

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ В COMSOL MULTIPHYSICS 4.2

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Леоненко М.А.

Давыдов М.В. – к. т. н., доцент

В настоящее время одним из перспективных направлений развития электромагнитотерпии является транскраниальная магнитостимуляция. При этом для более эффективного воздействия необходимо изучить процессы происходящие в биологическом объекте. Однако следует учитывать невозможность использования инвазивных методов. Для этой цели хорошо подходит моделирование воздействия на компьютере. В нашем случае используется программный пакет COMSOL MULTIPHYSICS 4.2

Для моделирования воздействия магнитного поля на объект в COMSOL 4.2 необходимо выполнить четыре этапа:

- 1) создание твердотельной 3d модели
- 2) Задание физических параметров модели
- 3) задание параметров моделирования
- 4) выбор параметров визуализации полученных результатов.

Предварительно следует создать проект в программном пакете COMSOL 4.2. выбрав при этом:

- 1 3D модель
2. AC/DC→ Magnetic and Electric Fields (mef)
3. Frequency Domain

В первом этапе необходимо создать модель объекта и модель индуктора. В нашем случае использовался пакет solidworks. Так же возможно использования множество различных программных пакетов, в которых можно осуществить создание твердотельной модели. При этом необходимо поместить объект и индуктор в необходимую среду для исследования, в нашем случае это куб из воздуха. Расчет за пределами данного куба производится по умолчанию не будет. Простые фигуры можно создавать непосредственно в COMSOL 4.2. Во время создание модели индуктора нужно что бы плоскости к которым будет прилагаться напряжение граничили с дополнительным блоком небольшого размера по параметрам соответствующим воздуху. Это обусловлено тем что в дальнейшем в среде COMSOL этот блок придется исключить из моделирования. Только в этом случае удастся задать подаваемый ток на эти плоскости.

Импорт модели в COMSOL можно осуществить различными способами т.к. данный программный пакет поддерживает множество распространённых форматов. Один из них это формат, в котором сохраняются модели Solid Works. Так же для ряда программ существует иной способ. Он заключается в получении модели программой COMSOL напрямую из программы в которой произведено создание 3d модели. Что бы это осуществить необходимо, что бы в этой программе была открыта требуемая нам модель. Затем в COMSOL нужно правой кнопкой нажать на раздел "Geometry" и выбрать в контекстном меню LiveLink Interfaces, а дальше выбрать связь с той программой, в которой создавалась модель. Теперь при необходимости задаем параметры импорта и нажимаем на кнопку "Synchronize". Теперь в дальнейшем при изменении модели, допустим в Solid Works, для обновления модели требуется лишь заново нажать кнопку синхронизации.

На втором этапе необходимо задать параметры материалов модели. Для этого в COMSOL 4.2 предусмотрено наличие библиотеки материалов. Если же в библиотеке отсутствует необходимый материал, то есть возможность созданной и последующего использования своих материалов, в которых можно задать различные физические параметры. В нашем моделировании использовались такие материалы как воздух медь церебральная жидкость, серое вещество белое вещество кость кожа. Для них мы задавали электропроводность ( $\sigma$ ) и относительную магнитную проницаемость ( $\mu$ ).

На третьем этапе необходимо задать электрические параметры индуктора, выбрать где у индуктор подается питание а где находит земля. И так же задать силу тока или напряжение, подаваемое на индуктор.

Так же на этом этапе необходимо задать частоту, на которой будет производиться расчеты. Так же необходимо произвести разбиение модели на множество тетраэдров.

На четвертом этапе, после выполнения расчета, необходимо выбрать способ визуализации необходимых параметров. Для этих целей в COMSOL 4.2 представлено множество инструментов. Для наглядности можно отобразить магнитное поле создаваемое индуктором. В нашем случае особое внимание уделялось индуцированным токам Магнитной индукции и электрическому полю. При отображении результатов справа от самого объекта возможно расположение шкалы на рисунке 1 представлен пример отображения результатов:

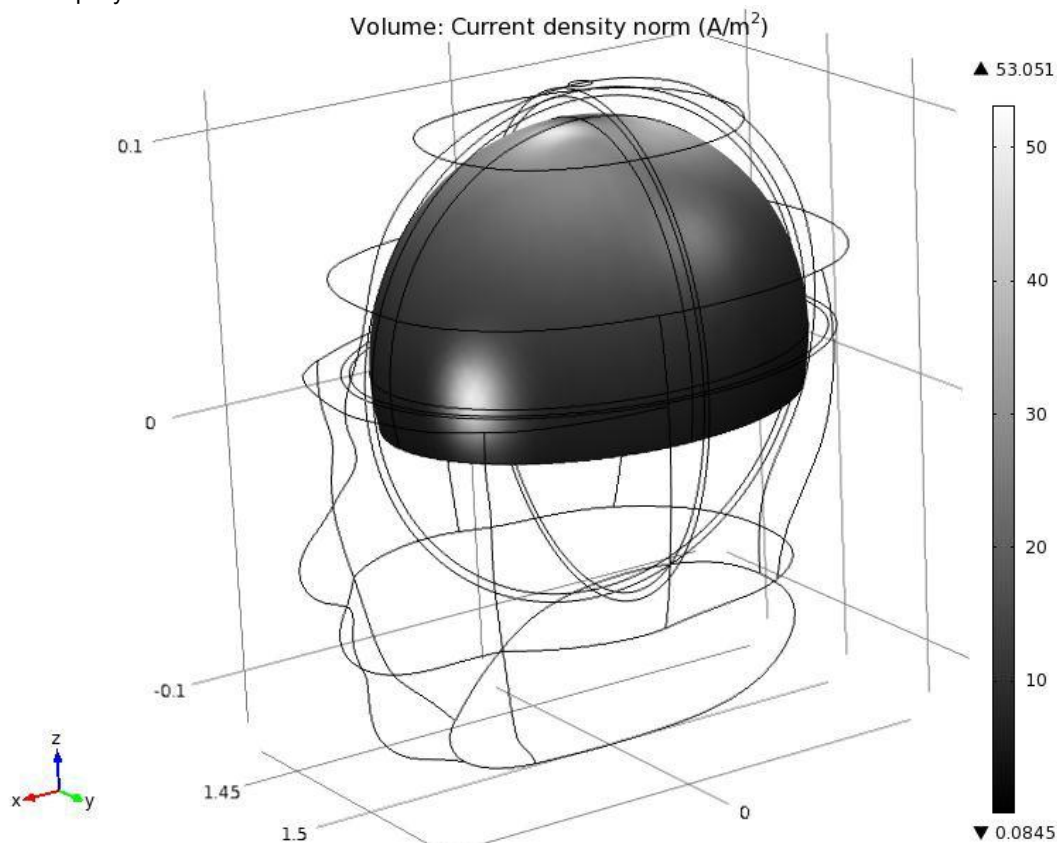


Рис. 1 – Изображение распределение индуцированного тока в голове человека

Возможные ошибки могут возникнуть на следующих этапах:

- Создание модели
- Перенос. Модели
- Расчет модели

Ошибки во время Создания модели могут возникать по различным причинам и их решение зависит от конкретной программы, в которой выполняется создание модели.

Основная ошибка во время импорта - неподдерживаемые форматы.

При расчете модели может возникнуть ошибка, связанная с нехваткой оперативной памяти, в случае её возникновения можно закрыть ненужные программы, которые работают параллельно COMSOL, при разбиении на тетраэдры задать меньшее качество. Радикальным методом является увеличение объема оперативной памяти.

В дальнейшем планируется выявить влияние формы и размеров индукторов на параметры воздействия магнитного поля на биологический объекты.