

Рисунок 1

Литература

1. ГОСТ 28249-93. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ. – Минск: Издательство стандартов, 1994.
2. ГОСТ 30323-95. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета электродинамического и термического действия токов короткого замыкания. – Минск: Издательство стандартов, 1993.

УДК 530

О ПРИРОДЕ ШАРОВОЙ МОЛНИИ

Пашкович Н.П., Потачиц Я.В.

Научный руководитель – КОЛЕСНИКОВА М.Т.

Природа шаровой молнии пока остается неразгаданной. Это надо объяснить тем, что шаровая молния – редкое явление, а поскольку до сих пор нет указаний на то, что явление шаровой молнии удалось убедительно воспроизвести в лабораторных условиях, она не поддается систематическому изучению.

Нам думается, что ранее высказанные гипотезы о природе шаровой молнии неприемлемы, так как они противоречат закону сохранения энергии. Это происходит потому, что свечение шаровой молнии обычно относят за счет энергии, выделяемой при каком-либо молекулярном или химическом превращении, и, таким образом, предполагают, что источник энергии, за счет которого светится шаровая молния, находится в ней самой. Это встречает следующее принципиальное затруднение.

Из основных представлений современной физики следует, что потенциальная энергия молекул газа в любом химическом или активном состоянии меньше той, кото-

рую нужно затратить на диссоциацию и ионизацию молекул. Это дает возможность количественно установить верхний предел энергии, которая может быть запасена в газовом шаре, заполненном воздухом и размерами с шаровую молнию.

С другой стороны, можно количественно оценить интенсивность излучения с ее поверхности. Такого рода прикидочные вычисления показывают, что верхний предел времени высвечивания получается много меньше действительно наблюдаемого у шаровых молний. Этот вывод теперь также подтверждается опытным путем из опубликованных данных о времени высвечивания облака после ядерного взрыва. Такое облако сразу после взрыва, несомненно, является полностью ионизованной массой газа, и поэтому его можно рассматривать как заключающее в себе предельный запас потенциальной энергии. Полностью облако ядерного взрыва при диаметре d , равном 150 м, высвечивается за время, меньшее, чем 10 с, так что шар диаметром в 10 см высветится за время, меньшее, чем 0,01 с.

Таким образом, если в природе не существует источников энергии, еще нам не известных, то на основании закона сохранения энергии приходится принять, что во время свечения шаровой молнии непрерывно подводится энергия, и мы вынуждены искать этот источник энергии вне объема шаровой молнии. Поскольку шаровая молния обычно наблюдается «висящей», в воздухе, непосредственно не соприкасаясь с проводником, то наиболее естественный и, по-видимому, единственный способ подвода энергии – это поглощение ею проходящих извне интенсивных радиоволн.

Примем такое предположение за рабочую гипотезу и посмотрим, как согласуются с ней наиболее характерные из описанных явлений, сопровождающих шаровую молнию.

Если сравнить поведение шаровой молнии со светящимся облаком, оставшимся после ядерного взрыва, то бросается в глаза следующая существенная разница. После своего возникновения облако ядерного взрыва непрерывно растет и бесшумно тухнет. Шаровая молния в продолжение всего времени свечения остается постоянных размеров и часто пропадает со взрывом. Облако ядерного взрыва, будучи наполнено горячими газами с малой плотностью, всплывает в воздух и поэтому движется только вверх. Шаровая молния иногда стоит неподвижно, иногда движется, но это движение не имеет предпочтительного направления по отношению к земле и не определяется направлением ветра.

Известно, что эффективное поглощение электромагнитных колебаний ионизованным газовым облаком – плазмой – может происходить только при резонансе, когда собственный период электромагнитных колебаний плазмы совпадает с периодом поглощаемого излучения. При тех интенсивностях ионизации, которые ответственны за яркое свечение шара молнии, резонансные условия всецело определяются его наружными размерами.

Если считать, что поглощаемая частота соответствует собственным колебаниям сферы, то нужно, чтобы длина X поглощаемой волны была приблизительно равна четырем диаметрам шаровой молнии (точнее, $\lambda = 3,65d$).

При возникновении шаровой молнии механизм поглощения можно себе представить так: сперва имеется небольшой объем плазмы (рисунок 1), но если ионизация его будет слаба, то всё же резонанс с волной длины $\lambda = 3,65d$ будет возможен и произойдет эффективное поглощение радиоволн. Благодаря этому ионизация будет расти, а с ней и начальный объем сферы, пока она не достигнет диаметра – d .

Действительно, предположим, что интенсивность поглощаемых колебаний увеличивается; тогда температура ионизованного газа несколько повысится и сфера раздуется, но такое увеличение выведет ее из резонанса и поглощение электромагнитных колебаний уменьшится, сфера остынет и вернется к размерам, близким к резонансным.

Таким образом, можно объяснить, почему наблюдаемый диаметр шаровой молнии в процессе свечения остается постоянным.

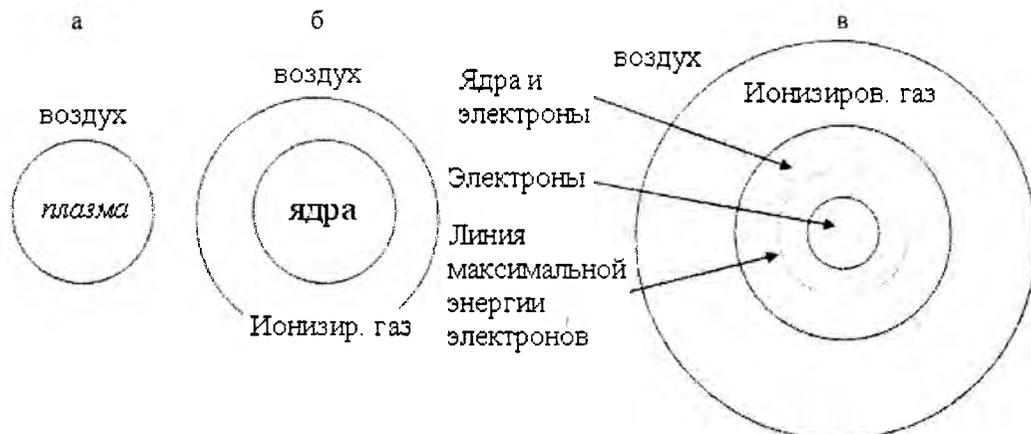


Рисунок 1. Этапы формирования шаровой молнии

Размеры наблюдаемых шаровых молний лежат в интервале от 1 до 27 см. Согласно гипотезе, эти величины, помноженные на четыре, дадут тот диапазон волн, который ответствен в природе за создание шаровых молний. Наиболее часто наблюдаемым диаметром шаровых молний от 10 до 20 см соответствуют длины волн от 35 до 70 см.

Местами, наиболее благоприятными для образования шаровых молний, очевидно, будут области, где радиоволны достигают наибольшей интенсивности. Такие места будут соответствовать пучностям напряжения, которые получаются при разнообразных возможных интерференционных явлениях. Благодаря повышенному напряжению электрического поля в пучностях, их положение будет фиксировать возможные места шаровой молнии. Такой механизм приводит к тому, что шаровая молния будет передвигаться с передвижением пучности, независимо от направления ветра или конвекционных потоков воздуха.

Как возможный пример такого фиксирования положения шаровой молнии рассмотрим случай, когда радиоволны падают на проводящую поверхность земли и отражаются. Тогда благодаря интерференции образуются стоячие волны в пучностях, которых напряжение электрического поля удваивается по сравнению с падающей волной. Вблизи этих поверхностей благодаря повышенному напряжению будут благоприятные условия как для создания начального пробоя, так и для дальнейшего развития и поддержания ионизации в облаке, образующем шаровую молнию.

Наша гипотеза также может объяснить, почему иногда шаровая молния пропадает со взрывом, который не причиняет разрушений. Когда подвод мощности внезапно прекращается, то при малых размерах остывание шара произойдет так быстро, что образуется сфера разреженного воздуха, при быстром заполнении которой возникает ударная волна небольшой силы. Когда же энергия медленно высвечивается, гашение будет процессом спокойным и бесшумным.

Выдвинутая нами гипотеза может дать удовлетворительное объяснение, пожалуй, наиболее непонятному из свойств шаровой молнии – ее проникновению в помещение через окна, щели и чаще через печные трубы.

Нашей гипотезой все эти явления объясняются тем, что проникновение в замкнутые помещения шаровых молний происходит благодаря тому, что они следуют по пути коротковолновых электромагнитных колебаний, распространяющихся либо через отверстия, либо по печным трубам или проводам как по волноводам. Обычно размер печной трубы как раз соответствует тому критическому сечению волновода, в котором мо-

гут свободно распространяться волны длиной до 30–40 см, что и находится в соответствии с наблюдаемыми размерами шаровых молний, проникающих в помещение.

Таким образом, гипотеза о происхождении шаровой молнии за счет коротковолновых электромагнитных колебаний может объяснить не только ряд других известных и непонятных явлений, связанных с шаровой молнией, как-то: ее фиксированные размеры, малоподвижное положение, существование цепочек, взрывная волна при исчезновении, – но также ее проникновение в помещение.

Хотя выдвинутая гипотеза успешно разрешает ряд основных трудностей понимания процесса шаровой молнии, все же следует указать, что этим еще вопрос до конца не решается, так как нужно еще показать существование в природе электромагнитных колебаний, питающих шаровую молнию.

Пока еще не было направлено внимание на обнаружение во время грозы этих волн, нам думается, можно предположить следующее. Поскольку шаровая молния – редкое явление, то естественно считать, что возникновение соответствующих радиоволн тоже редко происходит, кроме того, еще реже можно ожидать, чтобы они попадали на приемные аппараты в той коротковолновой области радиоволн от 35 до 70 см, которая пока еще сравнительно мало используется. Поэтому как следующий шаг проверки выдвинутых предположений следует выработать соответствующий экспериментальный метод наблюдения, попытаться обнаружить во время грозы радиоизлучения в указанном коротковолновом диапазоне волн.

Что касается источника этих радиоволн, то, по-видимому, есть факт в наблюдениях над шаровой молнией, который может помочь пролить свет на механизм её возникновения. В литературе часто описываются случаи, когда шаровой молнии непосредственно предшествует обычная.

Нам думается, что если бы учёные смогли разработать метод нахождения данного диапазона длин волн после линейного грозового разряда, то это являлось бы ещё одним доказательством изложенной нами гипотезы.

На простейшем примере рассмотрим перспективы, которые откроет нам убедительное воспроизведение шаровой молнии в лабораторных условиях.

Известно, что посредством ионизации в газовом шаре будут находиться как положительно, так и отрицательно заряженные частицы.

При пропускании плазмы через магнитное поле, на заряды, находящиеся в ней, будет действовать сила Лоренца. Применяя «правило левой руки» не сложно заметить, что заряды будут отклоняться к разным клеммам, образуя разность потенциалов, которую без труда можно снимать для дальнейших нужд.

Данный пример является ни чем иным, как простейшим магнитно гидродинамическим (МГД) генератором (рисунок 2), преимуществом которого является непосредственное преобразование энергии (отсутствует необходимость наличия турбины).

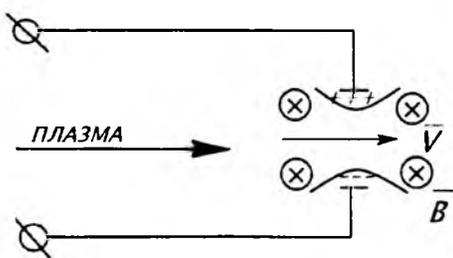


Рисунок 2. МГД генератор

Рассмотренная нами гипотеза является одной из тысяч гипотез о природе шаровой молнии. И рассматривать её как абсолютно верную или неверную, конечно же, не сто-

ит. Но на сегодняшний день можно сказать одно, что шаровая молния является вполне определённым физическим объектом, дальнейшее, более детальное изучение которого, несомненно, должно привести к новому научно-техническому прогрессу.

Литература

1. Капица, П.Л. Эксперимент, теория, практика. – М.: Наука, 1977.
2. Стекольников, И.С. Физика молнии и грозозащита. – М.: Изд-во АН СССР, 1943.
3. Бенндорф, Г. Атмосферное электричество. – М.: ГИТТЛ, 1934.

УДК 621.311:618.5

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ФИЛЬТРОВ С КОНЕЧНОЙ ИМПУЛЬСНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ В СИСТЕМЕ VISSIM

Уласик О.Ф., Недабой М.А.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент РУМЯНЦЕВ В.Ю.

Цифровой фильтр – это дискретно-временная система, выходной сигнал которой является модифицированной версией входного сигнала. Фильтры являются основой для большинства приложений обработки сигналов. Типичное назначение – это извлечение или вырезка области спектра входного сигнала или определенной частоты. Используемые для кондиционирования сигналов фильтры нередко называются частотно-селективными, поскольку обычно разрабатываются на основе требований к частотной характеристике.

Исследуемые цифровые фильтры предназначены для обработки сигналов, представленных в виде временных рядов. Наиболее простыми для анализа и реализации являются широко применяемые на практике цифровые фильтры с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтры), имеющие следующий вид уравнения фильтрации:

$$y(k) = \sum_{i=0}^m b_i x(k-i),$$

где $y(k)$ – выходной сигнал после фильтрации;

k – номер выборки;

m – количество коэффициентов фильтра, уменьшенное не единицу;

b – коэффициенты фильтра;

$x(k-i)$ – входной сигнал.

Цифровой фильтр реализован в виде типовой цифровой системы, показанной на рисунке 1. В диаграмме принято несколько неявных допущений. Во-первых, чтобы точно обработать сигнал, принимается, что тракт АЦП/ЦАП обладает достаточными значениями частоты дискретизации, разрешающей способности и динамического диапазона. Во-вторых, для того, чтобы закончить все свои вычисления в пределах интервала дискретизации $\frac{1}{f_s}$, устройство цифровой обработки сигнала (ЦОС) должно иметь достаточное быстродействие.

Для синтеза КИХ-фильтров VisSim использует алгоритм множественного обмена Ремеза (Remez Multiple Exchange algorithm). Для удобства, проектирование КИХ-фильтра обычно выполняют на основе задания его свойств в домене частот.

КИХ-фильтры имеют полюсы (корни знаменателя) равные нулю и характеризуются конечной импульсной характеристикой. КИХ-фильтры могут иметь более разно-