

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИНТЕГРИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

А. А. Сошников, И. Е. Мигалёв

В статье представлена концепция создания технологической платформы для автоматизации интегрированного контроля электромагнитной обстановки. Определены функциональные требования к технологической платформе и ее модульная структура.

Ключевые слова: электромагнитная обстановка, технологическая платформа, электромагнитные излучения, интегрированный контроль, автоматизация измерений, картина опасности.

Контроль электромагнитной обстановки в зонах влияния электромагнитных излучений является одной из актуальных современных проблем, обусловленной, в частности, развитием электротехнологий при возрастающем дефиците площадей для размещения информационно-технологического оборудования и повышением концентрации электронных и электросиловых устройств в непосредственной близости от рабочих мест.

Действующими нормативными документами [1 – 3] регламентируется контроль следующих параметров [4]:

- напряжённости электрического поля в диапазоне частот 0,03 – 300 МГц, а также электростатического поля;
- напряжённости магнитного поля в диапазонах частот 0,03 – 30 МГц и 30 – 50 МГц;
- плотности потока электромагнитной энергии в диапазоне частот 300 – 300000 МГц.

В Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова разработана методика комплексной оценки электромагнитной обстановки [5 – 9] с помощью группы приборов, включающих универсальный измеритель напряженности и потенциала электростатического поля СТ-01, измеритель напряжённости поля промышленной частоты ПЗ-50, измеритель уровней электромагнитных излучений ПЗ-41. Однако практическая реализация этой методики сопряжена с необходимостью решения ряда технических проблем.

Существующая измерительная аппаратура (в том числе, перечисленная выше), имеет достаточно ограниченные функциональные возможности. В частности, измерительные преобразователи, предназначенные для работы на разных частотах, имеют конструктивные различия [10], поэтому невозможно использовать одну антенну для про-

ведения всех видов измерений, и приборы оснащаются набором сменных антенн, например, ПЗ-41 или ПЗ-70/1 [4]. Кроме того, даже современная измерительная аппаратура не позволяет выполнять автоматизированный анализ и обработку всей совокупности контролируемых параметров. В работе [6] предлагается с этой целью использовать аналитические средства программного комплекса COMSOL, однако они не учитывают в достаточной мере многочастотную природу измерений, а также не предлагают автоматизированной привязки результатов аппаратных измерений к компьютерной модели.

Указанные недостатки могут быть преодолены путём создания на основе существующей аппаратной базы интегрирующей платформы, представляющей собой единый открытый программный интерфейс для централизованной обработки измеренных параметров при помощи ЭВМ. К такой платформе должны быть предъявлены следующие требования:

- возможность интеграции как можно более широкого спектра приборов для измерения параметров электромагнитного поля, имеющих внешний интерфейс (например, RS-232, USB);
- автоматизированная передача данных на обработку в формализованной структуре;
- возможность соединения с ПЭВМ;
- возможность управления параметрами измерения в автоматическом режиме в соответствии с требованиями методик измерения.

Автоматизация измерений и их централизованная обработка позволяют получить качественно новые научные результаты за счет компьютерного моделирования с использованием всего спектра контролируемых параметров.

Структурная схема технологической платформы приведена на рисунке 1.

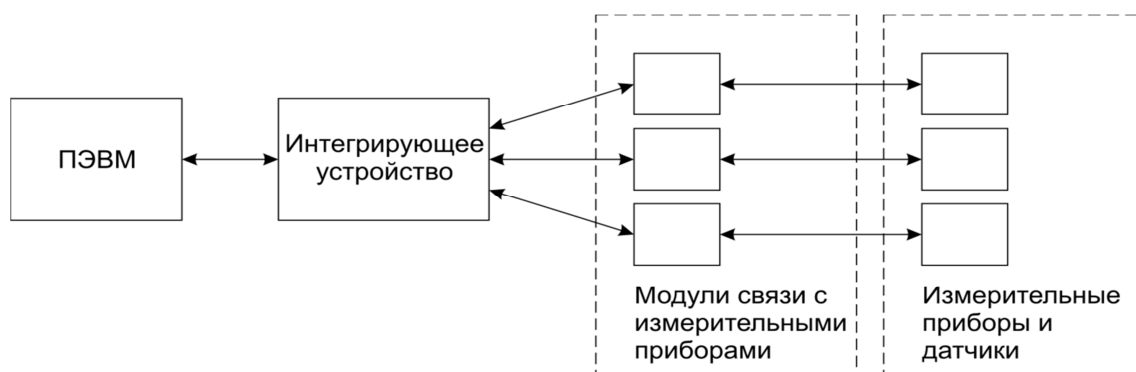


Рисунок 1 – Структурная схема технологической платформы

Интегрирующее устройство соединяется с набором модулей, каждый из которых осуществляет взаимодействие с отдельным типом измерительного прибора.

К преимуществам выбранной архитектуры можно отнести следующие:

- возможность использования любых приборов, которые обладают внешним интерфейсом; для каждого прибора необходимо оснащение только соответствующим моду-

лем для подключения к коммутирующему блоку;

- универсальная обработка и регистрация всех данных на ПЭВМ (нет необходимости в отдельных программных средствах, которые предлагаются производителями каждого прибора);

- обобщение полученных данных в рамках единой информационной модели.

Схема потоков измерительной информации в системе приведена на рисунке 2.

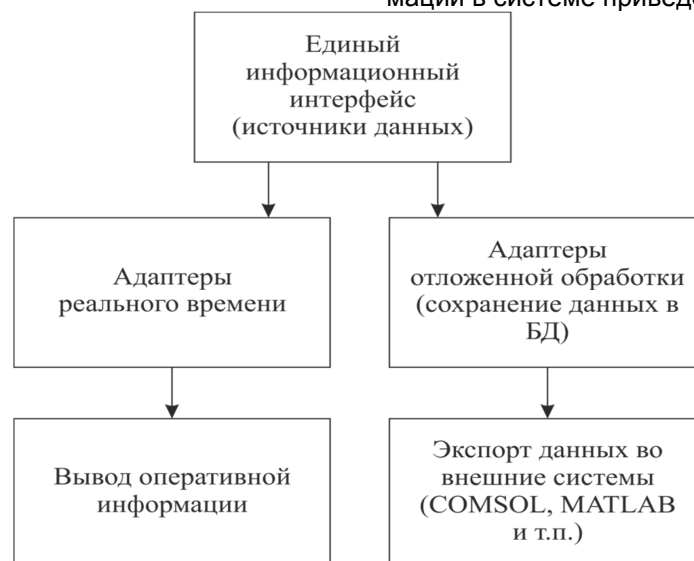


Рисунок 2 – Схема информационных потоков

Аппаратная часть платформы реализует единый информационный интерфейс доступа к данным, которые фиксируются измерительным оборудованием. В дальнейшем проводится оперативный анализ данных в реальном времени, которые сохраняются для проведения более подробного анализа. Для этой цели в информационную модель вводятся две группы адаптеров: реального времени и отложенной обработки.

Адаптеры реального времени – это программы, которые проводят экспресс-анализ поступающей с приборов информации. Как правило, подобные адаптеры входят в состав программного обеспечения, поставляемого вместе с измерительными приборами. Данная группа программ отвечает за вывод мгновенных значений измеряемых параметров, а также за вывод производной информации (например, времени допустимого пребывания человека, рассчитанного по мгновен-

ному значению). Ввиду временного ограничения эти программы осуществляют только простые вычисления. Время вычисления одной операции должно быть меньше времени между двумя измерениями, осуществляемыми измерительным прибором (типичное время между двумя измерениями в современных измерительных средствах промышленного образца – 1 секунда). Возможны и более сложные вычисления, однако это вносит задержку в обработку данных. Например, если вычисление занимает 2 секунды, а время между двумя измерениями – 1 секунда, то можно повторять вычисление один раз на каждые два значения измерительных данных (либо усредняя данные, либо отбрасывая лишние). В типичном случае (исследование электромагнитной обстановки в офисном или промышленном объекте) такие задержки можно считать допустимыми, если адаптеры реального времени предоставляют при этом ценную информацию.

Адаптеры отложенной обработки данных отвечают за сохранение результатов измерений в базе данных (или, в простом случае, в текстовом файле). Может использоваться как база данных, встроенная в программное обеспечение, так и находящаяся под управлением выделенной системы управления. Данные в этой базе хранятся в течение продолжительного периода времени (как минимум – до окончания анализа результата измерений) в едином формате, не зависящем от использованных измерительных средств. Это позволяет использовать базу для экспорта данных в специализированные системы анализа (COMSOL, MATLAB, Mathematica и др.). Преимуществом такого сценария работы является унификация режима доступа к измерительным данным. Фактически необходимо иметь по одному модулю экспорта для каждой системы анализа данных (для сравнения, при использовании различных измерительных приборов без технологической платформы потребовались бы модули для связи каждого прибора с каждым блоком анализа данных, что увеличило бы трудозатраты в десятки раз).

В целом описанная модель информационных потоков позволяет дорабатывать средства обработки информации (представленные адаптерами) без изменения ядра системы (единого информационного интерфейса), т.е. реализовать локальность изменений, что является признаком устойчивости информационной системы. Модульность платформы позволяет независимо разрабатывать аппаратные и программные модули, реали-

зующие подключение к платформе новых аппаратных и программных комплексов. В роли аппаратных комплексов могут служить новые измерительные приборы и датчики, а в роли программных комплексов – дополнительные внешние системы анализа и визуализации состояния электромагнитного поля (например, OpenFOAM). Следует учесть также возможность стандартизировать способы представления информации по результатам анализа.

Для примера рассмотрим механизм выявления опасных составляющих электромагнитного поля, позволяющий на основе компьютерного моделирования определять допустимое время пребывания людей в различных зонах исследуемых объектов с помощью формируемой картины опасности, реализованной с помощью алгоритмов, приведенных в [5].

На рисунке 3 представлена модель электрического поля частотой 30 кГц в помещении с информационно-технологическим оборудованием, полученная с помощью специализированного программного обеспечения COMSOL Multiphysics.

Эта модель дает представление о параметрах электрического поля частотой 30 кГц в пространстве помещения.

Математические выражения, приведенные в [1, 2], позволяют вычислить максимально допустимое время пребывания человека в электрическом поле. С помощью этих выражений модель электрического поля может быть преобразована в картину допустимого времени пребывания человека в различных зонах помещения, представленную на рисунке 4.

Эта картина является более наглядной и может быть использована для планирования мероприятий по обеспечению электромагнитной безопасности.

Существует ряд перспективных направлений, позволяющих учесть совокупное влияние электромагнитных излучений (ЭМИ) от различных источников, а также повысить наглядность картины опасности.

При этом может быть использована рекомендуемая в [3] формула:

$$\sum_{j=1}^m \left(\frac{E_{\text{сумм } j}}{E_{\text{ПДУ } j}} \right)^2 + \sum_{q=1}^k \left(\frac{\text{ППЭ}_{\text{сумм } k}}{\text{ППЭ}_{\text{ПДУ } k}} \right)^2 \leq 1, \quad (1)$$

где $E_{\text{сумм } j}$ – суммарная напряженность электрического поля, создаваемая источниками ЭМП j -того нормируемого диапазона;

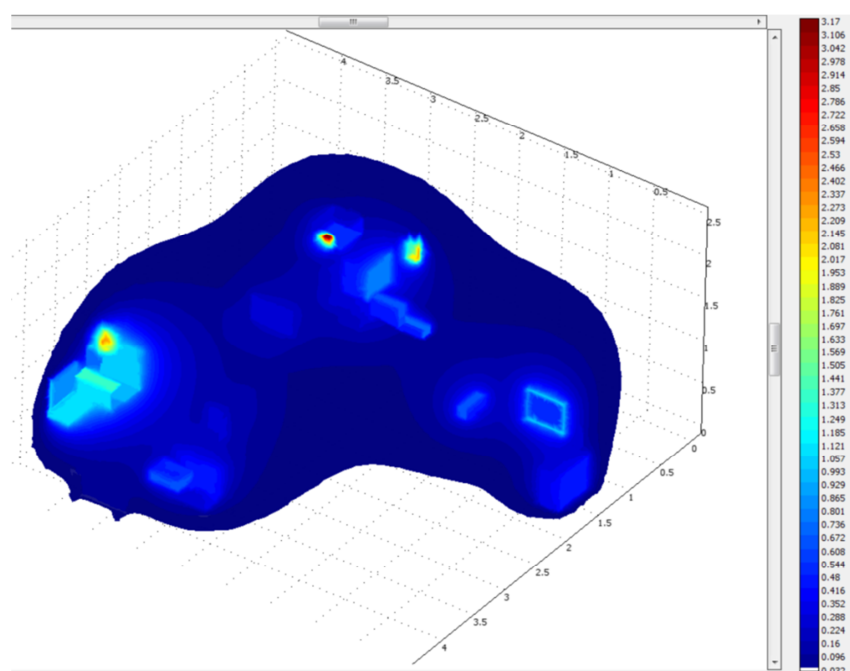


Рисунок 3 – Трехмерная картина распределения напряженности электрического поля в исследуемом помещении

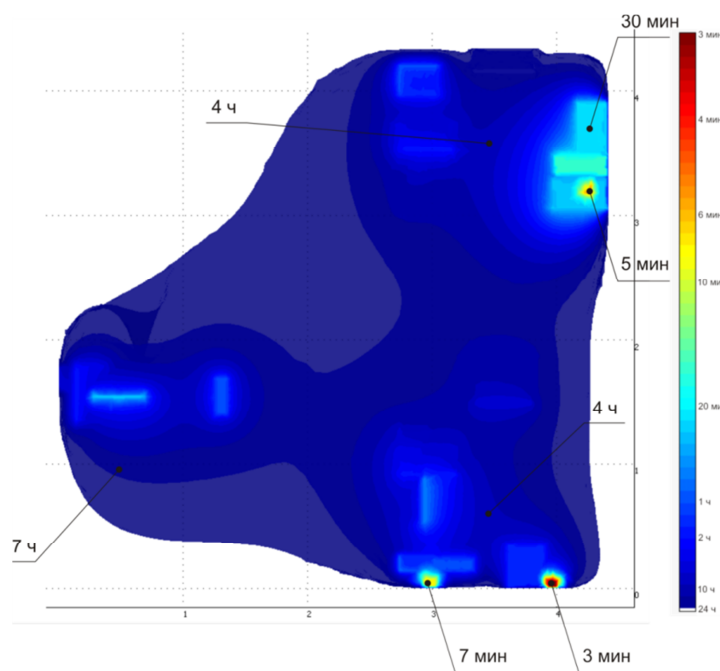


Рисунок 4 – Картина допустимого времени пребывания человека в различных зонах помещения (проекция развернута на 135°)

$E_{ПДУ j}$ – ПДУ напряженности электрического поля j -го нормируемого диапазона;

$ППЭ_{сумmk}$ – суммарная плотность потока энергии, создаваемая источниками ЭМП k -го нормируемого диапазона;

$ППЭ_{ПДУ k}$ – ПДУ плотности потока энергии k -го нормируемого диапазона;

m – количество диапазонов, для которых нормируется E ;

q – количество диапазонов, для которых нормируется ППЭ.

В соответствии с [3], электрическое поле нормируется в следующих диапазонах частот, МГц: 0,03 – 3; 3 – 30; 30 – 50; 50 – 300; 300 – 300000. Напряжённость электрического поля нормируется для первых четырёх диапазонов, ППЭ – только для последнего.

Формула (1) позволяет построить новую картину опасности, используя модели для каждой частоты. Такая необходимость возникает в случае превышения ПДУ на нескольких частотах ЭМИ.

При построении картины опасности возникает проблема оценки опасности зон, соседствующих с зонами повышенного уровня излучения. Эта задача может быть решена путем построения цилиндрической картины опасности. Для этого помещение разбивается на зоны, ограниченные цилиндрами, внутри которых имеется источник с наибольшим уровнем излучения. Радиус цилиндра – 0,5 м, высота цилиндра – 2 м (размеры зависят от специфики работы людей). Наивысший уровень излучения внутри цилиндра обуславливает опасность нахождения человека в конкретной точке помещения.

Предложенный метод может быть формализован следующим выражением:

$$f'(x, y) = \max_{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 < R; z < H} f(x, y, z), \quad (2)$$

где $f'(x, y)$ – функция, значения которой формируют изображение;

$f(x, y, z)$ – исходная отображаемая функция;

R – радиус цилиндра;

H – высота цилиндра.

Выражение $\max_{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 < R; z < H} f(x, y, z)$

определяет для каждой точки с координатами (x_0, y_0) максимальное значение функции f внутри цилиндра радиусом R и высотой H с осью, параллельной оси z и проходящей через точку (x_0, y_0) , описываемого уравнением

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 < R; z < H, \quad (3)$$

Если внутрь цилиндра, построенного по вышеописанным правилам из точки A , попадает точка B с высоким уровнем излучения, можно считать, что в точке A уровень опасности также будет высоким.

На рисунке 5 представлена так называемая цилиндрическая картина опасности электромагнитного поля, полученная путем преобразования картины на рисунке 4. Распределение и площади опасных областей изменились: опасными являются более обширные области. Точечные источники электромагнитного поля создают цилиндрические зоны повышенной опасности; системные блоки персональных электронно-вычислительных машин, мониторы создают зоны в форме цилиндрических тел с эллипсообразным сечением.

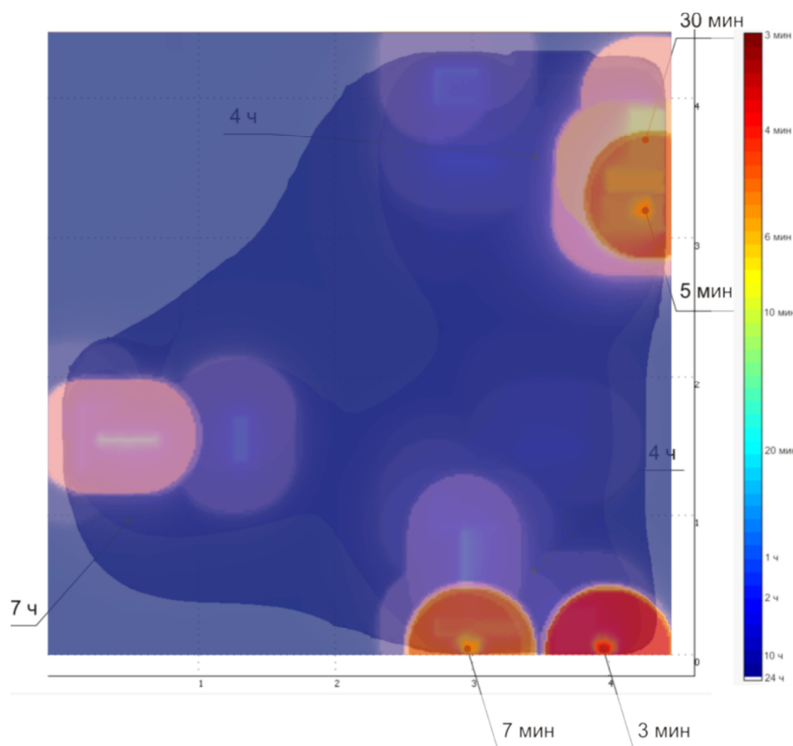


Рисунок 5 – Цилиндрическая картина опасности электромагнитного поля
ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 4 Т.1 2014

Полученная картина позволяет учитывать не только расположение зон с повышенным уровнем электромагнитного излучения, но и расстояние от рабочих мест до этих зон, а также возможность попадания в опасную зону человека, работающего поблизости.

Подобный способ представления можно также использовать в адаптерах реального времени (рисунок 2). Изображение цилиндрической картины опасности, рассчитанной на основании мгновенного значения измеряемого параметра электромагнитного поля, является достаточно информативным и наглядным.

Описанный подход позволяет существенно повысить эффективность интегрированного контроля параметров электромагнитной обстановки и получать наглядное представление картин опасности электромагнитных излучений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы [Текст]. – Введ. 2003-06-30. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 27 с.
2. СанПиН 2.2.4-2.1.8.055-96. Излучения радиочастотного диапазона. [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 2009.
3. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов. [Текст].
4. Карякин, Р. Н. Основы электромагнитной совместимости [Текст]: учебник для вузов / Р.Н. Карякин, Л.В. Куликова, О.К. Никольский, А.А. Сошников, Н.Т. Герцен, Т.В. Еремина, А.А. Зайцев; под ред. Р.Н. Карякина; Алт. гос. тех. ун-т им. И.И. Ползунова. – Изд. 2-е, перераб. – Барнаул: ОАО «Алтайский дом печати», 2009. – 470 с.
5. Пат. 2476894 Российская Федерация, МПК7 G 01 R 29/08. Способ контроля электромагнитной безопасности [Текст] / Н.П. Воробьев, О.К. Никольский, А.А. Сошников, Е.В. Титов ; патентообладатель ФГБОУ ВПО Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. – № 2011113569/28(020098) ; заявл. 07.04.2011 ; опубл. 27.02.2013.
6. Воробьев, Н.П. Оценка состояния электромагнитной обстановки в помещениях [Текст] / Н.П. Воробьев, Е.В. Титов, И.Е. Мигалев // Вестник КрасГАУ. – Красноярск, 2013. – № 1. – С. 134 - 138.
7. Сошников, А.А. Развитие методов инструментального контроля состояния электромагнитной безопасности [Текст] / А.А. Сошников, Е.В. Титов // Международный научный журнал. – 2010. – № 4. – С. 97 – 99.
8. Сошников, А.А. Контроль электромагнитной обстановки на объектах с источниками электромагнитных излучений [Текст] / А.А. Сошников, Н.П. Воробьев, Е.В. Титов // Ползуновский вестник. – 2012, № 4. – С. 64 – 68.
9. Сошников, А.А. Обеспечение безопасности процесса обработки семян в СВЧ-поле [Текст] / А.А. Сошников, Е.В. Титов // Ползуновский вестник. – 2012, № 4. – С. 69 – 74.
10. Байда, Л.И. Электрические измерения [Текст]: учебник для вузов / Л.И. Байда, Н.С. Добротворский, Е.М. Душин – 5-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1980. – 392 с., ил.

Сошников А. А. - 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.

Мигалёв И. Е. - АлтГТУ им. И.И. Ползунова, кафедра «Электрификация производства и быта», аспирант,
E-mail: i.migalev@gmail.com,
тел. (3852) 36-71-29.