

Кулигин М.Н.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23*

Требования, предъявляемые к аналоговым трактам системы сбора геофизических данных

Разработка эффективных и надежных систем сбора и обработки геофизической информации очень важна. Современная цифровая система регистрации и обработки геомагнитных сигналов представляет сложный программно-аппаратный комплекс устройств [1]. При выборе рабочего диапазона частот 0,002–3 Гц аппаратуры для исследовательских целей необходимо учитывать неравномерность амплитудного спектра измеряемого входного сигнала, достигающую 40–50 дБ, и его ширину, т. е. частотный диапазон для отдельных видов геомагнитных пульсаций Земли [2].

Проанализировав параметры исследуемых геомагнитных полей и условия проведения геофизических экспериментов, можно сформулировать общие требования, предъявляемые к аппаратной части системы сбора и обработки геомагнитных сигналов [3–5]:

при синхронной регистрации компонент поля все измерительные каналы аппаратного комплекса должны быть идентичны по своим параметрам, а их передаточные характеристики стабильны в течение длительного периода работы;

необходимо принять меры для защиты от возможных помех при измерениях, так как сигнал помехи, как правило, многократно превышает полезный сигнал, и обеспечить стабильность амплитудно-частотных характеристик измерительных трактов регистрации геомагнитного поля, а также минимальное время переходных процессов при воздействии внешних импульсных возмущений, перегружающих измерительный тракт;

надо согласовать динамический диапазон геомагнитных пульсаций во всем диапазоне частот с параметрами измерительного тракта и регистрирующей микропроцессорной системы.

Выполнение перечисленных условий достигается при выборе соответствующей конструкции датчиков и современной элементной базы. Микропроцессорные системы сбора и обработки информации, поступающей с различного рода датчиков, включают тракты усиления и фильтрации аналоговых сигналов. Практическая реализация измерительных усилителей и фильтров диапазона сверхнизких частот представляет определенную сложность. Активных фильтров в интегральном исполнении для рассматриваемого диапазона частот выявить не удалось.

Теория активных фильтров к настоящему времени является завершенной, а проблемы реализации сводятся к технической задаче построения постоянной времени фильтра [6]. Разработка фильтров диапазона сверхнизких частот определена рядом требований со стороны чувствительности аппаратуры, а также обеспечения стабильности постоянной времени фильтра, которая определяется номиналами резисторов и конденсаторов его фильтрующих цепей [4]. Кроме того необходимо обеспечить постоянство передач всех узлов тракта с необходимой метрологической точностью и гарантировать стабильность постоянной времени с заданной точностью.

Для обеспечения высокого качества работы активных фильтров в их схемах следует использовать резисторы с допуском не более $\pm 1\%$ и конденсаторы с допуском не более $\pm 2\%$ [6]. При разработке многдиапазонных фильтров ультранизких частот с сопряженными границами задача реализации постоянной времени в 100 с и более трудновыполнима на практике, так как требуются неэлектролитические конденсаторы и резисторы больших номиналов [7]. Применение конденсаторов большой емкости (от 5 до 20 МкФ) связано с увеличением габаритных размеров и собственной утечки конденсатора, а резисторы больших номиналов (от 1 до 10 МОм) обладают значительным температурным дрейфом. Теоретическое обоснование нового подхода к решению вопроса о сопряжении границ многдиапазонных фильтров с учетом специфики ультранизкочастотного диапазона изложено в [4, 8].

С целью уменьшения энергопотребления (режим работы – автономный, круглосуточный) современные системы сбора геофизических данных реализуют на базе микроконтроллеров со встроенными прецизионными АЦП. Далее приведено краткое описание структуры (основных функциональных блоков) системы сбора геофизических данных, разработанной на кафедре УКТС МИ ВлГУ. Ядром системы является микроконтроллер ADuC842, управляющий остальными блоками станции по заданному алгоритму, основная задача которого – оцифровка поступающей из внешней среды информации и сохранение ее в энергонезависимой памяти. Один из таймеров микроконтроллера выполняет функцию часов реального времени, служащих для формирования временных меток в буферной энергонезависимой flash-памяти.

Блок датчиков состоит из преобразователей электрического и магнитного полей в напряжение, пропорциональное их величине, и блока инструментальных усилителей. Блок усилителей выполняет предварительное усиление и частичную фильтрацию сигналов, полученных с датчиков. Блоки коммутации каналов осуществляют выбор – либо канала измеряемого сигнала с аналогового датчика либо канала образцового сигнала. Применение блоков коммутации обусловлено принципом минимизации погрешности, вносимой аналоговым трактом системы. Блок формирования образцового сигнала необходим для проведения калибровки измерительного тракта системы и минимизации вносимой погрешности. Этот блок – генератор синусоидального сигнала – имеет высокую стабильность амплитуды сигнала[9].

Блок полосовых фильтров предназначен для увеличения уровней сигналов с датчиков до значений, которые может обрабатывать аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Эти блоки формируют также необходимый частотный диапазон измеряемого сигнала 0,002–3Гц. Восьмиканальный мультиплексор и 12-разрядный АЦП встроены в микроконтроллер ADuC842 и позволяют с точностью 0,61мВ (чувствительность встроенного 12-разрядного АЦП = 0,61мВ) преобразовывать сигналы с динамическим диапазоном изменения порядка 72дБ.

Литература

1. Кузичкин О.Р., Кулигин М.Н., Орехов А.А. Измерительный канал системы регистрации геомагнитных сигналов // Вопросы радиоэлектроники. 2010. Вып. 1. С. 122–128.
2. Troitskaya V.A., Chetaiev D.N., Morghounov V.A., Schamanin S.W. On the structure of geomagnetic pulsations field // Program and Abstracts for the XVI IUGG General Assembly. Grenoble. 1975.
3. Кузичкин О.Р., Кулигин М.Н., Пикалкин Ю.В., Сокольников М.А. Основные критерии проектирования автоматизированной системы сбора и обработки параметров полей геомагнитных пульсаций. Математические и технические средства обработки данных и знаний. Ташкент: «Кибернетика» АН РУЗ, 1996. С. 36–40.
4. Кулигин М.Н. Исследование характеристик распространения геомагнитных пульсаций типа Pc-3 и Pi-2: Автореф. дис. Насоиск. учен. степ. канд. физ.-мат. наук. М.: ИФЗ АН СССР, 1989.
5. Анисимов С.В., Дмитриев Э.М., Анисимова Е.Б., Бокастов С.С. Информационно-измерительный комплекс геофизической обсерватории «Борок». [Электрон. ресурс] http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/4-2000/anisimov.htm (дата обращения 10.09.2014 г.).
6. Хейнлейн В. Е., Холмс В. Х. Активные фильтры для интегральных схем. М.: Связь, 1980.
7. Кулигин М. Н., Кулигина Е. М. Фильтрация сигналов в диапазоне ультранизких частот // Тез. докл. Всероссийской межвуз. науч.-техн. конф. «Наука и образование в развитии промышленной, социальной и экономической сфер регионов России». Муром, 2009.
8. Пат. 55232 РФ. Многодиапазонный активный фильтр / О. Р. Кузичкин, М. Н. Кулигин, М. Н. Благов, А. В. Цаплев // Изобретения. Полезные модели. 2006. № 21.
9. Кулигин М. Н. Цифровой генератор сверхнизких частот, реализованный на базе станда SDK-1.1 // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2012. № 1. С. 16–18.