

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ

На правах рукописи

ШАЛОМЫГИН МАКСИМ ВЛАДИМИРОВИЧ

РАСЧЕТ И ИССЛЕДОВАНИЕ НЕОДНОРОДНЫХ ЭКРАНОВ
ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В СВТ.

Специальность 05.09.05 - Теоретическая электротехника.

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Киев-1992



00816827 (W)

Робота виконана в Інституті електродинаміки АН України.

- | | |
|--------------------|---|
| Научний керівник | - доктор технічних наук, старший науковий співробітник А. І. Титко |
| Офіційні опоненти | - доктор технічних наук, старший науковий співробітник В. Ф. Резцов |
| | - доктор технічних наук, професор В. В. Яковенко |
| Ведуча організація | - НИИ "Квант" (г. Москва) |

Захист состоится 22 декабря 1992г.
в 14 час., на засіданні спеціалізованого наукового ради
Д 016.30.03. в Інституті електродинаміки АН України
(252680, г. Київ-57, проспект Перемоги, 56, тел. спецради
446-91-15).

С дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці
Інституту електродинаміки АН України.

Автореферат розподан "20" ноября 1992г.

ЛННБ ім. В. Стефаніка
АН УРСР

Учений секретар
спеціалізованого наукового ради,
доктор технічних наук

В. С. Федий

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы обусловлена ростом информатизации народного хозяйства, необходимостью обеспечения электромагнитной совместимости средств вычислительной техники (СВТ) и защиты информации, излучаемой в открытом пространстве через технологические отверстия, а также вдоль направляющих систем (например, вдоль внешней поверхности оплетки коаксиальных кабелей связи).

Интерес к изучению проблемы защиты информации СВТ и обеспечения электромагнитной совместимости проявляется с момента создания цифровых ЭВМ. Защиту информации обеспечивают манипулированием рабочими сигналами, активными системами снижения уровня сигналов и экранированием. Диссертационная работа посвящена методам исследования и разработке эффективных средств защиты информации ЭВМ неоднородными экранами. Использование скоростных ЭВМ обуславливает необходимость решения также проблемы электромагнитной совместимости электронновычислительного и другого электронного оборудования.

Экспериментальные и расчетные исследования показывают, что наибольший уровень излучения производят мониторы, принтеры и разъемы интерфейсных кабелей СВТ. Эффективное экранирование таких источников является в настоящее время весьма актуальной задачей. Сложность задачи требует создания методик расчета характеристик распространения электромагнитных сигналов и проведения соответствующих экспериментов для их качественной проверки.

Цель данной диссертационной работы является разработка и исследование неоднородных экранов высокочастотной техники, в частности экранов СВТ, для защиты информации от несанкционированного доступа и обеспечения электромагнитной совместимости СВТ, а также разработка способов и средств обеспечения эффективного искажения и снижения уровня рабочих сигналов, излучаемых во внешнее пространство и распространяемых по направляющим системам СВТ.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие задачи:

-разработка уточненных математических моделей для расчета и исследования характеристик переизлучения от неоднородностей, со сложными структурой и формой оболочек экранов высокочастотной техники;

-создание методик расчета и исследования переходных процессов при распространении электромагнитных сигналов несущей частоты по направляющим системам СВТ;

-подготовка комплексной методики расчета электромагнитных процессов в замкнутой области с источниками высокочастотного излучения, ограниченной неоднородным экраном на основе приложения метода Галеркина;

-разработка и исследование новых способов повышения эффективности неоднородных экранов СВТ для защиты информации;

Методы исследований.

Методы исследований, использованные для решения задач экранирования СВТ для защиты информации, включают: интегральные формулировки явлений излучения; вариационные (в частности Ритца и Галеркина); метод разложения рабочих сигналов СВТ в гармонический ряд Фурье; элементы теории автоматического управления переходными процессами. Экспериментальные исследования проведены с использованием ЭВМ, путем измерения индукции электромагнитного поля в широком диапазоне частот.

Автор защищает:

- математические модели для расчета и исследования характеристик переизлучения от неоднородностей, со сложными структурами и формой оболочек экранов высокочастотной техники;

-методику расчета и исследования переходных процессов при распространении электромагнитных сигналов несущей частоты по направляющим системам СВТ;

-комплексную методику расчета электромагнитных процессов в замкнутой области с источниками высокочастотного излучения, ограниченной неоднородным экраном на основе приложения методов Ритца и Галеркина;

-результаты исследований характеристик: распространения электромагнитных сигналов от разъемного присоединения

интерфейсных кабелей; излучения различной формы источников в экранируемом помещении; влияния параметров направляющей системы на форму распространяемого по ней сигнала;

-результаты исследования эффективности новых способов повышения эффективности неоднородных экранов СВТ для защиты информации;

-новые технические средства и способы повышения эффективности неоднородных экранов СВТ для защиты информации.

Научная новизна.

1. Разработан комплекс новых математических моделей на основе теории цепей для расчета характеристик электромагнитного поля излучения и переизлучения от неоднородностей в экранирующих оболочках оборудования и коаксиальных кабелей связи, которые позволяют учесть их сложную форму и слоистость; характеристик распространения электромагнитных сигналов вдоль направляющих систем (в частности, внешней поверхности оболочки коаксиальных кабелей связи), которые позволяют учесть переходные процессы, обусловленные крутым фронтом рабочих сигналов СВТ.

2. Разработаны новые и уточнены существующие методики расчета и исследования эффективности неоднородных экранов для защиты информации СВТ.

3. Разработаны и научно обоснованы рекомендации по повышению эффективности экранирования для защиты информации и обеспечения электромагнитной совместимости СВТ.

4. Предложены новые способы и средства снижения уровня и искажения сигналов ЭВМ, излучаемых во внешнее пространство

Практическая ценность.

Разработан пакет прикладных программ для расчета характеристик экранирования СВТ, разработаны и научно обоснованы рекомендации по повышению эффективности экранирования СВТ. Результаты работы позволили укрепить методическую базу расчета и исследований неоднородных экранов для защиты информации СВТ.

Реализация результатов работы.

Результаты работы использованы при создании средств

защиты информации СВТ в НИИ "Квант" (г. Москва). Предложенные методики, проведенные исследования и практические рекомендации позволили научно обосновать конструктивные мероприятия по повышению эффективности экранирования для обеспечения информационной защищенности и электромагнитной совместимости СВТ.

Апробация работы.

Основные результаты диссертации докладывались на семинарах "Электромагнитные и тепловые процессы в высокоиспользуемых электрических машинах" Научного совета АН Украины по комплексной проблеме "Научные основы электроэнергетики". Киев, 1992г.

Публикации.

Основное содержание диссертации достаточно полно изложено в 13 печатных работах, в том числе в 4 отчетах по НИР.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 111 наименований и приложения. Изложена на 162стр., из них 131стр. машинописного текста, 36 рисунков на 29стр., список литературы на 9стр., приложение 2стр.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении отражена актуальность темы, сформулированы методы расчетов и исследований, изложены полученные новые научные результаты, приведены сведения о практической ценности, реализации, структуре и объеме работы.

В первой главе дан краткий обзор методик расчета характеристик экранирования и излучения. Рассмотрен широкий диапазон подходов к решению задач расчета характеристик электромагнитного поля в различных условиях. Проведен краткий анализ существующих методик расчета разных излучателей и с целью упрощения вычисления характеристик поля излучения группы излучателей или излучателя сложной формы, "разбитого" на несколько излучателей простой формы. Следует отметить большой интерес к данной проблеме, т.к. постоянно растет число телерадиосвязей.

Вторая глава посвящена проблемам расчета и исследования

характеристик распространения рабочих сигналов СВТ вдоль направляющих систем, в качестве которых могут выступать элементы СВТ и другого оборудования, способные к переносу электромагнитной энергии.

Для исследования характеристик распространяемого сигнала использована модель, представляющая собой цепь, параметры элементов которой поставлены в зависимость от структуры направляющей системы. Моделирование направляющих систем осуществлено также путем представления модели в виде многополюсника либо системы многополюсников. В обоих случаях адекватность модели зависит от точности расчета удельных электрических параметров системы R, L, C, G .

По интерфейсным каналам связи как внутри ЭВМ, так и в периферийных системах информация передается в виде пакетов трапецидальных импульсов, имеющих крутой фронт и частоту 1-100 МГц. В случае, если направляющей системой выступает внешняя оболочка коаксиального кабеля, то участок цепи рассматривается как пассивный четырехполюсник с некоторыми электрическими параметрами. Для анализа влияния таких цепей на форму рабочих сигналов СВТ использован спектральный метод, который требует определения передаточной функции цепи $W(\omega)$

В связи с тем, что информационный сигнал имеет прямоугольную или трапецидальную с круглым фронтом форму, то искажающее действие рассматриваемой модели на сигнал определяется переходными процессами в направляющей системе.

Переходные процессы исследованы по передаточной и переходной функциям. Определение передаточной функции по напряжению привело к выражению

$$W(p) = \frac{U_2(p)}{U_1(p)} = \frac{1}{I^*LCp^2 - RCpI^* + 1}$$

где U_1, U_2 - значение напряжений в начале и в конце исследуемого участка соответственно; R, L, C - электрические параметры условной цепи; I^* - отношение тока проводимости к току утечки. Данное выражение имеет явное соответствие передаточной функции звена управления:

$$W(S) = \frac{k}{T^2 S^2 + 2\tau TS + 1}$$

Находим, что период колебания $T = (I^*LC)^{1/2}$; коэффициент демпфирования $\tau = R/2(I^*C/L)^{1/2}$; параметр $k=1$. Величины тока проводимости I_L и тока утечки I_C определены из выражений

$$I_L = I_1 [\operatorname{ch}(\gamma l) - Z_{\text{вх}}/Z_B \operatorname{sh}(\gamma l)],$$

$$I_C = I_1 - I_L,$$

где l - длина исследуемого участка системы; I_1 - входной ток; $Z_{\text{вх}}, Z_B$ - входной и выходной импеданс системы; γ - коэффициент распространения.

Исследование частотных характеристик участка системы как инерционного звена управления позволяет провести анализ влияния различных конструктивных изменений направляющей системы на параметры сигнала.

Переходная функция $h(t)$, определяется воздействием на систему единичного прямоугольного импульса. А так как рабочие сигналы СВТ имеют почти прямоугольную форму, то параметры системы могут быть подобраны таким образом, чтобы при определенной скорости чередования сигналов, каждый следующий сигнал подходил до окончания переходного процесса предыдущего и еще более искажался. На рис.1 кривая 1

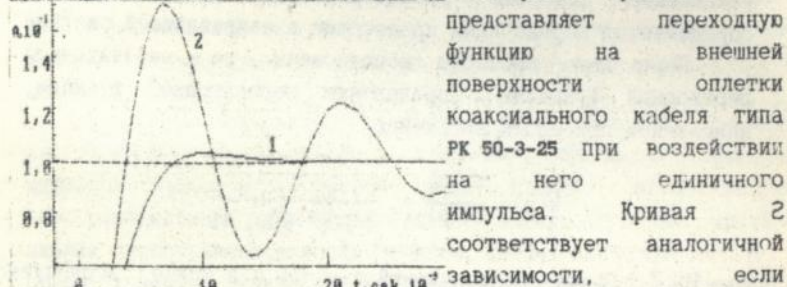


Рис. 1

представляет переходную функцию на внешней поверхности оплетки коаксиального кабеля типа РК 50-3-25 при воздействии на него единичного импульса. Кривая 2 соответствует аналогичной зависимости, если относительная магнитная проницаемость среды распространения сигнала равна 10.

Для спектрального анализа рабочих сигналов СВТ использована полная и ортогональная система базисных функций тригонометрического ряда Фурье. Очевидно, что разложение в ряд Фурье функции, описывающей эти импульсы, имеет нулевую и

нечетные гармонические составляющие, так как эта функция нечетная. Таким образом, разложение будет иметь следующий вид:

$$F(t) = A \frac{(T_1 + T_0)}{2T} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2A[\cos(n\pi T_0/T) - \cos(n\pi T_1/T)]}{n^2 \pi^2 (T_1 - T_0)} - T \cos(n\pi t/T)$$

где T - период функции; n - номер гармонической составляющей; t - текущее время.

Отсюда видно, что амплитуда гармонических составляющих уменьшается обратно пропорционально квадрату номера гармонической составляющей и при расчетах следует учитывать широкий спектр частот.

Исследована зависимость расстояния, на котором амплитуда гармонической составляющей затекающего тока уменьшается до нуля, от параметров среды распространения. Эта зависимость определяется выражением

$$\gamma x = \frac{1 + \exp(2\Gamma_1 \underline{Z}_v / \underline{U}_1)}{-1 + \exp(2\Gamma_1 \underline{Z}_v / \underline{U}_1)}$$

где x - текущее расстояние; I_1, U_1 - амплитуда тока и напряжения в начале линии, волновое число и волновое сопротивление системы γ, Z_v для внешней поверхности оболочки коаксиального кабеля связи вычисляется из выражений

$$\gamma = [(0,0248(\rho\mu)^{1/2} + j\omega 0,0362\mu)0,97(\sigma + j\omega(\epsilon' + j\sigma/\omega))]^{1/2},$$

$$\underline{Z}_v = [(0,0248(\rho\mu)^{1/2} + j\omega 0,0362\mu)1,07/(\sigma + j\omega(\epsilon' + j\sigma/\omega))]^{1/2}.$$

Расчет характеристик распространения сигнала вдоль направляющих систем со слоистой структурой проведен на примере использования дополнительной оплетки в коаксиальном кабеле связи. Модель для исследования характеристик распространения затекающих токов по двухслойной оплетке имеет вид в зависимости от того заземлена дополнительная оплетка или нет.

В табл. 1 представлена зависимость изменения амплитуды гармонической волны вдоль направляющей системы от изменения параметров оплетки и изоляции коаксиального кабеля типа РК 50-3-25 на различном расстоянии. Из таблицы видно, что понижение амплитуды волны достигается путем увеличения тангенса диэлектрических потерь. Например,

Таблица 1

| Длина м. | $\epsilon=4, \mu=1,$ $\lg(\delta)=10^{-3}$ | $\epsilon=1, \mu=1,$ $\lg(\delta)=10^{-3}$ | $\epsilon=4, \mu=1,$ $\lg(\delta)=0,1$ | Дополнитель- ная оплетка |
|-------------|---|---|---|-----------------------------|
| 1 | 0,982 | 0,984 | 0,980 | 0,97 |
| 2 | 0,948 | 0,964 | 0,955 | 0,94 |
| 3 | 0,935 | 0,944 | 0,932 | 0,91 |
| 4 | 0,915 | 0,922 | 0,910 | 0,88 |
| 5 | 0,895 | 0,903 | 0,985 | 0,85 |

путем внесения медной пыли во внешнюю изоляционную оболочку кабеля либо путем применения дополнительной оплетки из высокопроводящего материала.

В третьей главе представлены методики, касающиеся расчета и исследования характеристик излучения и переизлучения неоднородностей, в экранирующих оболочках оборудования и коаксиальных кабелей связи. Рассмотрены дифракционные явления на неоднородностях высокочастотных экранов.

Переизлучение от неоднородностей в экране обусловлено наведенными токами. Разработана модель для расчета и исследования характеристик излучения таких токов, представляющая собой определенным образом ориентированную эквивалентную систему, состоящую из шести токовых элементов. Неоднородности на поверхностях второго и выше порядков приводятся к системе обусловленных прямоугольных моделей.

Как выяснилось в процессе исследования уровни переизлучения в ближней зоне небольших отверстий соизмеримы с уровнями излучения внутренних источников вблизи границ раздела. В табл. 2 приведена зависимость максимальных значений

Таблица 2.

| А/м | квадратная щель | щель, располо- женная вдоль линий тока | щель, располо- женная поперек линий тока |
|-------|--------------------|--|--|
| | 10×10мм. | 5×20мм. | 20×5мм. |
| H_x | 6,28 | 1,32 | 6,80 |
| H_y | 15,03 | 33,60 | 3,97 |
| H_z | 5,65 | 13,34 | 11,33 |

напряженности магнитного поля излучения при различной форме и

ориентации щелей. Из таблицы видно, что наиболее благоприятный случай расположения щели - вдоль поверхностных токов в экране. Тогда поверхностные составляющие распределены в области отверстия равномерно и принимают минимальные значения. Установлено, что могут быть осуществлены такие конструктивные изменения щелей, при которых можно влиять на характеристики излучаемой волны.

Разработана модель, которая описывает некоторую неоднородность цепью, состоящей из двух ветвей RLC элементов, и позволяет проводить анализ возможного варьирования эквивалентными электрическими параметрами обеих ветвей с целью достижения желаемого фазового сдвига обтекающего тока в зависимости от геометрических и структурных характеристик исследуемой неоднородности:

$$\phi = j(\omega\epsilon\mu - 1/\omega)\sigma/\epsilon,$$

где ω - угловая частота действующего поля;
 ϵ, μ - диэлектрическая и магнитная проницаемости среды;
 σ - удельная электрическая проводимость; ϕ - фазовый сдвиг.

Для слоистых граней можно записать

$$\phi = j \frac{\omega \sum \epsilon_n \mu_n / \ln(a_2/a_1)^2 - 1/\omega}{\sum \epsilon_n} \sum \sigma_n,$$

где a_1, a_2 - внешний и внутренний характерные размеры слоистой системы в зависимости от формы.

В табл. 3 показана зависимость фазового сдвига обтекающего тока (в градусах) от параметров материала торца (удельного сопротивления Ом/м. и относительной магнитной проницаемости) для однородного квадратного отверстия.

Таблица 3

| R / μ | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0,01 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 |
| 0,02 | 10 | 28 | 42 | 58 | 76 |
| 0,03 | 16 | 38 | 60 | 90 | 108 |
| 0,10 | 32 | 78 | 126 | 176 | 220 |

Полученные результаты указывают на то, что требуемый угол сдвига фазы обтекающего тока достигается при определенном соотношении удельного сопротивления и магнитной проницаемости материала торца.

Зависимость фазового сдвига тока, текущего по граням отверстий, от их размеров показана в табл. 4.

Таблица 4

| размер ств. ($\text{м}^2 \times 10^{-3}$) | 10 | 20 | 40 | 60 | 100 |
|--|----|----|-----|-----|-----|
| прямоугольник 1×20 | 38 | 86 | 148 | 216 | 303 |
| квадрат | 26 | 59 | 110 | 162 | 236 |
| круг | 60 | 62 | 68 | 72 | 79 |

Из таблицы следует, что если для круглого отверстия фазовый сдвиг мало изменяется с ростом величины отверстия, то для прямоугольных отверстий эта зависимость становится круче с увеличением разности сторон. Установлено, что существенным фактором, влияющим на величину фазового сдвига тока, является толщина оболочки по торцу отверстия и уровень поля излучения увеличивается одинаково для круглых и квадратных отверстий до величины $Z/\lambda < 0,08$, где Z —расстояние до параллели к поверхности отверстия.

Неоднородности в оплетке коаксиального кабеля связи, как правило, возникают при подключении его к разъемам, так как оплетка разделяется в жгуты, которые подпаиваются к нему в

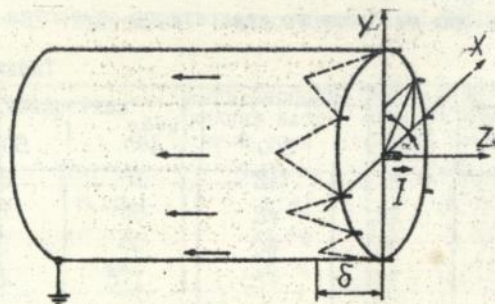


Рис. 2

одной или нескольких точках. Такие неоднородности обуславливают возникновение токов, текущих в аксиальном и тангенциальном направлениях зон открытия оплетки, которые затекают на внешнюю поверхность оболочки, а также способствуют проникновению поля, излучаемого токами средней жилы и отдельных соединительных жгутов (рис. 2) во внешнее пространство. Для количественной оценки протекающих процессов построены и реализованы математические модели этих процессов, которые позволяют исследовать зависимость уровня излучаемого поля от числа точек и частоты протекающих токов.

Четвертая глава посвящена вопросам расчета и исследования электромагнитного поля в замкнутом неоднородном экране. Вначале приведена методика расчета и исследования поля в прямоугольной области с граничными условиями идеального отражения на основе разложения искомой функции в тригонометрический ряд.

Вариационные задачи предполагают поиск решения при экстремальном состоянии системы. Если для решения задач механики вариационными методами принимается положение о минимуме потенциальной энергии системы (состояние равновесия), то для задач электродинамики равновесие в некоторый момент времени условно. Это связано с невозможностью раздельного по времени и пространству решения уравнения излучения. Однако в случае распространения стоячих волн, а это характерно для излучения внутри экранируемой области, временная дискретизация может быть успешно проведена с использованием преобразований Фурье.

Построение общей методики исследования распределения поля в экранируемой области при наличии в ней группы источников излучения и переизлучения удобно проводить для единого, ориентированного по одной из декартовых осей эквивалентного источника, находящегося в некоторой точке данной области.

Пусть необходимо найти характеристики электромагнитного поля внутри некоторой области, ограниченной произвольной поверхностью S . Уравнения, описывающие характеристики электромагнитного поля излучения в ней, суть самосопряженные дифференциальные уравнения второго порядка. При решении таких уравнений методы Рунге и Галеркина совпадают и решение ищется в виде

$$A_n = \sum_{i=1}^n a_i \varphi_i$$

где A_n - Решение соответствующее номеру приближения; φ_i - координатные функции; a_i - коэффициенты, определяемые из матрицы Ритца.

$$\sum_k \sum_i \alpha_{ki} a_i = \sum_k \beta_k$$

$$\alpha_{ki} = \iiint_{\Omega} \left[\frac{\varphi_k \varphi_i}{x^2} + \frac{\varphi_k \varphi_i}{y^2} + \frac{\varphi_k \varphi_i}{z^2} + k^2 \varphi_k \varphi_i \right] d\Omega$$

$$\beta_k = \iiint_{\Omega} \varphi_k d\Omega$$

где Ω - экранируемый объем; f - функция, зависящая от амплитуды вычисляемой величины.

Коэффициенты α_{ki} не зависят от параметров излучающих элементов, места их размещения и ориентации, они рассчитываются в соответствии с геометрическими размерами экранируемой области и граничными условиями на стенках. Коэффициенты β определяются либо из выражения

$$\beta_k = \iiint_{\Omega} C_k f \varphi_k R^2 \cos(\theta) dR d\theta d\varphi$$

где R, θ, φ - координаты сферической системы; f - сумма значений функций, определяющих уровень излучения отдельных источников в некоторой точке, либо в картезианской системе с приведенными координатами, то есть, решение системы Ритца необходимо для каждой отдельной точки, в которой определяется поле экранируемой области, что позволяет рассчитывать поле, излучаемое разными источниками внутри экранируемой области сложной формы и неоднородностей на поверхности. При наличии источников негармонического излучения и разной частоты при длинах волн меньших, чем размеры экранируемой области, излучаемое источниками поле приводится в фазовое соответствие.

На рис. 3 показана диаграмма распределения Y -составляющей магнитной напряженности на "потолке" ($Z=h$) кубической комнаты с однородными граничными условиями. В качестве источника излучения выступает дипольная антенна с током, равным $0,1A$,

ориентированная по оси Z и расположенная в центре комнаты, при длинах волн, равных геометрическим размерам экрана.

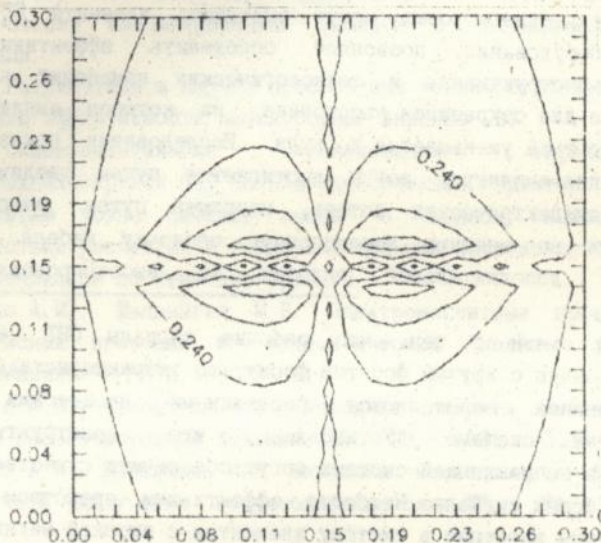


Рис. 3

В процессе расчета выяснилось, что в данном случае сходимость метода достигает 5 % уже на восьмом приближении. Если же размеры экранируемой области значительно больше длины волны излучения, то метод достигает 5 процентной сходимости на втором-четвертом приближении.

В пятой главе приведены результаты экспериментального исследования обусловленных выше характеристик. Выявлено качественное соответствие экспериментальных и теоретических исследований. Даны научно обоснованные рекомендации по эффективному искажению и гашению информационных сигналов.

В приложении приводится документ о внедрении результатов работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ.

1. Экспериментальные и расчетные исследования показывают, что наибольший уровень излучения производят мониторы, принтеры и разъемы интерфейсных кабелей средств вычислительной техники (СВТ). Обеспечение эффективного экранирования таких источников является в настоящее время

ьсьма актуальной задачей.

2. Методики расчета и исследования характеристик распространения электромагнитной волны вдоль направляющих систем, в качестве которых могут выступать элементы СВТ и другого оборудования, позволяют определить эффективность внесения конструктивных и технологических изменений в ее конструкцию для сокращения расстояния, на котором амплитуда затекающего тока уменьшается до нуля. Исследования показали, что понижение амплитуды волны достигается путем увеличения тангенса диэлектрических потерь, например путем внесения медной пыли во внешнюю изоляционную оболочку кабеля либо применения дополнительной оплетки из высокопроводящего материала.

3. В связи с тем, что рабочие сигналы СВТ имеют трапецеидальную с крутым фронтом форму, то характеристики их распространения определяются переходными процессами в направляющей системе. Установлено, что конструктивные изменения в направляющей системе могут обеспечить существенное искажение формы сигнала. Наиболее эффективным средством при этом является внесение в систему элементов с высокой магнитной проницаемостью.

4. Методики расчета и исследования излучения и переизлучения от неоднородностей в экранирующих оболочках СВТ позволяют оптимизировать геометрические и физические параметры неоднородностей с целью создания условий эффективного экранирования. Установлено, что наибольшая эффективность экранирования достигается путем увеличения толщины слоистой структуре граней отверстий в экранирующих оболочках и определенной их ориентации.

5. Методики расчета и исследования характеристик электромагнитного поля в замкнутой неоднородным экраном области, базирующиеся на методах Ритца и Галеркина намного экономнее (в смысле вычислительного процесса), чем метод конечных элементов. Корректный выбор системы координатных функций позволяет добиться высокой скорости сходимости. Использование этих методик открывает возможности для расчетного синтеза электромагнитного поля в целях создания условий эффективной защиты информации СВТ в экранируемых помещениях.

6. Рассмотрена задача расчета и оптимизации средств канализации части тока от поверхностей направляющих систем. Установлено, что наиболее эффективно в этих целях - использование комбинированных насадок с оптимизированными размерами.

7. Разработаны и научно обоснованы технические методы по повышению эффективности неоднородных экранов СВТ.

8. Экспериментальные исследования эффективности неоднородных экранов СВТ носили качественный характер. По их результатам можно сделать вывод о полном качественном соответствии расчетных и экспериментальных исследований.

Публикации по теме диссертации.

1. Титко А. И., Шаломыгин М. В. Электромагнитные процессы в интерфейсных проводах и математическая модель для их исследования. // ВИНТИ. №2029-В91.

2. Титко А. И., Шаломыгин М. В. Методика расчета неоднородных экранов высокочастотной техники // ТЭ. - №6. - 1991. - С. 23-26.

3. Титко А. И., Шаломыгин М. В. Методика исследования фазового сдвига тока излучения на неоднородностях // ТЭ. - №4. - 1992. - С. 53-57.

4. Титко А. И., Шаломыгин М. В. Методика расчета электромагнитного поля в экранированных помещениях. // Судостроительная промышленность. - Вып. №19. - 1992. - С. 43-46.

5. Шаломыгин М. В. Методики расчета неоднородных экранов высокочастотной техники. - Киев, 1991. - 28 стр. - (Препр. АН УССР Институт электродинамики; №710).

6. Шаломыгин М. В. Методики исследования характеристик распространения электромагнитных сигналов вдоль направляющих систем. - Киев, 1992. - 28 стр. - (Препр. АН Украины Институт электродинамики; №715).

В работах, написанных в соавторстве с научным руководителем, лично соискателю принадлежат разработка моделей исследования и реализация методик на числовых примерах.

СОИСКАТЕЛЬ

Шаломыгин

М. В. Шаломыгин

АНБ Ин. В. Стр. 1992
АН УРСР

Подписано к печати 18.XI.1992 г. Формат 60x84/16

Бумага офсетная Усл.-печ.лист, 10. Уч.-изд. лист, 10.

Тираж 100. Заказ 1229 Бесплатно

Полиграф. уч.-к Института электродинамики АН Украины,
252057, Киев-57, проспект Победы, 56.

468880

AB 26.151

AB 26.151