

УДК 550.388.2

## КОМПЛЕКС ПАССИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ ИОНОСФЕРЫ НА ОСНОВЕ РЕГИСТРАЦИИ СИГНАЛОВ ВЫСОКОСТАБИЛЬНЫХ ВЕЩАТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЙ ВЧ ДИАПАЗОНА

В.М. Новиков, А.И. Чернобабов, В.Я. Яловой

Представлены принципиальные особенности и инструментальная реализация созданного в Пятигорском филиале Северокавказского Федерального Университета комплекса пассивного зондирования ионосферы с использованием сигналов высокостабильных вещательных станций ВЧ-диапазона.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ИОНОСФЕРА, РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВЧ РАДИОВОЛН, РЕГИСТРАЦИЯ ВЧ РАДИОСИГНАЛОВ.

### ВВЕДЕНИЕ

Экспериментальное изучение связи между изменением параметров распространяющихся в ионосфере радиоволн и перемещающимися ионосферными возмущениями является актуальным и внимание к нему в последние годы не ослабевает. Исследование и прогноз их воздействия на характеристики распространения волн имеют важное прикладное значение [1–3].

Задачи исследования процессов в ионосфере связаны как с практическими задачами обеспечения устойчивой работы систем радиосвязи, так и с не менее важными научно-исследовательскими задачами мониторинга околоземного пространства.

Одна из задач — исследование перемещающихся ионосферных возмущений. Перемещающиеся ионосферные возмущения, обусловленные быстрым нагревом области E в овале во время геомагнитных возмущений, существенно влияют на распространение радиоволн декаметрового диапазона.

### АППАРАТНАЯ ЧАСТЬ КОМПЛЕКСА НАКЛОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Для исследования ионосферы радиофизическими методами в Пятигорском филиале Северокавказского Федерального университета открыта лаборатория по исследованию процессов в ионосфере и создан комплекс пассивного зондирования ионосферы с использованием сигналов высокостабильных вещательных станций ВЧ-диапазона. Для получения информации о структуре ионосферных слоев и динамике ионосферной плазмы Земли используются сигналы станций точного времени. Комплекс работает в режиме отраженных от ионосферы радиоволн КВ диапазона и регистрирует сигналы реперных станций.

Блок схема приемно-измерительного комплекса приведена на рис. 1. В качестве антенны (A1) используется полуволновой вибратор. Регистрация радиосигнала производится с помощью приемника типа P-250 (РПУ).

Сигнал промежуточной частоты поступает на АЦП E 20–10, где оцифровывается. Оцифрованный сигнал поступает в персональный компьютер и обрабатывается. В настоящее время в составе комплекса есть три приемника и три антенны. Сигнал от станции точного времени г. Москвы принимается на трех частотах: 5,10,15 МГц. Комплекс предназначен для обнаружения и регистрации магнитно-ионосферных возмущений естественного и искусственного происхождения, исследования эффектов распространения радиоволн при наличии перемещающихся ионосферных возмущений.

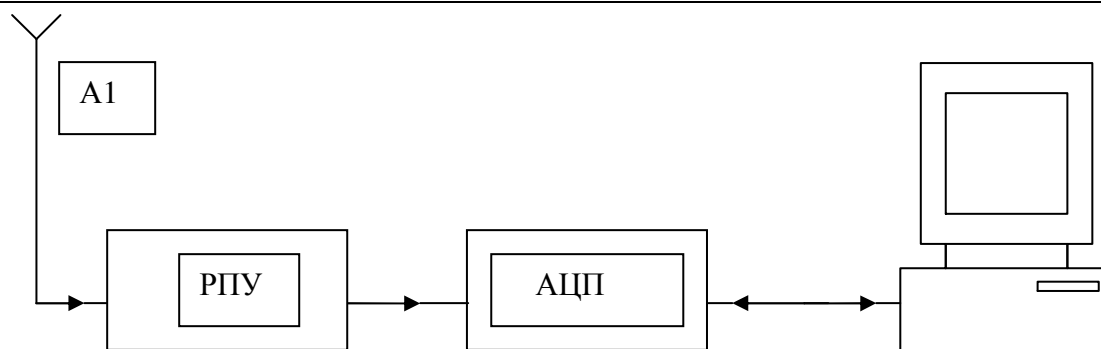


Рис.1. Блок схема приемно-измерительного комплекса.

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЛЕКСА НАКЛОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Программное обеспечение предназначено для оперативного управления комплексом, формирования, обработки и хранения данных. Обработка данных и аппаратное программирование осуществляется в среде MATLAB. Следует отметить, что наличие в составе комплекса АЦП и компьютера с программным обеспечением позволяет обрабатывать и моделировать эффекты в ионосфере на основе амплитудных измерений [2]. В более ранних исследованиях при аналоговой регистрации сигнала и ручной оцифровке сигнала, фактически использовался только доплеровский сдвиг частоты. Для визуализации контроля прохождения сигналов по трактам приемно-измерительного комплекса используется пакет программ представляющих собой виртуальные осциллограф и анализатор спектра. Для моделирования перемещающихся ионосферных возмущений в программное обеспечение планируется заложить эмпирическую модель ионосферы и теоретическую модель ПИВ (перемещающихся ионосферных возмущений) [3].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Пятигорском филиале Северокавказского Федерального Университета, создан комплекс пассивного зондирования ионосферы с использованием сигналов высокостабильных вещательных станций ВЧ-диапазона, предназначенный для исследования ионосферы радиофизическими методами в том числе для изучения связи между изменением параметров распространяющихся в ионосфере радиоволн и перемещающимися ионосферными возмущениями.

## RESTRAINT SYSTEM DIAGNOSIS IONOSPHERE BY RECORDING SIGNALS OF HIGHLY STABLE HF BROADCASTING STATIONS

V.M. Novikov, A.I. Chernobabov, V.J. Yalovoi

In Pyatigorsk branch of the North Caucasus Federal University of open laboratory for the study of processes in the ionosphere. To study the ionosphere radiophysical methods created a complex passive sensing of the ionosphere using signals of highly broadcasters RF range. One of the first tasks, the study of traveling ionospheric disturbances. Traveling ionospheric disturbances caused by rapid heating of the E field in the oval during geomagnetic disturbances, significantly affect the propagation of radio waves decameter range. An experimental study of the relationship between the change in the parameters of radio waves propagating in the ionosphere and traveling ionospheric disturbances is relevant and attention to it in recent years has not abated. Research and forecast their impact on the characteristics of wave propagation have important implications. For information about the structure and dynamics of these layers of the ionospheric plasma of the Earth used the exact time signal stations. The complex is in a mode of radio waves reflected from the ionosphere HF band and records the signals of reference stations. The system is designed for the detection and recording of magneto-ionospheric disturbances of natural and artificial origin, studies of the effects of radio wave propagation in the presence of traveling ionospheric disturbances. The software is intended for operational management of the complex, forming, processing and storage. Data processing hardware and programming is done in an environment MATLAB. Noted that the presence in the complex ADC and computer software allows you to process and simulate the effects of the ionosphere on the basis of amplitude measurements. In earlier studies with the analog signal recording and manual digitization of the signal actually only used the Doppler shift. For visualization of the control of the

signals along routes input metering system uses a software package is a virtual oscilloscope and spectrum analyzer. For modeling of traveling ionospheric disturbances in the software will lay an empirical model of the ionosphere and the theoretical model of PPA (traveling ionospheric disturbances)

**KEYWORDS:** IONOSPHERE, RF WAVE'S PROPAGATION, AMPLITUDE MEASUREMENTS.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов И.И., Кулешов Г.И., Коледин Н.А., Новиков В.М. Эффекты на границе мертвой зоны при разнесенном приеме реперных ВЧ-сигналов// *Электромагнитные волны и электронные системы*, 2009, том 14, №7. С. 4–7.
2. Денисенко П.Ф., Кулешов Г.И., Коледин Н.А., Новиков В.М. Особенности временных вариаций ВЧ излучения на среднеширотной трассе// *Электромагнитные волны и электронные системы*. 2011. Т. 16, № 5. С. 29–34.
3. Letinger R., Rieger M. The TID model for modulation of large scale electron density models. // *Annals of Geophysics*. 2005. V. 44, №3. P.515–523.