

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ ТРОПОСФЕРНО-РАДИОРЕЛЕЙНОЙ СТАНЦИИ

В статье представлено моделирование системы управления мобильной цифровой тропосферной радиорелейной станции в специализированной программной среде LabView. Разработанная программа включает как визуальный интерфейс, так и логическую структуру в виде блок-диаграммы, которая работает в соответствии с алгоритмом функционирования. Интерфейс пользователя содержит элементы управления и индикаторы, позволяющие оператору отслеживать текущее состояние станции и управлять ее работой в различных режимах. Для формирования сигналов системы управления используется генератор функций Уолша-Пели.

Ключевые слова: мобильная цифровая тропосферно-радиорелейная станция, система управления, генератор функций Уолша-Пели, программная среда LabView

Povkhlub V. S. The modeling of the control system of mobile digital troposcatter-radiorelay station.

This article presents the modeling of the control system of mobile digital troposcatter-radiorelay station in a specialized LabView software environment. The developed program includes a visual interface that allows you to organize the interaction of the operator with the control system. Logical structure of the control system represented as a block diagram, which executes the actions in accordance with the operations of the algorithm. The user interface includes both controls and indicators. This allows the operator to monitor the current condition of the station and manage its work in different modes. For convenience, on the front panel the basic stages of work of the station are presented in visual form of separate units, which facilitates for the operator the interface of the control system. All control commands generated by the program are transmitted to the generator of the Walsh-Paley functions. All signals of control system generated by the generator are transmitted to all stations components.

Keywords: mobile digital troposcatter-radiorelay station, control system algorithm, program of the control system, generator of the Walsh-Paley functions, LabView software environment

1. Постановка задачи. В настоящей работе проведено моделирование системы управления мобильной цифровой тропосферно-радиорелейной станции (МЦТрРПС) [1]. Алгоритм функционирования разработан и приведен в [2]. Необходимость такой разработки вытекает из положения Закона Украины «Про инновационную деятельность в Украине» (статья 4, пункт 2). Применение такой мобильной радиосистемы СВЧ-связи становится особенно актуальным в районах стихийных бедствий и техногенных катастроф, при возникновении чрезвычайных и нестандартных ситуаций. В зависимости от масштабов бедствий возникает задача установления связи через сложно доступные районы для прокладки кабеля или построения антенных мачт. Таким образом, с целью организации устойчивой связи при обозначенных выше ситуациях могут использоваться как мобильные станции радиорелейного, так и тропосферного типа, которые в англоязычной литературе относятся к средствам связи типа Line-Of-Sight (LOS) и Beyond Line-Of-Sight (BLOS) соответственно. Однако при изменении оперативной или чрезвычайной ситуации возникает необходимость перехода с одного типа радиосвязи на другой и решение LOS+BLOS в такой ситуации может оказаться единственно возможным. Поэтому, создание новой цифровой тропосферно-радиорелейной станции на единой мобильной платформе вполне оправдано. Учитывая оставшийся научно-технический потенциал Украины, следует отметить что, производство таких станций может быть освоено отечественной промышленностью.

Анализ электронных ресурсов по развитию цифровой тропосферной и радиорелейной связи показал, что мировые разработчики наземного радиооборудования СВЧ диапазона имеют в своем арсенале современные решения систем как типа LOS, так и типа BLOS [3-6]. Производители идут по пути компактности мобильных вариантов, увеличения пропускной способности и обеспечения высокой устойчивости связи. Присутствуют также и уникальные разработки, которые демонстрируют перспективные направления и тенденции развития средств связи. Так, корпорацией Raytheon создана и разработана комбинированная цифровая тропосферно-космическая станция (BLOS+SATCOM) под кодовым названием DART-T [3].

Есть оригинальные решения и среди производителей радиорелейного оборудования. Следует также выделить оборудование типа GRC компании Tadiran, особенностью которого является возможность организации связи по схеме «точка-многоточка» (point-to-multipoint), в том числе в сложной помеховой обстановке [7].

Нерешенные вопросы. Важнейшая задача при проектировании любых новых радиоэлектронных средств – это уменьшение сроков и стоимости проектирования. Одним из основных средств уменьшения сроков и стоимости проектирования является использование специализированных компьютерных средств на всех этапах проектирования, начиная с исследования новых физических или технологических процессов, моделирования работы сложных радиоэлектронных средств и заканчивая разработкой реального оборудования с созданием специализированного программного обеспечения.

Мобильная цифровая тропосферно-радиорелейная станция – это новый радиотехнический комплекс. Поэтому, использование специализированных компьютерных средств также необходимо для моделирования стационарного/выносного пульта станции, режимов работы и формирования управляющих сигналов.

Целью работы является разработка программы для системы управления МЦТрРРС. Программа должна быть построена в соответствии с алгоритмом функционирования системы управления, разработанным в [2].

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- анализ и выбор специализированной программной среды для реализации программы системы управления такого радиотехнического комплекса как МЦТрРРС;
- создание логической структуры программы и графического интерфейса для оператора;
- тестирование разработанной программы на работоспособность.

2. Программный инструмент LabVIEW как средство для реализации системы управления МЦТрРРС. Программный инструмент LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) – это среда разработки прикладных программ, созданная фирмой National Instruments (США) [8]. В этом отношении среда LabVIEW конкурентоспособна с такими известными программными инструментами, как MATLAB, MathCAD, Mathematica, MAPLE.

Среда LabVIEW содержит мощные многофункциональные инструменты для проведения любых типов измерений и разработки любых приложений. С помощью этих инструментов инженеры и ученые могут работать в самом широком спектре приложений и тратить на разработку гораздо меньше время. Благодаря этому среда LabVIEW является средой разработки для решения широкого круга задач, повышения производительности и инноваций. Среда LabVIEW ускоряет процесс разработки проектируемой системы за счет визуализированного графического интерфейса для программирования, а также наличия интеграции аппаратных средств разной сложности как внутри самой программной оболочки, так и при взаимодействии с внешними интерфейсами.

Наиболее часто используемыми областями применения данного программного продукта являются следующие направления [8]:

- управление виртуальными измерительными приборами;
- автоматизация измерений и испытаний (сбор и анализ сигналов с датчиков, тестирование и апробация систем разной сложности);
- проектирование встраиваемых систем контроля и мониторинга.

В настоящем исследовании будем использовать программы, созданные в среде LabVIEW, которые называются виртуальными приборами VI (Virtual Instrument, ВИ). Данная среда содержит обширный набор инструментальных средств для сбора, анализа, представления и хранения данных, что и повлияло на ее выбор.

3. Моделирование системы управления МЦТрРРС в среде LabVIEW. Основными элементами системы управления МЦТрРРС являются стационарный и выносной пульт управления, то основой реализации разрабатываемого виртуального прибора является задача разработки визуального интерфейса их внешнего вида и внутренней командной реализации в соответствии с алгоритмом [2]. Каждая сформированная пультами команда управления соответствует одной из функций Уолша-Пэли [10], формируемой генератором [11].

Написание программы в среде LabVIEW начинается с создания интерфейса пользователя (лицевой панели), содержащего элементы управления и индикаторы. Вторым этапом является создание цепочки связей на блок-диаграмме, для логического взаимодействия между элементами виртуального прибора и их согласования по времени.

3.1. Интерфейс пользователя системы управления МЦТрРРС. На рис.1 представлена лицевая панель созданного виртуального прибора системы управления МЦТрРРС, которая содержит несколько базовых компонентов, визуально отделенных друг от друга:

- элементы начальной работы с системой управления – кнопка «Пуск» и элемент выбора «Задержка»;
- блок индикации для оператора – поля вывода «Команда выполнения алгоритма» и «Процесс», индикатор «Авария»;
- элементы выбора и управления от оператора – переключатели и кнопки выбора, которые входят в блоки «Выбор пульта управления», «Проверка по «малому кольцу», «Юстировка антенн», «Выбор рабочего режима станции», а также кнопки подтверждения действий «Да», «Нет», «Далее»;
- компоненты, имитирующие сигналы от станции – переключатели, кнопки и элементы ввода, которые входят в блоки «Проверка величины напряжения на входе и выходе стабилизатора» и «Проверка работоспособности «на себя»».

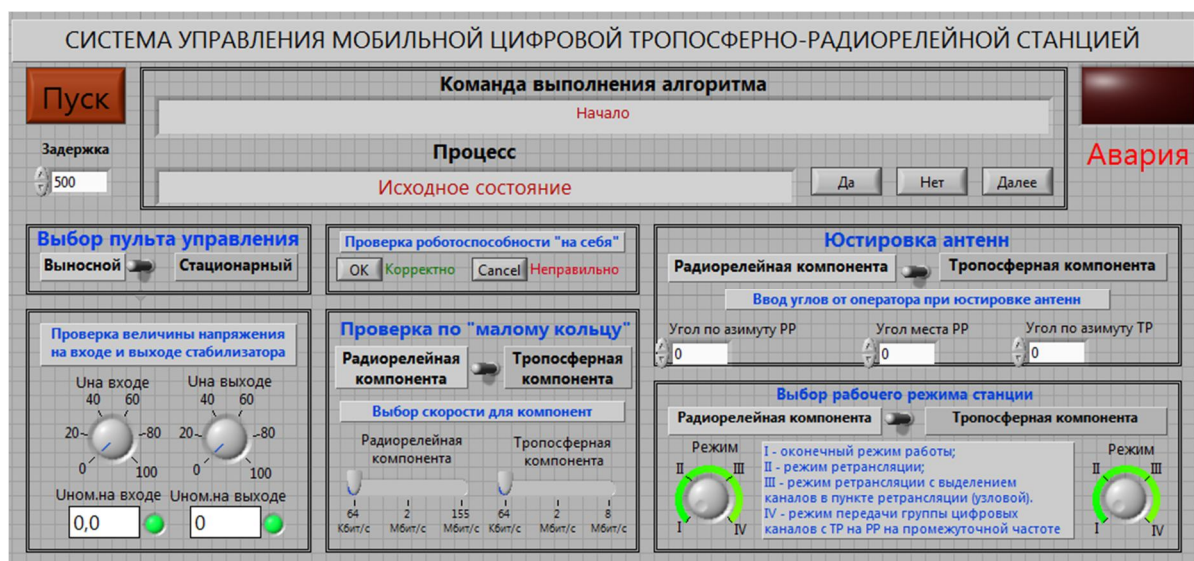


Рис. 1. Внешний вид интерфейса системы управления МЦТрРРС

Оператор начинает работу с системой управления с нажатия кнопки «Пуск», которая производит включение работы самой МЦТрРРС. Элемент «Задержка» позволяет установить скорость отображения изменений в системе управления. Этот элемент может быть установлен в произвольное значение, но наиболее оптимальным для демонстрации является значение задержки «2000», что соответствует скорости формирования команд каждые 2 секунды. В реальных условиях работы системы управления станцией элемент «Задержка» может быть исключен, чтоб не вносить дополнительных задержек при формировании управляющих сигналов.

Для того, чтобы информировать оператора, на каком этапе алгоритма он находится, и какие далее действия ему необходимо выполнить, в интерфейсе программы были добавлены поля «Команда выполнения алгоритма» и «Процесс», для взаимодействия оператора с программой и системой управления соответственно используются кнопки «Да», «Нет», «Далее».

На рис.2 представлен момент работы программы при нажатия кнопки «Пуск», когда поле «Команда выполнения алгоритма» информирует оператора, что «Станция включена», а поле «Процесс» подсказывает, что далее оператору необходимо выполнить «Выбор пульта управления».

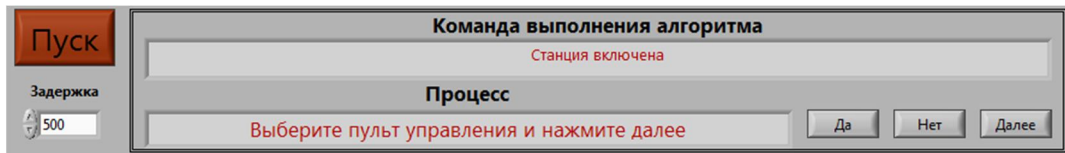


Рис. 2. Информационная панель выполняемых действий в разработанной программе

В ходе работы станции система управления постоянно информирует оператора, на каком этапе работы он находится, что ему нужно сделать далее. Переключение и выбор разных компонент станции, их режимов работы происходит четко в те моменты, как это предусмотрено алгоритмом функционирования МЦТрРРС.

3.2. Блок-диаграмма разработанной программы системы управления МЦТрРРС.

На панели Block Diagram в программной среде LabVIEW располагается непосредственно программный код, который позволяет сформировать логические связи между отдельными компонентами лицевой панели интерфейса пользователя и сформировать последовательность действий. Важнейшей концепцией программирования в программной среде LabView является концепция потоков данных DataFlow [9]. В отличие от императивных языков программирования, где операторы выполняются в порядке следования, в LabView функции работают, только если на всех входах функции есть информация (каждая функция имеет входные и выходные значения). Только тогда функция реализует свой алгоритм, а результат направляет на выход, который может быть использован другой функцией. Таким образом, в пределах одного виртуального прибора функции могут работать независимо друг от друга.

Для системы управления МЦТрРРС данный подход использования потоков данных DataFlow применим, поскольку разработанный алгоритм функционирования станции не имеет четко линейную структуру [2]. Данная концепция позволяет организовать одновременно режимы работы для разных компонент станции, но и параллельно с этим осуществлять мониторинг качества связи и индикацию различных параметров станции.

Также в среде LabVIEW следует концепции модульного программирования, которая предусматривает разделение большой прикладной задачи на ряд простых подзадач, что облегчает отладку приложения.

В качестве базового программного элемента принят узел (node), который содержит операторы, функции, структуры и подпрограммы [9]. Этот компонент и является основным на блок-диаграмме и непосредственно соответствует алгоритму функционирования МЦТрРРС.

Терминалы управления и терминалы-индикаторы относятся к средствам управления и индикаторам передней панели [9], которая в нашем случае соответствует интерфейсу оператора, где находятся все кнопки, элементы ввода для запуска и управления работой станции. Данные, которые оператор или вызывающий виртуальный прибор вносит в эти средства управления идут к блок-диаграмме через эти терминалы. Например, таким образом, в программе системы управления для обработки и дальнейшего выполнения передаются

значения углов места при юстировке антенн, выбор скоростей передачи или режима работы станции для разных компонент. Когда ВП заканчивает работу, выходные данные идут от блок-диаграммы к передней панели через терминалы индикатора. В разработанной программе данной концепции соответствует вывод на поля «Команда выполнения алгоритма» и «Процесс» информации оператору о том, что происходит со станцией, после того как программа эти действия сформирует в соответствии с алгоритмом.

Для организации связей между компонентами блок-диаграммы используются соответствующие инструменты – связи – это пути данных между терминалами. Они аналогичны переменным на обычных языках. Данные могут идти только в одном направлении от исходного терминала на один или более терминалов адресата. Различные образцы связей представляют собой различные типы данных, которые они могут переносить. В случае программы системы управления МЦТрРРС в ее блок-диаграмме присутствуют такие виды связей как Number, Boolean и String, которые позволяют передавать числовые данные введенные оператором, результаты логического выбора одного из компонентов на переключателях и текстовую информацию вывода для оператора соответственно.

На рис. 3. представлен фрагмент блок-диаграммы программы системы управления МЦТрРРС, который содержит терминалы-управления и отвечает за формирование входных данных от оператора, что дальше передаются на входы компонента структуры (Case Structure).

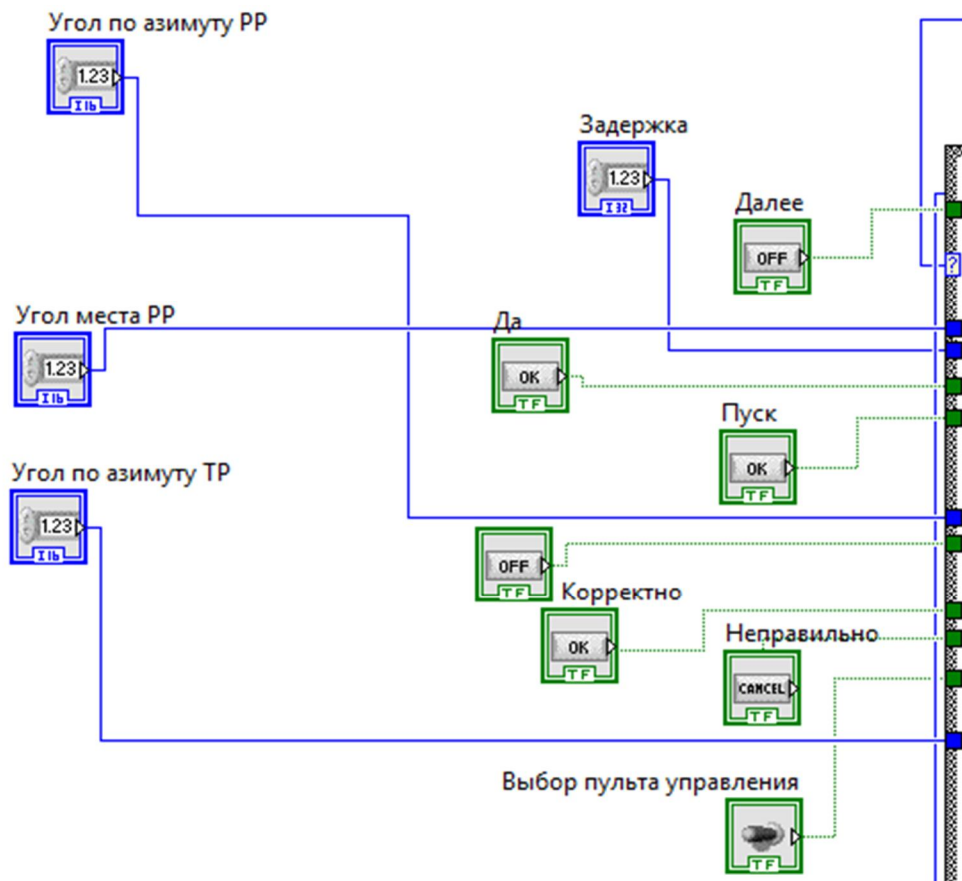


Рис. 3. Блок-диаграмма системы управления МЦТрРРС (терминалы управления)

На рис. 4. представлен основной программный элемент системы управления МЦТрРРС – структура выбора (Case Structure), которая во времени согласовывает все этапы алгоритма функционирования и формирует все команды для управления.

На рис. 5. представлен фрагмент блок-диаграммы программы системы управления МЦТрРРС, который содержит терминалы-индикаторы, получающие данные от элемента структуры выбора. Информацию, переданную на эти терминалы, видит оператор.

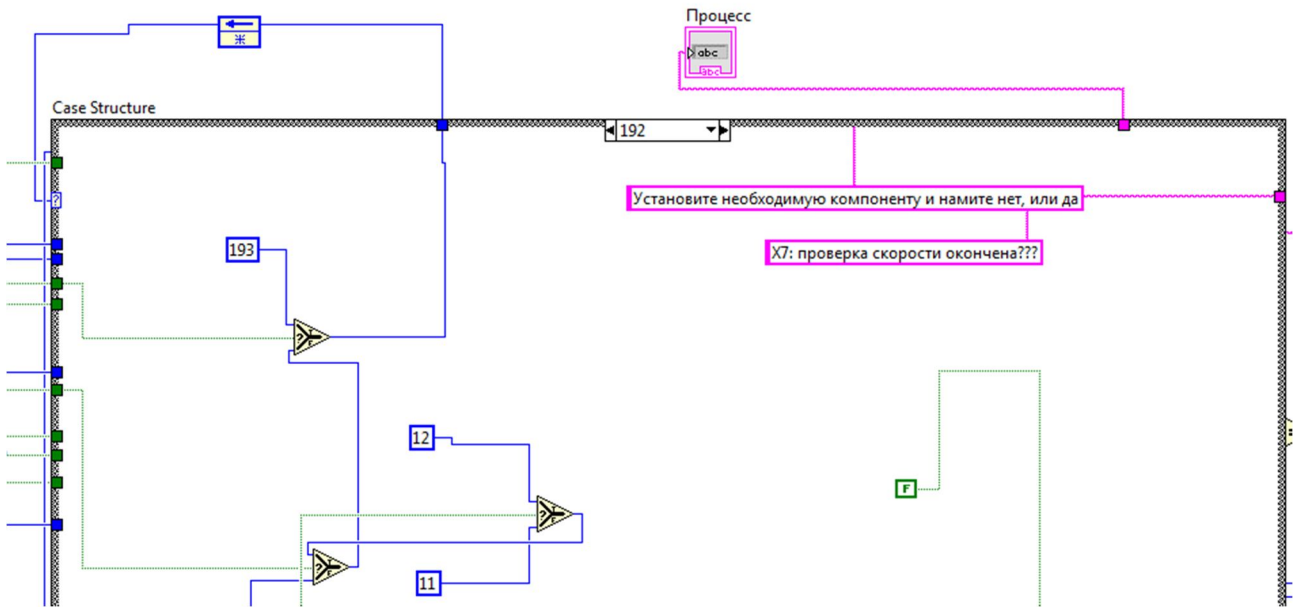


Рис. 4. Блок-диаграмма системы управления МЦТрРРС (элементы в Case Structure)

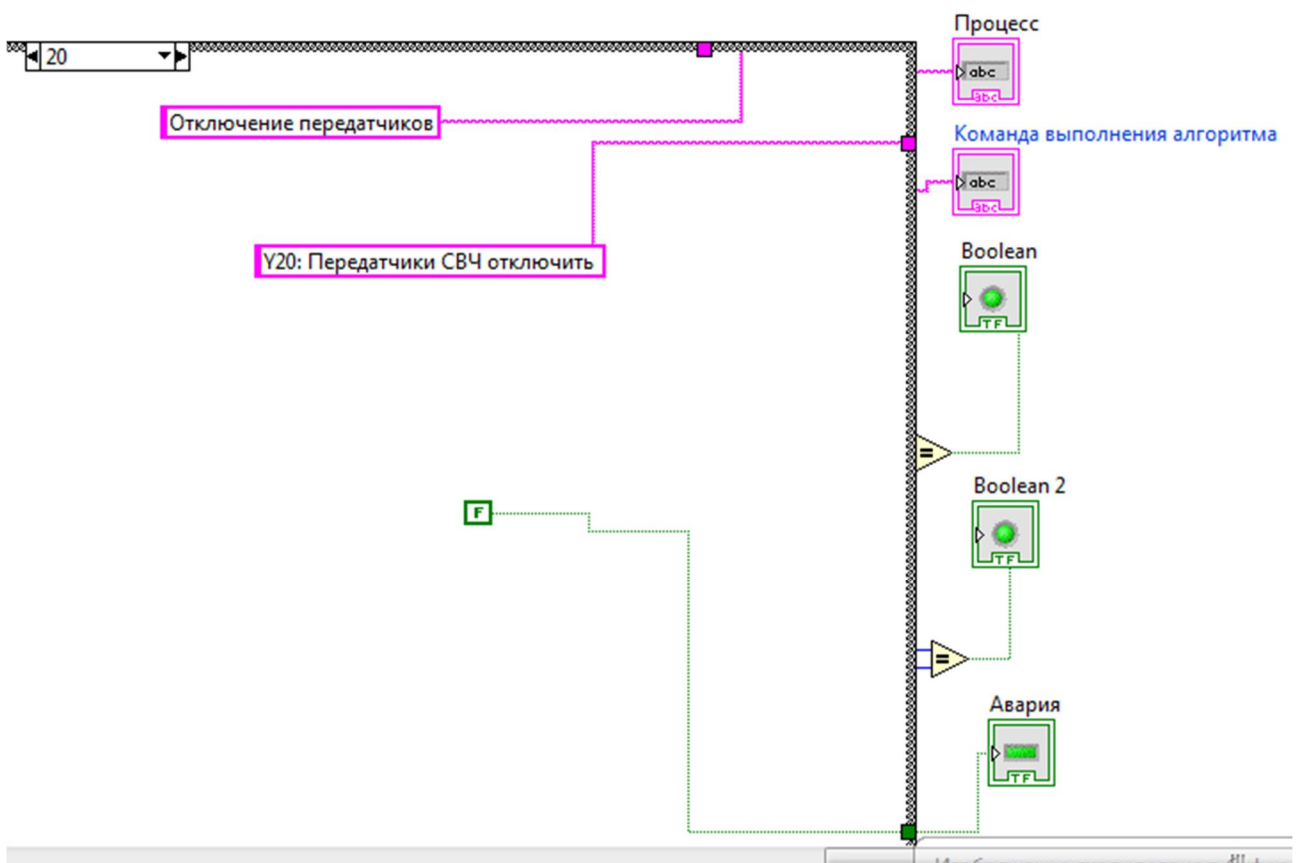


Рис. 5. Блок-диаграмма системы управления МЦТрРРС (терминалы-индикаторы)

3.3. Тестирование на работоспособность программы системы управления МЦТрРРС. Для наглядной демонстрации работоспособности программы системы управления рассмотрим процесс юстировки антенн МЦТрРРС.

Юстировка проходит для каждой компоненты отдельно, для выбора компоненты и ввода необходимых значений оператору предлагается следующее меню, представленное на рис. 6.

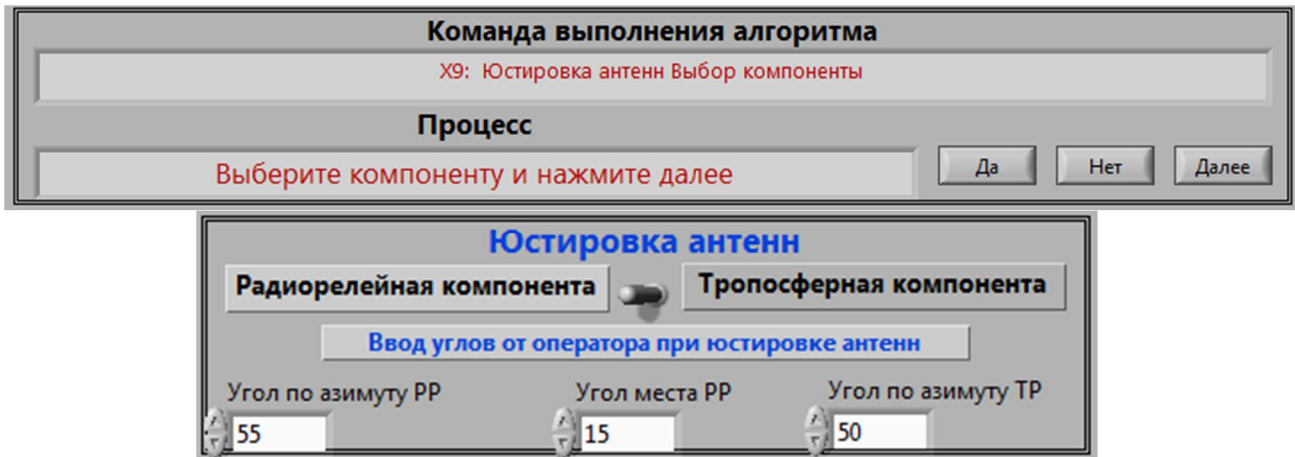


Рис. 6. Выбор компоненты и меню ввода значений оператором при юстировке антенн

При выборе радиорелейной компоненты оператору необходимо ввести значение угла и по азимуту и по углу места, а при выборе тропосферной – только по азимуту (рис.6). Результат обработки введённой информации для радиорелейной компоненты представлен на рис.7, а для тропосферной – на рис.8.

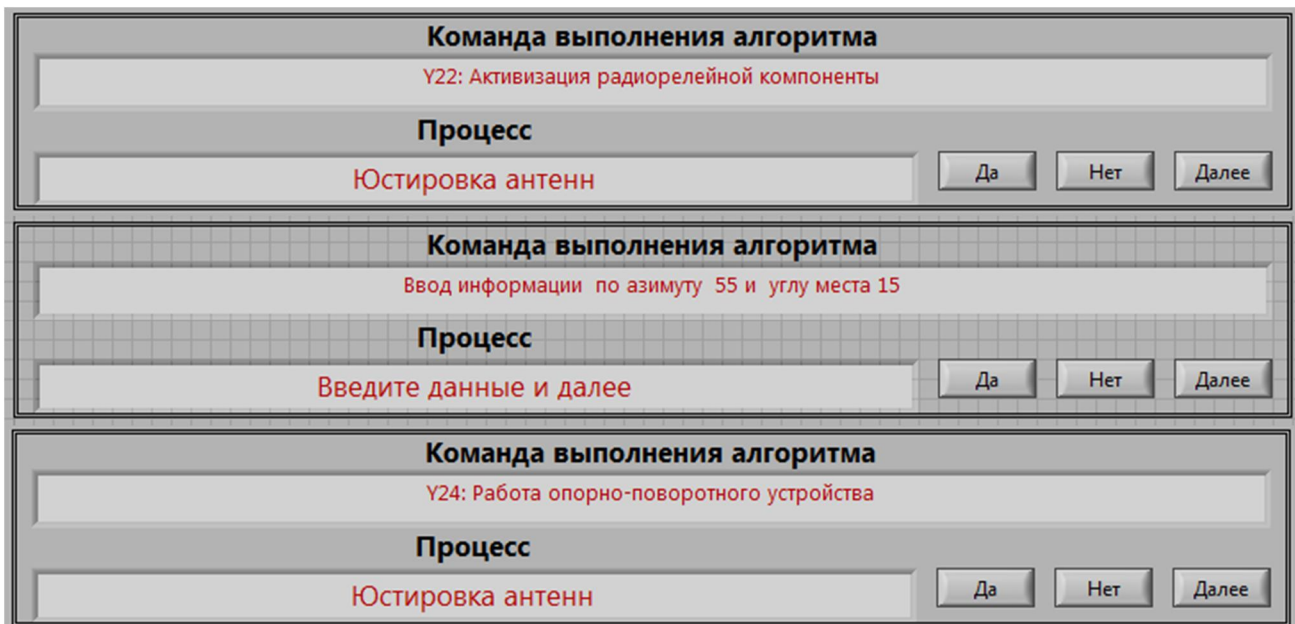


Рис.7. Выполнение действий для юстировки антенн при активизации радиорелейной компоненты

В [12] было проведено оценку электромагнитной совместимости для антенных систем МЦТрРРС, полученные результаты по расчёту развязки между близкорасположенными антеннами были включены и в работу системы управления. Так, как видно с рис. 6, оператором были введены не допустимые по разнице значения углов по азимуту для тропосферной и радиорелейной компонент ($<15^\circ$), что не соответствует условиям эксплуатации при использовании обоих компонент одновременно. В данном случае возникает сигнал «Авария», который сигнализирует оператору, про необходимость изменения введенных ранее параметров (рис.9).

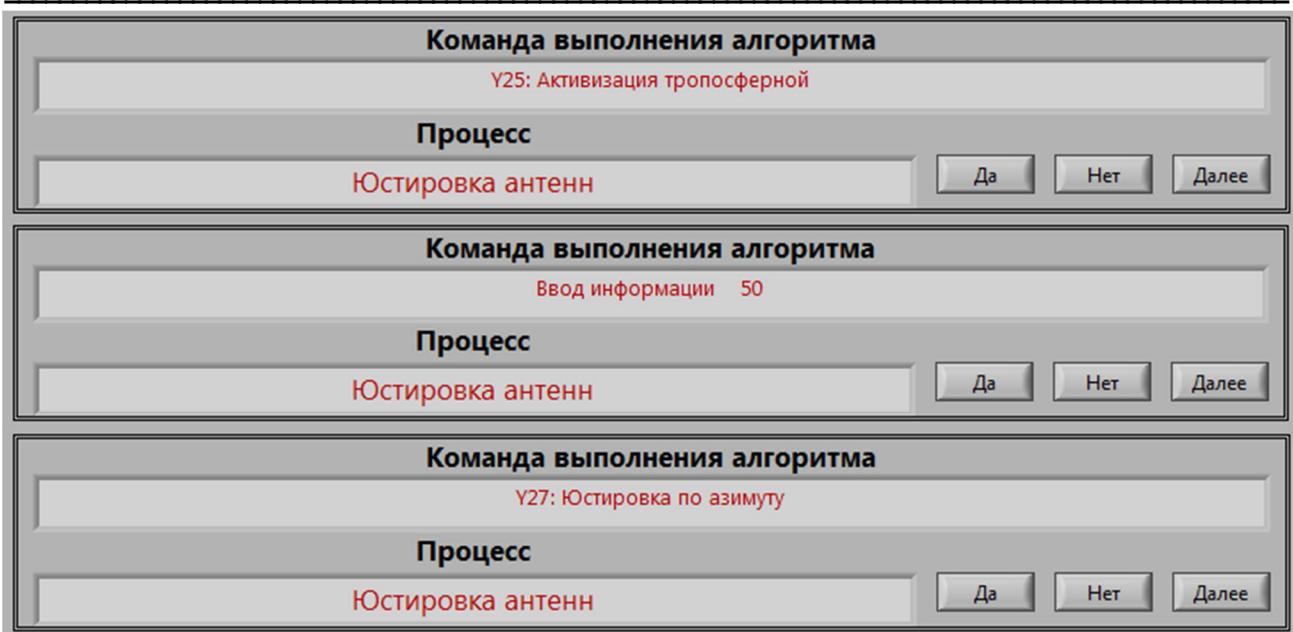


Рис. 8. Выполнение действий для юстировки антенн при активизации тропосферной компоненты

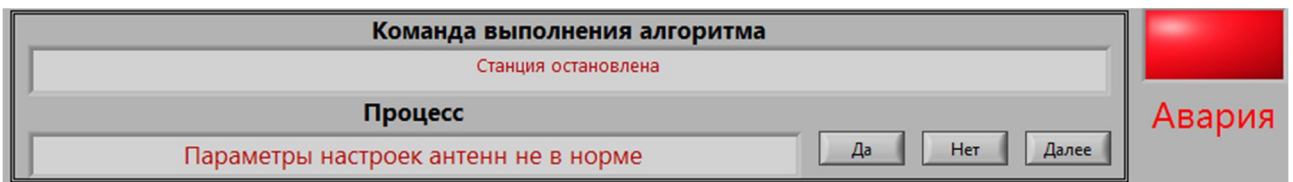


Рис. 9. Сигнал «Авария» при несоответствии параметров настройки антенн

Как только скорректированные данные будут соответствовать поставленным условиям (рис.10), и юстировка будет выполнена, появится диалоговое окно об окончании процесса юстировки для станции (рис.11).

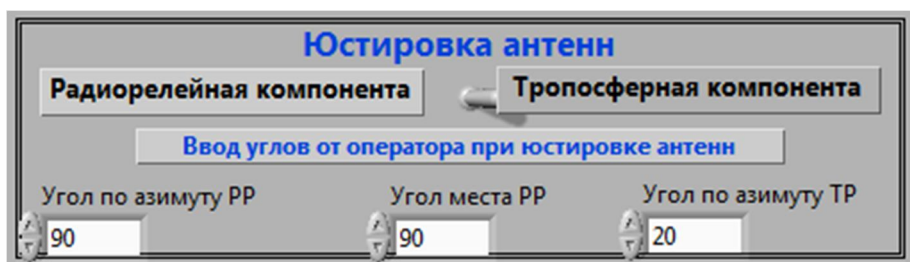


Рис.10. Изменение оператором значений углов по азимуту с учетом требования по развязке антенн.

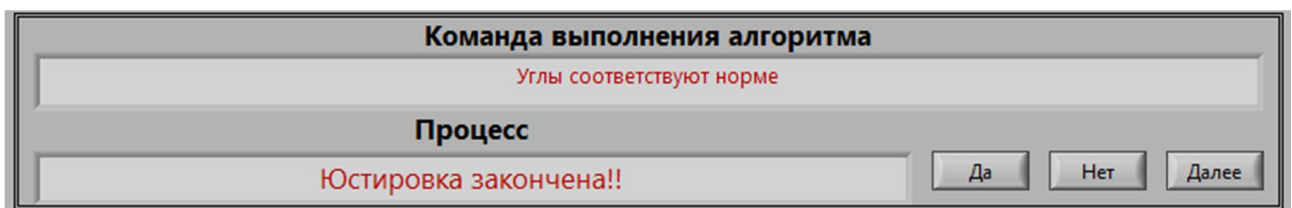


Рис.11. Запрос оператору об окончании процесса юстировки.

Далее программа продолжит работу станции в соответствии с этапами алгоритма функционирования системы управления МЦТрРРС [2].

4. Выводы. Таким образом, в данной статье представлена реализация программы системы управления МЦТрРРС. Приведенный интерфейс и функционал разработанной программы системы управления МЦТрРРС демонстрирует основные этапы работы такой станции. В программу включены основные модули, соответствующие алгоритму функционирования, которые могут быть доработаны и скорректированы с учетом требований Заказчика.

Следует отметить, что требования, предъявленные к диаграммам направленности антенн МЦТрРРС сформированные в [12], были учтены и при создании программы реализации системы управления МЦТрРРС.

В интерфейсе программы предусмотрен тот вариант, что при одновременном введении недопустимых значений углов по азимуту в тропосферной и радиорелейной компонентах система управления МЦТрРРС приостановит работу самой станции. При этом будет сформирован сигнал «Авария» на пульте управления, оператор получает информационное уведомление о необходимости изменения настроек для антенн при их юстировке для дальнейшего продолжения работы.

Рекомендациями по применению данного механизма является то, что в инструкцию по использованию программы системы управления для оператора должны быть включены и заданы четкие параметры возможных значений углов по азимуту, как для тропосферной, так и для радиорелейной компонент. Обязательными в данном случае является то, что минимальная разница между осями главных лепестков диаграмм направленности антенн обоих компонент должна быть таковой, чтобы обеспечивать работу опорно-поворотного устройства тропосферной компоненты в пределах значений по азимуту не меньше $\pm 15^\circ$.

Среди рекомендаций по дальнейшему применению также может быть предложен вариант использования, как самого алгоритма функционирования, так и специализированной программы для реализации системы управления в радиотехнических комплексах разного типа сложности в сложной помеховой обстановке. Для этого, с учетом потребностей Заказчика, необходимо внести коррекцию в алгоритм функционирования системы управления [2] и дополнить программу системы управления, рассмотренную в данной статье, соответствующими модулями. Эти этапы будут требовать дополнительных инженерно-конструкторских решений, но дополнительной научно-исследовательской проработки не потребуют.

Список использованной литературы

1. Патент 112217 Україна, С2. Мобільна цифрова тропосферно-радіорелейна станція / Почерняєв В.М., Повхліб В.С. Заявник і патентовласник Почерняєв В. М., Повхліб В. С.; заявл. 12.09.2014; опубл. 10.08.2016 // Бюл. № 15.
2. Повхлеб В. С. Алгоритм функционирования системы управления мобильной цифровой тропосферно-радиорелейной станцией / В. С. Повхлеб // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2016. – №4(53). – С. 83-91.
3. Troposcatter Solutions [Електронний ресурс] // – Режим доступу: <http://www.raytheon.com/capabilities/products/troposcatter/> .
4. Troposcatter Hardware [Електронний ресурс] // – Режим доступу: <http://www.comtechsystems.com/products-systems/troposcatter-hardware/> .
5. Products of Advantech Wireless [Електронний ресурс] // – Режим доступу: <http://www.advantechwireless.com/all-products/> .

6. Ericsson Radio System [Електронний ресурс] // – Режим доступу: <https://www.ericsson.com/ourportfolio/products/radio-system> .
7. Introduction. High Capacity Radio Relays [Електронний ресурс] // – Режим доступу: <http://elbitsystems.com/product/introduction-3/> .
8. NI LabVIEW 2012 Release Details [Електронний ресурс] // – Режим доступу: <http://www.ni.com/labview/release-archive/2012/> .
9. LabView. Вводный курс [Електронний ресурс] // – Режим доступу: <http://www.novsu.ru/file/1065868> .
10. Почерняев В. Н. Функции Уолша-Пэли для системы управления мобильной цифровой тропосферно-радиорелейной станцией / В. Н. Почерняев, В. С. Повхлеб // Наукові праці ОНАЗ ім. О. С. Попова. – 2016. – №2– стр. 107-113
11. Почерняев В.Н., Повхлеб В.С. Управление мобильной цифровой тропосферно-радиорелейной станцией / В. Н. Почерняев, В. С. Повхлеб // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2014. – №6(34). – С. 27-32.
12. Почерняев В.Н., Повхлеб В.С. Мобильная цифровая тропосферно-радиорелейная станция: Оценка ЭМС и устойчивость системы управления // Цифрові технології: Збірник / Кол. авт. – Одеса: Одеська національна академія зв'язку ім. О. С. Попова, 2016. – Вип. 19.

References

1. UA 112217 C2, 10.08.2016. Mobile digital troposcatter-radiorelay station. The applicant and patentee V. M. Pochernyaev, V. S. Povkhlil; appl. 09/12/2014; publ. 08/10/2016; Bull. № 15.
2. Povkhlil V. S The algorithm of functioning for the control system of mobile digital troposcatter-radiorelay station // Telecommunication and Informative Technologies/ – 2016. – №4(53) – P. 83-91.
3. Troposcatter Solutions // – <http://www.raytheon.com/capabilities/products/troposcatter/> .
4. Troposcatter Hardware // – <http://www.comtechsystems.com/products-systems/troposcatter-hardware/>
5. Products of Advantech Wireless // – <http://www.advantechwireless.com/all-products/> .
6. Ericsson Radio System // – <https://www.ericsson.com/ourportfolio/products/radio-system> .
7. Introduction. High Capacity Radio Relays // – <http://elbitsystems.com/product/introduction-3/> .
8. NI LabVIEW 2012 Release Details // – <http://www.ni.com/labview/release-archive/2012/>
9. LabView. Вводный курс <http://www.novsu.ru/file/1065868> .
10. Pochernyaev V. N., Povkhlil V. S. Functions of the Walsh-Paley for control system of mobile digital troposcatter-radiorelay station // Proceedings of the O.S. Popov ONAT. – 2016. – №2. – P. 107-113
11. Pochernyaev V. N., Povkhlil V. S. Managing of mobile digital troposcatter-radiorelay station // Scientific proceeding of Ukrainian research institute of communication. – 2014. – №6(34). – P. 27-32.
12. Pochernyaev V. N., Povkhlil V. S. Mobile digital troposcatter-radiorelay station: Assessment of electromagnetic compatibility and stability of control system // Digital technologies– Odessa: O.S. Popov ONAT. – 2016. – №19.

Автор статті

Повхліб Вікторія Сергіївна – старший викладач кафедри телекомунікацій, Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова. Тел.: +380 (93) 510 31 58. E-mail: povviktoriya@yandex.ru.

Author of the article

Povkhlil Victoria Serhiivna – senior lecturer of the telecommunication department, A. S. Popov Odessa National Academy of Telecommunications. Tel.: +380 (93) 510 31 58. E-mail: povviktoriya@yandex.ru.

Дата надходження
в редакцію: 27.12.2016 р.

Рецензент:
доктор технічних наук, професор В. М. Почерняев
Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова