УДК 537.811

А.С. СОЛОВСКОЙ, студент гр. 0ТМехЭ-12 (АлтГТУ)
В.Ю. ВАСИЛЬЕВ, студент гр. 0ТМехЭ-12 (АлтГТУ)
Научный руководитель Е.В. ТИТОВ, д.т.н., доцент (АлтГТУ)
г. Барнаул

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ

Парадокс воздействия электромагнитного загрязнения заключается в том, что природное электромагнитное поле образует и поддерживает жизненные процессы на Земле, но одновременно вызванное деятельностью человека искусственное электромагнитное загрязнение, интенсивность которого во многих случаях превышает естественный фон, на прямую угрожает деятельности человека. Однако возникающее противоречие между природным и техногенным характером проявления электромагнитного поля может быть преодолено, если изучать проблему электромагнитной совместимости с позиции «совместимости» техники, человека и его среды обитания. Выделяются следующие основные негативные проявления электромагнитного поля [1]:

1. Нежеланное деструктивное воздействие электромагнитного поля на объекты, выражаемое в виде помех, ухудшающие качество функционирования радиоэлектронной аппаратуры;
2. Влияния электромагнитного излучения высоких и сверхвысоких частот на организм человека (3 МГц – 30 ГГц) [2-4];
3. Воздействие на организм человека электроустановок промышленной частоты – линий электропередачи высокого и сверхвысокого напряжения (110 кВ – 750 кВ) [5-6];
4. Действие электрического поля промышленной частоты, возникающее при попадании человека под напряжение, проявляющееся в виде термического, электролитического, биологического, механического и светового воздействия на организм человека.

Поэтому, защита организма человека от влияния электромагнитных излучений подразумевает под собой целенаправленное использование мероприятий по снижению интенсивности этих излучений до уровней, не превышающих предельно допустимые. Одним из методов средств защиты от электромагнитного излучения являются инженерно-технические мероприятий, опирающийся на применение инженерно-технических средств для защиты от электромагнитных излучений.

Основной способ защиты от электромагнитных полей, представленной в вышеуказанной категории, является экранирование. От электрического поля промышленной частоты защитные мероприятия направлены на определения санитарно-защитных зон. Защита от магнитного поля промышленной частоты используется практически только на стадии разработки внедряемого изделия или проектирования объекта [1, 7].

При экранировании электромагнитного поля в радиочастотных диапазонах используются разнообразные радиоотражающие и радиопоглощающие материалы. К радиоотражающим материалам относят различные металлы – медь, сталь, железо, латунь, алюминий, используемые в виде листов, сеток, решеток и металлических трубок [7].

Эффективность экранирования является основным показателем качества экрана, характеризующим его способность снижать уровень электромагнитной энергии. Для оценки эффективности экранирования группы экранирующих материалов используются методы математического моделирования.

ELCUT – это интегрированная диалоговая система программ, позволяющая решать плоские и осесимметричные задачи следующих типов: расчет электрического и магнитного полей, задачи теплопередачи, задачи механической прочности и мультидисциплинарные задачи. Модуль «магнитные поля переменных токов» может быть использован для анализа распределения вихревых токов. Для заданной частоты определяются магнитные поля от переменных токов, вихревых токов, индуцированных переменными магнитными полями [8].

На рисунке 1 представлена модель для изучения эффективности экранирования материалов от различного частотного диапазона при заданном внешнем магнитном поле. Модель состоит из двух составляющих – сферы и тестовой точки. Материал сферы выбирается из радиоотражающих материалов, используемые для экранирования (медь, сталь, железо, алюминий). Измерение величины напряженности магнитного поля проводятся в 3 точках (1 – 0,5 метра от экранирующего материала; 2 – 1 метр от экранирующего материала; 3 – 1,5 метра от экранирующего материала).

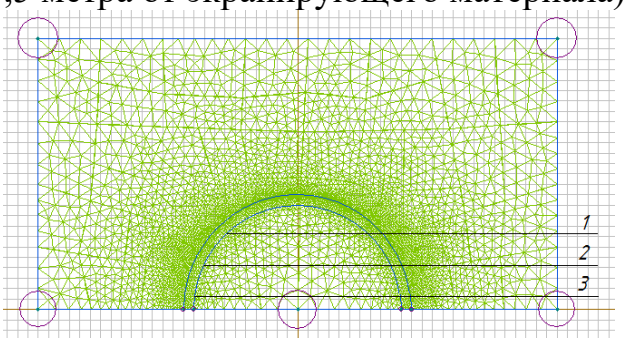

Рис. 1. Модель для изучения эффективности экранирования материалов в ELCUT

В таблице 1 приведены результаты измерений уровней переменных магнитных полей в условиях экранирования.

Таблица 1

Результаты измерений уровней переменных магнитных полей в условиях экранирования

Расстояние от экранирующего материала, м	Контролируемая частота, МГц				
	0,00005	0,03	3	30	50
	Напряженность магнитного поля, А/м				
1. Медь					
0,5	76,26	0,67	$6{,}9\cdot10^{-3}$	$0{,}67\cdot10^{-3}$	$0{,}4\cdot10^{-3}$
1	47,17	0,42	$4\cdot10^{-3}$	$0{,}41\cdot10^{-3}$	$0{,}2\cdot10^{-3}$
1,5	19,25	0,18	$1\cdot10^{-3}$	$0{,}1\cdot10^{-3}$	$0{,}1\cdot10^{-3}$
2. Сталь					
0,5	296,17	5,22	$50\cdot10^{-3}$	$5\cdot10^{-3}$	$3\cdot10^{-3}$
1	186,37	3,26	$30\cdot10^{-3}$	$3\cdot10^{-3}$	$1{,}9\cdot10^{-3}$
1,5	72,76	1,34	$10\cdot10^{-3}$	$1\cdot10^{-3}$	$0{,}7\cdot10^{-3}$
3. Железо					
0,5	362,92	4,05	$40\cdot10^{-3}$	$4\cdot10^{-3}$	$2\cdot10^{-3}$
1	223,34	2,51	$25\cdot10^{-3}$	$2{,}5\cdot10^{-3}$	$1{,}5\cdot10^{-3}$
1,5	89,5	0,92	$10\cdot10^{-3}$	$0{,}9\cdot10^{-3}$	$0{,}7\cdot10^{-3}$
4. Алюминий					
0,5	76,14	1,06	$10\cdot10^{-3}$	$1\cdot10^{-3}$	$0{,}65\cdot10^{-3}$
1	46,85	0,68	$6\cdot10^{-3}$	$0{,}7\cdot10^{-3}$	$0{,}4\cdot10^{-3}$
1,5	20,5	0,28	$3\cdot10^{-3}$	$0{,}21\cdot10^{-3}$	$0{,}15\cdot10^{-3}$
Предельно допустимый уровень					
	80	50	50	3	3

Согласно результатам измерений напряженности магнитного поля, определяется уровень эффективности экранирующего материала. Так, в условиях экранирования на расстоянии 0,5 м при использовании стали и железа, происходит превышения уровня ПДУ на частоте 50 Гц в 3,7 и 4,5 раза соответственно (на расстоянии 1 м – 2,3 и 2,8 раза).

Экранирования из меди и алюминия на расстоянии 0,5 м не превышают установленные нормативы уровней напряженности магнитного поля на всем исследуемом частотном диапазоне.

Предлагаемый способ использования методов математического моделирования для контроля электромагнитной обстановки, в частности диалоговой системы программы ELCUT, позволяет обоснованно определить эффективность экранирующего материала для обеспечения безопасного пребывания на рабочих местах, улучшению и оздоровлению условий труда.

Список литературы:

1. Куликова, Л. В. Основы электромагнитной совместимости / Л. В. Куликова, О. К. Никольский, А. А. Сошников. – Москва-Берлин : Директ-Медиа, 2020. – 405 с. – ISBN 978-5-4499-1175-9.

2. Гайсина, Г. А. Влияние электромагнитного поля на организм человека / Г. А. Гайсина, А. В. Гайсин // Наука и образование: новое время. – 2019. – № 2(31). – С. 52-55.

3. Горшунова, Н. К. Влияние электромагнитного поля и электромагнитных излучений мобильных телефонов на процессы старения и вегетативную нервную систему / Н. К. Горшунова, А. Н. Тарасов // Фундаментальные исследования. – 2005. – № 7. – С. 84-85.

4. Batool, S. Benefits and hazards of electromagnetic waves, telecommunication, physical and biomedical: a review / Bibi, A., Frezza, F., & Mangini, F. // European review for medical and pharmacological sciences. – 2019. – № 23, 3121-3128.

5. Кожухов, Р. О. Экологические аспекты при передаче высоковольтной электрической энергии / Р. О. Кожухов, Н. А. Петрикеева // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2015. – № 2(19). – С. 47-51.

6. Стародубцева, Г. П. Влияние электромагнитных полей воздушных линий электропередач на людей, животных и растения / Г. П. Стародубцева, С. И. Любая, Д. А. Бондарь // Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе, Ставрополь, 22–24 апреля 2011 года. – Ставрополь: Ставропольское издательство "Параграф", 2011. – С. 150-151.

7. Титов, Е. В. Оценка эффективности защитного экранирования СВЧ-установки / Е. В. Титов // Инновации в сельском хозяйстве. – 2016. – № 2(17). – С. 201-206.

8. Методы расчета электрических и магнитных полей : учебный комплект / В. Э. Фризен, И. В. Черных, С. А. Бычков, Ф. Е. Тарасов ; Научный редактор Ф.Н. Сарапулов. – Екатеринбург : Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2014. – 176 с.

Информация об авторах:

Соловской Александр Сергеевич, аспирант гр. 0ТМехЭ-12, АлтГТУ, 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, solovskoyas@mail.ru

Васильев Валерий Юрьевич, аспирант гр. 0ТМехЭ-12, АлтГТУ, 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, vasilievvalerij@mail.ru

Титов Евгений Владимирович, д.т.н., доцент, АлтГТУ, 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, 888tev888@mail.ru