

АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ ТРОПОСФЕРНО-РАДИОРЕЛЕЙНОЙ СТАНЦИЕЙ

В данной статье представлен алгоритм функционирования системы управления мобильной цифровой тропосферно-радиорелейной станцией. Алгоритм включает программные и командные сигналы управления. Алгоритм не имеет четко линейной структуры, поскольку содержит блоки множественного выбора и предусматривает параллельно с управляющими действиями постоянный мониторинг качества связи и индикацию различных параметров станции. Управляющие сигналы, соответствующие данному алгоритму, формируются с помощью генератора функций Уолша-Пэли.

Ключевые слова: мобильная цифровая тропосферно-радиорелейная станция, алгоритм системы управления, управляющие сигналы, генератор функций Уолша-Пэли

1. Вступительная часть

Постановка задачи. В настоящей работе разработан алгоритм функционирования системы управления мобильной цифровой тропосферно-радиорелейной станцией (МЦТрРРС) [1]. Необходимость такой разработки вытекает из положения Закона Украины «Про инновационную деятельность в Украине» (статья 4, пункт 2). Такая мобильная радиосистема СВЧ применяется в условиях чрезвычайных ситуаций (стихийных бедствий, техногенных катастроф) и вооруженных конфликтов или операциях по противодействию терроризму, и способна обеспечить связь между двумя корреспондентами, находящимися на расстояниях от сотен метров до 300 км. Поэтому тема такого исследования является актуальной. Ключевым моментом является то, что на единой транспортной базе создана комбинированная цифровая радиосистема СВЧ, имеющая тропосферную компоненту и радиорелейную компоненту с общим передающим трактом и общим возбудителем-гетеродином для использования в режимах загоризонтной связи (режим тропосферной станции) и прямой видимости (режим радиорелейной станции). Станция функционирует в двух частотных диапазонах.

Анализ литературных источников. Наиболее широко распространенными видами построения цифровых тропосферных станций являются станции, описанные в [2]. Для радиорелейных станций базовым может быть рассмотрен вариант, представленный в [3]. Структурную схему возбудителя-гетеродина для построения такого типа станций детально рассмотрено в [4]. Анализ электронных источников развития цифровой тропосферной связи показал, что мировые разработчики и производители идут по пути компактности мобильных вариантов, увеличения пропускной способности и обеспечения высокой устойчивости связи [5, 6].

Нерешенные вопросы. Под устойчивостью связи понимается помехоустойчивость, надежность связи и быстродействие системы управления. Анализ показал, что нерешенным вопросом является создание такой системы управления, которая бы одновременно решала бы задачи высокого быстродействия и помехоустойчивости.

Цель и задачи исследования. Целью работы является создание алгоритма функционирования системы управления мобильной цифровой тропосферно-радиорелейной станцией (МЦТрРРС).

Для достижения цели решаются следующие научные задачи:

- проанализированы и выделены основные этапы функционирования такого сложного комплекса как МЦТрРРС;
- предложено описание сигналов управления ортогональных кусочно-постоянных функций.

2. Приемо-передающий СВЧ тракт МЦТрРРС

На рис. 1 изображен приемо-передающий СВЧ тракт разработанной мобильной цифровой тропосферной-радиорелейной станции [1].

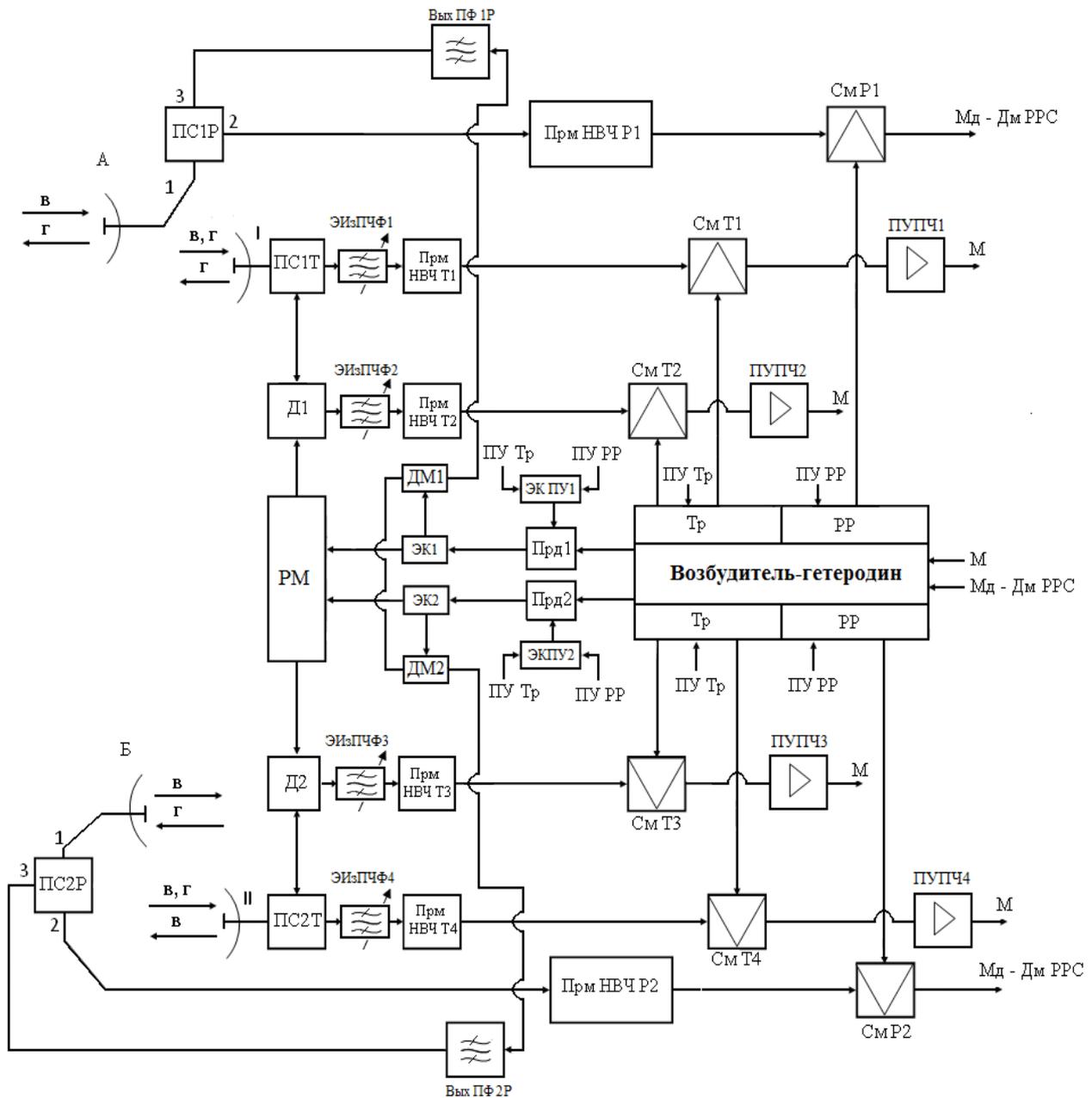


Рис. 1. Приемо-передающий СВЧ тракт МЦТрРРС

К основным компонентам станции относятся: антенны тропосферной станции, работающие в режиме загоризонтной связи (I и II); антенны радиорелейной станции, работающие в режиме прямой видимости (А и Б); поляризационные селекторы (ПС1 и ПС2); дуплексеры (Д1, Д2); распределитель мощности (РМ); электрически изменяющие полосу частот фильтры (ЭИЗПЧФ1, ЭИЗПЧФ2, ЭИЗПЧФ3, ЭИЗПЧФ4); выходные полосовые фильтры (Вых. ПФ1, Вых. ПФ2); приемники тропосферной станции (Прм СВЧ Т1, Прм СВЧ Т2, Прм СВЧ Т3, Прм СВЧ Т4); приемники радиорелейной станции (Прм СВЧ Р1, Прм СВЧ Р2); передатчики СВЧ (Прд 1, Прд 2); делители мощности передающего СВЧ тракта (ДМ1, ДМ2); смесители тропосферной станции (См Т1, См Т2, См Т3, См Т4); смесители радиорелейной станции (См Р1, См Р2); предварительные усилители ПЧ (ПУПЧ1, ПУПЧ2, ПУПЧ3, ПУПЧ4); электронные ключи, обеспечивающие подключение сигналов от пульта управления на передатчики СВЧ и возбудитель-гетеродин (ЭК1, ЭК2, ЭК ПУ1, ЭК ПУ2).

3. Алгоритм функционирования системы управления МЦТрРРС

Учитывая жесткие требования к излучающим РИС входящим в состав МЦТрРРС, полученные из оценки ЭМС РИС [7], научной проработки требует система управления станцией. Это к тому же обусловлено и возможностью работы МЦТрРРС в сложной помеховой обстановке, включая воздействия преднамеренных помех.

3.1. Система управления МЦТрРРС. Для формирования сигналов управления с высокой скоростью переключений и устойчивых к внешнему воздействию целесообразно использовать кусочно-постоянные ортогональные функции.

Использование таких ортогональных функций в качестве базисных обусловлено еще и тем, что с применением микропроцессорной техники кусочно-постоянные функции имеют преимущества перед гармоническими (синусоидальными и косинусоидальными). Для реализации поставленных задач выбран ансамбль функций Уолша, упорядоченный по Пэли.

Следует отметить, что в МЦТрРРС впервые в отечественных средствах связи применяются управляющие сигналы на функциях Уолша-Пэли.

Система управления использует как командную, так и программную информацию для формирования управляющих действий. Под командной информацией понимается такая информация, которая немедленно исполняется. Программная информация, которая иногда называется «числовыми командами», содержит числовые значения каких либо параметров, которые надо изменить в заданное время. Такая информация сначала запоминается в оперативной памяти пульта управления. При разработке алгоритма учтены оба типа информации.

Управление станцией осуществляется со стационарного пульта управления и выносного пульта управления, каждый из которых имеет в своем составе генератор функций Уолша-Пэли. Функции как стационарного, так и выносного пультов управления являются идентичными и были рассмотрены в [8].

Отметим, что местные органы управления и контроля станции дублируются соответствующими органами управления на пульте управления.

Организация связи выносного пульта со стационарным пультом и самой станцией осуществляется двумя способами:

- радиоканал по стандарту ZigBee/IEEE 802.15.4 с использованием малогабаритного модуля XBee-PRO (рабочая частота 2,4 ГГц, радиус действия в свободном пространстве до 1200 м);
- проводной канал по стандарту Ethernet (коаксиальный кабель длиной 100...250 м в зависимости от требований Заказчика).

Дополнительные функции выносного пульта управления:

- переговоры с оператором (экипажем), находящимся в станции;
- связь со стационарным пультом управления;
- выход на громкоговоритель пульта управления.

3.2. Алгоритм функционирования системы управления МЦТрРРС. Разработанный алгоритм управления МЦТрРРС не имеет четко линейной структуры, поскольку предусматривает варианты выбора разных компонентов станции, их режимов работы и параллельно с этим осуществляет мониторинг качества связи и индикацию различных параметров станции.

Рассмотрим алгоритм функционирования системы управления (рис. 2).

Каждая из операций Y_i , представленная в алгоритме управления, может содержать несколько микроопераций $y_1, y_2, y_3 \dots y_i$, которые будут отвечать за отдельные компоненты и оборудование станции. Условия X_i также могут иметь несколько переменных x_1, x_2, \dots, x_j для реализации нескольких условий проверки одновременно. Множественным условиям выбора X_i на пульте управления будут соответствовать кнопки и ключи, использование которых исключает необходимость ввода специальных команд в терминале.

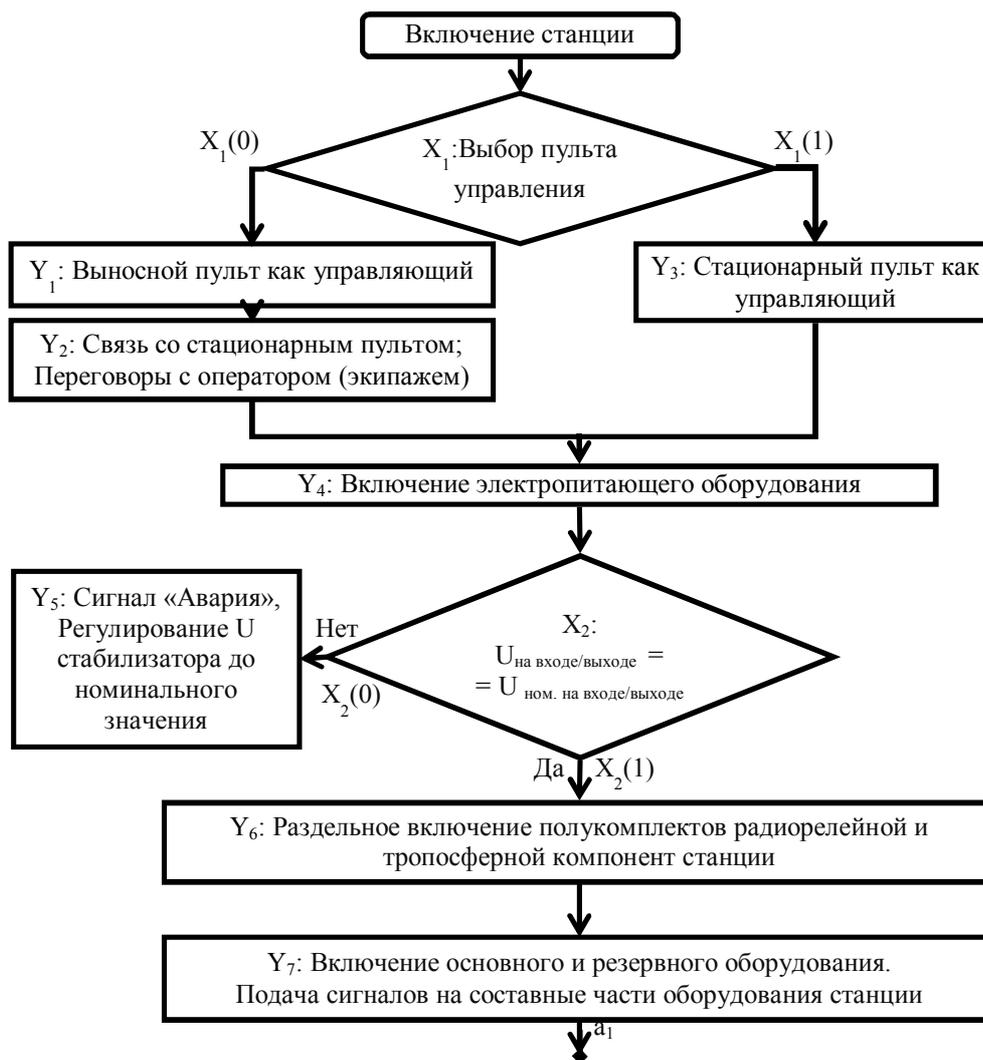


Рис. 2. Алгоритм управления работой станции (начальный этап)

Поскольку предусмотрено наличие двух пультов управления, то первым действием в алгоритме реализован выбор активного в данный момент пульта управления. Им может быть как стационарный, так и выносной пульт управления в зависимости от поставленной задачи.

Далее осуществляется включение всего электропитающего оборудования станции и формирование сигналов проверки величины напряжения на входе и выходе стабилизатора. Если полученные значения не соответствуют номиналу, то формируется сигнал «Авария». После этого происходит раздельное включение полукомплектов радиорелейной станции и тропосферной компоненты, включение основного и резервного оборудования и подача сигналов на все составные части оборудования станции, в том числе и на электронные ключи. Алгоритм, демонстрирующий описанные выше операции, представлен на рис. 2.

Последующие команды управления запускают проверку работоспособности всех элементов (устройств) станции. Если проверяемое устройство работает некорректно, то системой управления формируется дополнительная операция повторного перезапуска устройства. Следует отметить, что для некоторых устройств необходима проверка в нескольких режимах. Так для передатчиков СВЧ и возбуждителя-гетеродина необходимо проверять включение/выключение в двух рабочих диапазонах.

Следующим этапом является проверка работоспособности по «малому кольцу», при которой передающий и приемный тракты переключаются на эквиваленты антенн, при этом сами антенны не включены. Фрагмент алгоритма, демонстрирующий проверку работоспособности «на себя» каждой компоненты станции и работу станции по «малому кольцу», представлен на рис.3. По окончании проверки по «малому кольцу» передатчики СВЧ отключаются.

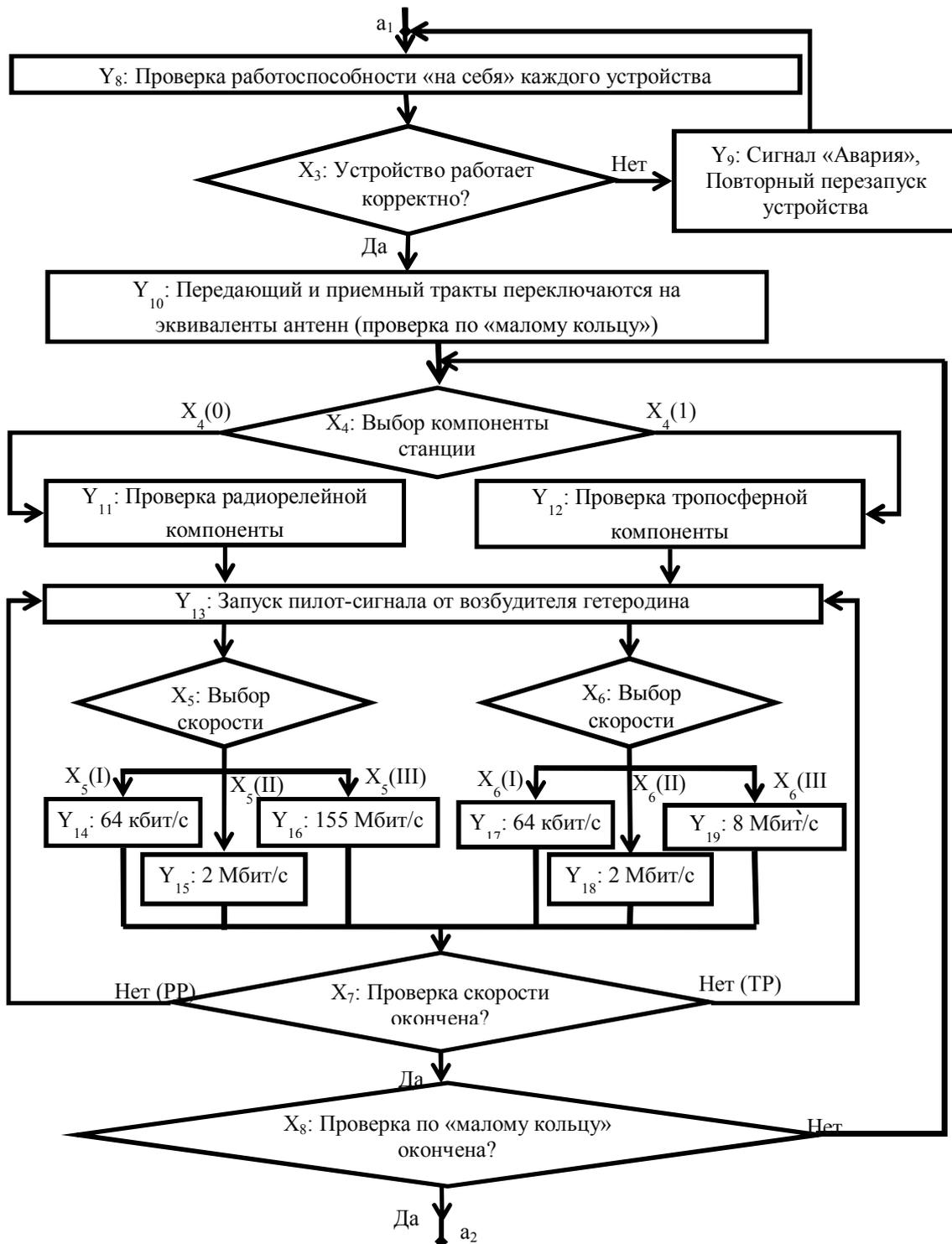


Рис. 3. Алгоритм управления работой станции (Проверка работоспособности компонентов станции «на себя» и по «малому кольцу»)

Далее для активной работы станции в любом из режимов необходимо произвести юстировку антенн по азимуту и углу места. Поскольку, радиорелейная и тропосферная компоненты имеют собственные антенные системы, то их юстировка производится отдельно. Для тропосферной компоненты необходимо выполнить подъем антенн и после введенных оператором значений углов места и по азимуту включить работу опорно-поворотного устройства.

Для радиорелейной компоненты станции необходимо выполнить подъем 2-х телескопических мачт вместе с присоединенными антеннами и коаксиальным кабелем. После введенного оператором значений угла по азимуту выполняется юстировка антенн. По завершению юстировки производится контроль наличия уровня излучения в антеннах и выводом на индикацию соответствующего уровня сигнала [9].

Проверка по «малому кольцу» и проходит для каждой компоненты отдельно. Обязательным действием при проверке по «малому кольцу» является запуск пилот-сигнала от возбуждителя гетеродина и проверка работы компоненты станции на разных скоростях.

Так, для радиорелейной компоненты возможен выбор скоростей в 64 кбит/с, 2 Мбит/с, 155 Мбит/с, а для тропосферной компоненты – 64 кбит/с, 2 Мбит/с и 8 Мбит/с.

Фрагмент алгоритма, демонстрирующий процесс юстировки антенн по азимуту и углу места, представлен на рис. 4.

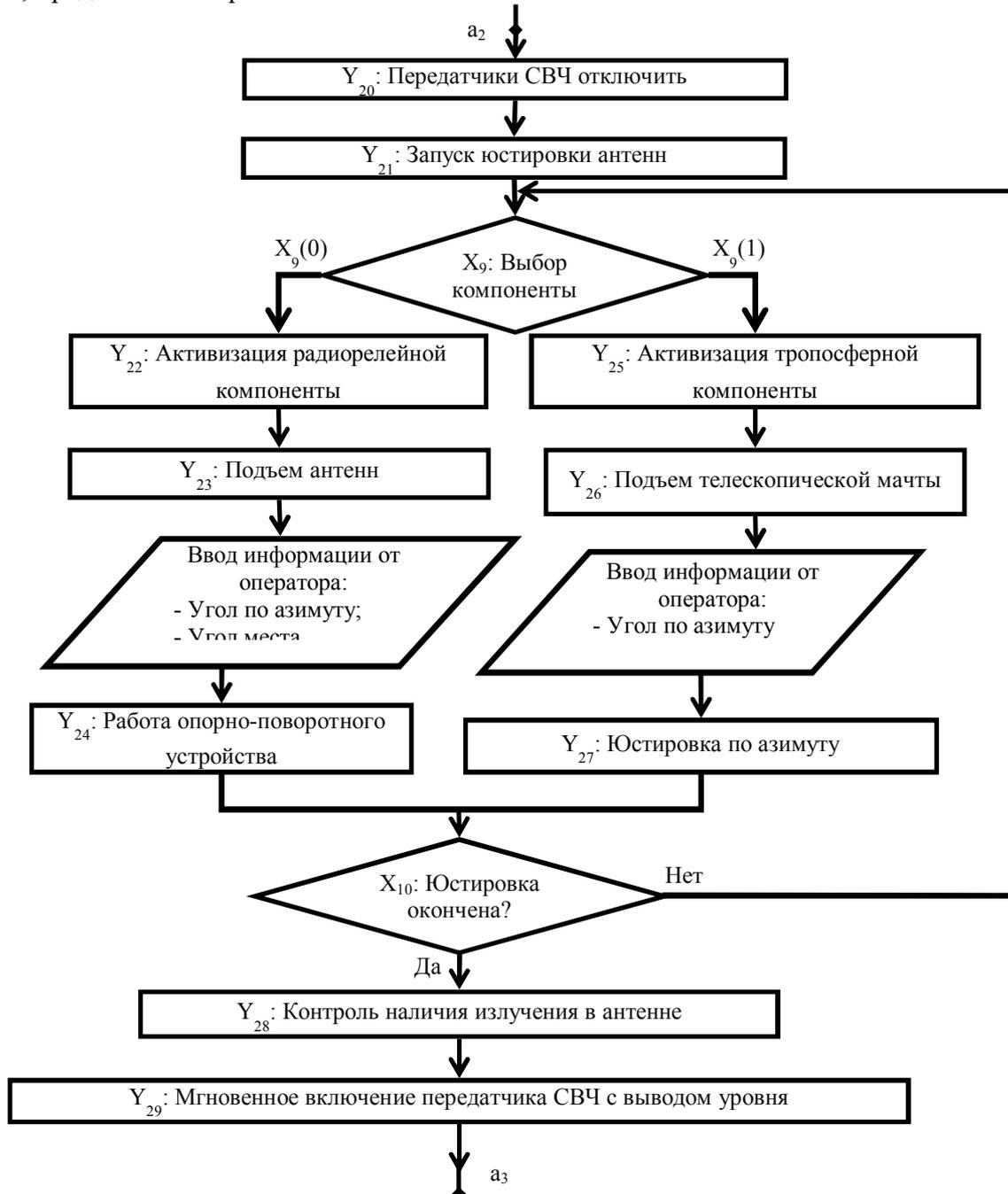


Рис. 4. Алгоритм управления работой станции (юстировка антенн для радиорелейной и тропосферной компонент станции)

По завершенню юстировки антенн осуществляется переход непосредственно к настройке отдельных компонент станции на заданные режимы работы (выполняется входение в связь и ее поддержание). Поскольку тропосферная и радиорелейная компоненты станции в любой момент времени могут работать в разных режимах, поэтому для них выбор режима происходит отдельно друг от друга. Выбор настроек режимов работы станции, как для тропосферной, так и радиорелейной компонент, представлен на рис. 5.

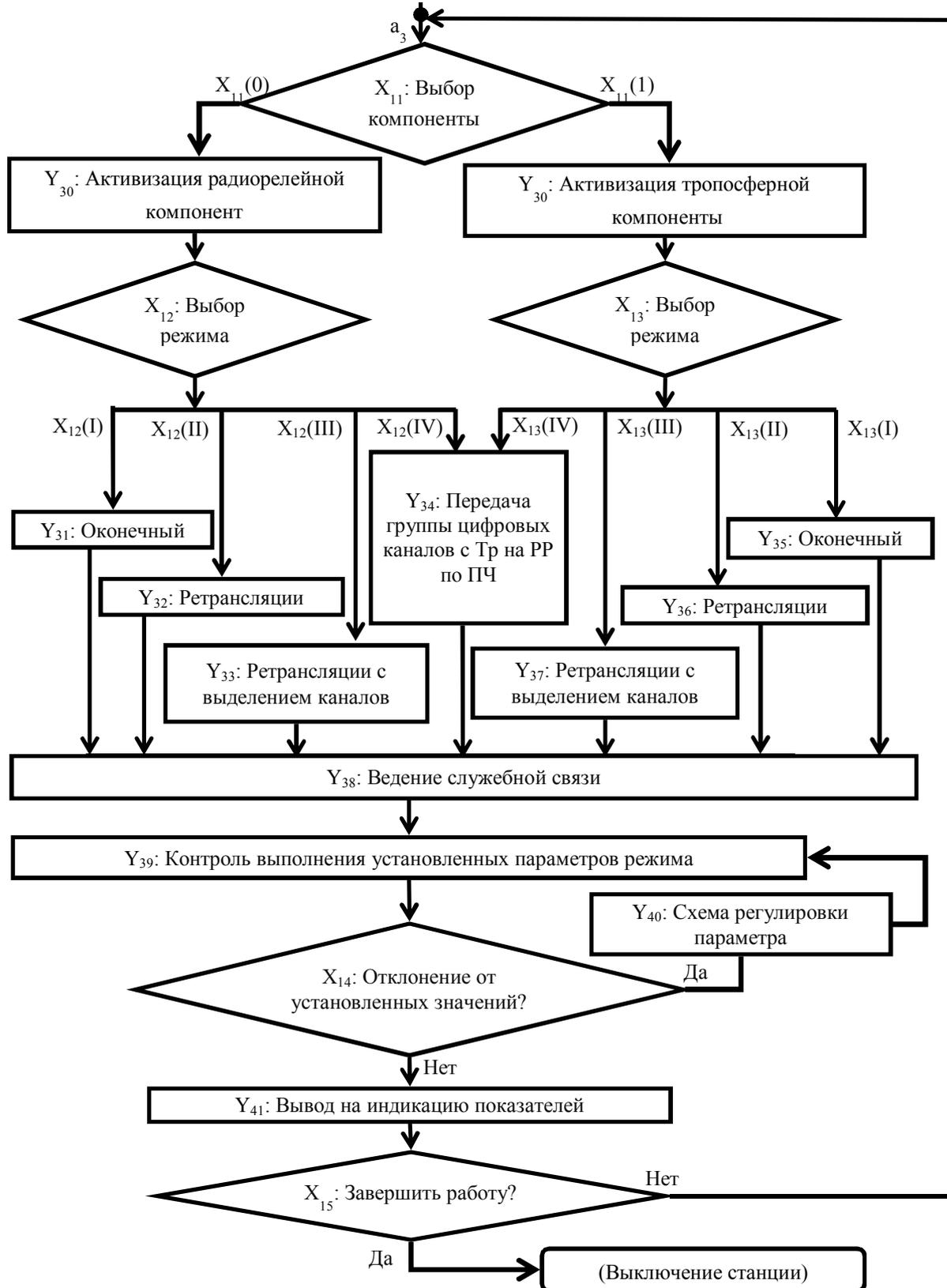


Рис. 5. Алгоритм управления работой станции (выбор режимов работы)

У каждой из компонент станции возможен выбор одного из трех вариантов режимов:

- окончательный режим работы;
- режим ретрансляции;
- режим ретрансляции с выделением каналов в пункте ретрансляции (узловой).

Следует отметить, что возможен еще один режим работы, который предусматривает передачу группы цифровых каналов с тропосферной компоненты на радиорелейную, или наоборот, на промежуточной частоте. Алгоритм предусматривает автоматичный переход на запасные волны, изменения выходной мощности передатчиков и изменение скоростей передачи.

Предусмотрена организация служебной связи:

- передача служебной информации об установлении связи;
- ведение служебной связи по двум служебным каналам (СК-1, СК-2).

Кроме служебной информации активная работа станции также требует постоянного контроля характеристик и параметров станции.

Если происходит отклонение характеристик и параметров от заданных норм, то запускается действие по соответствующей регулировке. К микрооперациям контроля в пульте управления относятся:

- контроль входной мощности на входе приемника СВЧ и на выходе демодулятора модема и уровня АРУ приемного тракта (при отклонении происходит автоматическое регулирование и усиление);
- контроль потери достоверности передаваемой информации (если меньше заданного значения, то происходит перестройка с адаптацией по мощности и по частоте);
- контроль установленных скоростей работы (если скорость не соответствует, то происходит автоматическая регулировка);
- контроль состояния бортовой электросети.

4. Выводы

Таким образом, в данной статье рассмотрен алгоритм функционирования системы управления МЦТрРРС. Управляющие сигналы формируются с помощью генератора функций Уолша-Пэли. Выбор сигналов на основе ортогональных кусочно-непрерывных функций Уолша-Пэли обеспечивает не только помехоустойчивость системы управления, но и ее быстроедействие, так как в основе этих функций лежат быстросходящиеся ряды.

Список использованной литературы

1. Патент 112217 Україна, С2. Мобільна цифрова тропосферно-радіорелейна станція / Почерняев В.М., Повхліб В.С. Заявник і патентовласник Почерняев В.М., Повхліб В.С.; заявл. 12.09.2014; опубл. 10.08.2016 // Бюл. № 15.
2. Почерняев В.Н. Тропосферная связь: общая характеристика, особенности и принципы построения аппаратуры / В.Н. Почерняев, Захаренко С.Е. // Зв'язок – 2000. – №3. – С. 22-24.
3. Плотников А.А. Система широкополосного радиодоступа для фиксированных сельських сетей святы / А.А. Плотников, Е.Д. Поборчий // Електросвязь. – 2004. – №12 – С. 15-18.
4. Каменский Н.Н. Справочник по радиорелейной связи / Н.Н. Каменский, А.М. Модель, Б.С. Надененко, Л.В. Надененко, И.Л. Папернов, Т.Г. Тараканова,

А.А. Шур, И.С. Цирлин, В.Г. Ямпольский ; под ред. С.В. Бородича. – 2-е изд. – Москва : Радио и связь, 1981. – 356 с.

5. Troposcatter Hardware [Електронний ресурс] // – Режим доступу: <http://www.comtechsystems.com/products-systems/troposcatter-hardware/> (20.09.2016 р.).

6. General Dynamics C4 Systems [Електронний ресурс] // – Режим доступу: <http://www.gdsatcom.com/email/9-7-06.htm> (20.09.2016 р.).

7. Почерняев В. Н. Оценка электромагнитной совместимости радиоизлучающих средств мобильной цифровой тропосферно-радиорелейной станции / В. Н. Почерняев, В.С. Повхлеб // Тезисы докладов VIII Международной научно-практической конференции «Современные проблемы и достижения в области радиотехники, телекоммуникаций и информационных технологий». – Запорожье: ЗНТУ, 21-23 сентября 2016.

8. Почерняев В.Н. 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.

9. Pochernyaev V. Managing of microwave antennas of digital combined radiorelay-troposcatter station / V. Pochernyaev, V. Povhlib // Proceedings of the IX International Conference on Antenna Theory and Techniques (ICATT), 16-20 September 2013– Odessa. – PP. 544-545.

Автор статті

Повхліб Вікторія Сергіївна – аспірант 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

Povkhlіb Viktoriya Serhiyivna – post-graduate student of the telecommunication department, A.S. Popov Odessa National Academy of Telecommunications. Tel.: +380 93 510 31 58. E-mail : povviktoriya@yandex.ru.

Рецензент:

доктор технічних наук,
професор В. М. Почерняев

Одеська національна академія зв'язку ім. О. С. Попова.

Дата надходження

в редакцію: 27.09.2016 р.