

О ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОЦЕНКЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ АТМОСФЕРНЫХ ТОКОВ

Н.Г. Кудрявцев, Д.В. Кудин, Е.О. Учайкин, А.Ю. Гвоздарев

В данной работе рассматривается экспериментальный образец низкопотребляющей автономной измерительной системы, позволяющей проводить оцифровку и сохранение в долговременной памяти результатов длительных измерительных экспериментов. В качестве примера приводится эксперимент по измерению низкочастотных атмосферных токов, фиксируемых на высокоомном нагрузочном резисторе, подключенном между полотном длинноволновой антенны и заземлением.

Ключевые слова: даталоггер, измерительный эксперимент, атмосферные токи

В данной работе рассматривается система, позволяющая в течение длительного времени в автономном режиме проводить измерения физических величин. Основой этой системы служит такое многоцелевое устройство, как даталоггер (datalogger) - малогабаритное, низкопотребляющее автономное устройство, получающее поток данных по одному из последовательных интерфейсов и сохраняющее их в реальном времени на долговременный носитель информации - преимущественно флэш-память. Прежде чем говорить о разработанной на базе даталоггера измерительной системе, рассмотрим суть проводимого физического эксперимента, для которого данная система создавалась.

Постановка задачи

Впервые А. Шмидт, анализируя результаты наблюдений геомагнитных данных 1885

г., обнаружил, что, если интегрировать величины горизонтальных компонент геомагнитного поля по замкнутой кривой на поверхности Земли, то интеграл оказывается не равным нулю [1]. Это может означать только то, что внутри этого контура имеется вертикальный ток. Было выдвинуто несколько моделей [2-4], объясняющих возможность существования таких вертикальных токов, называемых также токами Шмидта-Бауера. Также в вышеуказанных работах были предложены и различные оценки величины данных токов

Для того, чтобы провести низкобюджетный измерительный эксперимент по проверке гипотезы о вертикальных атмосферных токах, была разработана экспериментальная система, конструкция которой изображена на рисунке 1а.

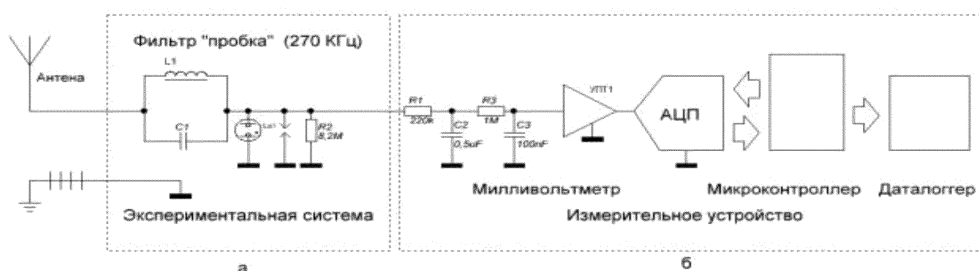


Рисунок 1 – Схема измерительного программно-аппаратного комплекса

Описание программно-аппаратного обеспечения для проведения наблюдений

За окном исследовательской лаборатории, расположенной на первом этаже ФМФ ГАГУ (окна выходят на юго-запад) была смонтирована антенна - стальная омедненная проволока для сварочных полуавтоматов диаметром 0.5 мм длиной, 50 м. Полотно антенны было закреплено на изолированных растяжках таким образом, чтобы часть антен-

ны поднималась под углом вдоль стены здания на расстоянии 1.5-2 м из окна первого этажа до чердачного окна (уровень третьего этажа), а затем от чердачного окна через университетский дворик спускалась под углом по направлению на юго-запад до крыши вспомогательного корпуса. Антенна была электрически изолирована в местах крепления растяжек (капроновый шнур) посредством использования отрезков стеклотексто-

О ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОЦЕНКЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ АТМОСФЕРНЫХ ТОКОВ

лита (длиной 10-15 см). Также, для проведения эксперимента было использовано уличное заземление - 3 металлических резьбовых шпильки диаметром 2.5 см, длиной 1 м, заостренных на конце, вбитых в землю в университетском дворе на глубину 130 - 150 см, на расстоянии друг от друга 1.5-2 м. Места установки шпилек пролиты концентрированным соевым раствором. Шпильки соединены между собой и заземляющим отводом медным оплеточным кабелем диаметром 5 мм. Антенна и заземление заведены в лабораторию через отверстия в оконной деревянной раме и их электрические отводы закреплены на контактных площадках из фольгированного стеклотекстолита. В качестве грозозащиты были использованы разрядник и неоновая лампочка. Нагрузкой антенны служит двухваттный резистор номиналом 8.2 МОм. Между полотном и нагрузкой антенны был включен фильтр-пробка, настроенный на частоту местной мощной длинноволновой радиостанции (270 кГц).

Величина "постоянного" тока, наводимого в антенне, измерялась следующим образом. Параллельно резистору антенной нагрузки был подключен милливольтметр постоянного тока. Функциональная схема милливольтметра представлена на рисунке 16. Сигнал с антенны подается на входной каскад измерительного устройства, выполненный по классической схеме [5] - два последовательных пассивных RC фильтра с частотой среза 1 Гц. Далее отфильтрованный сигнал поступает на усилитель постоянного тока (УПТ) - неинвертирующий усилитель с коэффициентом усиления 10, выполненный на базе ОУ ОР-07с входным сопротивлением от 10 до 30 МОм и блок смещения (два инвертирующих ОУ с единичным коэффициентом усиления - инвертирующий сумматор +2.5В и ОУ, включенный по схеме инвертирующего усилителя). После блока смещения сигнал подается на вход однополярного 12 разрядного АЦП (mcp3201). АЦП работает под управлением микроконтроллера, программа которого настроена на выполнение измерений с частотой 5 Гц и передачу измеренных значений напряжения в даталоггер через последовательный интерфейс USART. Даталоггер обладает часами реального времени, размещенными в "таблетке" DS1904L, которые периодически можно синхронизировать посредством GPS- синхронизатора, и, при получении очередной строки данных, записывает ее в файл (файловая система FAT32). Сохраняемая в файле строка содержит, помимо измеренной величины, инфор-

мацию о часе, минуте, секунде и миллисекунде того момента времени, когда данная строка поступила для записи. Запись ведется в файл с именем, соответствующим текущей дате. Тип отсчитываемого времени (местное или мировое) задается при выполнении процедуры синхронизации в GPS синхронизаторе. Блок милливольтметра питается от двух шестивольтовых аккумуляторов и потребляет около 10 мА, а блок даталоггера питается от отдельного 12 вольтового аккумулятора и потребляет от 30 до 50 мА. Окончательная обработка данных, сохраненных в файле, проводится на персональном компьютере в программе MatLab. Для вычисления оценки исследуемой плотности тока измеренное на нагрузочном резисторе напряжение делится на значение сопротивления этого резистора и умножается на поправочный коэффициент, зависящий от оценки площади поверхности полотна принимающей антенны.

В качестве примера можно привести расчет оценки плотности тока I_s для напряжения $U=-10$ мВ, сопротивления нагрузки антенны $R=8.2$ МОм, длины антенны $l=50$ м., диаметра антенного полотна $d=0.5$ мм:

$$I_s = \left(\frac{U}{R}\right) * \frac{1}{S_a} = - \left(\frac{10 * 10^{-3}}{8.2 * 10^6}\right) * \frac{1}{3.14 * 50 * 0.5 * 10^{-3}} = -15.535 * 10^{-9} (\text{А}/\text{м}^2)$$

Результаты анализа измерений

В процессе проведения эксперимента было обнаружено одно интересное явление. Эксперимент проводился в два этапа с двумя полотнами антенн одинаковой длины, но выполненных из разных материалов. В одном случае это был медный провод в лаковой изоляции типа ПЭЛ-0.5, во втором - стальная омедненная проволока для сварочных полуавтоматов. Как в первом, так и во втором случаях после того, как был закончен монтаж антенны и подключено измерительное оборудование, в течение нескольких часов не регистрировалось наличие никаких токов в антенне и описывалась практически "чистая" шумовая дорожка. Картина измерений изменилась после проведения процедуры "инициализации" антенны, суть которой заключалась в следующем. К нагрузке антенны подключался составной неполярный конденсатор порядка 10000 мкФ, и затем в течение порядка получаса несколько раз заряжался (параллельным подключением омметра) до нескольких десятков мВ и разряжался путем короткого замыкания выводов нагрузочного

РАЗДЕЛ 7. КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

резистора. После выполнения такой процедуры и последующего отключения конденсатора в случае первой и второй антенн на протяжении всего эксперимента (от нескольких дней до недели) стал фиксироваться ток, протекающий через нагрузочный резистор. В хорошую погоду ток был отрицательной относительно заземления полярности величиной порядка 1 нА/м^2 с вариациями как в отрицательную, так и в положительную сторону порядка $1-3 \text{ нА/м}^2$, имеющими частоту порядка $0.1-0.01 \text{ Гц}$. Пример изменения тока в течение дня приведен на рисунке 2. В плохую погоду (мокрый снег, дождь) наблюдалось увеличение силы тока отрицательной полярности на протяжении от получаса до нескольких часов до величины $10-35 \text{ нА/м}^2$.

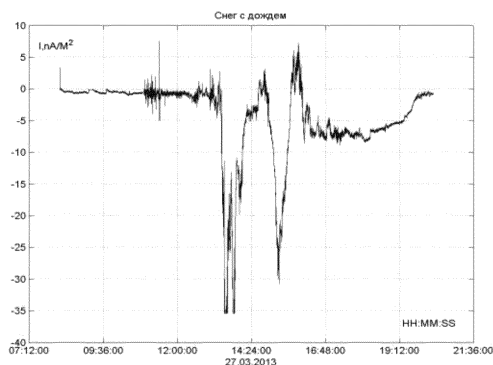


Рисунок 2 – Вертикальные атмосферные токи, зафиксированные в г. Горно-Алтайске

Выводы

В заключение хотелось бы сказать, что выше были показаны только первые результаты измерительного эксперимента и для того, чтобы делать какие-то даже предвари-

тельные выводы, надо продолжать проводить измерения достаточно длительное время в круглосуточном режиме при различных погодных условиях, с использованием различных измерительных антенн. Однако, уже сейчас ясно, что без использования такого автономного, низкопотребляющего, простого в эксплуатации устройства как даталоггер проведение всего эксперимента было бы крайне затруднительным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Швейдлер Э. Сохранение электрического заряда Земли: Пер. с нем. - М.Л.: Объед. науч.-тех. изд-во НКТП СССР, 1936. - 74 с.
2. Кузнецов В.В. Введение в физику горячей Земли. Петропавловск-Камчатский, Изд-во КамГУ, 2008. - 367 с
3. Родионов Б.У. "Вертикальные токи" в астро- и геофизике /Б.У. Родионов // Метафизика. Российский университет дружбы народов. Научный журнал - М.:РУДН, №2 (4), 2012, - С.: 100-107
4. Бакиянов А.И. К вопросу о непотенциальности магнитного поля Земли / Бакиянов, А.И., Бетев, А.А., Гвоздарев, А.Ю.// Вестник молодых ученых: Сборник научных работ – Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2008. – №5 – С. 9-13
5. Горчаков В.С. Цифровой измерительный комплекс / В.С. Горчаков. - М.: Радио и связь, 1986.- 88 с.ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 1096)

к.т.н., доцент **Кудрявцев Н.Г.**, ngkudr@mail.ru, аспирант **Кудин Д.В.**, dvkudin@gmail.com, аспирант **Учайкин Е.О.**, evgeniy_uch@mail.ru, к.т.н., доцент **Гвоздарев А.Ю.**, gvozdarrev@ngs.ru - Горно-Алтайский государственный университет.

УДК: 004.62

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИНЦИПОВ ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В КАПНОГРАФИИ

В.А. Терехов

В статье рассматривается обзор всех принципов измерения концентрации углекислого газа: масс – спектрометрия, рамановская спектроскопия, инфракрасный фотоакустический анализ, ультразвуковой скоростной анализ, ультразвуковой абсорбционный анализ, инфракрасный оптический анализ. Изложены основные характеристики каждого принципа, а так же описаны их достоинства и недостатки

Ключевые слова: масс - спектрометрия, капнография, рамановская спектроскопия, инфракрасный фотоакустический анализ, ультразвуковой скоростной анализ, инфракрасный оптический анализ

Введение

Капнография развивается довольно давно. За последнее время сменилось множество приборов для капнометрии и капно-

графии. Эта смена обусловлена стремлением повысить точность, надежность измерения, а так же снизить стоимость оборудования.

В данной статье приведены все когда-

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 2, 2013