**Малогабаритный взрывной генератор СВЧ импульсов для метеорологического применения**

Прищепенко А.Б., Третьяков Д.В.

Высокогорный геофизический институт

**Введение.**

В статье рассматриваются взрывные генераторы, преобразующие механическую энергию ударной волны, распространяющейся в рабочем теле, в электромагнитную энергию. Основным элементом таких генераторов является рабочее тело, выполненное из ферромагнитного или из сегнетоэлектрического материала. Ударная волна в рабочем теле формируется специальным зарядом взрывчатого вещества. Достоинствами рассматриваемых устройств являются компактность и полная автономность от внешних источников энергии. В зависимость от соотношения конструктивных параметров, генерируемая при срабатывании электромагнитная энергия может быть использована для питания других потребителей или излучена в окружающее пространство в весьма широком диапазоне радиоволн. Компактные и простые, эти устройства могут быть использованы в различных областях, в том числе, для активного воздействия на атмосферные процессы.

**Физические поцессы, протекающие при функционировании генератора.**

Общим результатом движения ударной волны по рабочему телу является изменение остаточной поляризации сегнетоэлектрического материала рабочего тела или остаточной намагниченности ферромагнитного рабочего тела. При этом наблюдается существенное отличие в работе генераторов в зависимости от направления движения ударной волны относительно вектора остаточной поляризации или остаточной намагниченности в рабочем теле. Различаются модели, описывающие случаи движения фронта ударной волны в направлениях коллинеарном (аксиальное нагружение) и перпендикулярном (радиальное нагружение) направлению остаточной поляризации или намагниченности рабочего тела. В реальной конструкции взрывного генератора направления движения фронта ударной волны и остаточной поляризации или намагниченности могут составлять углы не кратные 90¦ . Однако в подавляющем большинстве реальных случаев рациональные параметры генератора могут быть выбраны на основе одной из двух вышеназванных моделей. Особое значение направление фронта ударной волны имеет в случае сегнетоэлектрического рабочего тела, так как в этом случае оно сказывается не только на процессах деполяризации, но и на процессах развития электрического пробоя в рабочем теле.

Предполагается, что ударная волна имеет достаточно большую интенсивность и доминирующими процессами при конверсии механической энергии ударной волны в электромагнитную энергию являются соответственно процессы перехода ферромагнитного состояния в парамагнитное и сегнетоэлектрического в параэлектрическое.

Конструкция ферромагнитного рабочего тела представляет собой соленоид с сердечником из ферромагнитного материала.

Ферромагнитное рабочее тело на принципиальной электрической схеме генератора может быть представлено в виде последовательно соединенных источника напряжения и индуктивности (рис. 1). Для оценочных расчетов величина этой индуктивности также может быть принята равной ее начальному значению. Электродвижущая сила источника напряжения может быть найдена из зависимости:

при (1)

и при или.

где - общее количество витков соленоида, - остаточная индуктивность ферромагнитного материала рабочего тела, - скорость ударной волны в ферромагнитном рабочем теле, а - площадь поперечного сечения рабочего тела. Принято, что длина рабочего тела примерно равна длине соленоида.

при (2)

при и

где - площадь контактных поверхностей сегнетоэлектрического рабочего тела, - количество сегнетоэлектрических пластин в рабочем теле, - скорость ударной волны в сегнетоэлектрическом рабочем теле, - скачок поляризации на фронте ударной волны.

При отсутствии значений скачка поляризации на фронте ударной волны, скорости движения фронта ударной волны они приближенно могут быть заменены на , соответственно, остаточную поляризацию и скорость звука в материале рабочего тела.

Расстояние представляет собой путь ударной волны по сегнетоэлектрическому рабочему телу. Путь ударной волны по пакету рабочих тел, в случае аксиального нагружения:, где - расстояние между контактными поверхностями сегнетоэлектрических пластин. В случае продольного нагружения расстояние равно длине рабочего тела, в направлении движения ударной волны.

Зависимость (2) может быть применена как в случае параллельного направления поляризации относительно направления движения фронта ударной волны, так и в случае перпендикулярного направления.

**Конструкция генератора.**

Рассматриваемый генератор является полностью автономным устройством. Для его срабатывания достаточно только детонационного импульса.

Масса заряда взрывчатого вещества в зависимости от конструкции генератора колеблется в пределах от 3 до 25 грамм. Генератор может монтироваться в цилиндрический корпус, выполненный из радиопрозрачного материала, например, полиамида. Внешний диаметр корпуса v 25-40 миллиметров. Масса укомплектованного генератора вместе с корпусом составит от 80 до 200 грамм.

Для снижения габаритов и массы генератора может быть применена конструкция, включающая в себя одновременно рабочие тела двух типов, сегнетоэлектрическое и ферромагнитное. Помимо своей основной функции преобразования энергии эти рабочие тела в процессе функционирования генератора выступают в роли емкостного и индуктивного элементов его колебательного контура. Такая конструкция генератора позволяет более чем на 30% сократить его массу по сравнению с ферромагнитным или пьезоэлектрическим генераторами при сохранении величины излучаемой в окружающее пространство энергии. Сокращение массы конструкции генератора является весьма актуальным для многих областей его применения.

Одной из возможных областей применения рассматриваемых генераторов является активное воздействие на электрический потенциал атмосферных облаков. Для получения большего эффекта несколько сотен таких генераторов могут быть смонтированы в специальном контейнере, который доставляется в облако, например, метеорологической ракетой. Внутри облака контейнер распаковывается и генераторы равномерно разбрасываются по объему облака, а затем срабатывают. Грозовое облакосостоит из двух противоположно заряженных слоев. Основная часть электрических разрядов (молний) происходит между этими слоями. Только 10% разрядов приходятся на земную поверхность. Воздействие на облако СВЧ излучения провоцирует разряды внутри облака и выравнивает его электрический потенциал.

**Радиочастотное электромагнитное излучение.**

Спектральная плотность электромагнитной энергии, излучаемой в окружающее пространство, может быть оценена по приводимым ниже эмпирическим зависимостям. Вводим обозначение величин зависящих от целочисленных индексов и:

и

,

где и - постоянная Планка и число Авогадро;.

и, и - соответственно, плотность и масса моля вещества сегнетоэлектрического и ферромагнитного рабочего тела.

- наибольшее значение тока в электрической цепи генератора в период времени;

- наибольшее значение напряжения на сегнетоэлектрическом рабочем теле в период времени;

и - безразмерные эмпирические коэффициенты.

Величины и могут быть найдены экспериментально или рассчитаны по зависимости (3). Коэффициенты и для рассматриваемого типа генераторов находятся в диапазоне 0,03 v 0,09. Тогда спектральная плотность электромагнитной энергии, излученной в окружающее пространство, в зависимости от частоты находится по эмпирическим формулам:

Для генератора с ферромагнитным рабочим телом

 (3)

Для генератора с сегнетоэлектрическим рабочим телом рабочим телом

 (4)

Для генератора с двумя рабочими телами - сегнетоэлектрическим и ферромагнитным

, (5)

- единичная функция, и.

-безразмерный коэффициент, учитывающий отношение длины соленоида к его диаметру и стремящийся к единице при достаточно длинных соленоидах.

- наибольшее целое число меньшее.

- наибольшее целое число меньшее.

- - безразмерные эмпирические коэффициенты. Для предварительной оценки величины диссипируемой энергии коэффициенты, , , могут быть приняты равными единице. Коэффициенты,могут быть в этом случае приняты равными нулю. Затем они могут уточняться в процессе экспериментальной отработки изделия.

Типичная зависимость приведена на рис. 3 в сравнении со значениями спектральной плотности, замеренными экспериментально.

 **Рис. 3**

**Список литературы**

Adzhiev A.Kh. & Prishchepenko A.B. ?Developpement de methodes et le moyens pour controler la formation des nuages et des precipitations par la modification des parametres electriques du nuage¦. Deuxieme Symposium International ?Foudre Et Montagne¦. 1...5 Juin 1997 - Chamonix Mont Blanc - France. B1.10, p. 33.

Прищепенко А.Б., Третьяков Д.В., Щелкачев М.В. Баланс энергии взрывного пьезоэлектрического генератора частоты. v Мегагауссная и мегаамперная технология и применения / Труды конференции v Саров, ВНИИЭФ,1997, с.954-958.

A. Prishchepenko, D. Tretyakov. Dissipative energy losses in ferromagnetic generator of frequency. / Digest of tecchnical papers. 12th IEEE International Pulsed Power Conference. Monterey, California, USA, 1999, p. 856 -862

Новицкий, В.Д. Садунов Энергетические характеристики сегнетоэлектрика как рабочего тела преобразователя энергии УВ. Физика горения и взрыва. 1985, ¦5, с. 104 - 107.

Е.Ройс Свойства магнитных материалов при ударном сжатии. / В книге: Физика высоких плотностей энергии. / Под ред. П.Кальдиролы и Г. Кнопфеля / Пер. с англ. - М.; Мир, 1974. - с.143-158.

В.В.Новиков, В.Н.Минеев Магнитные эффекты при ударном нагружении намагниченных ферро- и ферримагнетиков./ Физика горения и взрыва, 1983, ¦3, с.97 -104.