

Моделирование работы индикатора грозовых разрядов

В. В. Попов, email: copybook05@yandex.ru¹

А.А. Уткин²

М. С. Гордеев¹

¹ ВУНЦ ВВС «ВВА имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)

² ООО «ЛОМО МЕТЕО»

Аннотация. В статье рассматривается процесс моделирования работы индикатора грозовых разрядов в сложных атмосферных условиях. Предложены усовершенствованные алгоритмы активной фильтрации составляющих анализируемых сигналов.

Ключевые слова: индикатор грозовых разрядов, структурная схема, алгоритмы фильтрации, имитация сигналов.

Введение

В статье рассматриваются однопунктовые пассивные грозопеленгаторы, которые анализируют электромагнитные возмущения с целью определения местоположения и удаления молниевых разрядов (МР). Такие грозопеленгаторы имеют одинаковое устройство и главное их отличие заключается в алгоритмах фильтрации и интерпретации зафиксированных сигналов [1-2].

Разрабатываемый в рамках модернизации аэродромного метеорологического радиотелеметрического информационно-измерительного комплекса индикатор ГДА-2 относится к индикаторам пассивного типа. Принцип работы измерителя заключается в идентификации электромагнитных импульсов и измерении на временном интервале интенсивности отраженного сигнала [3-4]. Полученный таким образом профиль обратного рассеивания анализируется микроконтроллером для получения информации об азимуте и удалении молниевых разряда.

1. Структурная схема индикатора

Структурная схема индикатора ГДА-2 представлена на рисунке 1. Для обеспечения унификации с другими составными частями метеорологического измерительного комплекса в качестве блока питания ГДА-2 будет выступать блок питания (БП универсальный).

Реализация данной структурной схемы направлена на решение следующих вопросов:

повысить чувствительность антенн в требуемом спектре частот с целью расширения возможностей для дальнейшей программной обработки сигналов;

усовершенствовать алгоритмы фильтрации паразитных составляющих анализируемых сигналов, в том числе, изучить техническую возможность внедрения функции «обучения» грозопеленгатора, когда оператор отмечает ложные срабатывания с целью предотвращения ложных срабатываний в последующем;

усовершенствовать функции встроенного контроля функционирования, в частности введение встроенного имитатора МР и индикации уровня паразитных шумов, что позволит на месте оперативно оценить качество заземления и/или «удачность» выбранного места установки грозопеленгатора;

предусмотреть алгоритм и конструкторское решение для удобной (точной) ориентации грозопеленгатора на север, например, система ориентации на тень, отбрасываемую стойкой грозопеленгатора в истинный полдень.

На основании опыта производства и эксплуатации индикаторов грозовых разрядов определены следующие направления модернизации:

улучшение технических характеристик;

повышение устойчивости к бытовым помехам;

повышение степени унификации элементной базы с другими СЧ модернизируемого комплекса;

совершенствование технологического процесса настройки и калибровки, разработка технологического оборудования, в частности имитатора МР.

В ходе работы рассмотрена возможность оснащения метеорологического измерительного комплекса модулем ГЛОНАСС, который предложено встроить в ГДА-2 и реализовать техническое решение на этапе предварительных испытаний. ГДА-2 наилучшим образом подходит для установки модуля ГЛОНАСС и в частности обеспечит получение точного времени (UTC) и данных о местоположении ГДА-2, что в перспективе может быть полезным при создании многопунктовой грозопеленгационной сети.

Кроме того, необходимо проработать вопросы разработки методики и проведения исследований разрабатываемого грозопеленгатора с целью количественной оценки эффективности обнаружения МР.



Рис. 1. Структурная схема ГДА-2



Рис. 2. Внешний вид ГДА-2

2. Реализация усовершенствованных алгоритмов обработки сигнала обратного рассеивания

Для достижения поставленных целей, в ходе моделирования работы индикатора ГДА-2, предполагается:

скорректировать чувствительность группы антенн регистрации магнитной составляющей. В то время, как в сторонних пеленгаторах используются антенны с магнитной составляющей на базе ферромагнетиков, характеризующиеся высокой чувствительностью, в ГДА-2, принимая во внимание его целевой диапазон измерений, были использованы рамочные антенны. Преимуществом рамочных антенн является высокая технологическая повторяемость, временная и температурная стабильность, что очень важно в условиях повышенных требований в части дискретизации по направлению на МР. В связи с этим, концепция рамочных антенн для регистрации магнитной составляющей МР сохраняется, однако задача повышения чувствительности требует пересчета характеристик обмотки. Антенны с электрической составляющей остаются без изменений, а их чувствительность корректируется за счет усилительного тракта.

объединить каналы усиления сигналов магнитных антенн, отвечающих за определение направления на МР, в двухканальный инструментальный усилитель собственной разработки, обеспечивающий активную фильтрацию сигналов. Разработка нового усилителя позволит повысить точность определения направления на МР, а также повысить временную и температурную стабильность.

Расчетные характеристики активного фильтра представлены на рисунке 3.

Внедрение активной фильтрации позволит разгрузить мощности вычислительного блока и более эффективно использовать их для фильтрации промышленных помех, а также позволит улучшить качество обработки сложных событий.

Модуль вычислителя будет построен на базе высокопроизводительного микроконтроллера. Использование нового микроконтроллера позволит улучшить технические показатели изделия. Проведенное моделирование показало, что новый блок вычислителя позволит осуществлять непрерывную параллельную оцифровку сигналов по 3-ем каналам со скоростью 1,6 Мб/сек., одновременно осуществляя программную фильтрацию и детектирование признаков МР. За счет возросших вычислительных мощностей, детектирование предполагается осуществлять не только по электрической составляющей, но и по магнитной. После обнаружения признаков МР, блок вычислителя формирует кадр и сохраняет его в памяти для

полноценного анализа. Данный подход позволит устойчиво решать задачи анализа сложных сигналов, наблюдаемых в ходе цепной реакции разрядки зарядов, накопленных в соседних облаках. Пример такого сигнала показан на рисунке 4, а результат его разбиения на конкретные события на рисунке 5.

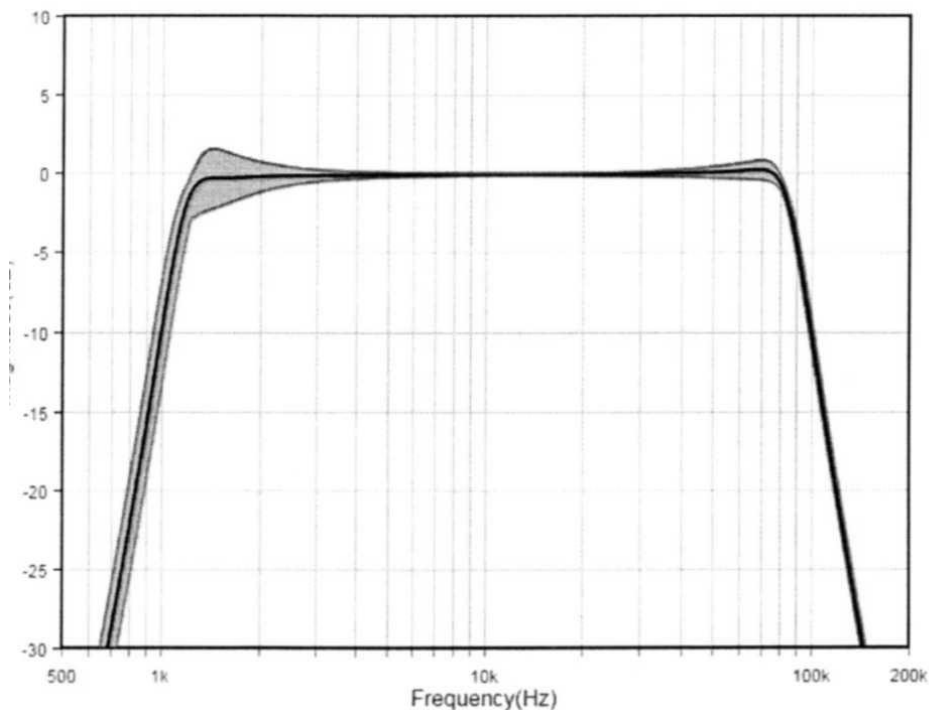


Рис. 3. Расчетная характеристика спроектированного активного фильтра

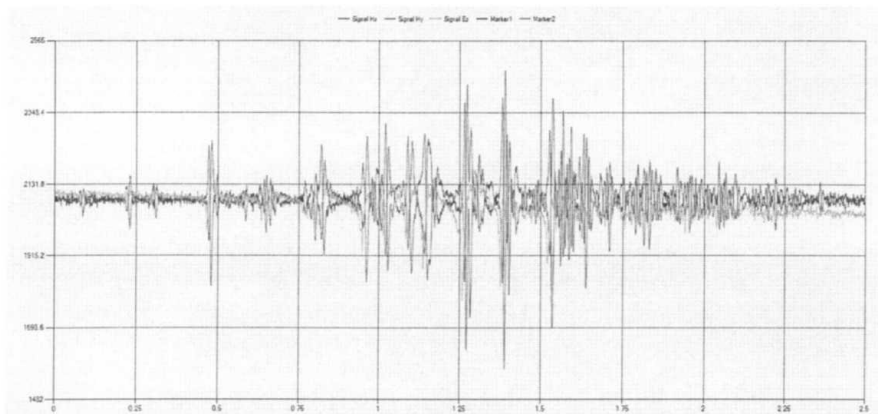


Рис. 4. Результат комплексного захвата сложного атмосферного события

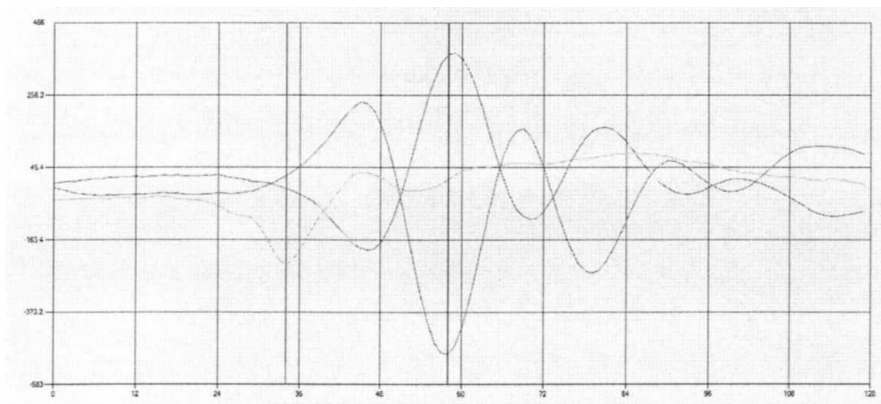


Рис. 5. Анализ одного из сегментов события

3. Результаты имитационного моделирования работы однопунктовых грозоупенгаторов

Важнейшим направлением совершенствования технологии производства однопунктовых грозоупенгаторов является создание средств имитации сигналов МР. Результаты макетирования показали, что на основе, разрабатываемой в рамках модернизации средств измерений параметров атмосферы схемы возбуждения ультразвуковых головок и группы антенн на ферромагнетиках может быть создано достаточно эффективное средство имитации. Сигнал, сформированный

прототипом схемы имитатора МР и регистрируемый прототипом ГДА-2 представлен на рисунке 6.

Формируемые сигналы по своим характеристикам близки к сигналам от одиночного МР, а возможность изменения параметров имитируемого сигнала позволит внести в создаваемый сигнал информацию о дальности до МР. Разработка конструкции антенного комплекса имитатора, которая обеспечит вращение передающей антенны на фиксированный угол относительно испытываемого индикатора, позволят имитировать сигналы с разных направлений.

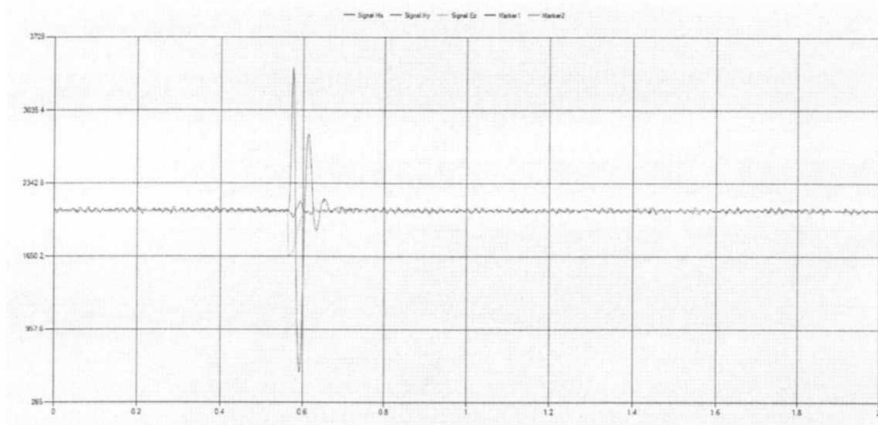


Рис. 6. Результаты апробации прототипа имитатора МР

Заключение

Этап модельных исследований индикатора ГДА-2 показал, что в первую очередь для удовлетворения возрастающих требований к изделию стоят задачи по улучшению метрологических и эксплуатационных характеристик, увеличению надежности и технологичности производства с учетом существующей политико-экономической ситуации, и задач снижения зависимости от компонентов импортного производства.

Важной задачей является усовершенствование алгоритмов активной фильтрации, решение которой позволит устойчиво осуществлять анализ сложных сигналов, наблюдаемых в ходе цепной реакции разрядки зарядов, накопленных в соседних облаках.

Решение данной задачи в ходе модельных экспериментов с усовершенствованными программными алгоритмами обработки сигнала активной фильтрации позволило:

повысить качество измерений, в том числе достоверно различать отдельные МР;

детектировать и обрабатывать процесс индикации, когда сигнал обратного рассеивания показывает наличие зарядов, накопленных в соседних облаках;

детектировать слабые сигналы обратного рассеивания с целью обнаружения и определения дальности до МР.

Список литературы

1. Аэродромный метеорологический радиотелеметрический информационно-измерительный комплекс (АМРИИК): Руководство по эксплуатации ИКШЮ (ИКШЮ. 416318.001 РЭ). - СПб.: ЛОМО-МЕТЕО, -2016. -56 с.

2. Руководящий документ. РД 52.18.761-2012 Средства измерений гидрометеорологического назначения сетевые. Общие технические требования. -Обнинск. ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». -2012. - 137 с.

3. Комиссия по приборам и методам наблюдений. Шестнадцатая сессия. Санкт-Петербург. 10-16 июля 2014 г. Сокращенный окончательный отчет с резолюциями и рекомендациями, ВМО-№ 1138. - 97 с.

4. Руководство по системам метеорологических наблюдений и распространения информации для метеорологического обслуживания авиации. ВМО-№ 731, Издание 2014 г.-56 с.