

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПЕРЕДАЮЩЕГО И ПРИЕМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ СЕТИ ЛЧМ-ЗОНДИРОВАНИЯ

А.А. Науменко, А.В. Подлесный

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
naym@iszf.irk.ru

MODERNIZATION OF TRANSMITTING AND RECEIVING FACILITIES OF THE CHIRP SOUNDING NETWORK

A.A.Naumenko, A.V. Podlesnyi

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Аннотация. В данной работе рассмотрен процесс модернизации сети ЛЧМ-ионозондов, проведенный в 2015–2017 гг. Главной целью модернизации было повышение надежности оборудования для обеспечения непрерывных измерений на трассах наклонного и вертикального ЛЧМ-зондирования. Рассмотрены конструкции передающих и приемных комплексов. Важной частью модернизации стало проектирование и создание нового генератора ЛЧМ-сигнала, по причине снятия с производства используемых ранее плат. В процессе модернизации во всех приемных и передающих пунктах (Торы, Усолье, Норильск, Магадан, Хабаровск) были установлены новые комплекты оборудования.

Ключевые слова: ионозонд, ЛЧМ, синхронизация, DDS-генератор

Abstract. In this paper, the process of upgrading the network of chirp ionosondes, conducted in 2015–2017, is considered. The main purpose of the modernization was to increase the reliability of equipment, to provide continuous measurements on the beam of oblique and vertical chirp sounding. The designs of transmitting and receiving equipment are considered. An important part of the modernization was the design and creation of a new LFM signal generator, due to the removal from production of the previously used boards. In the process of modernization, new equipment were installed in all reception and transfer points (Torah, Usolye, Norilsk, Magadan, Khabarovsk).

Keywords: ionosonde, LFM, synchronization, DDS generator.

Введение

В конце 2015 г. стало понятно, что необходимо развитие аппаратной и программной части приемных и передающих комплексов ЛЧМ-зондирования. На большинстве передающих пунктов стояли устаревшие машины под управлением операционной системы MS-DOS. Конструкция этих машин не подразумевала использование современных систем GPS для синхронизации, для этого использовались более старые модели GPS-приемников в связке с дополнительной платой синхронизации. В ходе эксплуатации эта конструкция часто требовала инженерного вмешательства для восстановления работоспособности. Приемные комплексы так же часто требовали дополнительных действий для наладки, по причине ненадежного блока формирующего тактовую частоту 100 МГц для платы АЦП. В результате было решено провести модернизацию конструкции приемных и передающих комплексов сети ЛЧМ-зондирования [Подлесный и др., 2013].

Модернизация передающего и приемного комплекса

Главным минусом устаревших передающих комплексов было использование GPS-приемников без термостабилизированного кварцевого генератора. Для формирования стабильного опорной частоты

использовался опорный генератор и специальная плата часов, которая вставлялась в ISA шину управляющего компьютера и выполняла роль подстройки системного времени для обеспечения точной синхронизации по данным GPS и PPS выходу [Петько и др., 2004]. В работе этой конструкции часто наблюдались сбои, поэтому первоначальным этапом модернизации стала замена старой системы синхронизации на современный GPS-приемник Thunderbolt-E. Данный приемник имеет термостабилизированный кварцевый генератор и выход опорной частоты 10 МГц. На рис. 1 приведены структурные схемы передающих комплексов до и после модернизации.

В корпусе передающего комплекса установлены два дополнительных блока питания. Сдвоенный блок питания на 5 и 12 вольт, используется для работы GPS-приемника и платы синтезатора. Блок питания 24 вольта, используется для питания антенного усилителя мощности Mini Circuits LZY-22+. Усилитель Mini Circuits с блоком питания устанавливается опционально, по причине использования в некоторых передающих пункта антенных усилителей большей мощности (Норильск, Магадан).

В приемном комплексе была заменена схема получения частоты 100 МГц, для тактирования платы АЦП. Предыдущий вариант получения тактовой частоты была основан на использовании внешнего опорного генератора на 100 МГц и GPS-приемника

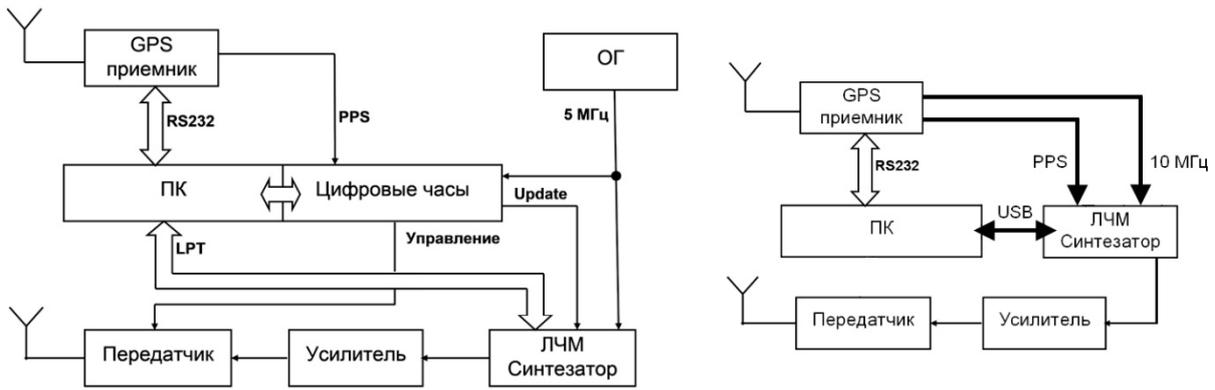


Рис. 1. Структурная схема передающего комплекса до (слева) и после (справа) модернизации

Thunderbolt-E с удаленным термостабилизированным кварцевым генератором. Опорный генератор подключался в плату GPS приемника через делитель, тем самым встроенная система стабилизации приемника подстраивала частоту. Однако в условиях сильных помех система часто давала сбой. Используя GPS приемник Thunderbolt-E и умножитель частоты на микросхеме ICS601-01, удалось упростить схему получения тактовой частоты и устранить ошибки запуска платы АЦП.

Все составляющие передающего и приемного комплекса были установлены в единый типовой корпус от серверных компьютеров. Внешний вид передающего и приемного комплекса после модернизации показан на рис. 2.

Разработка новой платы генератора

В ходе модернизации приемного и передающего оборудования для ЛЧМ-зондирования остро стал вопрос замены платы формирователя ЛЧМ-сигнала. Используемые на данный момент платы AD9854PCB являются отладочными платами для микросхемы AD9854. Analog Device прекратила выпуск данных плат. После тщательного анализа современных микросхем DDS генераторов было решено спроектировать новую плату формирователя ЛЧМ-сигнала на базе микросхемы AD9854 [Науменко, Подлесный, 2016]. Такой выбор обусловлен несколькими факторами. Во-первых, микросхема AD9854 обладает разрядностью шага приращения частоты 48 бит и разрядностью выходного ЦАП 12 бит. Современные микросхемы DDS генераторов обладают меньшей разрядностью шага приращения частоты, что усложняет их применение в

системе ЛЧМ зондирования. Во-вторых, благодаря использованию микросхемы AD9854 удастся достичь обратной совместимости оборудования для поддержки уже работающих передающих комплексов.

В ходе проектирования схема генератора была дополнена конвертером напряжения и преобразователем интерфейса USB в SPI.

На рис. 3 представлена фотография изготовленного формирователя ЛЧМ-сигнала.

Так как частоты, используемые при проведении ионосферного зондирования, не превышают 30 МГц, выходные фильтры было решено пересчитать на более низкую частоту среза. На плате AD9854PCB частота среза фильтров равна 120 МГц. В новой плате фильтр был пересчитан на частоту среза 50 МГц, что позволило уменьшить уровень комбинационных частот в спектре выходного сигнала. На рис. 4 показаны спектры гармонического колебания частотой 30 МГц с использованием старой (с выходным фильтром 120 МГц) и новой (с выходным фильтром 50 МГц) системы.

Также был проведен долговременный тест на собранном приемном оборудовании для ЛЧМ зондирования.



Рис. 2. Передающий и приемный комплексы после модернизации

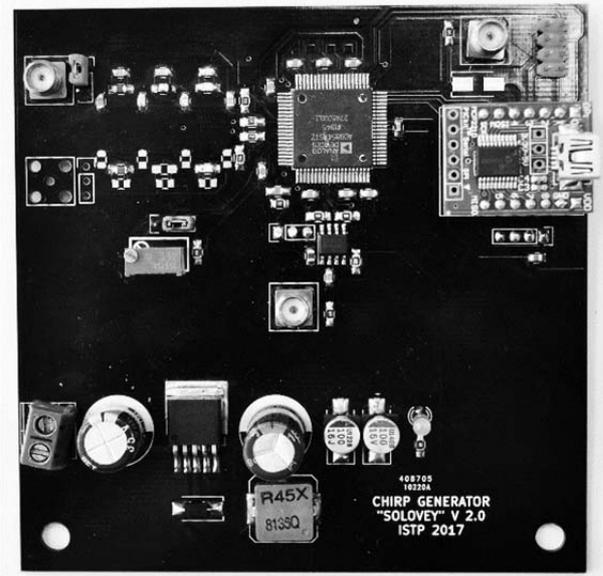


Рис. 3. Изготовленный новый формирователь сигнала

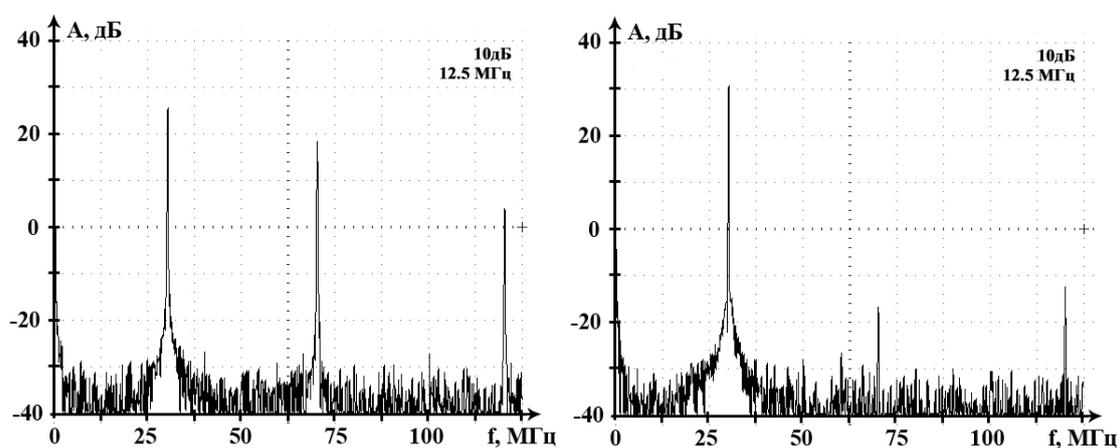


Рис. 4. Спектры гармонического колебания 30 МГц, с использованием выходного фильтра 120 МГц (слева) и 50 МГц (справа)

Заключение

Процесс модернизации передающего оборудования прошел в несколько этапов. На первом этапе была полностью изменена схема синхронизации, что упростило процесс запуска передатчика и повысило надежность оборудования. Все составляющие передатчика были укомплектованы в удобный серверный корпус. На втором этапе модернизации был спроектирован и изготовлен новая плата формирователя ЛЧМ-сигнала. Новый формирователь ЛЧМ-сигнала обладает рядом преимуществ, таких как использование интерфейса USB для программирования, широкий диапазон питающих напряжений, пониженная частота среза выходного фильтра. Новая плата будет постепенно устанавливаться в передающие комплексы передатчиков. Процесс модернизации приемного оборудования так же затронул изменение конструкции. Все составляющие приемника были установлены в корпусе промышленного компьютера. Важным этапом стало внедрение умножителя частоты, для формирования 100 МГц.

Благодаря умножителю, удалось устранить ошибки, возникающие из-за проблем с тактовой частотой. В результате проведенной модернизации были заменены все передающие и приемные комплексы сети ЛЧМ-зондирования ИСЗФ, что повысило надежность получения непрерывных данных.

Список литературы

- Науменко А.А., Подлесный А.В. Разработка ЛЧМ-генератора на базе микросхемы AD9854 // Современные проблемы радиоэлектроники и связи: материалы XIV Всероссийской научно-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Иркутск: Изд-во ИРНИТУ. 2016. С. 73–76.
- Петько П.В., Литовкин Г.И., Заруднев В.Е. Синхронизация передающих комплексов ЛЧМ-ионозондов в автоматическом режиме // Труды VII конф. молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». Иркутск, 2004. С. 155–158.
- Подлесный А.В., Брынько И.Г., Куркин В.И. и др. Многофункциональный ЛЧМ-ионозонд для мониторинга ионосферы // Гелиогеофизические исследования. 2013, вып. 4. С. 24–31.