

А.Е. ЧАГАН, вед. инж.-электр., Институт ионосферы, Харьков
А.И. ЛЯЛЮК, м.н.с., Институт ионосферы, Харьков

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ НАСТРОЙКИ КОМПЛЕКСА НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ НА КРУГОВУЮ ПОЛЯРИЗАЦИЮ

Рассмотрены вопросы настройки на круговую поляризацию двухканального радиопередающего устройства комплекса некогерентного рассеяния. На основе выбранной элементной базы и при учёте особенностей контрольного сигнала разработан алгоритм настройки и поддержания режима круговой поляризации.

Розглянуто питання налаштування на кругову поляризацію двоканального радіопередавального пристрою комплексу некогерентного розсіяння. На основі обраної елементної бази та враховуючи особливості контрольного сигналу був розроблений алгоритм налаштування та підтримки режиму кругової поляризації.

In article explains how to configure a circular polarization of dual radio transmitting device of incoherent scatter facility. Based on the selected components and taking into account the characteristics of the control signal, the algorithm of tuning and maintenance of circular polarization have been developed.

Введение. В метровом диапазоне волн высотный профиль мощности сигналов некогерентного рассеяния (НР) подвержен так называемой фарадеевской модуляции. Пример профиля сигнала НР при наличии фарадеевской модуляции и без неё представлен на рис. 1. Чтобы свести влияние эффекта Фарадея к минимуму, антенно-фидерная система комплекса НР должна обеспечивать передачу и приём сигналов с заданными поляризационными характеристиками [1].

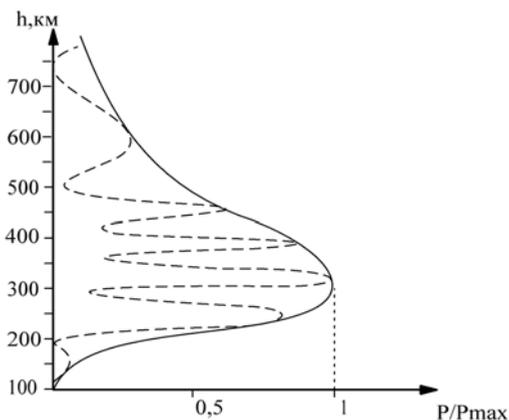


Рис. 1 – Профиль сигналов НР при наличии (пунктирная линия) и отсутствии фарадеевской модуляции (сплошная линия)

На комплексе НР Института ионосферы используется круговая поляризация зондирующих сигналов. Настройка в режим круговой поляризации обеспечивается соответствующим сдвигом фаз между каналами двухканального передающего устройства. С выходов передающего устройства мощные зондирующие импульсы по двум фидерным трактам поступают к облучателю зеркальной антенны [2]. В ходе измерений ионосферных параметров необходимо обеспечивать текущий контроль поляризации излучаемого сигнала. На протяжении суток вариации температуры окружающей среды приводят к изменениям длины фидерных трактов. Эти изменения не одинаковы для двух каналов, что, в свою очередь, приводит к изменению фазового сдвига между каналами и, как следствие, к появлению отмеченной выше фарадеевской модуляции.

В статье рассматривается система автоматической настройки на круговую поляризацию двухканального радиопередающего устройства комплекса НР [3]. Она представляет собой систему контроля поляризации, дополненную устройствами анализа и принятия решения и устройством, выполняющим подстройку фазового сдвига. Автоматизация позволяет улучшить оперативность и точность настройки, исключая фактор оператора, выполняющего подстройку вручную. При разработке системы автоматической настройки учитывались такие параметры как требуемая точность установки фазы, быстродействие, возможность модернизации ее программного обеспечения.

Принцип работы системы. Структурная схема разработанной системы автоматической настройки представлена на рис. 2.

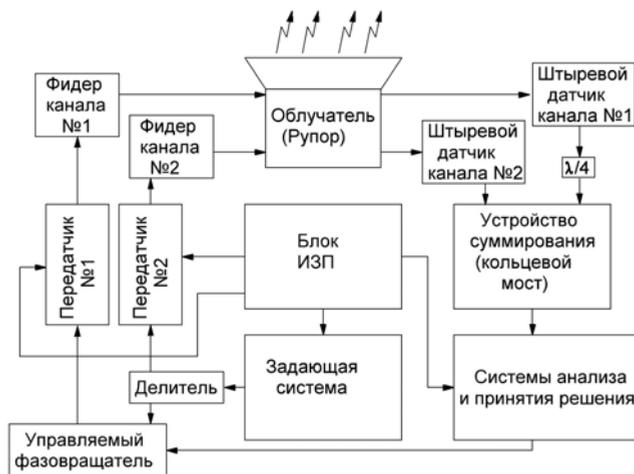


Рис. 2 – Структурная схема системы автоматической настройки. Блок ИЗП – блок импульсов запуска передатчика, $\lambda/4$ – вставка радиочастотного кабеля

Разработанная система дополняет существующую систему контроля и состоит из следующих функциональных узлов:

- двух ортогональных штыревых датчиков;
- устройства суммирования на основе кольцевого моста [4];
- устройства анализа и принятия решения, выполненного на базе микроконтроллера ATmega8;
- механического фазовращателя тромбонного типа, перестраиваемого с помощью шагового двигателя.

Ортогональные штыревые датчики, расположенные в раскрыве рупорного облучателя антенны, обеспечивают приём сигналов, соответствующих двум каналам радиопередающего устройства. Фазовый сдвиг, обусловленный круговой поляризацией излучаемых колебаний на выходах датчиков, равен $\pi/2$. Сигналы с датчиков по двум кабелям с соотношением длин $l_2 = l_1 + \lambda/4$, для обеспечения фазового сдвига между каналами еще на $\pi/2$, подаются на вход суммирующего устройства, где разность фаз составляет уже π .

Суммирующим устройством в рассматриваемой системе служит кольцевой коаксиальный мост. Результирующий (контрольный) сигнал, подается на вход устройства анализа и принятия решения.

Система анализа и принятия решения построена на базе микроконтроллера ATmega8, выбранного исходя из требуемой производительности, наличия встроенного аналого-цифрового преобразователя (АЦП), необходимого количества портов для управления исполняющим устройством, напряжения питания +5 В, которое также используется для питания микросхемы управления шагового двигателя. Сигнал контроля, подаваемый на вход устройства анализа и принятия решения после детектирования, поступает на встроенный 10-разрядный АЦП микроконтроллера. Исходя из разрядности АЦП, выбранного опорного напряжения 5 В и параметров входного сигнала (импульсы амплитудой от 50 до 5000 мВ), шаг квантования по напряжению составляет 4,9 мВ.

Алгоритм работы устройства анализа и принятия решения представлен на рис. 3. Этот алгоритм позволяет путем изменения фазового сдвига между каналами радиопередающего устройства добиться минимума амплитуды напряжения контрольного сигнала, что соответствует режиму круговой поляризации излучаемых колебаний. Зависимость нормированной амплитуды контрольного сигнала от фазового сдвига представлена на рис. 4.

На рис. 5 представлен алгоритм процедуры оцифровки контрольного сигнала (см. рис. 3 – процедура `izmeret(imp)`).

Для уменьшения времени поиска минимума начальный шаг перемещения фазовращателя составляет 20 мм, что на рабочей частоте комплекса НР соответствует фазовому сдвигу $3,6^\circ$. В процессе выполнения алгоритма, для обеспечения максимальной точности настройки шаг уменьшается до минимального ($0,072^\circ$).

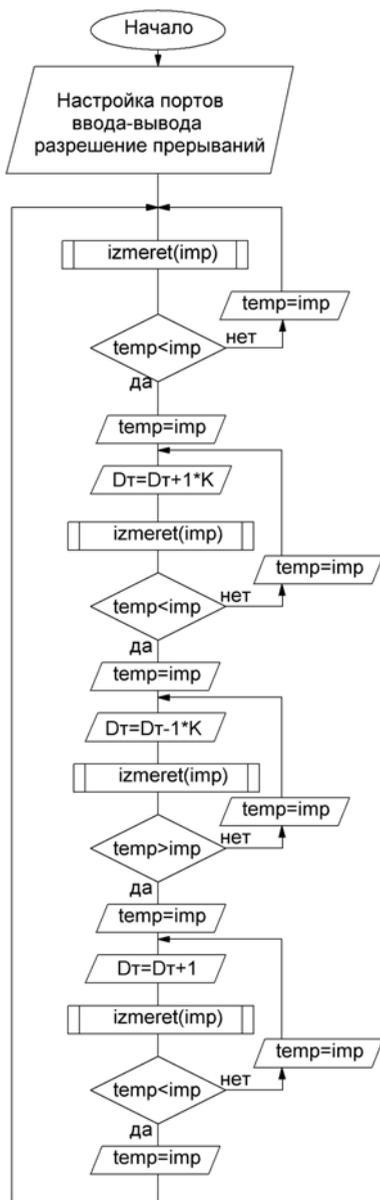


Рис. 3 – Алгоритм работы микроконтроллера: imp –текущее измеренное значение напряжения; $temp$ – предыдущее его значение; K – коэффициент шага перемещения фазовращателя; Dt – положение фазовращателя

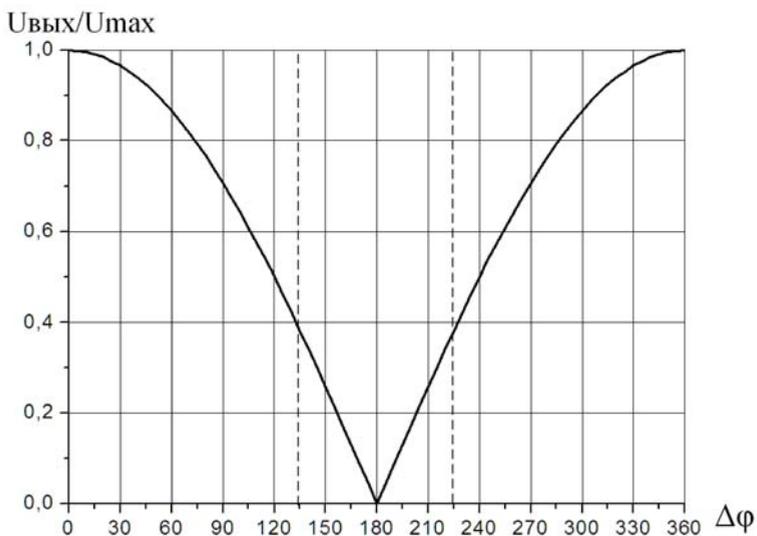


Рис. 4 – Зависимость нормированной амплитуды контрольного сигнала от фазового сдвига. Вертикальными линиями показаны пределы регулировки фазовращателя

Как видно из процедуры оцифровки (см. рис. 5), для снижения влияния импульсных помех и высокочастотных выбросов применено усреднение. Усреднение осуществляется по десяти отсчетам внутри импульса, а также дополнительно по 10 импульсам. При частоте следования импульсов 24,4 Гц время обработки одного положения фазовращателя занимает около 0,5 с. Минимальный шаг перемещения механического фазовращателя составляет 1 мм, что соответствует изменению фазового сдвига на рабочей частоте комплекса НР $0,072^\circ$. Для наглядного пояснения процедуры оцифровки на рисунке 6 представлены временные диаграммы.

Испытания системы были проведены на стенде, что выявило некоторые недостатки алгоритма, которые были исправлены. Последующие испытания выявили высокую надежность системы, достаточное быстродействие для проведения качественных ионосферных измерений. Система позволяет автоматически поддерживать заданный фазовый сдвиг между каналами с точностью $0,072^\circ$ и компенсировать его изменения на протяжении суток. Алгоритм программы реализован на языке программирования С, что даёт возможность быстрой корректировки программного обеспечения микроконтроллера. Язык С позволил уменьшить трудозатраты при реализации алгоритма работы. В ходе эксплуатации системы алгоритм работы может быть скорректирован при изменении режима работы комплекса НР.

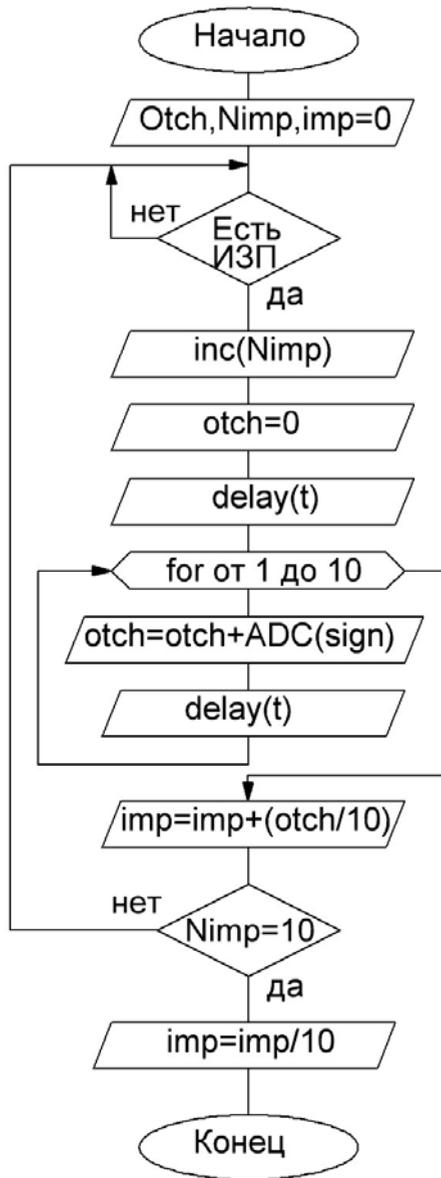


Рис. 5. Процедура оцифровки контрольного сигнала: otch – переменная для хранения значения контрольного сигнала; Nimp – переменная для хранения усредненного значения контрольного сигнала; imp – возвращаемое значение амплитуды контрольного сигнала

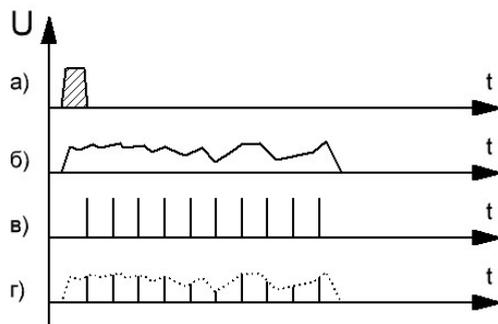


Рис. 6 – Временные диаграммы: а – импульс запуска передатчика; б – сигнал контроля после детектирования; в – синхроимпульсы микроконтроллера; г – полученные отсчеты сигнала

Выводы. Разработана система автоматической настройки на круговую поляризацию радиопередающих устройств комплекса некогерентного рассеяния. Система позволяет автоматически поддерживать заданный фазовый сдвиг между каналами с точностью не хуже 1° и компенсировать его изменения, вызванные колебаниями температуры окружающей среды. Система позволяет исключить влияние человеческого фактора на точность настройки радиопередающего устройства в режим круговой поляризации. Данные о подстройке при необходимости могут быть записаны ПК для дальнейшего их анализа.

Список литературы: 1. Емельянов Л.Я., Скляр И.Б., Черняев С.В. Контроль поляризации и стабильности параметров радара некогерентного рассеяния. // Вестник НТУ «ХПИ». – № 4. – 2001. – С. 85 – 89. 2. Нарбут В.П., Хмель В.Ф. Поляризационные характеристики зеркальных антенн. – К.: Вища школа, 1978. – 280 с. 3. Головин В.И. Радиопередающее устройство измерительного комплекса некогерентного рассеяния. // Вестник Харьковского политехнического института. – № 155. – 1979. – С. 45 – 50. 4. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ. – М.: Высшая школа, 1988. – 430 с.

Поступила в редакцию 20.09.2012