

УДК 629.7.064

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОХОДНОГО ВИХРЕТОКОВОГО ДАТЧИКА В СРЕДЕ ANSOFT MAXWELL

Гудков С.А., Кудрявцев И.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Общепринятый подход к расчету вихретоковых преобразователей (ВТП) основан на использовании известных аналитических зависимостей [1]. Таким образом можно эффективно рассчитывать ВТП простейших геометрических конфигураций. Однако процесс анализа ВТП с нестандартной геометрией сопряжен со значительными трудностями при решении полевой задачи в трехмерной постановке. Существенно упрощает процесс разработки подобного ВТП применение метода конечных элементов (МКЭ) для расчета основных параметров ВТП.

В электронике метод КЭ дает наиболее существенное преимущество при моделировании различных электромагнитных элементов (мощных трансформаторов, дросселей и т.п.).

Для моделирования проходного вихретокового датчика применялся пакет Ansoft Maxwell 14, позволяющий решать полевые задачи методом конечных элементов в двумерной и трехмерной постановках [2]. В работе исследовано несколько конфигураций вихретоковых датчиков для анализа параметров дисперсных сред. Некоторые конечно-элементные модели ВТП представлены на рисунке 1.

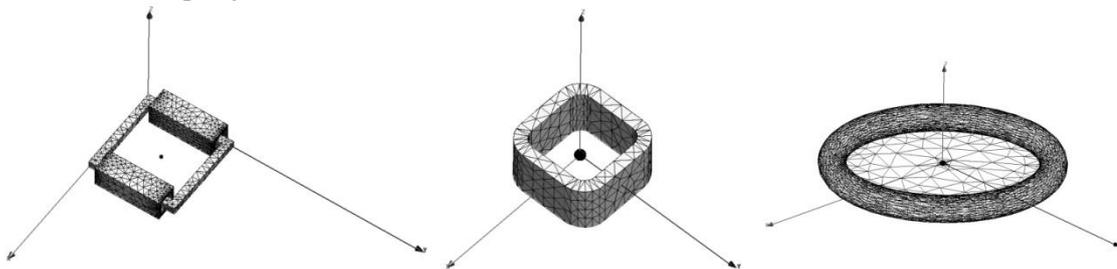


Рисунок 1. Конечно-элементные модели ВТП

На первом этапе исследовалось влияние геометрических параметров частицы и ВТП, а также их взаимного положения на величину относительного вносимого сопротивления (ОВС). Установлено, что при радиальном смещении частицы в плоскости ВТП от оси ВТП к периферии изменение величины модуля вносимого сопротивления может достигать 35% при рабочей частоте 1 МГц (см. рисунок 2). С ростом частоты влияние этого эффекта усиливается.

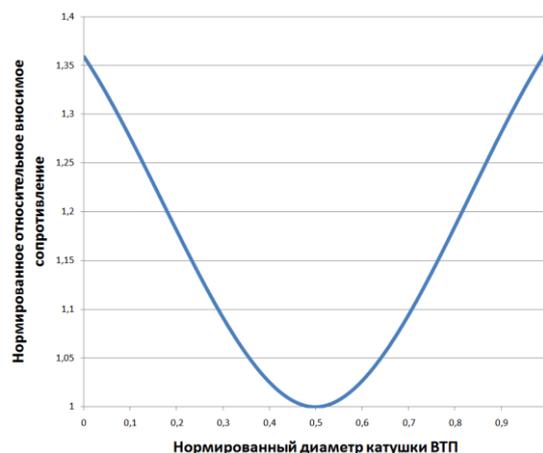


Рисунок 2. Зависимость модуля ОВС от положения частицы в плоскости ВТП

Аксиальное смещение частицы также оказывает значительное влияние на величину ОВС. Максимум ОВС достигается при нахождении частицы в плоскости ВТП. Аксиальное смещение частицы на расстояние, равное радиусу датчика приводит к уменьшению модуля вносимого сопротивления в 7-10 раз. Зависимость ОВС от расстояния до плоскости ВТП носит экспоненциальный характер.

Величину ОВС для осесимметричной модели можно вычислить по формуле [1]:

$$Z_{вн} = \frac{j2\pi \sin \theta_0}{\ln \frac{8R}{d} - 1.75} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(\overline{P}_n^1(\cos \theta_0))^2}{(2n+1) \cdot a^{2n+1}} \cdot \frac{J_{n+\frac{3}{2}}(kr)}{J_{n-\frac{1}{2}}(kr)} \cdot r^{2n+1} \quad (1)$$

где $J_{n+\frac{3}{2}}(kr)$ - функции Бесселя полуцелого порядка комплексного аргумента;

$\overline{P}_n^1 \cos \theta_0$ - нормированные присоединенные функции Лежандра первого порядка;

R – радиус ВТП; d – диаметр провода ВТП; r – радиус частицы.

На рисунке 3 приведены годографы вносимого сопротивления для немагнитной металлической примесной частицы, полученные по формуле (1), а также по конечно-элементной модели ВТП.

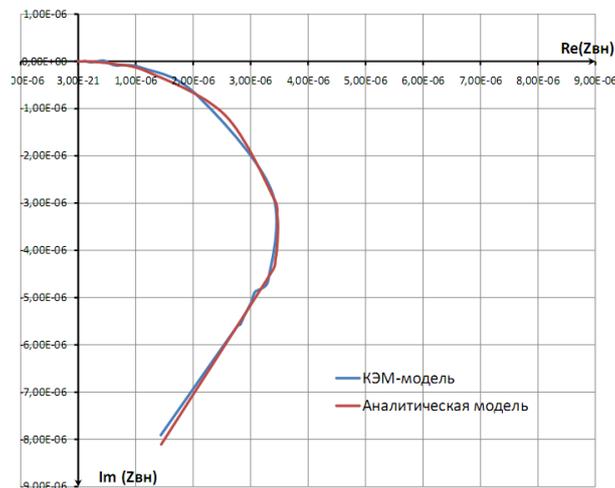


Рисунок 3. Годографы вносимого сопротивления

Следует отметить, что результаты вычислений, полученные для конечно-элементной модели, отличаются от результатов, полученных по формуле (1) не более чем на 5%.

На следующем этапе исследовалось влияние электрофизических параметров частиц на величину ОВС. Максимум ОВС существенно зависит от соотношения эффективного диаметра частицы и радиуса ВТП, а также от величины относительной магнитной проницаемости (μ) материала частицы. При малых размерах магнитных частиц величина ОВС слабо зависит от μ , но существенно превышает (в 10 и более раз) величину ОВС для немагнитных частиц. С увеличением размера частицы эта разница заметно уменьшается, и появляется значительное различие в величинах ОВС для различных μ .

Таким образом, применение метода конечных элементов для математического описания ВТП позволяет учитывать реальную геометрию датчика, исследовать влияние факторов, учет которых затруднен при аналитическом описании ВТП, демонстрируя при этом хорошую сходимость результатов с существующими аналитическими моделями ВТП.

Список литературы

1. Дорофеев, А.Л. Электромагнитная дефектоскопия / А.Л. Дорофеев, Ю.Г. Казамапов. – М.: Машиностроение, 1980.- 232 с.

2. Ansoft Maxwell 3D. Electromagnetic and electromechanical analysis. Rev 2.0 – Ansoft Corporation, 2006.- 675 с.

УДК 621.37

АНТЕННА БЛИЖНЕГО ДЕЙСТВИЯ

Егоров К.М.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Радиосвязь получила широкое распространение от обеспечения мобильной связи для служб ЧС до беспроводных компьютерных клавиатур и мышек. В этих случаях связь происходит в воздушной среде. Радиосвязь под водой затруднена. Обеспечение такой связи возможно только на сверх длинных радиоволнах, т.к. в воде электромагнитные волны быстро затухают. Однако для создания сверх длинных радиоволн необходимы мощные передатчики и крупногабаритные антенны. Подобная аппаратура является дорогостоящей, кроме того в диапазоне СВД умещается малое число каналов связи.

В настоящее время разрабатывается новая концепция антенн, названная ЕН-Антенна. Она позволит сократить размер антенн, увеличить эффективность и полосу пропускания, уменьшить шум при приеме.

Для диагностики состояния газо и нефтепроводов, проложенных под водой, поисково-спасательных работ и исследовательских работ возникает необходимость обеспечения надежной радиосвязи в воде.

Применение ЕН-антенн позволит использовать радиосвязь под водой на расстояниях от 10 до 20 длин волн. Подобные антенны существенно повысят надежность связи с подводными аппаратами и аквалангистами, поскольку при гидролокации, используемой сейчас при связи под водой, звуковые волны отражаются от различных слоев океанической воды.

Для установки на малогабаритные подводные аппараты, производящие исследования параметров морской и океанической воды производится разработка малогабаритной антенны.

В процессе разработки: произведено изучение конструкции и характеристик ЕН-Антенн, разработана конструкция малогабаритной антенны с учетом специфики использования, намечен график проведения экспериментов по исследованию характеристик разработанной антенны.

Разработанная малогабаритная антенна с соответствующим набором характеристик позволит обеспечить надежную радиосвязь в водной среде на расстоянии до 1000 м. В дальнейшем необходимо разработать малогабаритные приемник и передатчик для установки на исследовательских подводных аппаратах и обеспечения обмена информацией.