

ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ СХЕМЫ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Ю.Ж. Пукинский, А.В. Филиппов, М.И. Бичурин, С.В. Аверкин,
Р.В. Петров

Новгородский государственный университет имени Ярослава
Мудрого, г. Великий Новгород

Анализ свойств магнитоэлектрических (МЭ) композитов можно проводить на основе прямого решения волнового уравнения. Однако часто более удобным оказывается использование метода эквивалентных схем, при котором электрическая, механическая и магнитная компоненты композита представляются в виде электрических эквивалентов. Метод эквивалентных схем имеет определенные преимущества по сравнению с непосредственным решением волнового уравнения, которые заключаются в возможности привлечения эффективных методов теории электрических цепей, а также в том, что частично задача решается уже на этапе ее постановки.

В данной работе представлены эквивалентные схемы МЭ устройств, таких как датчик магнитного поля и гиратор. При построении схем были учтены и представлены в виде электрических эквивалентов все параметры композита в области электромеханического резонанса. Учитываются электрическая и магнитная части композиционного материала, а также взаимодействие между ними. Резонансная зависимость сопротивления пьезоэлектрической части композита позволяет рассматривать её в резонансной области как электрический контур, состоящий из статической емкости, динамических индуктивности и емкости, активного сопротивления потерь R_1 . Эквивалентная схема магнитной фазы композита построена с использованием первой системы аналогий (сила-напряжение), при этом получен контур, аналогичный эквивалентной схеме пьезоэлектрической фазы. Сопротивление R_2 , характеризующее механические потери при передаче колебаний из магнитной фазы в электрическую, соединяет электрическую и магнитную части.

Эквивалентная схема МЭ датчика позволяет учесть шумы электрической и магнитной части устройства, построить его резонансную зависимость. Так, для датчика магнитного поля на основе композиционного материала состава Ni/ЦТС-19 с габаритными размерами $5,2 \times 2 \times 0,25 \text{ мм}^3$, на частоте резонанса 280 кГц выходное напряжение составило 0,1 В. Эквивалентная схема МЭ гиратора учитывает влияние различных параметров материала на коэффициент гирации. Гиратор, выполненный на основе образца Ni/ЦТС-19 $14 \times 2 \times 0,25 \text{ мм}^3$, на резонансной частоте 142 кГц обладал коэффициентом гирации $G = 43 \text{ Ом}$. Сравнение полученных расчетных данных с экспериментальными результатами показывает их хорошее соответствие.