

УДК 621.31.002.5

А.В.Коротков (4 курс, каф. ЭСиС), Р.П.Кияткин, к.т.н., доц.

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ОСЕСИММЕТРИЧНОЙ СИСТЕМЫ ИСТОЧНИКОВ В ОБЩИХ ЭКРАНИРУЮЩИХ ОБОЛОЧКАХ

Электроэнергетические устройства и установки, являясь источниками электромагнитных полей (ЭМП), в ряде случаев оказывают вредное воздействие на работу высокочувствительных элементов автоматики, линий связи, вычислительных комплексов и т.п. Это, наряду с влиянием внешних полей на биологические функции обслуживающего персонала [1], обуславливает необходимость разработки эффективных методов исследования и снижения до требуемых уровней ЭМП.

В настоящее время для снижения ЭМП широко используются различные способы пассивного экранирования: оно проводится как для отдельных электромагнитных устройств от действия внешних ЭМП, так и для внешней области от ЭМП одного или нескольких устройств, размещенных в экранирующей оболочке.

Электромагнитные расчеты экранов, обеспечивающих снижение уровней ЭМП, представляют известные трудности, поскольку требуют учета сложной конфигурации источников и экранов. Разрабатываемым экранирующим оболочкам, как правило, стремятся придать аналитическую форму и сделать их замкнутыми. Однако на практике встречаются оболочки с разными соотношениями габаритных размеров и выступающих деталей, тогда для получения аналитических решений прибегают к идеализации, т.е. оболочки аппроксимируют аналитическими. Правомочность этого подтверждена многочисленными расчетными и экспериментальными исследованиями, например, в [2] установлено, что при воздействии низкочастотного ЭМП на экранирующую оболочку распределение поля, прошедшего во внешнее пространство, мало зависит от формы оболочки, если ее геометрические размеры значительно меньше длины проникающей электромагнитной волны.

В практических расчетах оболочки, размеры которых по трем осям пространства различаются незначительно, представляются в виде кругового цилиндра и сферы [3]. Это объясняется не только возможностью получить аналитическое решение, но и тем, что шар и круговой цилиндр обладают минимальными поверхностями при заданных объемах, а значит их внешнее поле будет больше, чем при более сложной по форме оболочке. Таким образом, анализ этих гипотетических ситуаций дает возможность оценить предельные уровни воздействующих полей.

Целью данной работы была разработка алгоритма и отладка программы численно-аналитического расчета вихревых токов в цилиндрической оболочке, экранирующей катушку с током низкой частоты, расположенную внутри оболочки соосно с ней. При выполнении работы были использованы основные методические приемы и заимствованы некоторые блоки компьютерной программы, описанные в [4].

При расчете круговой цилиндрической экран моделируется системой кольцевых эле-

ментарных проводников (КЭП) с прямоугольными сечениями, в пределах которых искомые токи колец (элементарные вихревые токи) полагаются распределенными равномерно. При таком предположении активные сопротивления элементарных проводников рассчитываются как на постоянном токе. Экран может состоять из произвольного числа кольцеобразных частей, изготовленных из различающихся по удельной электропроводности немагнитных материалов.

Катушка с током (источник возбуждающего магнитного поля) заменяется некоторым числом элементарных витков (ЭВ) с известными, соответствующими выбранной дискретизации, токами.

Электрическое состояние любого КЭП описывается уравнением, составленным по второму закону Кирхгофа с учетом индуктивных связей со всеми остальными КЭП, в правой части которого суммируются э.д.с. взаимной индукции, наводимые в данном КЭП всеми ЭВ катушки. Для расчета индуктивностей и взаимных индуктивностей круговых колец и витков используются формулы из справочника [5]. В итоге формируется система уравнений, порядок которой равен числу КЭП, т.е. числу элементарных вихревых токов.

В результате решения этой системы уравнений определяются искомые элементарные вихревые токи. Затем с использованием метода наложения в любой интересующей точке рассчитываются составляющие напряженности магнитного поля при наличии и при отсутствии экрана, отношение которых (функция экранирования) характеризует эффективность экранирования. При необходимости в произвольной точке может быть определено также значение функции обратного действия, равное отношению составляющей напряженности индуцированного магнитного поля (реакция экрана) в этой точке к соответствующей составляющей напряженности поля в той же точке при отсутствии экрана.

Разработанный алгоритм отлаживался на примере из [3, стр.109], где сопоставляются результаты расчетов, выполненных различными методами, с экспериментальными данными. С ними достаточно хорошо согласуются и результаты расчетов по изложенной в данной работе методике.

Выводы. Рассмотренная методика легко распространяется на любое число соосных катушек с произвольными формами сечений и многослойных немагнитных проводящих оболочек вращения. В этом случае она может быть элементом расчетной базы для проектирования оптимальных экранирующих оболочек с удовлетворительными технико-экономическими показателями и для решения задач электромагнитной совместимости источников разного назначения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Коротков А.В., Кияткин Р.П. Расчет электрического поля под проводами высоковольтной ЛЭП // Материалы межвуз. науч. конф. – СПб: Изд-во СПбГТУ, 2001. – Ч. I. – С. 58-60.
2. Конторович М.И. Об экранирующем действии замкнутых сеток // Журнал технической физики. – 1939. – Т. 9, № 24. – С. 2195-2210.
3. Аполлонский С.М. Расчет электромагнитных экранирующих оболочек. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 144 с.
4. Кустов А.А., Кияткин Р.П. Реализация метода элементарных витков для электромагнитно-

го расчета системы катушка с током — алюминиевый диск // Материалы межвуз. науч. конф.— СПб: Изд-во СПбГТУ, 2001.— Ч. I.— С. 84-85.

5. Калантаров П.Л., Цейтлин Л.А. Расчет индуктивностей: Справочная книга.— Л.: Энергоатомиздат, 1986.— 488 с.