

Обсерватория на полигоне "Безводное" для комплексного исследования молниевых разрядов

Ю.В. Шлюгаев, А.Н. Караштин, А.А. Булатов, Ф.А. Кутерин,
П.А. Микрюков

ИПФ РАН, г. Н.Новгород,

НИРФИ ННГУ им. Н.И. Лобачевского, г. Н. Новгород



VI РОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО МОЛНИЕЗАЩИТЕ

17–19 апреля, 2018. Санкт-Петербург

Обоснование организации обсерватории

- Необходимость комплексного изучения грозовых облаков и молниевых разрядов.
- Наличие радиоизлучения в широкой полосе частот в грозовых условиях.
- Важность проведения оптических наблюдений молниевых разрядов, в первую очередь для проверки методик определения типов разрядов: внутриоблачный, или облако-земля.
- Необходимость проведения измерений параметров, характеризующих состояние атмосферы в грозовых условиях – изменения статического электрического поля, полярных проводимостей воздуха, аэрозольного состава.
- Радарные исследования грозовых ячеек.

Расположение полигона



Территория полигона, расположенного в Кстовском районе Нижегородской области, представляет собой достаточно ровную площадку, находящуюся на высоком правом берегу реки Волги примерно на высоте 100 метров над уровнем воды.

На полигоне находятся: большой лабораторный корпус (1), где оборудовано помещение для установки основных компьютерных систем сбора данных, а также устройств синхронизации и управления. Кроме того, имеются два удаленных помещения, пригодных для установки измерительной аппаратуры - металлический ангар (3) и гараж (4). Около лабораторного корпуса расположена площадка (2) для установки радиоантенн и приборов для измерения квазистатических полей и проводимости атмосферы, а также другого оборудования. На расстоянии 60м от корпуса находится башня высотой 22м (5), на вершине которой сделана небольшая площадка для установки оптических приборов, поскольку оттуда обеспечивается обзор линии горизонта на 360 градусов.

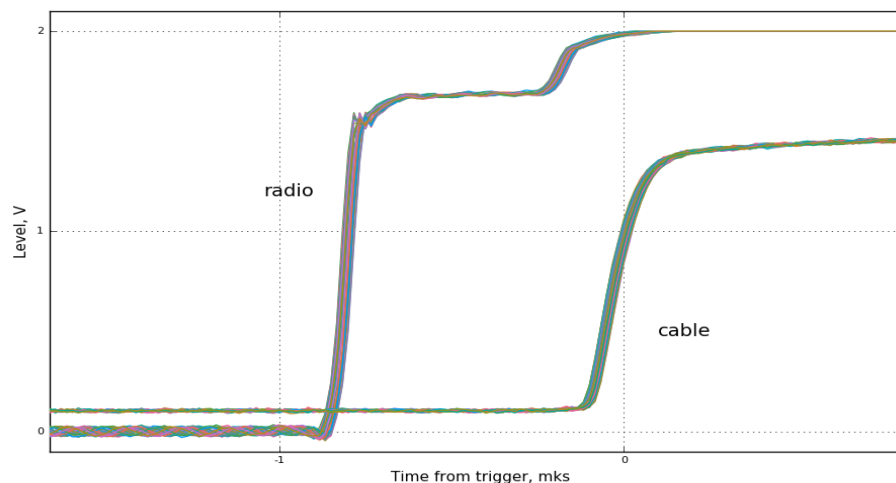
Состав используемых средств

- Для приема радиоизлучения используется четыре антенных модуля и две системы регистрации данных, использующие двухканальные 14-разрядные АЦП с максимальной тактовой частотой 60 МГц и внутренней памятью 512 МВ.
- Грозопеленгатор "Болтек", антенна которого установлена на площадке рядом с корпусом,
- конденсаторная антенна СДВ диапазона, которая используется как датчик триггерной системы для синхронной регистрации электромагнитных полей грозовых разрядов в широком диапазоне частот
- электростатический флюксметр для измерения квазистатического электрического поля атмосферы,
- акустический профайлер "MFAS" фирмы Scintec, позволяющий измерять профиль скорости ветра до высот 800м
- анализатор аэрозолей наноразмеров фирмы GRIMM.

Организация измерений

- Каждая система регистрации записывает данные с двух разнесенных антенных модулей (одна система регистрации используется для записи данных с модулей 1 и 2, а другая — с модулей 3 и 4), соединенных с ней кабелями одинаковой для всех модулей установки длины (около 60 м). Триггерный импульс для запуска систем регистрации в момент молниевых разрядов вырабатывался расположенным в месте размещения одной из них специальным устройством приема низкочастотного (ниже 10 кГц) радиоизлучения, сопровождающего молниевый разряд. На вторую систему регистрации триггерный импульс подавался по специально проложенному кабелю с использованием оптронной развязки, время распространения радиосигнала по которому было предварительно измерено. Обе системы регистрации вели непрерывную запись принимаемого антенными модулями радиоизлучения в кольцевой буфер, организованный во внутренней памяти АЦП. После прихода триггерного сигнала запись продолжалась еще некоторое заранее установленное время, после чего весь буфер переписывался в оперативную память и затем на жесткий диск компьютера. **Использование общего триггерного импульса гарантирует запись одной и той же молнии обеими системами регистрации.** Использовалась тактовая частота АЦП 60 МГц и длительность записи каждого события 2 секунды с предысторией в 0.4 секунды. Кроме того, один из антенных модулей был соединен со специальной системой регистрации быстрых процессов, позволяющей вести квазинепрерывную запись сигнала с высоким временным разрешением в течение сравнительно длительного времени, в которой для записи данных использовался RAID из 4 жестких дисков. При тактовой частоте одноканального 14-разрядного АЦП 50 МГц эта система позволяла вести запись в течение нескольких часов с потерей примерно 5-10% данных. Контроль непрерывности записи проводился при обработке по сигналам радиостанции RBM, передающей эталонные частоту и время, которые выделялись непосредственно из полученной записи.

Синхронизация

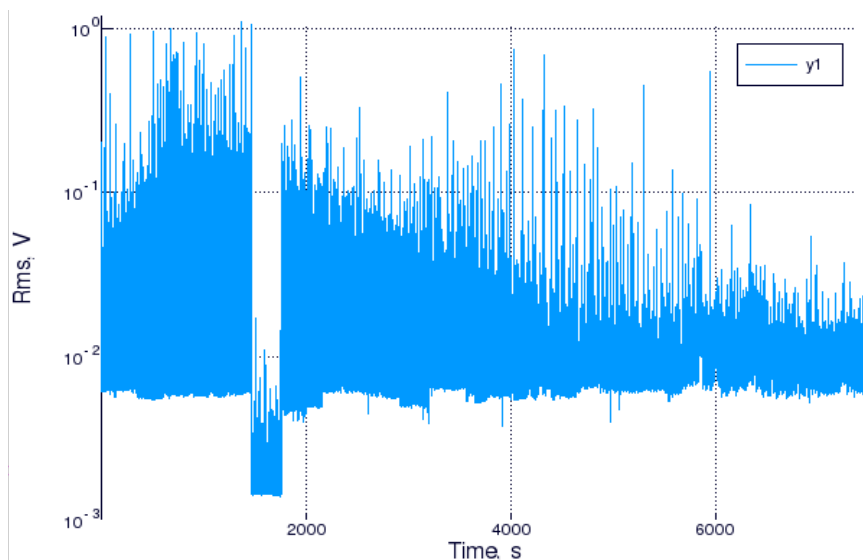


На больших расстояниях синхронизация измерительных пунктов с использованием кабеля не представляется возможной. В связи с этим на малобазовой установке была испытана система синхронизации по радиоканалу. Был выбран нелицензируемый диапазон 5.8 ГГц, который используется для радиоуправления. Мы воспользовались системой передачи телевизионных изображений, сделанной на основе приемников и передатчиков, обеспечивающих полосу передачи импульсного сигнала не менее 6 МГц, что позволяет транслировать импульсные сигналы с длительность фронта 0.1 мксек, т.е. на уровне временной стабильности, обеспечиваемой системами GPS-ГЛОНАСС.

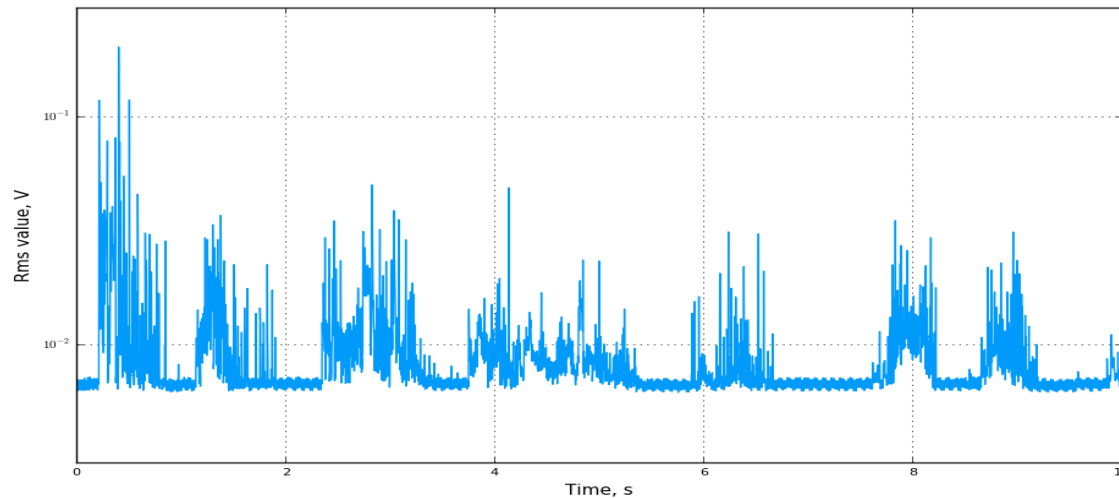
Мощность передаваемого сигнала составляла 30 дБм, использовались антенны с коэффициентом усиления 14 дБ, расстояние от передатчика до приемника составило 245 метров. Кроме того, передатчик и приемник были подключены к источнику импульсов и регистрирующему компьютеру соответственно коаксиальными кабелями длиной 60 м каждый. Регистрация передаваемых импульсов синхронизации производилась на компьютере удаленного пункта.

Регистрация КВ излучения

В результате первых измерений была получена только одноканальная квазинепрерывная запись радиочастотного излучения грозового облака в течение нескольких часов его существования, в процессе которой была проведена проверка, не является ли записываемый сигнал наводкой на (довольно длинный) кабель, соединяющий антенну с регистрирующим устройством. Для этого во время записи была отключено питание антенного блока на время порядка 5 минут. В результате было установлено, что наводки на кабель, как минимум, на 40 дБ ниже уровня сигнала с антенны.



Импульсное субмикросекундное излучение



Для грозового облака характерно существование импульсного субмикросекундного излучения **не только во время молниевых разрядов**. На рисунке показано среднеквадратичное значение принятого сигнала в течение первых 10 секунд записи, которая в этот период времени являлась непрерывной.

Анализ квазинепрерывной регистрации

- Анализ полученных в ходе квазинепрерывной записи данных показал, что для грозового облака **характерно существование импульсного субмикросекундного излучения, которое существует на интервалах времени с характерной длительностью доли секунды, разделенных интервалами примерно той же продолжительности, когда излучение (на уровне чувствительности приемного устройства) отсутствует. Начало излучения всегда внезапно и не демонстрирует признаков постепенного развития.** Следует отметить, что по данным нижегородской региональной грозопеленгационной системы в рассматриваемый период времени в зоне покрытия системы (более 200 км от пункта наблюдения) **произошел всего один молниевый разряд примерно в 9 секундах от начала записи на удалении более 100 км от пункта наблюдения.** Таким образом, довольно интенсивное излучение грозового облака имеет место и в промежутках между молниевыми разрядами.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !



VI РОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО МОЛНИЕЗАЩИТЕ

17—19 апреля, 2018. Санкт-Петербург