

КОНТРОЛЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ НА ОБЪЕКТАХ С ИСТОЧНИКАМИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

А.А. Сошников, Н.П. Воробьев, Е.В. Титов

В статье рассмотрены принципы контроля электромагнитной обстановки на объектах с источниками электромагнитных излучений. Представлен перспективный способ интегрированного контроля электромагнитных излучений для формирования карты допустимого времени пребывания людей в различных зонах исследуемых помещений с целью обоснования организационно-технических мероприятий для обеспечения безопасности.

Ключевые слова: электромагнитная обстановка, источники электромагнитных излучений, компьютерное моделирование электромагнитного поля.

Существенный рост интенсивности электромагнитного излучения (ЭМИ), обусловленный резким увеличением информационно-технологического оборудования (ИТО), как на производстве, так и в быту, вызывает необходимость принятия защитных мер для обеспечения безопасности жизнедеятельности людей.

В рамках концепции реформы "Безопасный труд" (2007 г.) на заседании Президиума Правительства России 10 ноября 2011 г. утверждены нормативные акты, наделяющие Минздравсоцразвития дополнительными полномочиями в области охраны труда на основе создания правил оценки риска рабочих мест. Поэтому является важной задачей оценка уровней электромагнитных излучений, как в местах массового скопления людей, так и в местах их продолжительного пребывания.

В настоящее время рядом нормативных документов [1-3] установлены предельно допустимые уровни (ПДУ) электромагнитного излучения, воздействующего на рабочий персонал и людей, профессионально не связанных с эксплуатацией и обслуживанием ИТО. Обеспечение соответствия электромагнитной обстановки регламентированным параметрам на объектах с источниками ЭМИ должно периодически контролироваться.

Анализ наиболее известных способов контроля электромагнитной обстановки позволяет выделить различные группы, отличающиеся принципами измерения и исследуемыми параметрами составляющих электромагнитного поля.

Так, для измерения напряженности электростатического поля, может использоваться способ периодического воздействия на защищенный неподвижным экранирующим электродом измерительный электрод электростатического поля, периодического экспонирования, считывания

сигнала с измерительного электрода, его усиления и регистрации [4].

Для измерения электрического поля промышленной частоты применяются однокоординатный и двухкоординатный способы [5]. Однокоординатный способ основан на помещении в исследуемое пространство одной пары чувствительных элементов, входящих в общий датчик и находящихся на координатной оси, проходящей через центр датчика, ориентировании этих элементов в электрическом поле промышленной частоты до момента получения максимальной составляющей и определении модуля вектора напряженности путем измерения этой составляющей. В двухкоординатном способе в исследуемое пространство помещают две пары чувствительных элементов, входящих в общий датчик. Эти элементы находятся на двух координатных осях, проходящих через центр датчика и ориентируются в двух плоскостях электрического поля промышленной частоты. При этом измеряются две составляющие поля и определяется модуль вектора напряженности путем геометрического суммирования измеренных составляющих.

Для контроля магнитных полей в диапазоне от 5 Гц до 50 МГц возможно использование электронно-оптического метода, основанного на электронно-оптическом муаровом эффекте, возникающем при наложении искаженного магнитным полем теневого изображения сетки на экране электронографа на неискаженное изображение сетки [4].

Известен также способ исследования электрического поля от 0 Гц до 300 МГц путем использования n-пар проводящих чувствительных элементов, входящих в общий датчик с расположением центров поверхностей чувствительных элементов попарно на n осях вы-

КОНТРОЛЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ НА ОБЪЕКТАХ С ИСТОЧНИКАМИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

бранной системы координат симметрично относительно ее начала [4, 5].

Для оценки уровней низкочастотных электромагнитных полей в диапазоне от 5 Гц до 400 кГц, может использоваться приемная антенна и анализатор спектра электромагнитного излучения или приемная антенна, фильтр и измерительный прибор в двух полосах частот 5 Гц - 2 кГц и 2 кГц - 400 кГц. В последнем случае измерения производят при отсутствии фильтра и при его наличии, а затем искомый результат определяют аналитически [6].

Может быть выделена также группа способов контроля параметров электромагнитного поля реализующая измерение уровней электромагнитных полей в диапазоне частот от 30 МГц до 300 ГГц с помощью антенн-датчиков, с различными амплитудно-частотными характеристиками, число которых выбирают равным числу источников излучения, а напряженности составляющих электромагнитного поля определяют из решения системы линейных уравнений [7].

Как правило, известные способы контроля электромагнитной обстановки имеют узкую область применения и реализуют измерение только отдельных составляющих электромагнитного поля. При этом отсутствует возможность получения полной картины опасности контролируемого пространства, так как для этого необходимо производить измерения во всех его точках для всех составляющих поля и возможных частот излучения.

Учитывая, что весьма информативным и удобным для восприятия параметром является допустимое время пребывания человека в различных зонах помещений с источниками ЭМИ, для оценки состояния электромагнитной обстановки может быть использована новая концепция исследования, разработанная в Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова [8-10].

В рамках этой концепции состояние электромагнитной обстановки на контролируемом объекте оценивается пространственной картиной электромагнитной опасности, представляющей собой карту допустимого времени пребывания человека в различных зонах исследуемого пространства, получаемую в результате выявления наиболее опасных составляющих электромагнитного излучения от различных источников в диапазоне исследуемых частот

и последующего компьютерного моделирования электромагнитного поля.

Опасные составляющие электромагнитных излучений соответствуют наименьшему допустимому значению времени пребывания человека в точках измерения напряженностей электрических, магнитных полей и плотности потока энергии электромагнитных (ППЭ) полей вблизи источников излучения на частотах, регламентированных действующими нормативными документами [1-3].

В основу реализации концепции положен следующий алгоритм:

- проводятся экспериментальные исследования уровней статических электрических полей, переменных электрических, магнитных и электромагнитных полей в диапазоне частот и на расстоянии от центра каждой внешней поверхности каждого источника излучения, соответствующих требованиям санитарно-эпидемиологических правил и нормативов; при этом учитывают только наибольшие значения напряженностей электрического, магнитного полей и плотности потока энергии;

- определяется наименьшее допустимое время пребывания людей в зонах воздействия излучения от внешних поверхностей источников ЭМИ в измеренных статических электрических полях и частотных диапазонах переменных электрических, магнитных и электромагнитных полей;

- измеренные значения напряженностей электрических, магнитных полей и ППЭ, соответствующие наименьшему допустимому времени пребывания людей в зонах воздействия излучения от внешних поверхностей источников ЭМИ, используют для компьютерного моделирования пространственной картины электромагнитных излучений, а также сочетания различных видов излучений в исследуемом помещении;

- на основе результатов компьютерного моделирования получают картины уровней электрического, магнитного и электромагнитного полей во всех точках исследуемых объектов;

- с помощью полученной пространственной картины электромагнитных полей определяют области исследуемого пространства, характеризующиеся превышением предельно-допустимых уровней исследуемых полей;

- о состоянии электромагнитной обстановки судят по полученной пространственной картине опасности электромагнитного излучения, преобразуя узловые значения

шкалы напряженности электрического или магнитного полей или плотности потока энергии в узловые значения допустимого времени пребывания, формируя шкалу допустимого времени и заменяя шкалу поля на шкалу допустимого времени пребывания в опасных зонах объекта;

- полученную пространственную картину опасности ЭМИ используют в качестве карты допустимого времени пребывания людей в различных зонах исследуемого помещения, а также для проведения организационно-технических мероприятий по снижению степени влияния электромагнитных излучений на людей, находящихся в рассматриваемом помещении.

Измерение напряженностей электрического, магнитного полей и плотности потока энергии электромагнитного поля осуществляется в соответствии с действующей системой санитарно-гигиенического нормирования.

Компьютерное моделирование в процессе решения проблемы электромагнитной безопасности используется для получения информации об электромагнитном поле в помещении в любой точке пространства, а также для определения превышений предельно-допустимых уровней (ПДУ) во всем исследуемом помещении.

Кроме того, моделирование электромагнитных полей позволяет решать задачи определения мероприятий по нормализации электромагнитной обстановки в помещениях с источниками ЭМИ, в том числе:

- выбора способов организации рабочих мест;
- выбора мер защиты от электромагнитного излучения;
- обоснования целесообразности замены оборудования.

Разработанная концепция комплексных исследований электромагнитной обстановки положена в основу нового способа интегрированного контроля электромагнитных излучений [10]. Способ относится к области измерений и контроля уровней электромагнитных полей, создаваемых в помещениях различными источниками, и может быть использован для определения степени их влияния на возможность пребывания в различных зонах этих помещений [8].

Для реализации способа на объектах с ЭМИ производятся измерения нормируемых параметров электростатического, переменного электрического, магнитного и электро-

магнитного полей на частотах: 0 Гц, 50 Гц, 30 кГц, 3 МГц, 30 МГц, 50 МГц, 300 МГц и при необходимости на более высоких частотах (до 300 ГГц) на расстоянии 0,1 м (0,5 м) от центра внешних поверхностей каждого источника излучения. В точках измерения определяется допустимое время пребывания людей по методике, изложенной в [10].

Наименьшее допустимое время пребывания в точках измерений определяется путем сопоставления допустимого времени пребывания человека в электростатическом поле, в электрическом поле промышленной частоты, в магнитном поле промышленной частоты и в электромагнитном поле радиочастотного диапазона (10 кГц - 300 ГГц)

Для измерения параметров электромагнитных полей могут быть использованы следующие измерительные приборы:

- универсальный измеритель уровней электростатических полей СТ-01;
- измеритель напряженности поля промышленной частоты ПЗ-50;
- измеритель электромагнитных полей ПЗ-41.

Измеритель уровней электростатических полей СТ-01 рекомендован Госкомсанэпиднадзором РФ для использования в целях санитарного надзора по контролю напряженности электростатического поля на рабочих местах операторов ПЭВМ, электростатического потенциала в соответствии с Санитарными нормами и Правилами [3], а также в других сферах производства, регламентированных [1, 2]. Он представляет собой микропроцессорный прибор с аккумуляторным питанием и используется для измерения электростатического потенциала и напряженности поля [11].

Измеритель напряженности поля промышленной частоты ПЗ-50 предназначен для измерения напряженности электрического и магнитного полей промышленной частотой 50 Гц и применяется для контроля предельно допустимых уровней электрического и магнитного полей [11].

Основными элементами измерителя являются: отсчетное устройство и антенны-преобразователи направленного приема.

Измеритель электромагнитного излучения ПЗ-41 [11] предназначен для обнаружения и контроля биологически опасных уровней электромагнитных излучений напряженности, плотности потока энергии и экспозиции для обеспечения выполнения требований Общего Технического Регламента об электромагнитной совместимости и безопасности,

КОНТРОЛЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ НА ОБЪЕКТАХ С ИСТОЧНИКАМИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

действующего в странах Европейского Союза и РФ [11]. Прибор используется для исследования электромагнитных излучений радиочастотного диапазона [11].

Методика практической реализации предложенного способа контроля электромагнитных излучений предусматривает 3 этапа:

- 1) сбор исходных данных;
- 2) компьютерное моделирование электромагнитного поля;
- 3) формирование пространственной картины опасности электромагнитного излучения путем преобразования узловых значений шкалы напряженности электрического или магнитного полей в узловые значения допустимого времени пребывания в рассматриваемом помещении.

Для сбора исходных данных:

- составляется план помещения с указанием его размеров и геометрической формы, а также размеров и формы мебели, дверных и оконных проемов, а также их положения в пространстве;
- на составленном плане схематично, с соблюдением геометрических пропорций и размеров, изображаются источники ЭМИ;
- составляется перечень (в форме таблицы) источников ЭМИ, находящихся в помещении с указанием их наименования, фирмы-производителя и геометрических размеров;
- измеряются параметры электромагнитных полей возле каждой поверхности всех источников ЭМИ.

В процессе проведения измерений должны выполняться следующие требования:

- источники ЭМИ включаются на полную мощность;
- рабочий персонал выводится из зоны контроля;
- климатические условия должны соответствовать условиям эксплуатации измерительной аппаратуры.

Измеренные значения напряженностей электрического поля, соответствующие наименьшему допустимому значению времени пребывания в точках измерений, используются для моделирования электромагнитных излучений в среде COMSOL Multiphysics [12]. Для этого задаются габаритные размеры помещения, что осуществляется при помощи инструмента «Block» [12].

На следующем этапе также при помощи инструмента «Block» [12], моделируются

имеющиеся в помещении мебель и источники излучения в виде отдельных блоков.

В соответствии с полученной моделью выполняется численный расчет электромагнитной обстановки в исследуемом помещении. В итоге формируется пространственная картина опасности электромагнитного излучения, которая может быть использована для выбора мероприятий, обеспечивающих безопасность персонала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СанПиН 2.1.2.1002-00. Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям [Текст].
2. СанПиН 2.1.8/2.2.4.2490-09. Электромагнитные поля в производственных условиях [Текст].
3. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы [Текст].
4. Пат. 2292053. Российская федерация МПК⁷ G 01 R 29/08. Способ измерения магнитных полей электронно-оптическим методом [Текст] / В. Ф. Калинин, В. М. Иванов, Е. А. Печагин, А. Н. Уваров, Д. Н. Лимонов / патентообладатели: ГОУ ВПО Тамбовский государственный технический университет. – № 2004129351/28; заявл. 05.10.2004; опубл. 20.01.2007.
5. Пат. 2388003. Российская федерация МПК⁷ G 01 R 029/08. Способ измерения напряженности электромагнитного поля [Текст] / С.В. Бирюков, Е.В. Тимонина / патентообладатели: Омский государственный технический университет. – № 2008135566/28; заявл. 02.09.2008; опубл. 27.04.2010.
6. Пат. 2189605. Российская федерация МПК⁷ G 01 R 29/08. Способ измерения уровней электромагнитного излучения [Текст] / О. Н. Маслов, В. Б. Толмачев, Р. Р. Шакиров / патентообладатели: Поволжская государственная академия телекоммуникаций и информатики. – № 2001119222/09; заявл. 11.07.2001; опубл. 20.09.2002.
7. Пат. 2164028. Российская федерация МПК⁷ G 01 R 029/08. Способ измерения напряженности электромагнитного поля [Текст] / Ю. Е. Седельников, Р. Т. Каюмов / патентообладатели: Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева. – № 99111937/09; заявл. 01.06.1999; опубл. 10.03.2001.
8. Сошников, А.А. Развитие методов инструментального контроля состояния электромагнитной безопасности [Текст] / А.А. Сошников, Е.В. Титов // Международный научный журнал. – Москва, 2010. – № 4. – С.97 - 99.
9. Воробьев, Н.П. Использование компьютерного моделирования для оценки электромагнитных загрязнений [Текст] / Н.П. Воробьев, А.А.

Сошников, Е.В. Титов // Ползуновский вестник. – Барнаул, 2009. – № 4. – С.31 - 33.

10. Титов, Е.В. Методика контроля электромагнитной обстановки на объектах АПК [Текст] / Е.В. Титов, И.Е. Мигалев // Вестник КрасГАУ. – Красноярск, 2012. – № 7. – С. 136 - 138.

11. Володина Н. А. Основы электромагнитной совместимости [Текст] : учебник для вузов / Н. А. Володина, Р. Н. Карякин, Л. В. Куликова, О. К. Никольский, А. А. Сошников, А. Л. Андронов, В. С. Германенко, П. И. Семичевский; под ред. Р.Н. Карякина; Алт. гос. тех. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: ОАО «Алтайский полиграфический комбинат», 2007. – 480 с.

12. Шмелев В. Е. Femlab 2.3. // Центр компетенций MathWorks [Электронный ресурс] –

Электрон. дан. – СПб., [2008]. – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/femlab/book1>, свободный. – Загл. с экрана.

Сошников Александр Андреевич, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, кафедра «Электрификация производства и быта», д.т.н., профессор, E-mail: elnis@inbox.ru, тел. (385-2) 36-71-29.

Воробьев Николай Павлович, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, кафедра «Электрификация производства и быта», д.т.н., профессор, E-mail: vnprol51p@ya.ru, тел. (3852) 24-74-88, 36-71-29.

Титов Евгений Владимирович, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, кафедра «Электрификация производства и быта», инженер, E-mail: 1ka3ak1@mail.ru, тел. (3852) 24-74-88, 36-71-29.