоянного совершенствования технических и машинных алгоритмов, поддерживающих постоянную комплексную многопараметрическую самодиагностику объекта связи и определение его интегрального состояния для принятия оперативных решений, направленных на поддержание работоспособности. В статье проведено исследование физического устройства и топологии национальной сети телерадиовещания, образующих ее объектов связи, их инженерной инфраструктуры и составляющих технических средств, сформирован портрет объекта сети телерадиовещания как множества параметров функционирования технических средств, логических операторов их обработки и диагностики нарушений нормальной работы, подготовлены концептуальные требования к технологии и механизмам мониторинга состояния объекта, а также способам управления его инженерными элементами и техническими средствами, выполнено проектирование системы дистанционного контроля и автоматического управления состоянием объекта сети телерадиовещания, разработаны программное и информационное обеспечения системы, в совокупности включающей механизмы мониторинга качества передаваемого эфирного сигнала и интеллектуальные алгоритмы сценарного автоматического управления объектом связи.

Ключевые слова: алгоритм мониторинга, инциденты, модели данных, нештатные ситуации, программное обеспечение, сеть телерадиовещания, система управления

DEVELOPMENT OF A SOFTWARE MODULE FOR THE SYSTEM OF AUTOMATIC MANAGEMENT OF THE STATE OF THE OBJECT OF THE TELEVISION AND RADIO BROADCASTING NETWORK

Chaadaev K.V.*Bauman Moscow State Technical University, Moscow, e-mail: vkchaadaev@molnet.ru*

The creation and implementation of systems for automatic monitoring of violations of the quality of telecommunication services, the parameters of the operation of technical equipment is not only an important, but also a special task in the scientific and practical sense, requiring constant improvement of technical and machine algorithms that support continuous complex multi-parameter self-diagnostics of the communication object and the determination of its integral state for making operational decisions aimed at maintaining performance. The article studies the physical structure and topology of the national television and radio broadcasting network, the communication objects that form it, their engineering infrastructure and components of technical means, a portrait of the TV and radio broadcasting network object is formed as a set of parameters for the functioning of technical means, logical operators for their processing and diagnostics of normal operation violations, conceptual requirements are prepared to the technology and mechanisms for monitoring the state of an object, as well as methods for controlling its engineering elements and technical means, a system for remote monitoring and automatic control of the state of an object of a television and radio broadcasting network was designed, software and information support for the system was developed, which together includes mechanisms for monitoring the quality of the transmitted on-air signal and intelligent scenario automatic control algorithms for the communication object.

Keywords: broadcasting network, control system, data models, emergency situations, incidents, monitoring algorithm, software

В настоящий момент перед многими крупными отечественными компаниями стоит задача создания системы мониторинга и управления распределенными инженерными элементами и оборудованием, функционирующими в автоматическом режиме без постоянного присутствия обслуживающего персонала. Примером такого предприятия служит ФГУП «Российская телевизионная и радиовещательная сеть», обеспечивающее эксплуатацию более 5 тысяч наземных объектов сети телерадиовещания (ТРВ), каждый из которых представляет собой сложное инженерное сооружение, объединяющее десятки технических средств и инженерных

элементов, работающих в автономном режиме. В этом плане создание и последующее внедрение систем мониторинга нарушения качества телекоммуникационных услуг и параметров работы технического оборудования является не только важной, но и особой в научно-практическом смысле задачей, требующей постоянного совершенствования технических и машинных алгоритмов, поддерживающих постоянную комплексную многопараметрическую самодиагностику объекта и определение его интегрального состояния для принятия оперативных решений, направленных на поддержание работоспособности объекта.

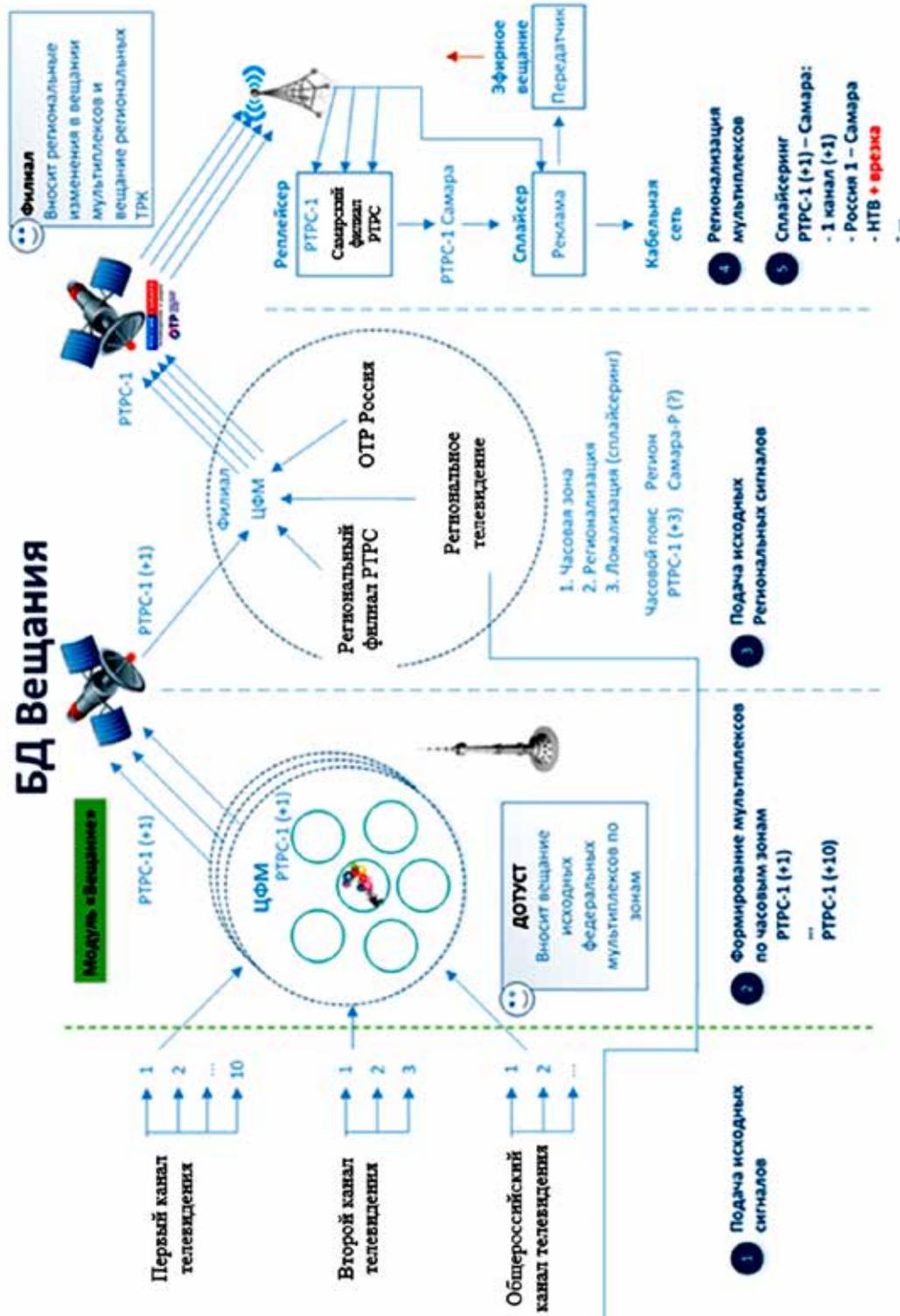


Рис. 1. Схема национальной сети цифрового эфирного вещания (на примере Самарского филиала РТРС)

Цель настоящей работы заключается в разработке теоретической базы, методологических подходов и основанных на них технологических решениях, обеспечивающих автоматическое управление состоянием объекта сети цифрового телевизионного вещания.

Материалы и методы исследования

На территории Российской Федерации доступны для бесплатного приёма 20 каналов цифрового ТВ и три радиоканала, объединенные в два мультиплекса: РТРС-1 и РТРС-2. Перечень этих телерадиоканалов определен Указом Президента РФ от 24 июня 2009 года № 715 «Об общероссийских обязательных общедоступных телеканалах и радиоканалах» и его последующими редакциями: Указом Президента РФ от 17 апреля 2012 года № 456, Указом Президента РФ от 20 апреля 2013 года № 367, Указом Президента РФ от 15 июля 2015 года № 365. Цифровые телеканалы транслируются в стандарте DVB-T2 [1; 2].

Принципиальная логическая схема (топология сети) распространения цифрового

эфирного телерадиосигнала по территории РФ представлена на рисунке 1.

В процессе формирования и распространения цифрового телерадиосигнала происходит несколько этапов [3, 4]:

1. Формирование мультиплекса – для каждого из 11 часовых поясов в федеральном центре формирования мультиплексов (ФЦФМ) формируются временные дубли телеканалов, которые с учетом разницы во времени доставляются до всех регионов страны.

2. Спутниковая доставка – трансляция сигнала в региональные ЦФМ (РЦФМ), осуществляемая преимущественно через линии космической связи на всю территорию РФ с помощью космических аппаратов семейства «Экспресс» и «Ямал».

3. Регионализация мультиплексов – врезка в федеральные версии отдельных каналов пакета РТРС-1 программ региональных студий.

4. Трансляция сигнала до объектов ТРВ и его эфирное распространение – спутниковая доставка из РЦФМ до объектов вещания и эфирное распространение сигналов наземными передатчиками.

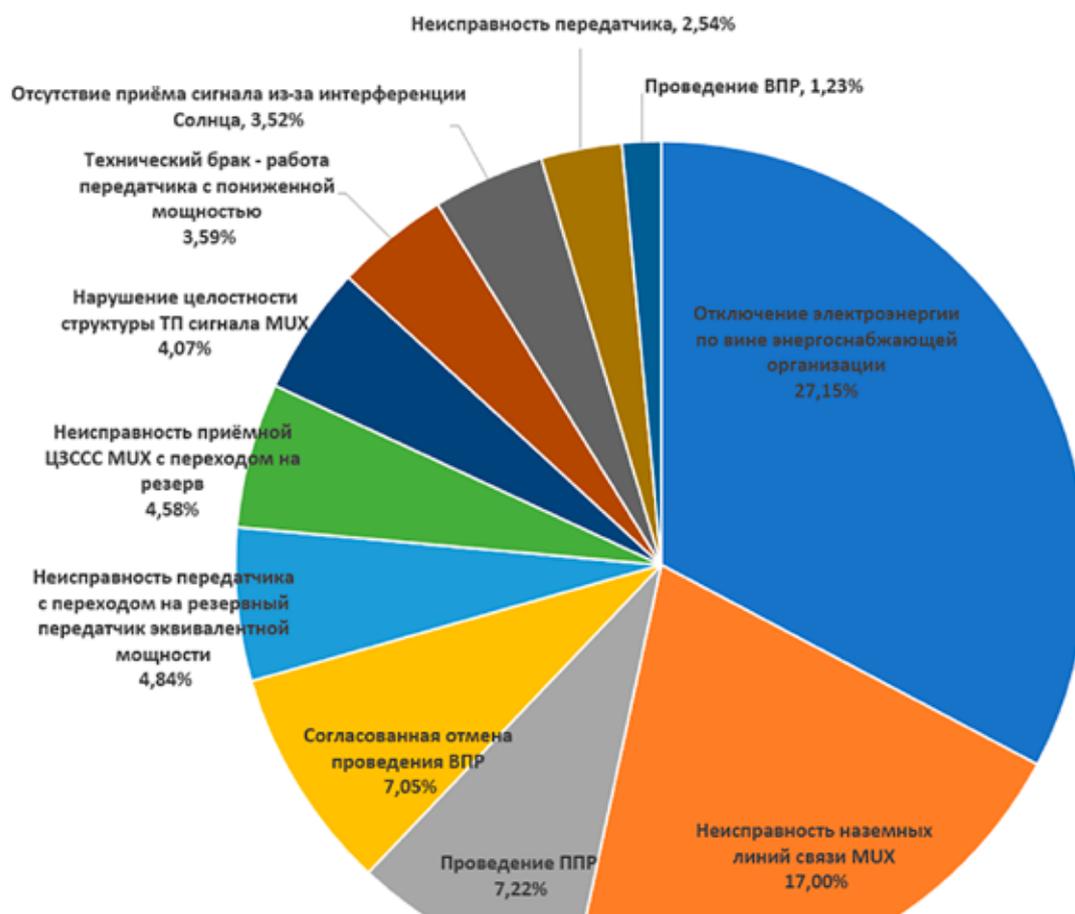


Рис. 2. Количественное распределение инцидентов по длительности, приводивших в 2022 году к остановке вещания объектов ТРВ

Сопоставление количества инцидентов и их длительности

| Причина | % от количества | % от длительности |
|--|--------------------|----------------------|
| Нарушение целостности структуры ТП сигнала MUX | 16,78 | 4,07 |
| Технический брак – работа передатчика с пониженной мощностью | 15,14 | 3,59 |
| Неисправность передатчика | 11,36 | 2,54 |
| Отключение электроэнергии энергоснабжающей организацией | 7,79 | 27,15 |
| Проведение ППР | 1,02 | 7,22 |
| Проведение ВПР | 0,67 | 1,23 |
| Неисправность наземных линий связи MUX | 0,44 | 17,00 |

Объект вещания представляет собой сложное инженерное сооружение, работающее преимущественно в автономном режиме без постоянного присутствия персонала.

В целях подготовки технических требований к разрабатываемой системе автоматического управления состоянием объекта сети ТРВ было проведено исследование причин инцидентов и нештатных ситуаций, приводивших в 2022 году к остановке вещания объектов ТРВ на всей территории страны. Результаты представлены на рисунке 2. В таблице приведено сопоставление количества инцидентов и их длительности.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости разработки и внедрения решений, способных обеспечить не только полноценный мониторинг и обнаружение инцидентов, но и технологии удаленного управления состоянием объекта ТРВ, в том числе автоматическое, реализуемое по заранее заданным сценариям, которые бы работали в рамках системы дистанционного контроля объекта в целом [5-7].

Требования к технологии управления состоянием объекта сети ТРВ

Программное обеспечение должно обеспечивать автоматизацию следующих процессов, функционально сгруппированных по следующим подсистемам:

– «Интеллектуальный анализ» – многопараметрический и многофакторный анализ поступающих с датчиков и управляющих элементов показателей и их динамики, а также построение прогноза развития ситуации. Должны обрабатываться следующие ложно-тревожные ситуации: сбой связи, кратковременные незначительные выходы параметров за допустимые пределы, повторяющиеся события;

– «Администрирование» – управление и настройка системы средствами веб-интерфейса, обеспечивающее конфигурирование компонентов и автоматизированное обновление программного обеспечения вспомогательных модулей;

– «Самодиагностика» – мониторинг доступности и работоспособности вспомогательных модулей, восстановление соединения в случае разрыва, при восстановлении соединения получение данных со вспомогательных модулей за время разрыва;

– «Службы» – синхронизация внутреннего времени всех компонентов с NTP-сервером, при потере связи с NTP-сервером должны использоваться прецизионные часы реального времени головного блока.

Инциденты любого вида не должны приводить к утрате и/или повреждению обрабатываемой информации, за исключением утраты данных, непосредственно вводившихся в момент аварии. Общесистемное программное обеспечение должно отвечать требованиям отнесения целевого программного продукта к отечественному или свободно распространяемому программному обеспечению. Прикладное программное обеспечение должно отвечать требованиям, которые в общепринятой терминологии обозначаются как требования к построению «открытых систем», то есть быть мобильным, расширяемым, интероперабельным и дружественным [8]. Спроектированная архитектура решения приведена на рисунке 3.

Результаты исследования и их обсуждение

По построенной инфологической модели были созданы даталогическая и информационная модели данных, разработана структура машинной информационной базы системы и рабочая версия программного модуля, реализующая следующие функции:

– мониторинг и анализ в реальном масштабе времени потока MPEG2-TS на предмет выявления ошибок первого и второго уровня ETSI TR 101 290;

– визуализация в текстовом и графическом видах всех обрабатываемых данных;

– управление следующими настройками мониторинга и анализа.

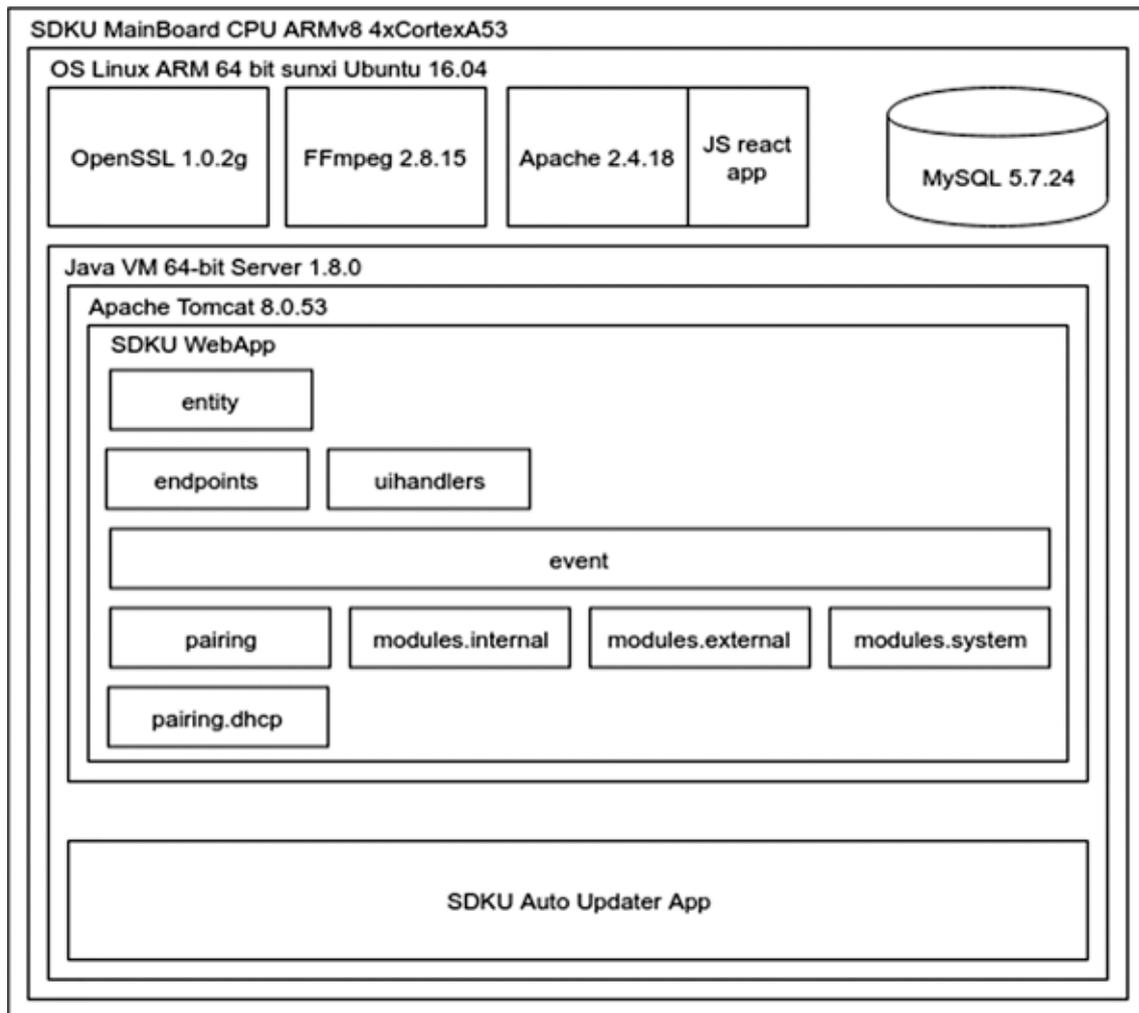


Рис. 3. Схема архитектуры основных подсистем, модулей и пакетов проектируемой технологии

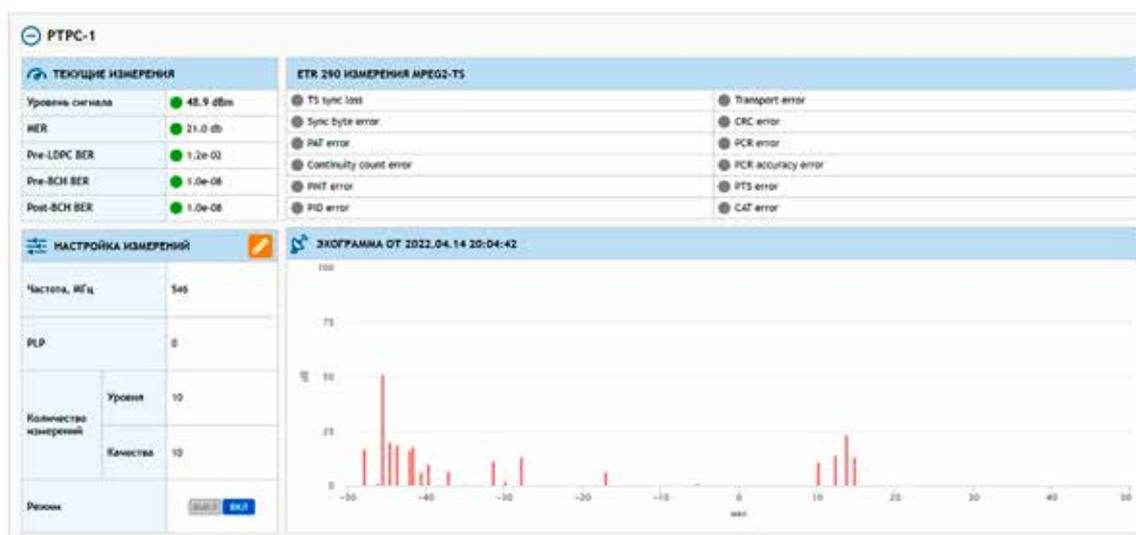


Рис. 4. Эхограмма первого мультиплекса в интерфейсе

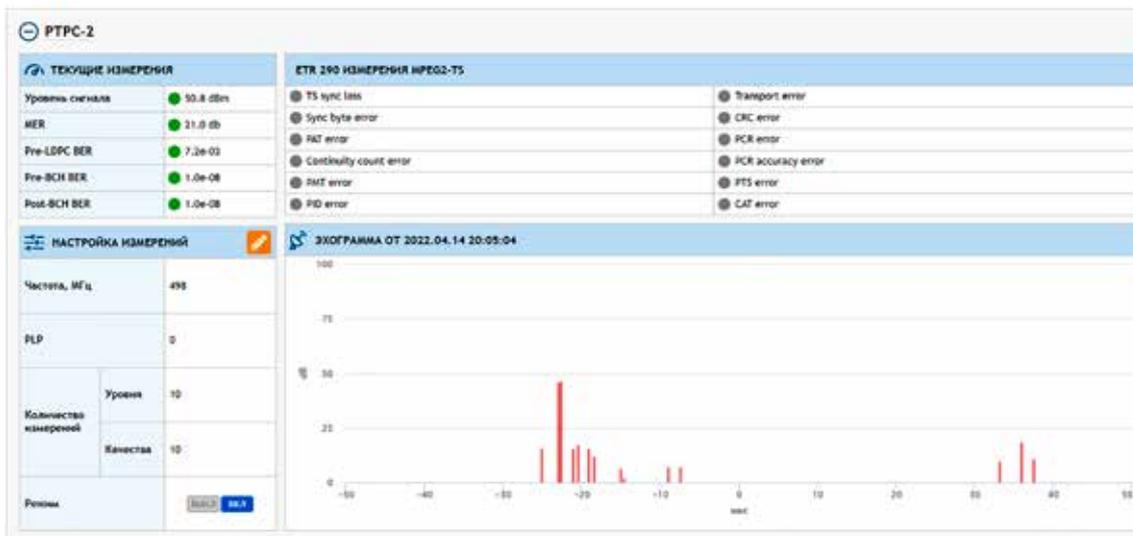


Рис. 5. Эхограмма второго мультиплекса в интерфейсе

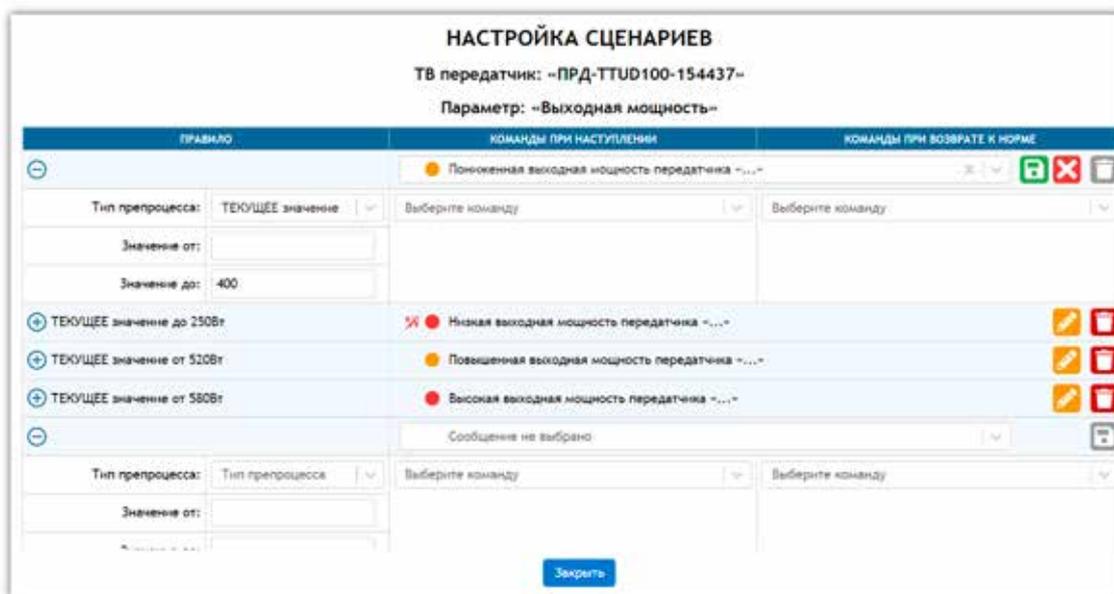


Рис. 6. Пользовательский интерфейс управления наборами сценариев при срабатывании какого-либо правила наблюдения за определенным техническим средством

Ниже, на рисунках 4-6, представлены пользовательские интерфейсы, полученные в результате тестовой отладки программного обеспечения.

При разработке программного обеспечения использовались: язык программирования Java, языки разметки веб-страниц HTML 5.0 и XHTML 1.0, язык стилевых описаний CSS 3.0, интерпретируемый язык программирования (описания сценариев) JavaScript ES2016, язык запросов SQL 92, а также ряд программных средств Java SE,

Java EE, Glassfish 4.1.2 SDK, IntelliJ IDEA, GitLab, Maven.

Заключение

В результате проведенной работы были выполнены следующие задачи:

– проведено исследование физического устройства и топологии национальной сети телерадиовещания, образующих ее объектов связи, их инженерной инфраструктуры и составляющих технических средств;

– проведен анализ причин и признаков нарушений нормальной работы объекта ТРВ, исходя из которых обоснована целесообразность разработки и внедрения технологий постоянной самодиагностики состояния объекта ТРВ и автоматического управления его техническими средствами по заданному набору действий и сценариев;

– сформированы концептуальные требования к технологии и механизмам мониторинга состояния объекта, а также способам управления его инженерными элементами и техническими средствами;

– выполнено проектирование системы дистанционного контроля и автоматического управления состоянием объекта ТРВ;

– реализованы программное и информационное обеспечения системы, в совокупности включающей механизмы мониторинга качества передаваемого эфирного сигнала и интеллектуальные алгоритмы сценарного автоматического управления объектом связи.

Кроме того, разработаны алгоритмы, информационное и программное обеспечение технологии автоматического управления объектом сети ТРВ. В настоящее время проводятся подготовительные работы по тестированию решения на реальных объектах ФГУП «Российская телевизионная и радиовещательная сеть».

Решенные задачи сформировали видение продолжения исследования в области систем дистанционного контроля в части

предикативного анализа и больших данных, для разработки цифрового двойника объекта сети ТРВ.

Список литературы

1. Дворкович В.П., Дворкович А.В. Мировая практика разработки высокоэффективных цифровых систем телерадиовещания и проблемы их внедрения в России // DSPA: Вопросы применения цифровой обработки сигналов. 2017. Т. 7, № 1. С. 10-21.

2. Чаадаев К.В. Построение системы дистанционного мониторинга объектов сети телерадиовещания // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022. № 8. С. 150-155. DOI 10.24412/2071-6168-2022-8-150-156.

3. Карякин В.Л., Карякин Д.В. Пути решения проблемы обеспечения надежности бесперебойного телерадиовещания региональных сетей // Электросвязь. 2019. № 2. С. 45-49.

4. Мамчев Г.В. Особенности функционирования синхронной региональной сети эфирного цифрового телерадиовещания // Проблемы информатики. 2012. № 2(14). С. 63-69.

5. Веерпалу Д.В., Иващенко А.В. Интеллектуальные технологии поддержки принятия решений при управлении строительством объектов сети цифрового телерадиовещания // Научно-технический вестник Поволжья. 2017. № 6. С. 180-182. DOI 10.24153/2079-5920-2017-7-6-180-182.

6. Латышев С.А., Загородский С.А., Синильников А.М. Модульный подход к построению аппаратуры цифрового телерадиовещания // Труды Научно-исследовательского института радио. 2016. № 3. С. 60-66.

7. Сопубеков Н.А., Абдимиталип Уулу Б. Исследование помехоустойчивости систем цифрового телерадиовещания // Вестник Омского государственного университета. 2022. № 1. С. 191-196. DOI 10.52754/16947452_2022_1_191.

8. Cheng J.C.P., Chen W., Chen K., Wang Q. Data-driven predictive maintenance planning framework for MEP components based on BIM and IoT using machine learning algorithms // Automation in Construction. 2020. Vol. 112. P. 103087. DOI 10.1016/j.autcon.2020.103087.