

**Исследование катушек индуктивности
для принимающих устройств БПЭ
в рамках проекта «WPT-room»**

Майоров Е.Б. (ИТМО)

**Научный руководитель – аспирант Михайлов Н.В.
(ИТМО)**

Введение. Сфера беспроводной передачи энергии (БПЭ) получила широкое развитие с наступлением XXI века. Командой университета ИТМО разрабатывается инновационная технология БПЭ в пространстве – объёмный резонатор размером с жилое помещение, во всём пространстве которого электроэнергия передаётся беспроводным путём. В качестве передатчика выступает конструкция, подобная катушке Гельмгольца, с геометрическими размерами $3.45 \times 3.45 \times 2.2$ м. Принимающими устройствами являются катушки индуктивности, настроенные на резонансную частоту функционирования WPT-room. Принимающие устройства изготавливаются специальным образом под каждый потребитель электроэнергии для соответствия требованиям потребителей энергии по индуцированному напряжению и вырабатываемой мощности. Перечисленные параметры явным образом зависят от взаимоиндуктивности и коэффициента связи принимающей катушки с передатчиком [1]. Универсальный метод по расчёту данных величин отсутствует и требует анализа для каждой разновидности геометрий принимающих катушек. В связи с этим мы проводим исследование, направленное на поиск алгоритма по вычислению упомянутых величин в зависимости от геометрии принимающих катушек.

Основная часть. Взаимоиндуктивность первичной и вторичной катушки определяется как отношение магнитного потока через вторичную катушку, созданного током в первичной катушке. Получение аналитического выражения для взаимоиндуктивности возможно в редких случаях. Коэффициент связи двух катушек, зависящий от взаимоиндуктивности двух катушек и индуктивности каждой, также в большинстве случаев рассчитывается эмпирическим путём или численными методами.

Основополагающим научным трудом по поставленной проблеме является книга [2], в которой автор приводит приближённые формулы и таблицы для расчёта взаимоиндуктивностей катушек для базовых геометрий и вариантов расположений. Выкладки из книги [2] могут быть применены на практике и обобщены на более сложные случаи. Актуальным для проводимого исследования является статья [3], в которой рассматривается похожая на WPT-комнату геометрия катушек.

Поиск алгоритма расчёта взаимоиндуктивности и коэффициента связи принимающих катушек с резонатором WPT-комната в его рабочей зоне заключается в обобщении имеющихся методик на случай взаимодействия плоских спиралевидных принимающих катушек круглого или прямоугольного сечения с передатчиком типа Гельмголец квадратного сечения. На первом этапе исследования рассматриваются элементарные модели катушек из одного витка, расположенные коаксиально с передатчиком и в окрестности оси передатчика. Полученные результаты проверяются численным моделированием в CST Microwave Studio и экспериментальными измерениями искомых параметров.

Проверка результатов в CST заключается в построении 3D-модели передатчика и приёмника, моделировании электромагнитных полей в системе и расчёте напряжений, индуцированных в принимающем контуре при фиксированном токе в передающей катушке. Индуктивности принимающей и передающей катушек вычисляются из Z-параметров моделей. Из полученных данных рассчитывается коэффициент связи. Проверка экспериментом проводится аналогичным образом.

Выводы. Получены приближённые выражения для расчёта взаимоиндуктивности и

коэффициента связи принимающих катушек из одного витка разной геометрии с резонатором WPT-комната. Результаты проверены численным моделированием и экспериментом.

Список использованных источников:

1. Zhong W. et al. Wireless Power Transfer: Between Distance and Efficiency. – Berlin/Heidelberg, Germany : Springer, 2020. – С. 14.
2. Grover F. W. Inductance calculations: working formulas and tables. – Courier Corporation, 2004.
3. Cheng Y., Shu Y. A new analytical calculation of the mutual inductance of the coaxial spiral rectangular coils //IEEE Transactions on Magnetics. – 2013. – Т. 50. – №. 4. – С. 1-6.