



CQ-QRP

Издание Российского Клуба Радиооператоров Малой Мощности

37 зима 2012



Антенное поле установки АРФА в Гаконе, Аляска. Фото с официального сайта проекта HAARP

СОДЕРЖАНИЕ

- Клубные новости — *Владислав Евстратов RX3ALL*
Ионосферный Армагеддон — *Владимир Поляков RA3AAE*
Мониторинг ионосферы — <http://proofexists.clan.su/publ/2-1-0-303>
Малогабаритные спиральные антенны — *Роман Сергеев RN9RQ*
Искусство работы QRP — *Pat Hawker G3VA*
Высокоомные наушники из консервных баночек — *Daniel Savel F5ITU*
Юмор

Главный редактор — *Владимир Поляков RA3AAE*

Редколлегия:

Владислав Евстратов RX3ALL — Председатель Совета Клуба,

Вячеслав Синдеев UA3LMR, Тамара Кудрявцева UA3PTV,

Алексей Овчаров RK4FB

© Клуб RU-QRP

Клубные новости

Владислав Естратов RX3ALL

Здравствуйтесь, уважаемые читатели!

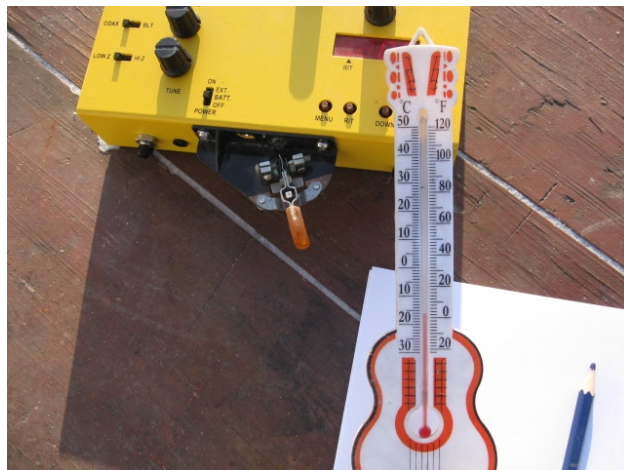
Позвольте познакомить вас с теми событиями, которые произошли в нашем Клубе с момента публикации осеннего номера.

Во время Рождественских каникул, при поддержке Сергея RV3DSA и бесменного руководителя коллективной радиостанции RK3DZB (RT3F) Владимира Анатольевича Загайнова UA3DKR, состоялась незабываемая поездка одноклубников в Центр подготовки космонавтов, Звёздный Городок.

По старой доброй традиции, были работа в эфире, дружеское застолье и интереснейший рассказ Владимира Анатольевича, который поведал нам об истории коллективной радиостанции RK3DZB, об этапах становления радиоловительской связи в космосе, о проникновении на орбиту интернета, о методах подготовки космонавтов, о различиях и особенностях программ работы в эфире на МКС Российских и Американских космонавтов. На этой встрече мы все были очень рады познакомиться с нашими одноклубниками: Антоном RA0SMS и Агнией RA0SCJ, которые в этот момент находились в Москве и с удовольствием приняли приглашение принять участие в Клубном мероприятии.



21-го января состоялись соревнования "Мороз-Красный Нос, в которых по предварительным подсчётам приняло около ста человек. Продолжают поступать отчёты и рассказы от участников этого мероприятия. Все публикации вы сможете прочитать в сборнике, который выйдет после подсчёта результатов соревнований. Следите за обновлениями на Клубном портале.



Игорь, RA0JF. На позиции в с. Новотроицкое РО30sl AM-10 «Мороз-Красный Нос». Ноль по Фаренгейту – это вам не по Цельсию!



Юрий, UA1CEG. Подготовка позиции к соревнованиям «Мороз-Красный Нос» и работа в полевых условиях. Сзади – дымок от костра.

15-го января Советом Клуба было принято решение о создании нового клубного сайта на более мощном движке. Благодаря добровольным помощникам во главе с администратором Клубного портала Дмитрием UR4MCK, задача была решена в кратчайшие сроки на отлично. И уже 25 февраля сайт был сдан в эксплуатацию. Вот их имена: Александр UR5LAM, Виктор UA0SBQ, Павел UU9JAN, Вячеслав RW3XS, Виталий UU7JF, Сергей RD9CX и Владимир UN7TAE. Уважаемые коллеги, мы все искренне благодарим вас за ваш труд!

4-го февраля наши одноклубники выступили единой и дружной командой в соревнованиях Союз Клубов. Соперники были сильные, борьба шла напряжённо. Ожидаем итогов соревнований. Как и в прошлом году, мы очень надеемся на достойный результат.

И по нашей традиции публикуем имена и позывные новых членов Клуба, которые присоединились к нам за эти зимние месяцы: Сергей Ляхович RZ4AH, Николай Потеряхин UR5MIJ, Виктор Кудряшов RX3XP, Николай Мохов UA4WJ, Михаил Булатов UA4WJ и Александр Новиков UA9FM.

CQ-QRP # 37



Н. К. Рерих. Армагеддон.

Ионосферный Армагеддон

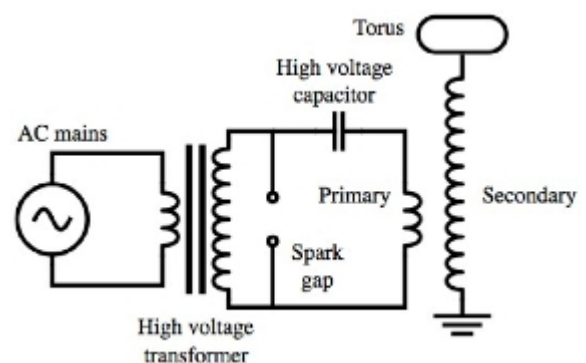
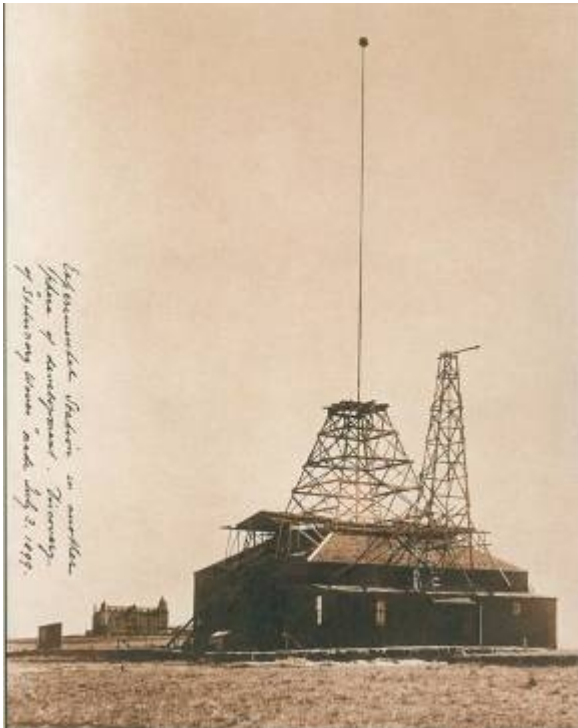
Владимир Поляков РАЗААЕ

Армагеддон – мифическое место последней битвы сил добра и зла. Почему я об этом пишу здесь, в нашем клубном журнале? Да просто потому, что ионосфера прочно вошла в нашу радиолюбительскую жизнь, от нее зависит сама возможность дальних связей, и мы просто обязаны, и хотим знать обо всем, что с ней происходит, или что с ней делают!

Часть 1. Первые контакты с ионосферой или снова о Тунгусской катастрофе.

Снова, потому что я уже говорил об этом десять лет назад [1], и четыре года назад [2] в докладе, приуроченном к 100-летию Тунгусского феномена. Первые опыты по искусственному воздействию на ионосферу Земли относятся к 1899...1908 годам и связаны с деятельностью гениального и незаслуженно забытого изобретателя Николы Тесла. В 1880-х он изобрел многофазную систему и электромотор переменного тока, с компанией «Вестингауз» построил Ниагарскую ГЭС и высоковольтную линию передачи, т. е. придал силовой электротехнике ее современный вид, после чего занялся совсем другим делом.

Публично продемонстрировав беспроводную передачу телеграфных сигналов в 1893-м (раньше Попова и Маркони), Тесла вдохновился идеей беспроводной передачи энергии. Эксперименты в Колорадо Спрингс (1899-1900) выявили возможность резонансного возбуждения всего Земного Шара с установлением стоячих волн на его поверхности. Очень вероятно, что катастрофическое прекращение экспериментов в Колорадо летом 1900 года (генераторы на питающей электростанции в нескольких милях от установки были сожжены) связано с установлением ионизированного канала от установки до ионосферы и мощным «обратным» импульсом электрической энергии. Действительно, работающий генератор мощностью под сотню киловатт можно вывести из строя либо перегрузив его по току (неужели предохранителей тогда еще не умели делать?), либо пробив изоляцию обмоток высоким напряжением. А чтобы повысить напряжение на уже работающем генераторе, нужна мощность, не меньшая, чем он отдает. Да и предохраняющие разрядники наверняка были, это обычная практика высоковольтных сетей, а они почти не изменились с того времени.





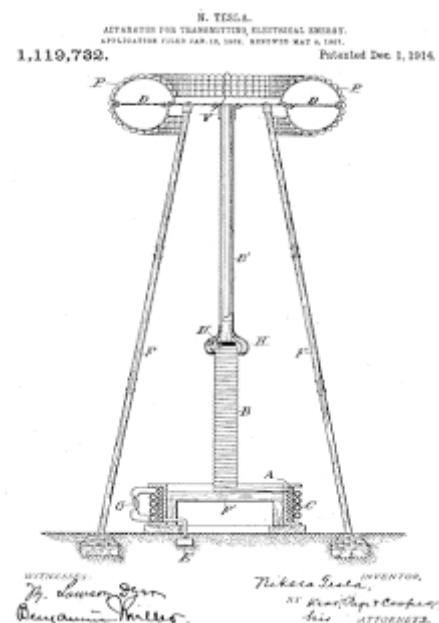
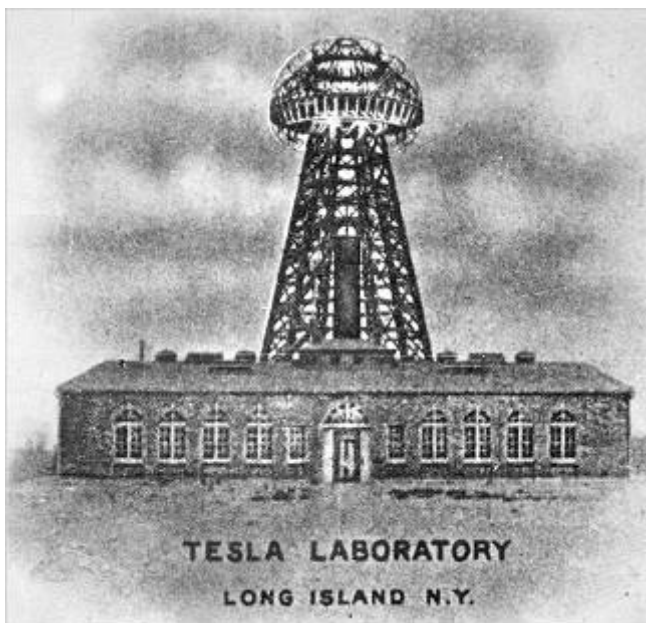
Значит, нужна была мощность, сокрушившая на пути все разрядники и предохранители, подобная удару молнии, а таковой неоткуда было взяться во всем штате Колорадо, кроме как из ионосферы, заряженной, напомним, до +350...400 кВ. Проводником послужило море ионов, генерируемых вокруг медного шара на вершине мачты.

При ВЧ напряжении на шаре около 20 МВ (по оценке Теслы) он был окружен голубым сиянием и потоком стримеров (разрядов, заканчивающихся в воздухе). Положительные ионы двигались вниз, к земле, а отрицательные ионы и быстрые электроны – вверх, к ионосфере, прокладывая проводящий канал.

Первый электрический контакт с ионосферой закончился катастрофой на электростанции в 1900-м, второй – на Тунгуске в 1908-м. Повторять доклад [2] нет смысла, но добавилось ли что-то новое за истекшее время? Да, и очень много! В 2008...10гг выпущена масса книг с материалами самого Теслы (доклады, лекции, статьи, дневники Колорадо Спрингс) и ряда авторов о нем, в основном, биографического характера. Сначала я собирал их все, потом понял, что многие можно уже и не смотреть (прочитано было более 4000 страниц), поскольку факты там приводились одни и те же. А уж домыслов – еще больше. О мутном потоке интернет-публикаций я вообще не говорю, и среди них довольно трудно откопать действительно серьезные, научные статьи, но и это возможно, см. [3].

Естественно, меня особенно интересовал период 1906...8гг, предшествовавший Тунгусской катастрофе. Из биографий следовало, что изобретатель оправился после депрессии, вызванной отказом Дж. П. Моргана далее финансировать работы в 1904-м, и основное время проводил в лаборатории Уондерклифф.

Строительство более мощной установки на о. Лонг-Айленд, в 60 милях к северо-западу от Нью-Йорка начато в 1901. Заявка на патент «Устройство для передачи электрической энергии» подана в 1902, обновлена в 1907, а патент получен лишь в конце 1914. К тому времени у Теслы уже были патенты на «Способ передачи электрической энергии через природные среды» и др. Нет сомнения, что под «средами» он понимал не только Землю (о чем многократно писал), но и ионосферу. Тем более что в одной из заявок рассматривается разреженный газ на больших высотах как электропроводящая среда.



Внешний вид лаборатории и чертеж башни «Уондерклифф» из патента.

Первое испытание недостроенной установки огорченный изобретатель устроил в 1904 по случаю прекращения финансирования проекта, и газета Нью-Йорк Таймс писала, что «Тесла зажег небо над Атлантикой».

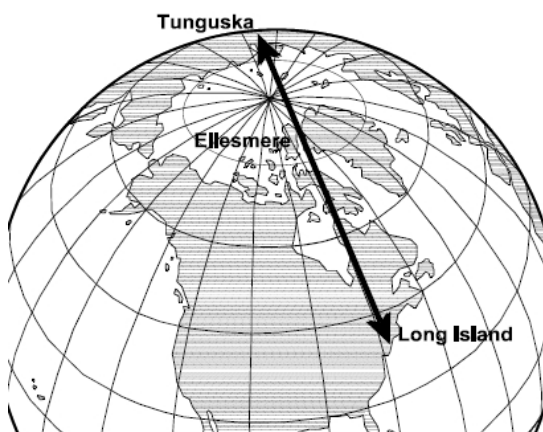
Идею о причастности Теслы к Тунгусской катастрофе выдвинул Оливер Николсон, отставной военный ВМФ США, на первом симпозиуме в Колорадо в 1984, посвященном 100-летию приезда Теслы в Америку. Подробное изложение позднейшей статьи Николсона (на английском, 1995) дано на сайте [4]. Основные возражения против гипотезы сводились к двум: Тесла не мог технически передать энергию, равную энергии взрыва (по разным оценкам от единиц до 30 мегатонн ТНТ), и не мог имеющимися средствами выбрать место взрыва.

Контрвозражение: такая энергия и не передавалась – электромагнитное возмущение послужило лишь спусковым механизмом для высвобождения скрытой, уже имеющейся энергии, в частности, энергии заряженного (по современным данным до 360...400 кВ) сферического конденсатора Земля – ионосфера Земли. Сюда надо добавить колоссальную энергию составляющих ионосферу электронов, ионов и нейтральных атомов, нагретых до кинетической температуры более 1000 К, и движущихся в электрических и магнитных полях.

Воссоздание картины стоячих волн, возбуждаемых передатчиком Теслы на внешней поверхности Земли и внутренней – ионосферы [2] позволило установить место максимальной напряженности поля Тесловых волн. Оно оказалось на расстоянии четверти окружности Земного Шара от передатчика. Район Подкаменной Тунгуски удовлетворяет этому условию. Вторую координату, по мнению автора, задала линия терминатора, утром 30 июня 1908 проходившая по дуге большого круга от Тунгуски через приполярные районы (Земля Элсмира) к Лонг-Айленду. В этой области на ионосферном слое E имеется ложбина, связанная с изменением высоты слоя (90 км днем, 110...120 км ночью) и выступ вниз, связанный с образованием слоя D (70 км) на освещенной стороне Земли. Технические детали и некоторые простейшие расчеты имеются в [2].

Дальнейшие доказательства последовали в двух телевизионных фильмах и в книге [5]. Автор никак не был связан с создателями этих произведений, и с интересом узнал о других факторах, определивших место взрыва. Ученые из группы создателя одного из фильмов В. Правдивцева предположили, что возмущение от передатчика распространялось в Сибирь вдоль магнитной параллели через Атлантический океан, Францию и Казахстан.

Поиск в современной научной литературе позволил установить, что в верхней стратосфере и ионосфере существуют быстрые течения с запада на восток (токовые струи), скорость которых может достигать 500 м/с. Они, в какой-то мере,



ответают и за образование магнитного поля Земли. Этот факт означает, что область повышенной ионизации, возникшая непосредственно над передающей башней, всего через несколько часов может оказаться над Сибирью, способствовав электрическому пробое ионосферы на Землю именно там, и это уже третья координата, указывающая на Тунгуску.

Теперь о книге Анатолия Максимова [5]. Он тоже капитан 1 ранга в отставке, 55 лет службы во флоте, разведке и контрразведке,

Внешторге, почетный сотрудник госбезопасности. Много лет он собирал материалы о Тунгусском метеорите (газетные и журнальные вырезки, статьи), и три четверти книги посвящены метеоритной и кометной гипотезам. Он признается, что до 2007 вообще ничего не знал о Тесла, а сторонником рассматриваемой нами теории стал, посмотрев фильм «Властелин мира — Никола Тесла»!

Заканчивая книгу, Максимов связался с Сербским музеем Николы Теслы и получил копии дневников изобретателя за 1908 год, которые сохранились в семье Морганов и не были конфискованы ФБР в 1943-м, после смерти Теслы. Оказывается, Тесла отслеживал состояние ионосферы, собирая сведения о магнитных бурях со всего света. Вот некоторые выдержки из дневников [5, с.275]:

«10 апреля 1908. Все готово...». «15 апреля 1908. Магнитная буря перемещается с западного побережья Северной Америки в сторону Атлантики...». «1 мая 1908. Пробный запуск № 1.... Над Европой и Россией – от Лондона до Парижа в сторону Уральских гор наблюдаются в небе огромные сполохи света...». «27 июня 1908. В Европе и России свечение резко усиливается. Смещение света к Уралу. От Балтийского моря до Уральских гор в небе наблюдаются светящиеся раскаленные шары, смещение которых происходит в сторону Восточной Сибири...».

«29 июня 1908. Запуск № 11 – три импульса с интервалом 60 секунд.... Это был взрыв. Волна взрыва дошла до Нью-Йорка. Там, в Сибири, произошел чудовищный взрыв природного электричества.... Гигантская шаровая молния? Шаровая молния! Свершилось...». Заметим, что в Сибири это было утро 30-го. Слово «чудовищный» Тесла подчеркнул с такой силой, что порвал бумагу. Сообщения о взрыве стали приходить позже – взрывная сейсмическая волна дважды обошла Земной Шар.



Далее цитируем Максимова: «судя по тому, что в журнале некоторое время не было записей, весть о «чудовищном взрыве» потрясла Великого Серба. «Событие», видимо, превзошло его ожидания. А его прозорливая предусмотрительность помогла ему выбрать самое пустынное место...».

И, как вы думаете, поверила научная общественность этому объяснению?

Ничуть не бывало! В 2009 мне довелось побывать на заседании Московского астрономического общества. Было интересно, рассказывали, как отметили 100-летие Тунгусского феномена, некоторые побывали на месте взрыва. Продолжали обсуждать метеоритные теории, рассказывали об экспедициях. Уже знали о книге Максимова, один из астрономов даже звонил в Белградский музей, спрашивал про дневники, там ему ответили, что не знают.... Вот и предполагайте, что хотите!

Но весьма вероятно, что Тесла фактически исповедовался, написав в 1915 г. редактору Нью-Йорк Таймс: «Совершенно реально практически передать электрическую энергию без проводов и произвести разрушительные действия на расстоянии. Я уже строил беспроводной передатчик, который сделал это возможным. Но неизбежно он может быть использован для уничтожения имущества и жизни. Эта разработка настолько продвинулась, что огромные разрушительные действия могут быть произведены в любой точке Земного Шара, определенной заранее с высокой точностью». К этому пророческому предсказанию теперь мы и переходим.

Часть 2. Мощное «КВ радиостроение», HAARP, «СУРА» и т. д.

Идея искусственно подогреть ионосферу, и посмотреть, что из этого получится, возникла в разгоряченных умах многих ученых и военных еще в 60-х годах. Вероятно, технически этому немало способствовала и «холодная война» на информационном фронте — строили мощные радиовещательные КВ передатчики с направленными антеннами, вещающие ионосферными волнами по 300...400 часов в сутки. Известно, например, что мощность передатчиков радиоцентра под Мюнхеном (VOA, Свободная Европа, BBC) достигала 2 МВт, отечественные были не слабее. По словам известного проф. А. А. Пирогова (МИИС, затем МТУСИ) направленность антенн была такова, что с территории России можно было выбирать по желанию штат Америки для «обслуживания» его «иновещанием», а по словам одного американского коротковолновика самая мощная помеха на 40-метровом любительском диапазоне была от «Радио Москвы» с соседнего вещательного диапазона! В Москве же и других наших крупных городах помеховая обстановка была еще хуже, поскольку к приходящей мощности «вражеских голосов» добавлялась мощность местных «глушилок», по частотолу которых легко было и без шкалы найти радиовещательные КВ диапазоны.

Вероятно, первым военным применением мощного КВ радиостроения были загоризонтные радары (ЗГРЛС), использующие «Эффект Кабанова» — отражение зондирующих импульсов ионосферой на расстояния многих тысяч километров, и прием отраженных сигналов по тому же пути. Ионосфера служила как бы «зеркалом», позволяющим заглянуть за горизонт. Однако «зеркало» это оказалось достаточно «мутным» и нестабильным. Для ЗГРЛ пригодны частоты КВ диапазона, близкие к МПЧ, где отражение еще есть, а поглощение минимально.

Благодаря огромной эффективной излучаемой мощности ($\text{ЭИМ} = P_{\text{изл}} \cdot \text{КНД}_{\text{ант}}$), достигавшей гигаваттных уровней, сразу же были обнаружены эффекты искусственной модификации ионосферы. В ряде случаев повышение ЭИМ приводило не к росту отраженного сигнала, а к его потере из-за «прожигания дыры» в ионизированном слое. Об этом рассказывал служивший там очевидец.



История разработки отечественных ЗГРЛС хорошо описана в книге [6]. На фото с сайта <http://strana.ru/journal/976889> видны масштабы исполинской антенной системы РЛС «Дуга-1», расположенной под Чернобылем и законсервированной после аварии на ЧАЭС в 1986. А на снимке слева ясно видны широкополосные вибраторы этой уникальной антенной решетки. Подобные антенны (меньших масштабов) разработаны в СССР еще в 30-е годы,

описаны в учебниках и имеют обозначение СГ(п/р)Р – синфазная горизонтальная, п этажей, в каждом из которых р вибраторов, с рефлектором. В случае ЗГРЛС антенну уже трудно назвать синфазной, потому что каждый ее диполь (или группа из нескольких диполей) питается от отдельного усилителя мощности. Сложение мощностей происходит уже в эфире. А задающий генератор общий, только фазы его сигнала на усилителях можно изменять электрическим путем, с помощью фазовращателей. Обеспечив, например, линейный набег фазы вдоль полотна вибраторов, мы отклоняем луч на некоторый угол по азимуту. Вводя же фазовый набег по столбцам вибраторов, получаем отклонение луча по углу места. Такие



сканирующие антенные системы называют также фазируемыми антенными решетками, ФАР.

Аналогичные ЗГРЛС в 80-х были построены на Кольском п-ве, в Комсомольске-на-Амуре и ряде других мест.

Услышав на своей территории мощнейшие сигналы «Русского Дятла» американцы тоже взялись за дело, и весьма успешно. Там эти станции назывались ОTHR – Over The Horizon Radar.

Американская РЛС AN-FPS-118, принадлежащая ВВС. Мощность

передатчиков 1 МВт, ЭИМ = 100 МВт. Дополнительную информацию можно найти на сайте <http://www.fas.org/nuke/guide/usa/airdef/an-fps-118.htm> Другая разработка – чуть ли не передвижная и легко монтируемая станция, содержащая ряд мачт (на растяжках) вытянутых в линию и увенчанных логопериодическими бимами. Передатчики, приемники, ЭВМ управления и обработки отраженных сигналов размещены в фургонах грузовиков.

Американцы предпочитали использовать не импульсное, а ЛЧМ излучение (с линейной частотной модуляцией), создающее значительно меньше помех. Дело в том, что импульсный радар имеет низкую частоту повторения, не выше 10 Гц («дятел»), ведь время распространения сигнала на расстояние 10 000 км и обратно достигает 0,06 с. Мощность в импульсе чудовищна, и из-за нелинейных эффектов в ионосфере помехи наблюдаются не только на собственной частоте радара, но и в окрестном, достаточно широком диапазоне.

Этот эффект обнаружен еще в 30-е годы и назван Люксембургско-Горьковским. При включении нового мощного передатчика в Горьком (Нижний Новгород) его модуляция накладывалась на несущую радиостанции Люксембурга, работавшей совсем на другой частоте. Объясняется эффект нелинейностью ионосферной плазмы, плотность которой меняется (модулируется) в такт с мощным сигналом.

Наблюдается и «Эффект Гетманцева», открытый уже после войны в НИРФИ (Нижегородском радиофизическом ин-те) — генерирование ОНЧ излучения при модуляции токовых струй ионосферы импульсами мощного КВ передатчика. Образующиеся сгустки плазмы вытягиваются вдоль токовой струи или магнитной силовой линии на сотни и тысячи километров, образуя виртуальную антенну, хорошо излучающую сверхдлинные волны с частотой модуляции передатчика.

В то же время (1970...80-е) возникли проекты специально модифицировать ионосферу мощным КВ излучением с целью получения различных «полезных» эффектов. Стали строить и использовать специальные «нагревные стенды» – мощные КВ передатчики с горизонтально расположенными фазированными антенными решетками (ФАР), позволяющими не только обеспечить высокую направленность, но и сфокусировать излучение на выбранном участке ионосферы (см. фото на обложке). Это еще многократно повысило объемную плотность «закачиваемой» в ионосферу ВЧ энергии. Наиболее известны стенды в Гаконе (Аляска, США) и Васильсурске (Нижегородская обл, Россия). Американский более известен по названию проекта HAARP, наш – по кодовому названию «СУРА». Всего же в мире насчитывают более десятка установок разной мощности.



Расположение станций ХААРП в мире. <http://topwar.ru/8294-ionosfernye-voyny.html>

США/Аляска (АРФА) 62°23'29.66"N, 145°06'58.47"W

National MST Radar Facility NMRF Andra Pradesh, India 13°27'26.68"N, 79°10'30.74"E

Jicamarca Radio Observatory Lima, Peru 11°57'6"S, 76°52'27"W

Jindalee Operational Radar Network JORN Long Beach, Australia 23°24'S, 143°48'E

Leonora, Australia 28°19'02.5608"S, 122°50'36.4416"E

Laverton, West Australia 28°19'36.29"S, 122°0'18.84"E 23°39'

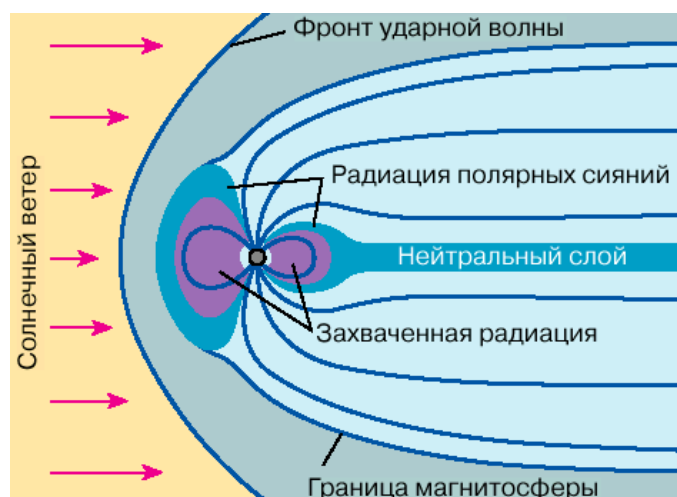
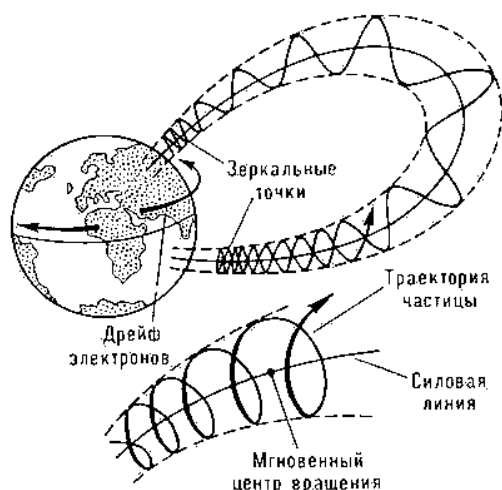
Tromso Norway 69°39'07" N, 018°57'12" E

Sura Facility HAARP Like Facility Nizhniy Novgorod, Russia <http://sura.nirfi.sci-nnov.ru>
56°7'9.70"N, 46°2'3.66"E 56°08'N, 46°06'E ...

Мощности излучения (только передатчиков, без учета КНД антенн) таковы: АРФА – 3,6 МВт, Тромсо – 1,2 МВт, СУРА – 1 МВт, по остальным данным у автора нет, вероятно, они ниже. В Северной Гренландии американцы достраивают сейчас еще одну нагревную установку с мощностью в 3 раза больше, чем на Аляске, т. е. около 11 МВт. Не представляю, сколько усилий и денег нужно, чтобы построить ее на Гренландском ледниковом щите в суровых полярных условиях!

Часть 3. Почему установки «нагревные» и что они делают?

Представление об ионосфере, как о некоторой тихой и стабильной области, где ионизированный разреженный газ смиренно лежит слоями (D, E, F) на нужных высотах – давно в прошлом. Скорее это кипящая газовая пленка на поверхности Земли. Почему пленка? Потому что вся ее толщина – сотые доли от радиуса Земного Шара. Все картинки, изображающие Землю, ионосферу, и отражение радиоволн от нее, нарисованы неправильно, не в масштабе. Если на рисунке высота ионосферы несколько сантиметров, то радиус Земли должен быть, по крайней мере, 1 метр! Нейтральные атомы, ионы и электроны находятся в непрерывном тепловом движении. Если скорость тяжелых ионов 10...100 м/с, то легких электронов – до 100...200 км/с! Это намного больше первой космической скорости, и электроны давно улетели бы от Земли, если бы не магнитное поле. Сила Лоренца, действующая на движущийся заряженный электрон, заставляет его траекторию заворачиваться в спираль вокруг магнитной силовой линии. Обладая большой скоростью, электрон может за несколько минут «сбежать» в южное полушарие и вернуться обратно, как показано на левом рисунке.



Захваченные магнитным полем заряженные частицы образуют радиационные пояса в магнитосфере, простирающейся на много радиусов земли выше ионосферы. Любопытно, что о радиационных поясах узнали (предполагать могли и раньше) лишь в 1958-м, после запуска первого советского, и позже американского спутников. И надо же было догадаться уже в 60-х взорвать в магнитосфере пару ядерных зарядов! С «исследовательскими» целями. Она долго «приходила в себя» и десятилетиями восстанавливала свою структуру.

Магнитосфера образует третий «броневой пояс», окружающий Землю наряду с нижней атмосферой и ионосферой. Она не пропускает к Земле потоки космических частиц, если только их энергия не слишком велика. Лишь в области вокруг магнитных полюсов эти частицы беспрепятственно могут вторгаться в атмосферу, вызывая полярные сияния. <http://www.p-energy.ru/node/213>

Но вернемся пониже, в ионосферу. Ее температуру определяют по энергии движения частиц, в соответствии с молекулярно-кинетической теорией, которая утверждает, что на каждую степень свободы частицы приходится энергия $kT/2$:

$$mV^2/2 = 3kT/2 \quad \text{Температура } T \text{ – это мера кинетической энергии частиц, } m \text{ – их масса, } k \text{ – постоянная Больцмана, } k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К.}$$

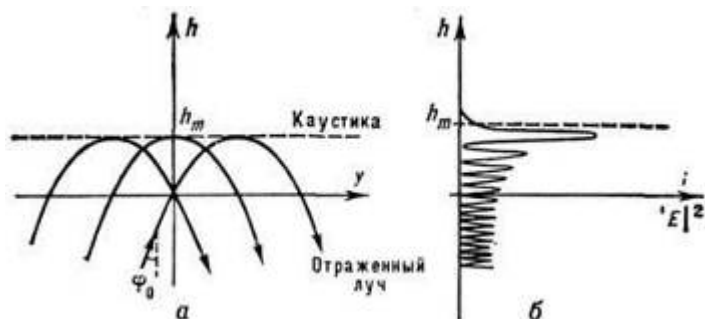
Если скорость частицы увеличить, например, наложением поля падающей волны, то возрастает и температура T – происходит нагрев ионосферной плазмы.

Энергию малых частиц удобнее измерять не в Джоулях, а в электрон-вольтах. Один Эв – это энергия, приобретенная электроном при прохождении разности потенциалов поля в один вольт, $1 \text{ Эв} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$. Энергия теплового движения электронов в ионосфере, где T примерно равна 1200 К, получается около 0,14 Эв. Этого недостаточно для свечения плазмы. Свечения (Полярные сияния), бывают, когда в авроральный овал высыпаются из магнитосферы более энергичные частицы, что сплошь и рядом происходит при вспышках на Солнце. Большую часть Полярных сияний (днем, летом при светлом небе) мы просто не видим.

Какая же энергия нужна, чтобы заставить плазму ионосферы светиться? Помните: «Тесла зажег небо над Атлантикой». Оказывается, не слишком большая. Кванты света испускаются нейтральными атомами, когда в них ударяются энергичные электроны, или ионы, если захватывают электрон и превращаются в нейтральный атом. Энергия светового кванта в красной области спектра ($\lambda = 0,62 \mu$) равна всего 2 Эв, в зелено-голубой части ($\lambda = 0,42 \mu$) – 3 Эв.

Энергия ионизации нейтральных атомов кислорода и азота больше – 12...14 Эв. Если нагретые электроны будут иметь такую энергию, или больше, то сталкиваясь с атомами, они вызовут не только свечение, но и ионизацию – отрыв новых электронов от атомов. Электронная и ионная концентрации в плазме увеличатся.

Теперь прикинем напряженность поля, создаваемого одной антенной «Арфы» с модулем передатчика $P = 10 \text{ кВт}$, на высоте $h = 100 \text{ км}$. Выигрыш антенны зенитного излучения с рефлектором на земле равен примерно 10. Нужна всего одна формула из учебника по распространению радиоволн: $E = (30PG)^{1/2}/h$. Получаем 17 мВ/м. Немного, но передатчиков-то 360! И 180 турникетных антенн, из двух скрещенных диполей каждая. Все поля сфазированы в выбранной точке, и суммарная напряженность получается уже $17 \cdot 360 = 6000 \text{ мВ/м}$, или 6 В/м. Надо еще учесть отраженную волну, потому что нагрев обычно ведут на частотах ниже



критической. Интерференция прямой и отраженной волн удваивает напряженность поля в области максимумов – получаем 12 В/м. Это уже (кстати) выше норм СанПиН на предельные уровни электромагнитных излучений – не летайте в луче установок HAARP!

Так может ли установка вызвать свечение ионосферы и лавинное размножение электронов? Конечно, ведь электрону достаточно пройти путь всего-то чуть более метра в этом поле, чтобы приобрести энергию ионизации. Тогда почему воздух вокруг антенн не светится, и искры не сыплются, как у Теслы? А все дело в длине свободного пробега электронов. У Земли плотность газа большая, и длина свободного пробега микронная. Электрон просто не успевает набрать сколь-нибудь заметной энергии, как уже сталкивается с тяжелым атомом и отдает накопленное. Поэтому воздух внизу – диэлектрик и не подвержен ионизации не слишком сильным ВЧ полем. А оно у Арфы и антенн ЗГРЛС относительно не сильное, потому что огромная мощность излучения распределена по очень большой площади. Тесла же работал на низких частотах с точечным ненаправленным излучателем, поэтому ему и приходилось разгонять на вершине башни напряжение до 100 МВ. Длина же свободного пробега электронов в ионосфере из-за разреженности газа (давление меньше 0,01 мм рт.ст.) большая, от метров в нижних слоях до километров в верхних!

Может возникнуть вопрос, а как же электрон набирает энергию, ведь поле-то ВЧ, переменное? И электрон должен, по идее, совершать синусоидальные колебания. Тут мы вторгаемся в очень сложный предмет – физику намагниченной плазмы. У электронов в плазме есть резонансные частоты. В целом плазма нейтральна – число ионов и электронов примерно одинаково. Если электрон сдвинуть из положения равновесия, то его прежнее место окажется положительно заряженным, и отрицательный электрон будет притягиваться обратно. Возникает возвращающая сила, и электрон ведет себя как грузик на пружинках, подобно маятнику. Как у маятника, у электрона появляется резонансная частота. Она зависит от концентрации зарядов в плазме и совпадает с критической частотой слоев. Математически на этой частоте комплексная диэлектрическая проницаемость плазмы обращается в нуль, так же, как в колебательном контуре реактивное сопротивление обращается в нуль при резонансе. Это основной плазменный резонанс, но есть и другие. Гиромагнитный резонанс соответствует частоте вращения электронов вокруг магнитных силовых линий. Она не зависит ни от концентрации, ни от скорости электронов, а только от напряженности магнитного поля, и равна примерно 1,4 МГц. Более сложные резонансы рассматривать не будем. На резонансных частотах даже при слабых периодических воздействиях электрон постепенно набирает энергию, так же, как постепенно раскачивают качели. Возможно возбуждение и на гармониках резонансных частот.



Есть и еще один замечательный способ – раскручивать электроны ВЧ полем с круговой поляризацией. Не зря антенны всех нагревных стенов делают турникетные – скрещенные диполи возбуждаются квадратурными сигналами, один – $A\sin\omega t$, другой – $A\cos\omega t$. Фазируя диполи, легко получить любую поляризацию, и линейную и эллиптическую, и круговую. При круговой поляризации вектор электрического поля E не меняется по амплитуде, но вращается вокруг оси излучения, совершая один оборот при прохождении пути в одну длину волны. Раскрутка электронов произойдет при любой частоте волны, но резонансная эффективнее. Кстати, круговая поляризация помогает и бороться с замираниями при ближней связи, чему посвящена статья, из которой заимствован рисунок. Зона, свободная от федингов, показана стрелкой.

Как следует из научных статей, опубликованных в ЖТФ, еще в ранних экспериментах, проведенных в СССР в 1980-х на установках, менее мощных, чем АРФА и даже СУРА, с помощью круговой поляризации получены энергии электронов в ионосфере 10...15 кЭв.

В подтверждение сказанного и цитированного приведем ссылку на научную статью «Возмущения внешней ионосферы Земли мощным КВ радиоизлучением нагревного стенда EISCAT» российских, французского и норвежского авторов [7].

В статье сообщают о генерации электронов с энергиями в десятки и даже сотни кЭв, а также о стимулированном возбуждении ионосферного мазера.

О нем попозже, а пока разберемся, зачем все это нужно? В научных целях – это понятно, так и сообщают на официальных сайтах проекта HAARP и EISCAT –

европейской ассоциации ряда стран, в число которых входит и Россия, с ионосферным исследовательским комплексом в Тромсо (Северная Норвегия).

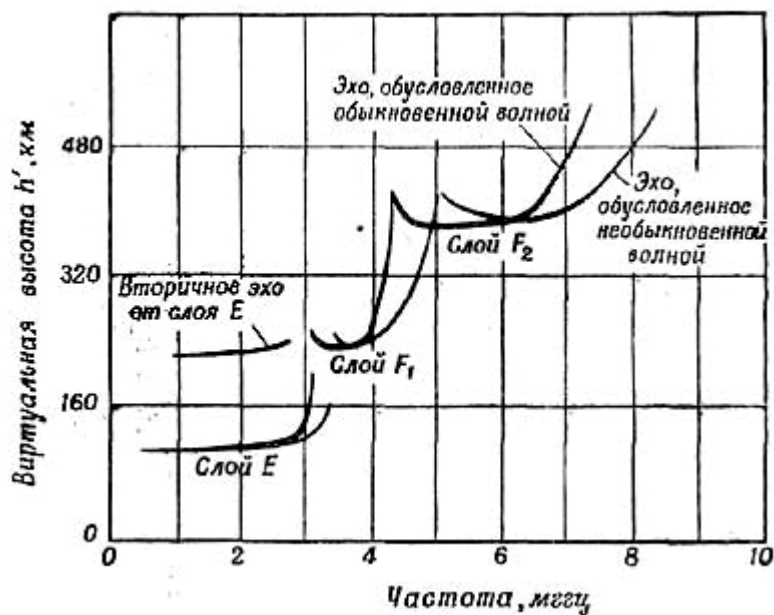


Антенное поле нагревного стенда в Тромсо, Норвегия. Мощность 1,2 МВт

Кроме нагревного стенда в комплекс входит масса другой аппаратуры. Ведь мало нагреть ионосферу, надо еще узнать, что из этого получилось! Наипервейшая установка – ионосферная станция, теперь ее называют ионозондом. Это РЛС вертикального зондирования (ВЗ), обычно импульсная, хотя сейчас разработаны и ЛЧМ ионозонды. Станция допускает возможность перестройки по всему КВ диапазону, например, от 1...2 до 10...15 МГц. На графике откладывают высоту полученных отражений в зависимости от частоты. Это ионограмма. По ней можно определить наличие слоев, их высоты и критические частоты (максимальные, на которых слой еще отражает вертикально посланный луч). По этим данным рассчитывают МПЧ – максимально применимые частоты для дальней связи. МПЧ обычно в 3...4 раза выше критической.

Ионосферная плазма анизотропна, т. е. ее свойства зависят от взаимной ориентации магнитного поля Земли и поляризации падающей волны. В отраженном сигнале наблюдают две волны – обыкновенную и необыкновенную. Такой же эффект наблюдается и при двойном лучепреломлении света в кристаллах. Обе волны хорошо видны на ионограммах.

Обращают на себя внимание характерные «хвосты» на ионограммах слоев, загибающиеся кверху. Они объясняются дополнительной задержкой отраженного сигнала на частотах вблизи критической (плазменный резонанс), да и сама точка отражения смещается кверху, в сторону максимума электронной концентрации.



В последние годы для исследования ионосферы все чаще применяют радары некогерентного рассеяния. Они работают на частотах дециметрового диапазона радиоволн в несколько сотен мегагерц и оснащены поворотными зеркальными антеннами очень больших размеров. Но мы знаем, что ведь ионосфера на этих частотах уже не отражает! Да, но зато имеется слабое (некогерентное) рассеяние сигнала на неоднородностях ионосферы, а большой

энергетический потенциал радара вполне позволяет зафиксировать слабый рассеянный слоем сигнал. Основная же мощность пронизывает ионосферу и уходит в Космос. При некогерентном рассеянии нижележащие слои уже не экранируют верхние и ионограммы получаются информативнее. Кроме того, удастся получить более точные данные об электронной концентрации и неоднородностях ионосферы, их характере и интенсивности, а также об их перемещениях в пространстве. Низкочастотные ионозонды КВ диапазона этого отследить не позволяют.



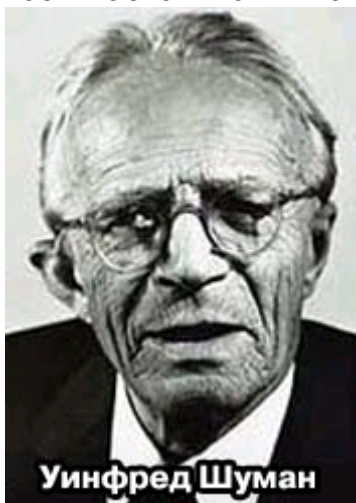
Радар около Тромсо, Норвегия. Частоты 224, 500 и 928,4 МГц. Мощность в импульсе около 2 МВт.



Радары в Свалбарде, на Шпицбергене.

Совершенно очевидно, что первоначальное назначение описанных радаров – военное. Они проектировались для дальнего обнаружения самолетов и ракет, а также точного определения их координат. Случайно, или нет, но такой радар имеется вблизи каждого нагревного стенда.

Из других совершенно необходимых инструментов ионосферного комплекса необходимо упомянуть о высокоточных магнитометрах, измеряющих все три пространственные компоненты земного магнитного поля. Зачем это нужно? Дело в том, что магнитное поле тесно связано с процессами, происходящими в ионосфере. Скажем, произошла на Солнце вспышка. Ее рентгеновское излучение через 8 минут, а поток заряженных частиц (в основном, протонов и электронов) через сутки с небольшим обрушились на атмосферу Земли. Ионосфера немедленно отреагировала – изменилась концентрация электронов, структура слоев, характер токовых струй. Первое нарушает радиосвязь (на КВ поглощение, на УКВ – «аврора»), второе – напряженность и структуру магнитного поля Земли. Развивается магнитная буря, могут выйти из строя линии электропередачи и другая аппаратура из-за сильных индуцированных токов, у метеозависимых людей ухудшается самочувствие, и, что самое интересное, изменяется погода.

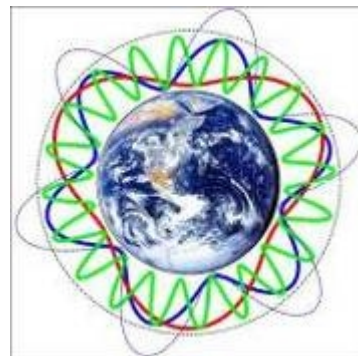


Уинфред Шуман

Магнитометры могут строиться на разных принципах, но по сути – это радиоприемник с диапазоном от постоянного тока до сверхнизких частот, реагирующий на магнитную компоненту поля. Кстати сказать, было бы весьма интересно посмотреть и поведение электрического поля атмосферы во время магнитных бурь, автор таких данных не встречал.

КНЧ и ОНЧ электромагнитные волны легко огибают Землю и образуют стоячую волну на резонансных частотах полости Земля – ионосфера. Как часто было и с

другими открытиями Теслы, считается, что резонансы обнаружил У. Шуман в 1950-х. Структура волн в шумановских резонансах условно показана на рисунке для 3-й, 6-й и значительно более высокой гармоники. Основная частота – 7,5 Гц. Она соответствует длине волны 40 000 км, равной окружности Земного шара.



Колебания в шумановских резонансах возбуждаются естественными источниками, в основном, вероятно, ионосферными. Это и флуктуации магнитного поля Земли (в том числе и бури), и высыпания заряженных частиц, и электрические разряды в верхней атмосфере, открытые совсем недавно и получившие романтические названия – джеты, спрайты, эльфы.

Выше мы обсудили, какие явления происходят в ионосфере и на Земле при солнечной вспышке. Но все то же самое должно происходить и при искусственном возмущении ионосферы нагревной установкой! Предвижу обычное возражение: мощность станций мизерна по сравнению с мощностью, поступающей от Солнца. Поэтому и эффектов не должно быть. Может быть, оно и так для уже развитых атмосферных процессов. Но не в их начале! Тогда, даже относительно слабые воздействия могут радикально изменить дальнейший ход процесса. Чтобы решить этот вопрос, необходим тщательный и непрерывный мониторинг атмосфер.

Однако автор только вводными частями статьи занял более половины журнала. Придется отложить детальный разбор последствий работы нагревных станций на следующий номер, а пока, в промежутке времени между выходом номеров журнала, предлагаю прочитать интервью с авторитетным человеком, знающим в этих вопросах побольше автора, и также призывающим к мониторингу.

Владимир АШУГАНОВ, генерал-майор, доктор технических наук, начальник подразделения НИИ Минобороны РФ. Интервью дано в феврале 2004 года [8].

— У меня такое впечатление, что некоторые авторитетные ученые России принижают истинное значение ХАРП и даже называют его фантастикой дилетантов. Так вот слушайте. Когда в мире (в том числе и в СССР) появились сверхмощные локаторы, то выяснилось, что они способны «разогреть» ионосферу на определенных площадях. Нам удалось установить прямую связь этих разогревов с магнитными бурями и другими явлениями (их немало). Американцы тоже не спали. И, когда и мы, и они поняли, какие тут возможности открываются (оборонные аспекты я тоже имею в виду), тут и начался бум... Он до сих пор продолжается.

Литература:

1. В. Поляков. Тунгусская катастрофа – дело рук человеческих? Юный Техник, 2002, № 5, с. 22-29. http://jtdigest.narod.ru/dig4_02/tesla.htm
2. В. Поляков. Продольные электромагнитные волны на земной поверхности. Часть 2. Тунгусский эксперимент. CQ-QRP № 24, с. 8-16.
3. О. Верин. Загадочный Бозе-конденсат: «Тунгусское диво» и шаровая молния. http://tonnel-ufo.narod.ru/tonn_31_Verin.html
4. [http://www.bibliotecapleyades.net/ciencia/esp_ciencia_tunguska02.htm#\(26\)](http://www.bibliotecapleyades.net/ciencia/esp_ciencia_tunguska02.htm#(26))
5. А. Максимов. Никола Тесла и загадка Тунгусского метеорита. – М.: Яуза, Эксмо, 2009. –288с. – (Никола Тесла. Рассекреченная история).
6. Бабакин. Битва в ионосфере. <http://www.e-reading.org.ua/book.php?book=115295>
7. http://d33.infospace.ru/d33_conf/2008_pdf/1/75.pdf
8. <http://www.usinfo.ru/haarp.htm>

Мониторинг ионосферы в интересах коротковолновой связи

<http://proofexists.clan.su/publ/2-1-0-303>

Появление в последние годы специализированных КВ модемов, способных передавать двоичные файлы и данные в радиоканале со скоростью до 9,6 кбит/сек с малой (до 10^{-9}) вероятностью ошибки на бит информации, возродили коммерческий интерес к коротковолновой связи. Такие крупнейшие производители, как Harris, Codan, Motorola и другие, а также некоторые российские предприятия, приступили к серийному выпуску радиостанций, реализующих алгоритмы автоматического вхождения в связь (ALE – Automatic Link Establishment), перезапросов фрагментов сообщений и исправления ошибок в реальном масштабе времени, минимизации участия человека в процессе радиообмена.

Однако проблема нахождения оптимальных рабочих частот для каждого конкретного сеанса остается по-прежнему актуальной. Дело в том, что системы КВ связи (диапазон частот от 1 до 30 МГц) обеспечивают передачу информации на большие расстояния, до 6-9 тыс. км, за счет отражения радиоволн от ионосферы Земли. Нижняя граница ионосферы располагается на высоте 50-60 км, верхняя на уровне порядка 1000-1500 км переходит в плазмосферу или другие магнитосферные плазменные образования. Высота и профиль отражающих слоев испытывают значительные сезонные и суточные изменения, которые определяются углом солнца в данной точке над линией горизонта. Кроме того, на ионосферу существенно влияет Солнце, количественное значение активности которого выражается числами Вольфа и имеет период около 11 лет. В зависимости от этих параметров меняется так называемая критическая частота (КЧ) – наибольшая из всех частот, которая еще отражается от данного слоя ионосферы при вертикальном распространении радиоволны. В зависимости от текущих параметров ионосфера в КВ диапазоне может как способствовать передаче информации на дальние расстояния, вплоть до кругосветных, так и препятствовать даже на коротких радиотрассах из-за проявления эффектов многолучевости и частотной дисперсии. Довольно часто приходится сталкиваться и с полным разрушением канала связи за счет эффектов аномального поглощения.

Сложное строение среды распространения, а также непрерывное во времени изменение параметров ионосферной плазмы оказывают влияние на распространение радиоволн. Поэтому задачи исследования процессов в ионосфере связаны как с практическими задачами обеспечения устойчивой работы систем радиосвязи, так и с не менее важными научно-исследовательскими задачами мониторинга околоземного пространства. Экспериментальное и теоретическое изучение связи между изменением параметров распространяющихся в ионосфере радиоволн и процессами, происходящими в термосфере Земли, являются актуальными, а внимание к ним не ослабевает и в последние годы.

Отражение радиоволн от области атмосферы, расположенной примерно на высоте 100 км над земной поверхностью, было обнаружено еще в 1925 году. Было доказано, что ионосфера состоит из смеси газа нейтральных атомов и квазинейтральной плазмы, в которой существует достаточное количество ионизированных частиц, способных влиять на распространение радиоволн. Вскоре был проведен ряд экспериментов, обнаруживший сложную слоистую

структуру ионосферы. Принято считать, что ионосфера подразделяется на области называемые D, E, и F, внутри которых могут существовать слои электронов D, E1, E2, Es, F1, F2 соответственно.

Образование ионизированной части атмосферы связано с целым комплексом разнообразного типа явлений: процессы, протекающие на Солнце, вариации магнитного поля Земли, движения в верхней атмосфере, изменения плотности и состава атмосферного газа на различных высотах и географических широтах, и тому подобные явления.

Главной характеристикой ионосферного слоя является критическая частота. Критической частотой f_c , или частотой проникновения, называется самая высокая частота волны отраженной от ионосферного слоя, или самая низкая частота волны, которая проникает сквозь слой. Она является непосредственной мерой максимальной электронной концентрации N_{MAX} слоя.

В эпоху азбуки Морзе и первых телеграфных аппаратов критическую частоту определяли на основании чисел Вольфа и специальных графиков-прогнозов. В зависимости от выбранного направления и дальности трассы, зная координаты точки отражения волны, можно было определить МПЧ – максимально применимую частоту данной радиолинии. Затем расчетные значения МПЧ корректировались по данным ионосферного зондирования.

Для получения информации о структуре ионосферных слоев и динамике ионосферной плазмы Земли используются различные варианты радиозондирования: вертикальное (ВЗ), наклонное (НЗ), возвратно-наклонное (ВНЗ), трансionoсферное, и различные виды сигналов: узкополосные (УПС), широкополосные (ШПС), сигналы с различными видами модуляции. Едва ли можно выделить какой-либо метод зондирования ионосферы, обладающий однозначным превосходством над остальными по всем параметрам и обеспечивающий всех заинтересованных потребителей во всех областях исследований. Различные методы исследования существуют совместно и успешно дополняют друг друга.

Наибольшую точность в определении МПЧ имеет метод трассового (наклонного) зондирования. Передатчик и приемник импульсов разнесены на расстояние одного или нескольких скачков. В заранее установленное время или с каким-то периодом передатчик посылает в эфир сигнал последовательно на нескольких частотах. На приемном конце оценивается слышимость и качество сигналов и делается вывод о подходящих частотах для данного времени суток и года. Накопленная статистика затем используется в процессе организации связи. В данном случае точность определения МПЧ будет определяться шагом перестройки частоты передатчика.

Еще одним способом практического определения КЧ и МПЧ являются методы вертикального и возвратно-наклонного зондирования. В обоих случаях прием осуществляется в точке передачи.

В ходе вертикального зондирования (ВЗ) радиоволны передатчика, находящегося в месте исследований, излучаются вверх и затем отражаются от ионосферы. Зная скорость их распространения, равную скорости света, и время от момента передачи до момента приема, можно определить высоту отражающего слоя. Разрешающая способность по задержке при импульсном зондировании определяется длительностью диагностирующего импульса и составляет, как правило, 2,5...5 км. По максимальному значению частоты приема определяется КЧ. Вертикальные ионозонды определяют состояние ионосферы непосредственно

над пунктом расположения. Позволяя получать зависимость распределения электронной концентрации от высоты, они не очень хорошо подходят для исследований динамических процессов в ионосфере, а их применение затратно из-за необходимости обеспечения работы радиопередающих систем.

В случае возвратно-наклонного зондирования (ВНЗ) используется эффект, впервые полученный русским ученым Николаем Ивановичем Кабановым. В 1948 году ему впервые в мире удалось зафиксировать отражение радиоволны от Земли в обратном направлении, так называемое «эхо». Это открытие получило название «эффект Кабанова» и в 1957 году было внесено в Государственный реестр открытий СССР под № 1. По существу, ионосфера при ВНЗ выполняет функции огромного пассивного ретранслятора. Прогноз максимально применимых частот возможен на основе данных о высотном распределении профиля электронной концентрации и, прежде всего, данных о критической частоте и высоте слоя F2 ионосферы. Приняв обратную волну, которая образуется при отражении от земли на другом конце радиотрассы, по времени ее распространения и высоте отражающего слоя математическим способом определяется МПЧ конкретной трассы. С помощью ВНЗ можно обнаружить, например, появление в ионосфере спорадических слоев, метеорной ионизации, нерегулярных образований электронной плотности волнового и изолированного типов и другие явления. ВНЗ позволяет экспериментально подбирать наилучшую частоту для радиосвязи на данной трассе в данное время.

На практике зачастую перед сеансом нет возможности проводить процедуру зондирования по соображениям дефицита времени или иным причинам. Кроме того, для проведения вертикального и возвратно-наклонного зондирования помимо наличия передатчика и приемной антенны с заданной диаграммой направленности требуются высокая точность определения времени между моментами передачи и приема радиоимпульсов, а также синхронизация работы передающих и приемных комплексов. Указанные причины привели к выделению частотно-диспетчерской службы КВ радиопунктов в отдельное структурное подразделение и появлению специальных станций зондирования.

В последние годы большую часть данных о волновых процессах в ионосфере удается получать с использованием глобальной сети GPS. Учитывая большое количество спутников данной системы, большое число двухчастотных наземных приемников (более 1000), а также доступность данных, можно сказать, что метод обеспечивает наилучшее пространственно-временное разрешение и наилучшую возможность получения статистически значимых наборов данных. Возможности применения метода GPS широко используются и хорошо освещены в публикациях доктора физико-математических наук Афраймовича Э. Л.

Мониторинг ионосферы с использованием навигационных спутников систем GPS и ГЛОНАСС обеспечивает возможность определения в реальном масштабе времени пространственного распределения параметров ионосферы и, тем самым, возможность оперативного прогнозирования МПЧ с целью эффективного планирования и проведения сеансов коротковолновой связи.

По результатам спутникового мониторинга, осуществляемого из одного наземного пункта, возможно с дискретностью не более 1 минуты в пределах пространственной области с радиусом примерно 1000 км оценивать необходимые для расчета МПЧ параметры ионосферы, а также определять высотные профили распределения электронной концентрации ионосферы в диапазоне высот 80...1000 км (с дискретностью 22 км) и ее полное электронное содержание. #

Малогабаритные направленные спиральные антенны с линейной поляризацией.

Роман Сергеев RN9RQ ex RA9QCE

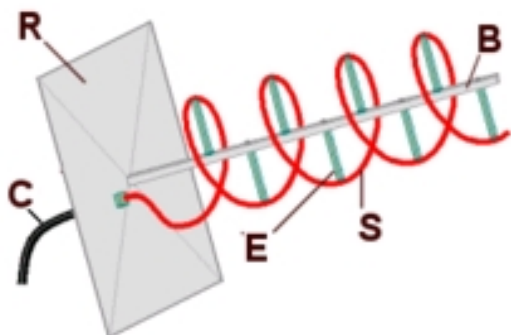
В широкой номенклатуре типов радилюбительских антенн, применяемых на УКВ, до сих пор существует некоторое белое пятно. Действительно, в качестве относительно компактных антенн с не очень большим коэффициентом усиления обычно используют антенны конструкции Уда-Яги, иначе называемые у нас волновыми каналами. Но, к сожалению у таких антенн при увеличении числа элементов и длины бума рост усиления после 14...16 дБ замедляется, возрастает сложность конструкции, поскольку в типичном случае все элементы антенны имеют различную длину и расположены на разных расстояниях друг от друга.

Кроме того, многоэлементные волновые каналы имеют достаточно узкую полосу и попытки ее расширения приводят к уменьшению коэффициента усиления и ухудшению формы диаграммы направленности, то есть к росту размеров заднего и боковых лепестков. Конечно, описаны волновые каналы на диапазон 1,2 ГГц конструкций RA3AQ и UA9TC с числом элементов 50 и 60 соответственно, однако назвать их оптимальными не поворачивается язык, их достоинство в меньшей боковой проекции и соответственно в меньшей ветровой нагрузке на мачту в сравнении с параболическими антеннами при том же усилении.

Вообще, параболические антенны имеют смысл, начиная с диаметра зеркала порядка 8...10 длин волн, при этом достигаемое усиление антенны составит уже 22...26 дБ. В случае применения зеркала меньших габаритов катастрофически быстро падает его усиление и ухудшается диаграмма направленности.

Таким образом, для получения коэффициента усиления в диапазоне примерно 15...23 дБ вышеописанные типы антенн не оптимальны и перекрыть этот диапазон радилюбители чаще всего пытаются стекированием волновых каналов, что не всегда приемлемо, поскольку растут высота мачты, габариты, увеличивается длина соединительных кабелей, появляется делитель мощности и т. д.

Разумеется, известны волноводные, рупорные, щелевые, диэлектрические и другие типы антенн, которые в принципе могут перекрыть этот проблемный диапазон коэффициента усиления, однако размеры этих антенн относительно велики, этим и обусловлено их применение только на СВЧ диапазонах. Кроме того, эти типы антенн довольно трудно поддаются моделированию.



Однако существуют спиральные антенны, мало применяемые радилюбителями. Модель наиболее распространенного типа цилиндрической спиральной антенны показана на рис. 1, а ее диаграмма направленности – на рис 2.

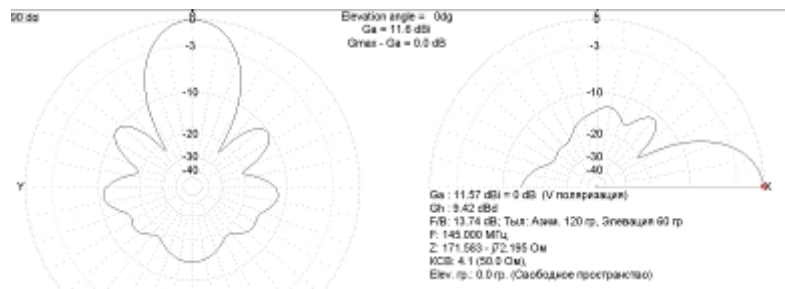
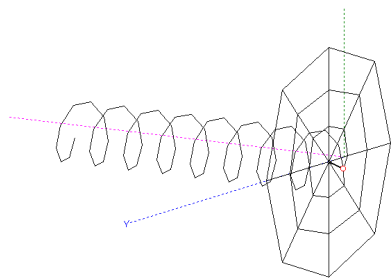


Рис. 1. Модель спиральной антенны в MMANA. Рис. 2. ДН спиральной антенны.

Как видим, антенна состоит из отражателя диаметром 2...5 лямбда и спирального проводника. Спираль замедляет скорость электромагнитной волны вдоль оси антенны, за счет чего и формируется направленное излучение. Вследствие существенных потерь в однопроводной линии на излучение, формируется режим бегущей волны в проводнике, что и обеспечивает широкий рабочий диапазон частот.

Для упрощения моделирования здесь и далее будут приведены антенны, состоящие из восьми витков, однако спиральные антенны хорошо масштабируются.

К недостаткам цилиндрической спиральной антенны можно отнести довольно большие габариты отражателя, не очень удобный входной импеданс, не совсем чистую диаграмму направленности во всем рабочем диапазоне (на рисунке 2 показан оптимизированный вариант, обычно диаграммы хуже), а так же круговую поляризацию. Дело в том, что помимо потерь в 3 дБ, в случае применения корреспондентом антенны с линейной поляризацией, при отражении от чего-либо направление круговой поляризации радиоволны меняется на обратное, и в таком случае для приема отраженного сигнала нужна антенна с противоположным направлением намотки спирали.

Однако, если включить в фазе две спиральных антенны с разными направлениями намотки, то возможно получить линейную поляризацию, плоскость которой перпендикулярна плоскости расположения спиралей [1]. Чаще всего спиральные антенны применяют в качестве облучателей для параболических антенн в случае необходимости получения круговой поляризации. Иногда такие антенны используются при работе через спутники [2], либо в фиксированных условиях при заранее известных корреспондентах (например, для передачи данных между WiFi роутерами [3]).

В ходе исследований выяснилось, что при отсутствии необходимости в сверхширокополосном диапазоне рабочих частот, можно установить режим бегущей волны в спирали и обеспечить однонаправленное излучение без использования неудобного отражателя больших габаритов, достаточно замкнуть первый виток спирали, а точку подключения фидера расположить между замкнутым витком и остальной частью спирали.

Однонаправленное излучение в этом случае легко получить при помощи обыкновенного рамочного рефлектора, габариты которого окажутся меньше диаметра спирали. Предложенная антенна показана на рисунке 3, а ее диаграмма направленности на рисунке 4.

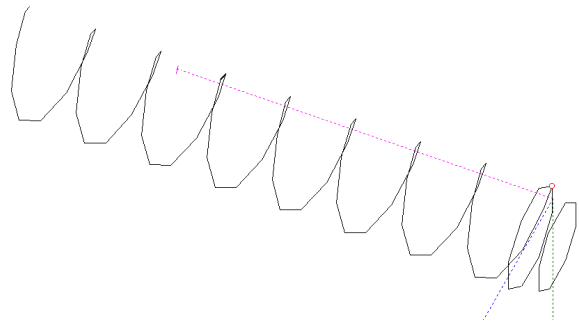


Рис. 3

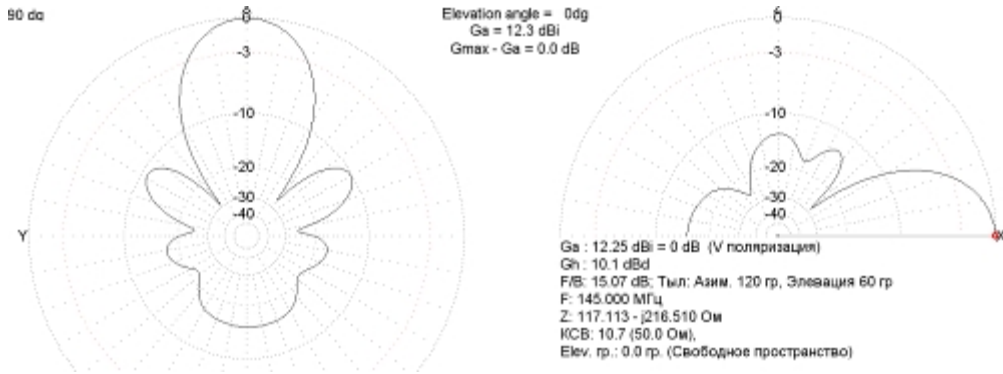


Рис. 4.

Если же нам необходима антенна с линейной поляризацией, то расположив две разнонаправленные спирали вплотную, можно включить фидер между концами спиралей (повернув при этом спиральные проводники по оси антенн так, чтобы концы спиралей совпали) Такая антенна показана на рисунке 5, а ее диаграмма направленности на рисунке 6.

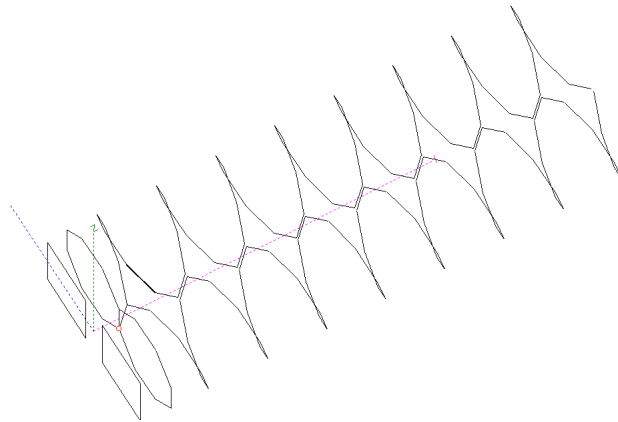


Рис. 5

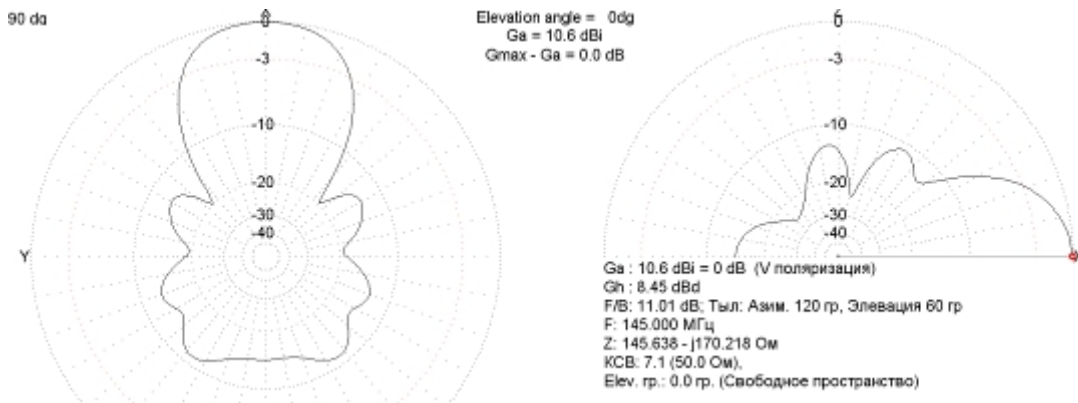


Рис. 6.

Можно пойти еще дальше, совместив оси этих антенн, тогда уменьшатся габариты конструкции, и потребуются всего один рефлектор. Подобная антенна показана на рис. 7, диаграмма направленности на рис. 8.

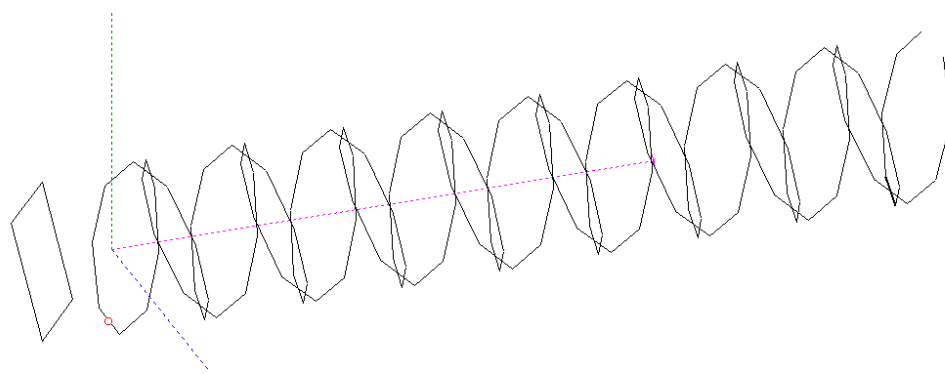


Рис. 7.

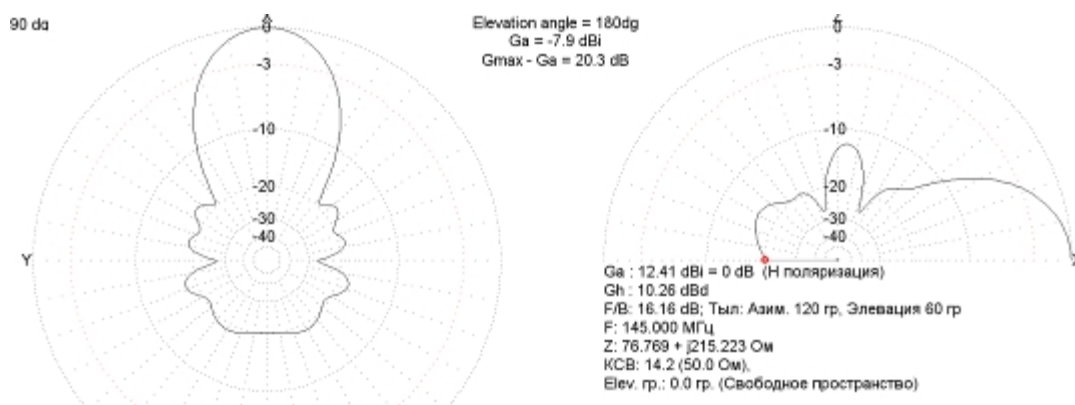


Рис. 8.

Более того, для защиты от статического напряжения можно у этой конструкции замкнуть и противоположные концы спиралей, при этом появляется удобная возможность изменения точки подключения фидера от точки симметрии до четверти диаметра практически без ухудшения параметров диаграммы направленности. Такая антенна показана на рисунке 9, а ее диаграмма на рис. 10.

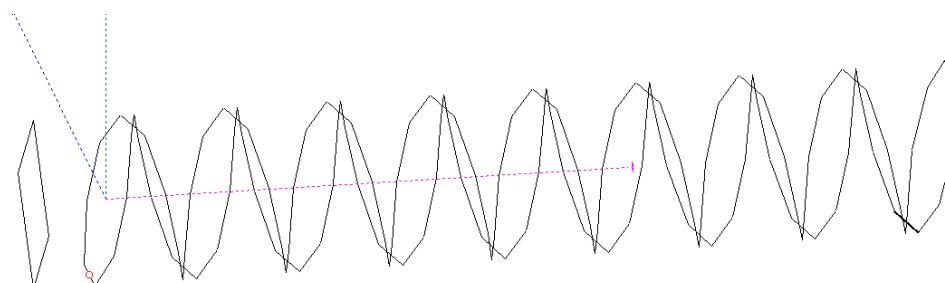


Рис. 9

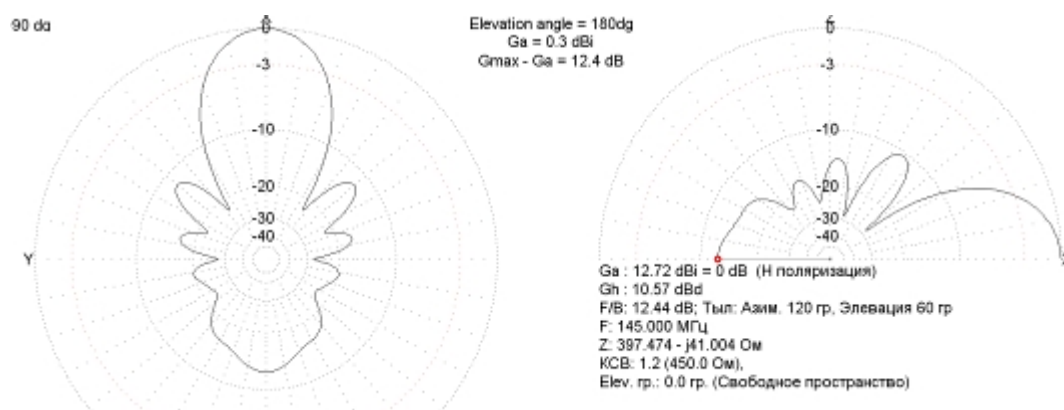


Рис. 10.

Описанные антенны узкополоснее по сравнению с классическими, однако, полоса остается достаточной не только для перекрытия любительских диапазонов, но и

для компенсации влияния атмосферных явлений (ливневые дожди и обледенение).

Расширить полосу частот подобных антенн можно применением нескольких вложенных друг в друга рамочных рефлекторов, рассчитанных на разные частоты. Как видим, по ДН и Г спиральные антенны вполне сравнимы с антеннами Уда-Яги. Конечно, на них уйдет несколько больше материала, конструкция объемнее. Однако это с лихвой компенсируется более широким рабочим диапазоном частот как по КСВ, так и по ДН, простотой изготовления, легкостью разборки и перевозки, ведь снятая с траверсы спираль легко и обратимо складывается в бухту. Кроме того, ток в антенне распределен равномернее, да и волновое сопротивление антенны выше, поэтому потери в антенне будут меньше.

Обратите внимание, что в антеннах, показанных на рис. 7 и 9 электрического контакта между заходами спирали в точках их пересечения нет. Так же надо отметить, что описанные модели – лишь образцы, демонстрирующие сам принцип построения относительно компактных спиральных антенн с неплохим коэффициентом усиления и достаточно чистой диаграммой направленности. Их желательно тщательнее оптимизировать с целью подгонки входного импеданса к легко сводимому к 50 Ом, вполне возможно еще немного «выжать» коэффициент усиления и подчистить диаграмму.

Антенна, показанная на рисунке 9, была смонтирована в диапазоне 432 МГц. Траверсой служила деревянная рейка с отверстиями для заходов спирали. Провод – центральная жила отслужившего свое «китайского» 75-омного кабеля SAT-703, это достаточно жесткий медно-стальной биметалл наружным диаметром 1,05 мм. Для согласования использована четвертьволновая трансформирующая линия с волновым сопротивлением 150 Ом. Два куска этого же кабеля длиной 140 мм были сложены параллельно, оплетки спаяны между собой в начале и конце, с одной стороны центральные жилы кабеля подключены к антенне, с другой – к фидеру, на который было надето ферритовое кольцо марки M1500HM (его магнитная проницаемость и размеры не критичны). КСВ измерялся непосредственно на выходе трансформирующей линии при помощи ВЧ моста, описанного в [4]. Генератором служила радиостанция Baofeng UV-3R. Стоит отметить, что даже небольшой отрезок фидера сильно «улучшает» КСВ за счет потерь. Тем более не стоит доверять встроенным КСВ метрам УКВ трансиверов.

Снятый график КСВ от частоты в целом совпал с таковым у модели, но был несколько сдвинут ниже по частоте (примерно на 2-3 МГц, антенна широкополосная, поэтому точнее не сказать). КСВ в пределах любительского диапазона остался более чем приемлемым.

Литература:

1. Юрцев О.А и др. Спиральные антенны. — М.: Советское радио, 1974.
2. <http://ew8au.narod.ru/a10.html>
3. <http://www.lan23.ru/wifi/helix.html>
4. http://www.vhfdx.ru/apparatura/ua3dig_bridge

Искусство работы QRP

Pat Hawker, G3VA

Хоть сам и не являюсь поклонником работы на малой мощности, но признаю и поддерживаю “хобби” тех, кто проводит массу времени, пытаясь проводить связи на мощностях от пяти ватт и до нескольких милливатт. Эти люди не только стараются поддерживать традиции, но и пытаются добиться высокой эффективности работы аппаратуры с простыми проволочными антеннами. Такая тенденция наметилась в предвоенные годы, когда любителям были разрешены мощности, не превышающие 10 Вт (подводимых к оконечному каскаду, т. е., по постоянному току).

David (Doc) Wescombe-Down, VK4CMY/VK5HP за прошедшие 20 лет провёл более 10 000 связей (в основном CW в диапазоне 14 МГц) на самодельных передатчиках, из наборов, или промышленной сборки, с подводимой мощностью, не превышающей 5 Вт. В журнале “Amateur Radio” за январь 1995 г стр. 10...11 он подчёркивает, что каждый раз, когда Вы уменьшаете мощность передатчика в 4 раза (6 дБ), то проигрываете на приёмной стороне только 1 балл шкалы S-метра. Например, если Ваш сигнал с мощностью 256 Вт заставляет отклоняться стрелку S-метра на 8 делений, то, имея в виду общепринятую градуировку S-метров 6дБ/деление, будем иметь при 4 Вт – S5 и при 250 мВт – S3.

Будьте внимательны в выборе диапазона, условий прохождения радиоволн и, конечно, определённого минимума достаточной мощности и эффективности радиооборудования для надёжного проведения радиосвязей. С мощностью в 250 мВт и эффективной антенной уже можно проводить связи достаточно уверенно, в 4 Вт, и с менее эффективной антенной, QRP станции будут уже “грохотать” как QRO, в зависимости от прохождения. VK4CMY подчёркивает, что антенна является определяющим фактором при работе на QRP. Он советует использовать антенны только на их резонансных частотах, конструктивно подстраивая их (антенны) при смене рабочей частоты. “Довольно близко к частоте резонанса” – не означает “рядом”. Хорошей практикой здесь является использование проводящей пасты во всех контактах телескопических соединений элементов излучателей. Излучающие элементы должны быть обязательно резонансными (иметь резонансную длину без удлинений и укорочений с помощью элементов с сосредоточенными параметрами: катушек и конденсаторов – UA9LAQ).

Открытая симметричная фидерная линия из ТВ ленточного кабеля 300 Ом и “лестничная” открытая линия с воздушным диэлектриком 600 Ом имеют преимущества при QRP по сравнению с коаксиальным фидером (это также относится и к 450-омной фидерной линии с воздушным диэлектриком - G3VA); рядом с антенной, на расстоянии, по крайней мере, в полволны для рабочей частоты не должно быть никаких строений, сооружений и массивных предметов; антенна должна быть подвешена (поднята) на максимально возможную высоту (чем выше, тем лучше); все точки соединения проводов полотна антенны, фидера и противовесов должны быть тщательно пропаяны.

Избегайте поддерживающих мачт из проводящих материалов для “Inverted Vee” и других проволочных антенн, таковые поглощают энергию из антенны и портят её диаграмму направленности. Если есть возможность, то для согласования антенн используйте согласующие устройства (антенные тюнеры) с малыми потерями.

Для серьёзной QRP-работы VK4CMY и большинство других энтузиастов рекомендуют иметь передатчики с плавным диапазоном. Кварцованные

передатчики, хоть и обеспечивают простоту их конструкции, не позволяют оперативно вызывать желаемые станции, ограничивают работу, в основном, “общим вызовом” (на CQ), кроме, разве что, общепринятых QRP-частот. Хоть простой QRP-трансивер и “хорошая игрушка”, использование с ним отдельного высокочувствительного приёмника, порой, имеет преимущество.

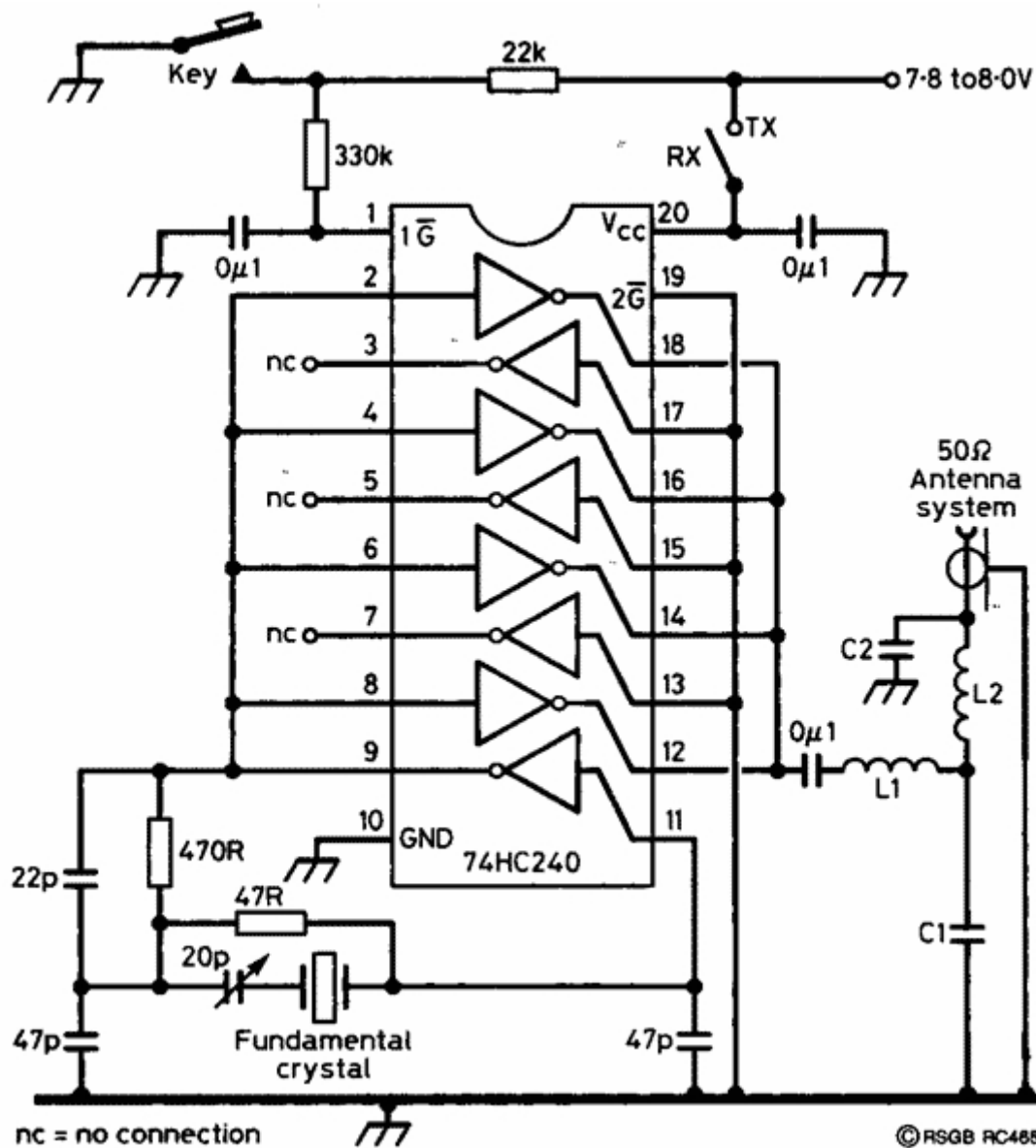


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментального CW передатчика мощностью 0,5 Вт, описанного в QST Lew Smith’ом, N7KSB и собранного на высокоскоростном наборе (8 шт.) КМОП буферных элементов в едином корпусе ИМС 74НС240. Один элемент работает в задающем кварцевом генераторе, четыре в оконечном усилителе мощности, три элемента не используются. Передатчик может выдать мощность до 0,51 Вт на 14 и 21 МГц и 0,47 Вт - на 28 МГц. NC – без соединения. Кварцевый резонатор используется на основной частоте (не на гармонике). Напряжение питания - от 7,8 до 8,0 В.

Работайте телеграфом медленнее, чем обычно, а на SSB чётко произносите слова, используя стандартный фонетический алфавит, помогайте всеми возможными и доступными Вам средствами принять информацию от Вас корреспонденту. Дайте корреспонденту понять, что у Вас QRP-станция, это

вызовет повышенное внимание к Вам, но не злоупотребляйте этим, если мощность Вашего передатчика 15...20 Вт или больше.

Опубликовано множество схем простых маломощных передатчиков, но я “положил глаз” на экспериментальный передатчик мощностью 0,5 Вт, опубликованный в QST за ноябрь 1994 года стр. 84, с помощью которого Lew Smith, N7KSB работал со всеми континентами и 30 странами, используя простую антенну GP, установленную на крыше. Передатчик может работать на диапазонах 14, 21 и 28 МГц (а, при наличии кварцевых резонаторов и на 18 и 24 МГц). Выходная РЧ мощность передатчика на диапазонах 14 и 21 МГц составляет 0,5 Вт и немного уменьшается (до 0,47 Вт) на 28 МГц. Этот передатчик выполнен на основе комплекта из восьми буферных усилителей в одном корпусе – микросхеме 74HC240. На одном из восьми элементов микросхемы собран кварцевый задающий генератор, на четырёх других, соединённых параллельно, выполнен усилитель мощности, остальные три не используются (рис. 1).

N7KSB также отмечает, что микросхема 74HC240 может быть использована (например, в схеме передатчика по рис. 1) для раскачки усилителя на мощном полевом транзисторе серии IRF, с которого можно уже “снять” до 15 ватт РЧ мощности. Выходные каскады в усилителях 74HC - выполнены на транзисторах разных структур – это даёт возможность получения малого уровня чётных гармоник, что, в свою очередь, упрощает выходной фильтр передатчика (см. Табл. 1). Среди примечаний к тексту, приведённых N7KSB есть и такие: так как 74HC240 рассеивает мощность 0,5 Вт на 14 МГц и 0,9 Вт на 28 МГц, то требуется её (микросхемы) принудительное охлаждение. Можно, например, приклеить микросхему к металлическому шасси и произвести монтаж усилителя методом “дохлого жука” (насколько я понял, этот метод монтажа заключается в приклеивании микросхемы “вверх тормашками” к шасси (радиатор) и использовании выводов микросхемы в качестве лепестков, полученной таким образом “монтажной колодки” – UA9LAQ). Катушка L1 обладает малой индуктивностью и поэтому чувствительна к длине выводов, так что, если Вы используете сменные катушки фильтров (Lew Smith использовал для этой цели штырьки и гнезда от аудио соединителей), то Вам, возможно, потребуется убрать один-два витка с катушек, чтобы компенсировать индуктивность соединителей.

В Табл. 1 приведены предлагаемые значения номиналов компонентов выходных фильтров. Имейте в виду, что логические элементы имеют буферированные входы и выходы. Повышенное усиление элементов обнаруживает склонность к возникновению щелчков при манипуляции. Фильтр против щелчков в цепи манипуляции имеет необычно большую постоянную времени (33 мс).

Таблица 1.

| Диапазон, МГц | 28 | 21 | 14 |
|---------------|----------|-----------|-----------|
| C1,пФ | 330 | 470 | 680 |
| C2,пФ | 100 | 150 | 220 |
| L1 | 3 витка | 4 витка | 5,5 витка |
| L2 | 7 витков | 10 витков | 12 витков |

Примечание: C1 и C2 - слюдяные или керамические. L1 и L2 - бескаркасные, намотаны проводом #14 на оправке диаметром 3/8 дюйма, длина намотки катушки L1 для всех диапазонов 5/8 дюйма, катушки L2 для 28 МГц – 5/8 дюйма, для остальных диапазонов – 1 дюйм (1 дюйм = 25,4 мм).

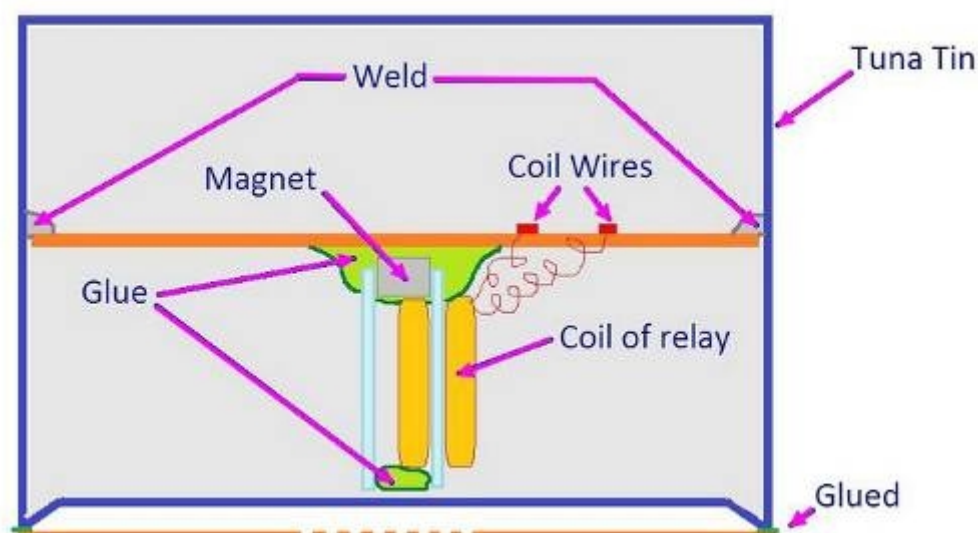
Radio Communication, March 1995, p.61. Пер. с англ. Виктор Беседин UA9LAQ

Высокоомные наушники из консервных баночек

Daniel Savel F5ITU

Высокоомные – это единственный вид наушников, пригодных для простейших приемников с минимальным числом деталей, детекторных и любых других, не имеющих УНЧ. Я подумал, что было бы интересно сделать самому наушники такого типа, может быть, в память о своей юности, когда я очень хотел раздобыть их, чтобы построить детекторный приемник.

Я уже пытался сделать такие, но главная трудность – намотка катушек, требующих очень много витков тонкого провода. У меня не получилось. Но 50 лет назад я нашел выход! Идея была в том, чтобы использовать катушки от реле в качестве электромагнита и доньшко консервной баночки в качестве мембраны. Немного клея помогло мне скомпоновать эти элементы.

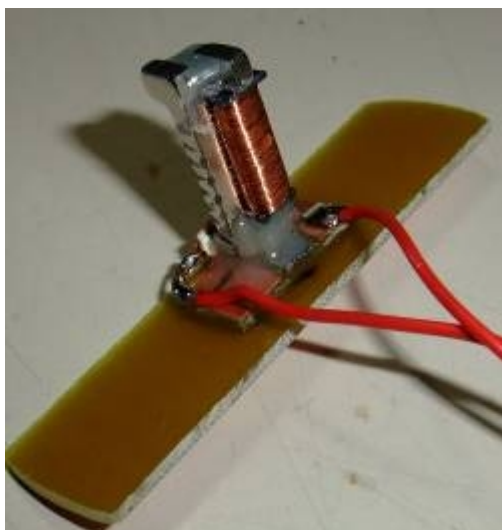


Подожли катушки от 24-вольтовых реле, которые я нашел в мусорной корзине. Прежде они использовались в автоматике дверного замка, работавшего от управляющей карточки. Измеренное сопротивление катушки оказалось 2900 Ом, как раз то значение, как мне хотелось. Я извлек катушки из реле со всеми мерами предосторожности, чтобы не повредить тонкий, как волосок, провод.

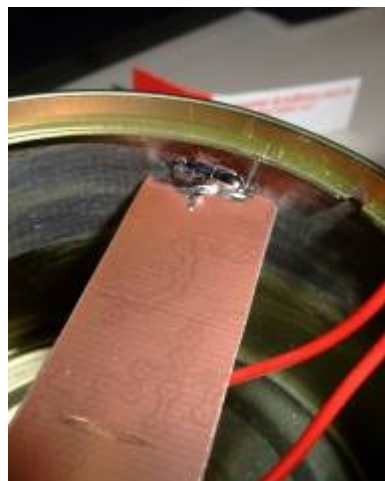
Из других реле я извлек пару сердечников, потому что имеющиеся не подходили по форме. Можно использовать и любые другие железные стерженьки, подходящие к катушкам. Из лазерного картриджа отслужившего свое CD-привода я добыл маленький магнит (около 5 x 5 x 2 мм). Этот магнит, приклеенный между двумя стерженьками, нужен для того, чтобы обеспечить поляризацию системы.

Чтобы закончить дело, я попросил свою Дульцинею сходить в магазин и принести к ленту рыбных консервов. Доньшко использованной баночки превратилось в мембрану наушника, а его катушка и магнит должны быть установлены около мембраны. Лучше использовать термоклей, чтобы поставить все части на место. Предварительно катушка с магнитом приклеивается на пластинку из

фольгированного стеклопластика. Лучше показать картинки, чем разводить тут бла-бла, поэтому смотрите фото.



Перед вклеиванием собранного блока с катушкой внутрь банки я проложил кусочек тонкого картона между доньшком-мембраной и катушкой, чтобы обеспечить небольшой зазор между ними. После склейки картонку удаляют. Зазор оказывается в точности равным толщине картонки. По счастью, баночка имела небольшой выступ по внешнему краю доньшка. Я использовал его, чтобы приклеить крышку с отверстиями в середине, чтобы ухо не прижималось к мембране и не глушило звук.



Испытание: вывод от моей center-feed антенны присоединил к одному проводу телефонов, вывод от батареи отопления – к другому, диод AA119 между ними, и я громко услышал радиостанцию, находящуюся в 20 км от моего дома!

Сравнительное испытание с немецкими наушниками Hagenuk 2x2000 Ом не показало заметной разницы. Я надеюсь, что эта идея поможет 15-летним ребяташкам, страдающим иметь высокоомные телефоны для своего детекторного приемника... #

ЮМОР



Мы с котом не боимся психотронной атаки!



<http://setiathome.berkeley.edu>

А вот это работает получше, чем шапочка из фольги!

CQ-QRP # 37