

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ТИПА

Можгова Н.В., Лукин А.В., Попов И.А.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург
nmojgova@yandex.ru, lukin_av@spbstu.ru, popov_ia@spbstu.ru

В работе рассматривается задача о моделировании импульсного электродинамического излучателя цилиндрического типа. Излучатели такого вида могут быть использованы для гидрогеологических исследований морского дна [1]. Конструктивно импульсный электродинамический излучатель цилиндрического типа состоит из цилиндра, изготовленного из диамагнитного материала с высокой электропроводностью (меди), и индуктора, изготовленного из гибкого изолированного медного провода, герметизированного чехлом из эластомерного материала (резины). При подаче импульса тока на индуктор возникает сильное магнитное поле, распределенное вдоль окружности цилиндра, которое вызывает появление вихревого тока в поверхностном слое цилиндра. Взаимодействие вихревого тока с магнитным полем заставляет участки индуктора, расположенные на поверхности цилиндра, смещаться в радиальном направлении. После этого индуктор возвращается в исходное положение под действием разности давлений снаружи и изнутри чехла. В результате перемещений индуктора во внешней среде формируется одиночный импульс звукового давления.

На первом этапе моделирования были проведены гидроакустические оценки с целью определить верхние границы принципиально достижимых выходных параметров излучателя, обусловленные общими законами генерации и распространения волн в сжимаемой акустической среде (воде). Далее были разработаны различные конечно-элементные (КЭ) модели импульсного излучателя в программном комплексе COMSOL Multiphysics. Первая КЭ модель включает в себя всю длину цилиндрического излучателя, а также воздушное пространство вокруг для корректного описания электромагнитных полей. Таким образом, решается задача распространения электромагнитного поля при протекании тока через индуктор, который включен в замкнутый LC-контур с источником питания в виде конденсатора. В результате решения данной задачи будет получена зависимость тока в индукторе от времени. На следующем этапе моделирования предлагается решать электромагнитную, механическую и акустическую задачи с импульсом тока в индукторе, полученным на первом этапе моделирования. Ввиду всесторонней связанности рассматриваемой задачи при моделировании полной трёхмерной модели излучателя с регулярной КЭ сеткой количество степеней свободы оказывается чрезвычайно большим, что приводит к нецелесообразным с точки зрения ресурсов расчетам. В качестве вычислительно эффективной альтернативы предлагается квази-плоская модель цилиндрического излучателя, представляющая собой тонкий слой исходной модели. Механические свойства гибкого провода получены на основе аналитических оценок многожильных проводов [2]. Пересчет амплитуды акустического давления с учетом реальной длины излучающей поверхности производится по аналитическому коэффициенту, представленному в литературе [3].

Литература

- [1] Н.А. Рой. Импульсные электродинамические излучатели // Акустический журнал, том 16, вып. 1, 1970. – С. 121–128.
- [2] Cao X., Wu W. The establishment of a mechanics model of multi-strand wire rope subjected to bending load with finite element simulation and experimental verification // International Journal of Mechanical Sciences. – 2018. – Т. 142. – С. 289–303.
- [3] Шендеров Е. Л. Волновые задачи гидроакустики. – Изд-во "Судостроение", 1972.