

ма являются выборка скорректированных измерений и выборка сбойных измерений. Алгоритм реализован в системе программного обеспечения обработки и оценки измерительной информации.

Библиографический список

1. Смоляк С.А., Титаренко Б.П. Устойчивые методы оценивания. М.: Статистика, 1980. 208 с.
2. Устойчивые статистические методы оценки данных /Под ред. Р.Д.Лонера, Т.Н.Уилкинсона. М.: Машиностроение, 1984. 230 с.
3. Фомин А.Ф., Новоселов О.Н., Плющев А.В. Отбраковка аномальных результатов измерений. М.: Энергоатомиздат, 1985. 200 с.

УДК 621.391.823:681.3

О.Ф.Григорьев, Ю.Н.Секисов, Е.А.Симановский

Куйбышевский авиационный институт им. академика С.П.Королева

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ ДЛЯ ПОМЕХ КОММУТАЦИОННОГО ТИПА

Описана методика определения параметров электромагнитных полей, определяемых наличием помех коммутационного типа. Предложены физическая и математическая модели рецептора, приведены результаты расчетов.

С развитием общества постоянно возрастает число радиоэлектронных средств (РЭС), применяемых практически во всех отраслях народного хозяйства. В связи с этим необходимо решать задачи электромагнитной совместимости (ЭМС) радиоэлектронных устройств, проводить работы по их помехозащищенности, оценивать влияние непре-

Автоматизация научных исследований. Куйбышев, 1990.

намеренных электромагнитных помех (НЕМП) на радиотехнические средства. Возрастание числа элементов и устройств, подлежащих помехозащите, а также применение в основном численных методов расчета параметров электромагнитных полей однозначно приводит к автоматизации проблемы ЭМС и электромагнитной восприимчивости (ЭМВ). "Переложить" на ЭВМ рутинные вычисления - прямая задача автоматизации, облегчающая труд конструктора-технолога РЭА или средств вычислительной техники. Актуальны и другие задачи, связанные с автоматизацией исследований образцов новой техники на ЭМС и ЭМВ, а также автоматизацией испытаний промышленной продукции (морские суда, самолеты, автомобили и т.п.).

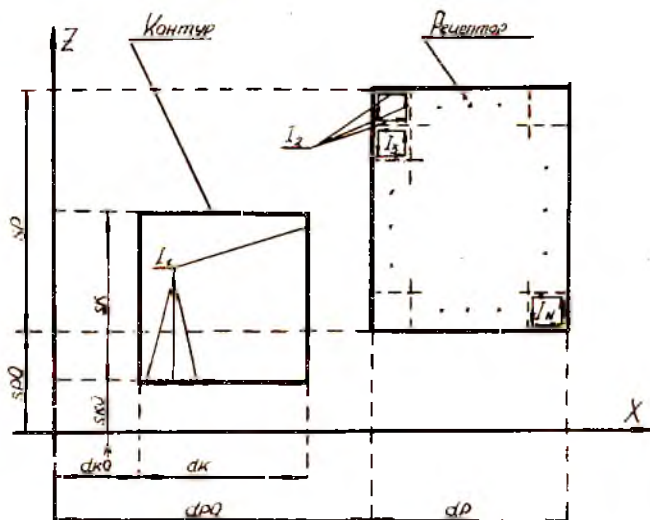
Задачи, решаемые автоматизированными системами научных исследований (АСНИ) или испытаний (АСИ), должны содержать такое программное обеспечение (ПО), которое позволяло бы на различных этапах НИР и ОКР проводить оценку на соответствие изделия заданным параметрам, в том числе, по параметрам ЭМС и ЭМВ. На современном этапе развития ПО вполне оправданно заложить в проект АСНИ/АСИ принципы новой информационной технологии, т.е. искусственный интеллект. Проблемы оценки ЭМС, науки, которая только получает право на признание, связаны как с проведением сложных и длительных расчетов по уже известным методикам (обычно для частных случаев), так и с разработкой новых методов и алгоритмов. Причем вследствие сложной электромагнитной обстановки (ЭМО) как внутри объекта исследования, так и вне его, существующие методики не позволяют построить требуемые алгоритмы и соответствующие ПО АСНИ и АСИ. С точки зрения проектирования ПО оценки ЭМО должно (по предложенной классификации [1]) отвечать как требованиям экспертных систем, так и требованиям интеллектуальных пакетов прикладных программ.

Появление профессиональных персональных ЭВМ с большими возможностями (объем оперативного запоминающего устройства (ОЗУ), "жесткие" и гибкие магнитные диски, большое быстродействие) позволяет часть задач ЭМС и ЭМВ решать без привлечения громоздких теорий, основываясь на формуле Био-Савара-Лапласа

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{[d\vec{a}, \vec{R}^0]}{R^2}, \quad (I)$$

где dB - индукция в некоторой точке пространства, создаваемая элементом тока длиной da и амплитудой тока, R^0, R - соот -

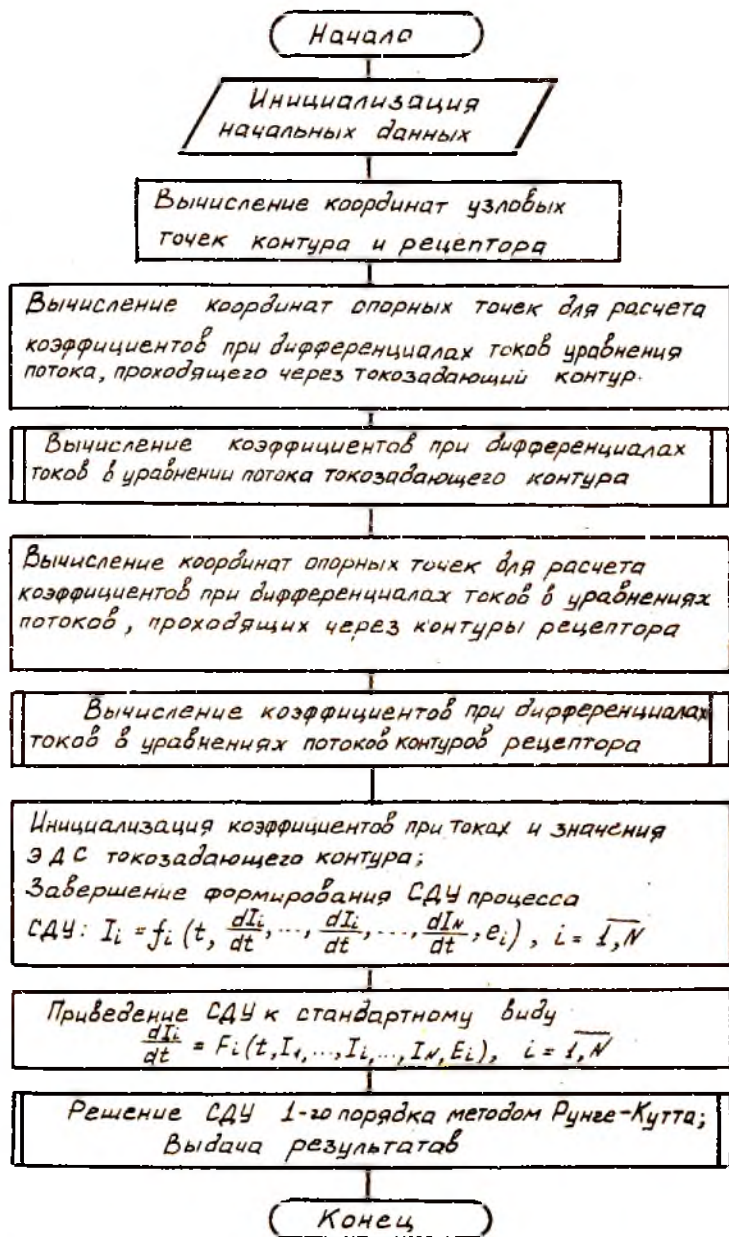
ответственно единичный вектор и расстояние от элемента тока до точки наблюдения, μ_0 – магнитная проницаемость вакуума.



Р и с. 1. Расположение проводящего контура и рецептора

В частности, имеет практический интерес нахождение параметров электромагнитного поля в пространстве, окружающем проводящую пластину, при взаимодействии с магнитным полем импульса тока в проводящем контуре. По классификации НЭМП [2] такие помехи можно отнести к классу промышленных помех, подклассу кондуктивных. Рассмотрим процесс, возникающий в РЭС при коммутации тока (напряжения), и определим ЭМО рецептора. Расположение проводящего контура и рецептора показано на рис. 1, а укрупненная блок-схема программы – на рис. 2.

Используя формулу (1), а также первый закон Кирхгофа, можно построить математическую модель взаимодействия контура тока произвольной формы и рецепторов – физических объектов из проводящего материала. При этом электропроводящие объекты замещаются боль-



Р и с. 2. Укрупненная блок-схема алгоритма построения математической модели

шим числом контуров вихревых токов, располагаемых на их поверхностях, причем контур задающего тока и контуры вихревых токов делятся на элементарные отрезки - элементы тока. В этом случае математическая модель процесса, возникающего в РЭС, при коммутации тока может быть представлена в виде системы дифференциальных уравнений I-го порядка с нулевыми начальными условиями (СДУ):

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\Phi_1}{dt} + I_1 R_1 = E \\ \frac{d\Phi_2}{dt} + I_2 R_2 = 0 \\ \frac{d\Phi_N}{dt} + I_N R_N = 0, \end{array} \right. \quad (2)$$

где E - ЭДС, возбуждающая ток в задающем контуре, R_i - сопротивление I-го контура, Φ_i - совокупный магнитный поток, сцепленный с I-м контуром.

Совокупный магнитный поток можно записать как

$$\Phi_i = \sum_{j=1}^N \Phi_j^i = \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^K dB_{jk}^i \Delta S_k^i, \quad (3)$$

где Φ_j^i - составляющая потока через I-й контур, вызванная j -м потоком, K - число элементарных площадок, на которое разбивается площадь контура тока, ΔS_k^i - элементарная площадка контура I, dB_{jk}^i - индукция от тока j в I-м контуре на площадке k .

С учетом выражений (1) и (3) СДУ (2) позволяет найти токи контуров как функции времени, а также индукцию в любой точке пространства как векторную сумму составляющих dB_{jk}^i , вызванных каждым элементом тока всех контуров

$$B = dB_{11}^1 + dB_{21}^1 + dB_{31}^1 + \dots + dB_{12}^1 + \dots + dB_{11}^2 + \dots + dB_{jK}^N + \dots$$

Проиллюстрируем данный подход на примере моделирования переходного процесса, возникающего при коммутации источника напряжения, системы "контур-рецептор" (см. рис. 1). При принимаемых допущениях (контур и рецептор находятся в одной плоскости, их сто-

роны соответственно параллельны, толщины контура и рецептора достаточно малы) можно задаться прямоугольной двумерной системой координат. Далее, в соответствии с предложенной концепцией, сегментируем контур задающего тока (далее по тексту - "токозадающий контур") и рецептор на элементарные дискреты токов.

При коммутации источника напряжения токозадающий контур в силу переходного процесса порождает изменяющееся электромагнитное поле, которое пронизывает систему элементарных контуров рецептора. В свою очередь, порожденные вихревые токи имеют такие направления, при которых созданные этими токами ответные электромагнитные поля противодействуют полю токозадающего контура и оказывают влияние на время переходного процесса. Поэтому, если условно принять направление тока в токозадающем контуре против часовой стрелки, направление вихревых токов также будет против часовой стрелки.

Имея фиксированные геометрические параметры элементов токов токозадающего контура и рецептора в выбранной системе координат, задавшись условным направлением токов, можно получить математическое выражение потока, сцепленного с любым контуром системы "контур-рецептор" (1), (3). Для этого сначала нужно определить индукцию поля на элементарной площадке от 1-й дискреты токозадающего контура, затем сложить результат с индукцией от 2-й дискреты, 3-й и т.д.; затем подсчитать индукцию от сторон 1-го элементарного контура рецептора, 2-го и т.д. до N -го. Перебрав все элементарные площадки контура, соответственно сложив результаты вычислений и продифференцировав выражение по времени, получим дифференциальную часть одного из уравнений системы (2).

Дополнив дифференциальную часть каждого уравнения соответствующим слагаемым и значением ЭДС контура, получим СДУ (2) с нулевыми начальными условиями следующего вида:

$$\dot{I}_i = f_i \left(t, \frac{dI_1}{dt}, \frac{dI_2}{dt}, \dots, \frac{dI_i}{dt}, \dots, \frac{dI_N}{dt}, e_i \right), \quad i = \overline{1, N},$$

где N - число контуров, причем 1 - токозадающий контур, от 2 до N - элементарные контуры рецептора; I_i - ток 1-го контура;

$\frac{dI_i}{dt}$ - дифференциал i -го тока; f_i - вычислительная функция для i -го тока; t - независимый параметр (время); e_i - ЭДС i -го контура.

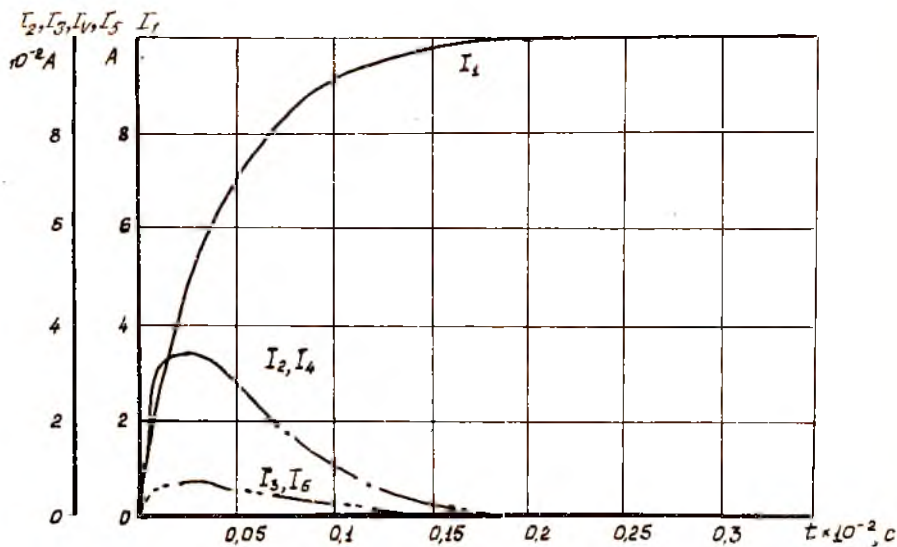
Для решения (4) можно воспользоваться какой-либо процедурой численного метода решения СДУ (метод Рунге-Кутты, Адамса и т.п.). Однако необходимо привести СДУ к стандартному виду:

$$\frac{dI_i}{dt} = F_i(t, I_1, I_2, \dots, I_i, \dots, I_N, E_i), \quad i = \overline{1, N}, \quad (5)$$

где F_i - вычислительная функция для $\frac{dI_i}{dt}$; E_i - преобразованное значение ЭДС.

Преобразование, применяемое здесь, аналогично методу Зейделя для решения системы линейных уравнений.

Предложенные алгоритмы реализованы на языке Фортран-77 в операционной среде MS DOS на ПЭВМ типа IBM PC/XT. Результаты работы ПО в виде зависимости токов контуров от времени представлены на рис. 3.



Р и с. 3. Зависимость токов контуров от времени для частного случая

Разработанные алгоритмы и ПО позволяют оценивать параметры НЭМП, возникающих при коммутации тока и напряжения, а также проводить оценку ЭМО для поверхностей сложной формы.

Дальнейшее продолжение работы видится в развитии следующих аспектов:

построение интеллектуальных средств оценки параметров ЭМО для АСНИ/АСИ;

разработка методов и методик оценки ЭМС и ЭВМ для объекта исследований произвольного типа и конфигурации.

Необходимость таких направлений работ диктуется как важностью научных исследований, так и практической потребностью промышленного производства.

Библиографический список

1. Поспелов Г.С. Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии. М.: Наука, 1988. 280 с.
2. Князев А.Д., Кечиев Л.Н., Петров Б.В. Конструирование радиоэлектронной аппаратуры с учетом электромагнитной совместимости. М.: Радио и связь, 1989. 224 с.

УДК 681.3+536.26

Л.Е.Сорокин, С.Р.Окуневич

Пермский государственный университет

ПАКЕТ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
УСТОЙЧИВОСТИ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ТЕЧЕНИЙ
И РАВНОВЕСИЯ ЖИДКОСТИ

Приводится описание одного из первых пакетов программ, предназначенных для исследования течений и равновесия жидкости относительно малых возмущений. Для исследования устойчивости

Автоматизация научных исследований. Куйбышев, 1990.
