На правах рукописи

Гусев Евгений Владимирович

Модели и комплекс программ оценки надежности воспроизведения изображений на газоразрядных матричных индикаторах

Специальность 05.13.18 -
«Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Рязань 2012

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный радиотехнический университет»

Научный руководитель:	доктор технических наук, старший научный сотрудник Шестеркин Алексей Николаевич
Официальные оппоненты:	Крютченко Олег Николаевич доктор технических наук, профессор РГРТУ
	Москвитин Илья Юрьевич кандидат технических наук, начальник сектора интеграционных решений отдела комплексной автоматизации управления ООО «Отраслевой центр разработки и внедрения автоматизированных систем»
Ведущая организация:	ОАО «Государственный Рязанский приборный завод»

Защита состоится 16 мая 2012 года в 12.00 часов на заседании диссертационного совета Д212.211.02 в ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный радиотехнический университет» по адресу: 390005, Рязань, ул. Гагарина, д. 59/1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный радиотехнический университет»

Автореферат разослан « » апреля 2012 года

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук, доцент А.И. Таганов

Общая характеристика работы

Актуальность работы. В настоящее время практически во всех сферах жизни общества используются системы управления и обработки информации. Эффективность их использования в значительной мере определяется устройствами отображения информации – одним из главных узлов подобных систем. Номенклатура и объем разрабатываемых и изготовляемых устройств отображения непрерывно растут. Мировой доход от продаж дисплеев превысил 100 миллиардов долларов еще в 2007 году.

Основным элементом устройств отображения являются индикаторы. Наиболее часто для построения устройств отображения больших объемов информации используют следующие виды дискретных индикаторов: светодиодные – LED (Light-Emitting Diode), в том числе органические (Organic LED), жидкокристаллические – LCD (Liquid Crystal Display) и газоразрядные матричные индикаторы (ГМИ) или PDP (Plasma Display Panels). Достоинства газоразрядных индикаторов: высокая яркость - (350 кд/м^2 и выше, до1000 кд/м^2), большие углы обзора (до 160°) и значительная информационная емкость (до 4096×2160 элементов), а также большое разнообразие размеров (диагональ 32…150 дюймов для монолитных индикаторов и площадь от нескольких м^2 до десятков м^2 для наборных экранов) позволяют им успешно конкурировать на рынке. По данным исследовательской компании Display Search, в 2010 году рост продаж ГМИ сдерживался лишь возможностями реальных поставок (37 % в штучном выражении у компании Samsung SDI).

Разработкой и производством газоразрядных индикаторов с диагональю 32…102 дюйма успешно занимается ряд зарубежных фирм: Fujitsu, Panasonic, Pioneer, Philips, NEC, Toshiba, Samsung и др. Рынок ГМИ российского производства определяется, прежде всего, разработками НПО «Плазма» (г. Рязань), холдинга «ИНКОТЕКС» (г. Москва) и др.

Для создания экранов большого размера применяется отечественная технология сборки из отдельных индикаторов, позволяющая строить экраны практически любого размера с сохранением шага элементов. Для этого используются индикаторы размером 200×200 мм или 400×400 мм с шагом элементов 3…12 мм. В настоящее время наборные экраны также изготавливают на основе бесшовных плазменных панелей компании Orion PDP Co., Ltd с размером элемента около миллиметра и числом элементов от 853×480.

Исследование и совершенствование ГМИ и устройств отображения на их основе успешно проводятся в НПО «Плазма», НПЦ завода «Красное знамя», РГРТУ, НПФ «Плазмаинформ» (г. Рязань), «ЭЛАРА» (г. Чебоксары), МГУ, «ИНКОТЕКС» (г. Москва), «ЭКТА» (г. Житомир). Хорошо известны разработки фирм NEC, Hitachi, Samsung, JVC, Panasonic, Pioneer, Sony и др. Значительный вклад в разработки, исследования и применение этих индикаторов внесли коллективы, руководимые В.А. Коротченко, С.М. Карабановым, Ю.И. Орловым, А.Б. Покрывайло, А.М. Смоляровым, Ф.М. Яблонским, О.П. Якимовым, а также J. Schermerhorn, H. Slottow, L. Weber и др.

Газоразрядные индикаторы, обладая существенными достоинствами, имеют также и ряд недостатков. Недостатками ГМИ, прежде всего отечественных, являются достаточно большие времена запаздывания зажигания элементов, значительный разброс напряжения возникновения разряда. Так как на эти характеристики значительное влияние оказывают горевшие ранее или горящие в текущий момент элементы отображения, при проектировании устройств отображения возникают значительные трудности при выборе управляющих напряжений. Это в конечном счете приводит к низкой надежности формирования изображений.

Более успешное применение отечественных газоразрядных индикаторов возможно только при существенном повышении надежности формирования изображений, что достигается изменением конструкции и/или технологии изготовления ГМИ либо применением более совершенных способов и устройств формирования изображений.

В первом случае, как правило, усложняется конструкция индикатора, удорожается процесс его изготовления, увеличивается время получения серийных образцов устройств отображения. Улучшение характеристик ГМИ за счет совершенствования технологии также требует значительных финансовых вложений, что иногда, в частности для отечественных производителей, проблематично. Более привлекательно выглядит метод повышения надежности системотехническими и схемотехническими методами, когда необходимые характеристики систем обеспечиваются соответствующим выбором способа и/или устройства формирования изображений.

При создании новых способов и устройств формирования изображений или совершенствования известных, разработке и исследовании индикаторов, прежде всего, необходимо объективно оценивать показатели надежности формирования изображений, причем их вычисление

должно быть доступно и разработчикам индикаторов, и схемотехникам. Известные аналитические модели оценки надежности воспроизведения изображений, состоящих из значительного числа элементов отображения, предполагают решение или интегральных уравнений высокого порядка, или громоздких систем дифференциальных уравнений, причем практически для каждого формируемого изображения расчеты следует проводить заново.

Больших объемов памяти требуют и известная статистическая модель оценки надежности формирования изображений, и программы оценки надежности формирования изображений, реализованные на её основе, которые также не позволяют просто сформулировать задание, наглядно представить процессы зажигания элементов.

При воспроизведении изображений на ГМИ труднее всего обеспечить надежное зажигание большого (десять и более) числа элементов, между которыми отсутствует взаимодействие. Известные способы и устройства, в которых для повышения надежности зажигания элементов производится управление длительностью возбуждения элементов в зависимости от их числа, неэффективны.

Цель и задачи работы. Целью диссертационной работы является разработка моделей и программ, позволяющих проводить инженерную оценку надежности воспроизведения изображений на газоразрядных матричных индикаторах.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие ***задачи***:

- систематизировать известные способы формирования изображений и модели оценки надежности отображения информации на ГМИ;

- определить законы распределения и числовые характеристики времени запаздывания зажигания совокупности возбуждаемых элементов ГМИ для распространенных ситуаций;

- разработать аналитические модели зажигания элементов отображения ГМИ, находящихся в схожих условиях, и на их основе вычислить основные показатели надежности формирования изображений;

- усовершенствовать статистическую модель оценки надежности воспроизведения изображений;

- разработать алгоритмы и программы, реализующие предложенные модели оценки надежности зажигания элементов отображения;

- разработать способ надежного зажигания большого числа одновременно возбуждаемых элементов, не влияющих друг на друга;

- провести экспериментальную оценку достоверности предложенных методов определения показателей надежности зажигания элементов отображения.

Методы исследования. Для решения поставленных задач использовался аппарат теории вероятности и математической статистики, классической теории надежности, теории графов, дифференциальных уравнений, имитационного моделирования, численные методы. С помощью разработанных программ и устройств проводились экспериментальные исследования, позволяющие оценить достоверность полученных результатов.

Научная новизна. В рамках работы получены следующие новые научные результаты.

1. Определены аналитические описания распределений вероятностей времени запаздывания зажигания совокупностей параллельно возбуждаемых элементов отображения, оказывающих сильное влияние друг на друга и не взаимодействующих между собой. Показано, что для оценки показателей надежности зажигания элементов следует использовать аппроксимирующие распределения Вейбулла – Гнеденко (сильное влияние), максимального значения или логарифмически нормального (отсутствие влияния).

2. Разработана аналитическая модель зажигания параллельно возбуждаемых элементов отображения, интенсивности которых в исходном состоянии и при «подсвете» их одинаковым числом элементов равны, позволяющая существенно упростить анализ надежности воспроизведения изображений, определить вероятности зажигания и среднее время пребывания элементов в каждом состоянии.

3. Разработана статистическая модель оценки показателей надежности зажигания совокупности возбуждаемых элементов отображения, влияющих друг на друга, при произвольных интенсивностях зажигания и любом взаимном расположении, которая позволяет уменьшить число переменных, необходимых для проведения моделирования при большом (≥ 10) числе возбуждаемых элементов.

4. Определены аналитические выражения для численной оценки среднего значения и дисперсии времени запаздывания зажигания совокупности параллельно возбуждаемых элементов отображения.

5. Разработаны программы оценки надежности формирования изображений на газоразрядных матричных индикаторах, обеспечивающие необходимую точность вычислений показателей надежности, характеризующиеся меньшим объемом памяти, необходимым для проведения расчетов, простым, ясным описанием проекта, наглядным представлением процессов зажигания.

Достоверность и обоснованность полученных научных положений и выводов подтверждаются:

- совпадением результатов исследований при альтернативных подходах, вычислением показателей надежности зажигания элементов для очевидных ситуаций;
- результатами математического моделирования предложенных методов на ЭВМ;
- действующими официально зарегистрированными программными средствами;
- результатами экспериментальной оценки вероятности зажигания при параллельном возбуждении элементов;
- корректным применением использованных методов исследования;
- актами внедрения результатов диссертационной работы.

Практическая значимость и научная ценность состоят в том, что разработанные модели и программы позволяют проводить инженерную оценку надежности формирования изображений на газоразрядных матричных индикаторах и обеспечивают:

- необходимую точность определения вероятности зажигания элементов при несложных расчетах;
- традиционное для проектировщиков устройств отображения на газоразрядных матричных индикаторах, интуитивно понятное описание исходных данных;
- наглядное представление процессов зажигания элементов отображения и результатов расчетов.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы при оценке надежности формирования изображений, синтезируемых различными устройствами, а также характеристик газоразрядных матричных индикаторов. Практическая ценность результатов диссертации подтверждается актами внедрения.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Аналитическое описание законов распределения времени запаздывания зажигания совокупности возбуждаемых элементов отображения газоразрядных матричных индикаторов, расположенных вблизи и удаленных друг от друга на значительные расстояния.

2. Аналитическая модель зажигания параллельно возбуждаемых элементов отображения, интенсивности которых в исходном состоянии и при «подсвете» их одинаковым числом элементов равны.

3. Статистическая модель оценки показателей надежности зажигания совокупности возбуждаемых элементов, влияющих друг на друга, при произвольных интенсивностях зажигания и любом взаимном расположении.

4. Аналитические выражения для численной оценки среднего значения и дисперсии времени запаздывания зажигания совокупности параллельно возбуждаемых элементов отображения.

5. Программы оценки надежности формирования изображений на газоразрядных матричных индикаторах, построенные на основе предложенных моделей.

Внедрение результатов. Результаты исследований и разработок используются в НПЦ завода «Красное знамя» (г. Рязань) и в учебном процессе Рязанского государственного радиотехнического университета.

Апробация работы. Основные положения диссертации отражены в докладах на 32-й всероссийской научно-практической конференции «Сети, системы связи и телекоммуникации» (Рязань, 2007), 15-й международной научно-технической конференции «Проблемы передачи и обработки информации в сетях и системах телекоммуникаций», (Рязань, 2008) (два доклада).

Публикации. Основные материалы диссертации опубликованы в 10 печатных работах. В их числе: 2 статьи в журналах списка ВАК, 3 статьи в межвузовских сборниках, 3 доклада на международной и всероссийской конференциях, 2 свидетельства об официальной регистрации программ в Отраслевом фонде алгоритмов и программ.

Структура работы. Диссертация состоит из введения (8 с.), 4-х глав (127 с. – 37 рисунков и 3 таблицы), заключения (4 с.) и 1 приложения (2 с.). Список литературы включает 102 наименования (11 с.).

Основное содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулирована ее цель, изложены задачи, которые необходимо решить для ее достижения, определяются научная новизна, практическая значимость результатов работы и приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертации проведен анализ основных характеристик газоразрядных индикаторов и методов оценки качества воспроизводимых на них изображений. Показано, что газоразрядные матричные индикаторы, благодаря своим достоинствам: высокой яркости и контрастности (до 1000 кд/м^2 и 10000:1), большим углам обзора (до 160º), высокой информационной емкости (экран Quadruple 4096×2160 элементов), возможности построения экранов неограниченных размеров путем объединения так называемых «бесшовных» индикаторов, сравнительно высокой световой эффективности (единицы люмен на ватт), сохраняют лидирующее положение и широко используются в устройствах отображения больших объемов информации. Однако из-за большого разброса времени запаздывания возникновения разряда элементов отображения и существенных значений его, свойственных, в первую очередь, отечественным ГМИ, не обеспечивается высокая надежность формирования изображений.

Известные методы оценки качества воспроизводимых изображений на основе вероятности превышения времени запаздывания зажигания длительности возбуждения (Яблонский Ф.М.), вероятности появления нестабильности свечения элементов отображения (Карпов В.Г.) и другие не учитывают взаимодействия между элементами отображения и поэтому не позволяют разработчикам устройств отображения на ГМИ осуществлять объективную оценку надежности воспроизведения информации.

Методы, предложенные в работах Шестеркина А.Н. (интегральный, матричный, на основе дифференциальных уравнений Колмогорова, моментов), позволяют учесть взаимодействие между элементами, однако практически непригодны при проведении инженерных исследований разработчиками индикаторов и схемотехниками. Если оценку показателей надежности зажигания элементов проводить на основе невыравненных гистограмм времени запаздывания, то необходимо определить условия применения этого метода.

Известные статистическая модель и алгоритм оценки показателей надежности зажигания элементов отображения с учетом взаимодействия между ними требуют большого числа переменных, необходимых для проведения моделирования, особенно при большом (≥10) числе возбуждаемых элементов.

В конце главы на основе проведенного анализа определены задачи, решение которых обеспечит рациональное проектирование высоконадежных УО больших объемов информации, изменяющейся с высокой скоростью.

Во второй главе разработаны аналитические модели оценки показателей надежности воспроизведения изображений.

При сильном взаимодействии между элементами отображения (элементы отображения находятся вблизи), которые имеют функции распределения времени запаздывания зажигания $F_1(\tau_1), F_2(\tau_2), \ldots, F_n(\tau_n)$, функция Fcv(τ) [вероятность зажигания Pcv(τ)] и плотность $f_{cv}(\tau)$ распределения вероятностей времени запаздывания совокупности одновременно возбуждаемых элементов (минимального из независимых случайных времен запаздывания $\tau_1, \tau_2, \tau_3 \ldots, \tau_n$) соответственно равны:

$$F_{cv}(\tau) = P(\tau_{cv} < \tau) = 1 - \prod_{i=1}^{n}[1 - F_i(\tau)] = P_{cv}(\tau), \quad (1)$$

$$f_{cv}(\tau) = \sum_{j=1}^{n} \frac{f_j(\tau)}{1 - F_j(\tau)} \prod_{i=1}^{n}[1 - F_i(\tau)], \quad (2)$$

где $f_j(\tau_j)$ – плотность распределения времени запаздывания зажигания j-го элемента.

При описании времени запаздывания зажигания элементов отображения гамма-распределением аналитическое выражение распределения совокупности возбуждаемых элементов, полученного из формул (1) и (2), громоздко и не позволяет сделать сколько-нибудь существенные выводы. Поэтому для описания искомых распределений времени запаздывания предложено использовать распределение Вейбулла – Гнеденко, плотность распределения вероятностей которого имеет следующий вид:

$$f(\tau) = \lambda v\, c\, t^{c-1} \exp(-\lambda v\, t^{c}).$$

Параметры распределения λv и c (масштаба и формы $\lambda v \geq 0$, $c \geq 0$) можно вычислить на основе среднего значения Tcmin и дисперсии Dmin (или среднего квадратичного отклонения) минимального из случайных времен запаздывания элементов $\tau_1, \tau_2, \tau_3 \ldots, \tau_n$ по формулам:

$$Tc\min = \lambda v^{-1/c}\ \Gamma\left(\frac{1}{c}+1\right) \text{ и } \mathrm{D}\min = \lambda \mathrm{v}^{-2/\mathrm{c}}\left[\Gamma\left(\frac{2}{\mathrm{c}}+1\right)+\Gamma^2\left(\frac{1}{\mathrm{c}}+1\right)\right].$$

Исследования показали, что вероятности зажигания совокупности элементов, расположенных вблизи друг друга, вычисленные на основе непосредственно гамма-распределений и распределения Вейбулла – Гнеденко, практически совпадают (максимальное отличие истинной функции распределения вероятностей для 5, 10, 20, 32 возбуждаемых элементов от аппроксимирующей не превышает 0.01).

Если для описания времени запаздывания использовать экспоненциальное распределение (параметр формы гамма-распределения α=1) $\mathrm{f_i}(\tau) = \lambda_{\mathrm{i}} \exp(-\lambda_{\mathrm{i}}\,\tau)$, где λi – интенсивность зажигания, то плотность распределения вероятностей времени запаздывания зажигания совокупности любого числа параллельно возбуждаемых элементов является также экспоненциальной с интенсивностью зажигания, равной сумме интенсивностей зажигания отдельных элементов. Такая оценка вероятности зажигания совокупности возбуждаемых элементов, по сравнению с реальными значениями, завышена (является оптимистичной) и может отличаться на существенную величину (при десяти возбуждаемых элементах максимальное отличие вероятностей зажигания на 0.34 происходит на 4-й микросекунде).

Если возбуждаемые элементы расположены далеко друг от друга (не взаимодействуют между собой), то функция и плотность распределения вероятностей соответственно равны:

$$\mathrm{F_{co}}(\tau) = \prod_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{n}} \mathrm{F_i}(\tau) = \mathrm{P_{c0}}(\tau),\ \ \mathrm{f_{co}}(\tau) = \sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{n}} \frac{\mathrm{f_j}(\tau)}{\mathrm{F_j}(\tau)} \prod_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{n}} \mathrm{F_i}(\tau). \quad (3)$$

Проведенные исследования показали, что в качестве предельных распределений максимальных из случайных значений наибольшую точность аппроксимации обеспечивают распределение максимального значения и логарифмически нормальное распределение. Учитывая, что последнее большинство входит в библиотеки практически всех мате-

матических пакетов, то его целесообразно использовать, особенно при выполнении инженерных исследований. Среднее значение a и среднее квадратичное отклонение σ_l логарифмически нормального распределения определяются из выражений:

$$Tc\max = \exp(a + \sigma_l{}^2/2),\ \mathrm{D}\max = \exp(2a + \sigma_l{}^2)[\exp(\sigma_l{}^2) - 1].$$

В работе показано, что максимальное отличие истинной функции распределения от аппроксимирующей (логарифмически нормальной) при возбуждении 5, 10, 20 и 32 элементов также не превышает 0.01.

При отсутствии взаимодействия между элементами применение экспоненциального распределения дает несколько заниженные (пессимистичные) вероятности зажигания, причем разность между истинными и этими значениями меньше, чем между соответствующими значениями вероятностей для сильно взаимодействующих элементов.

В работе впервые определены числовые значения параметров распределений времени запаздывания зажигания совокупности параллельно возбуждаемых элементов, между которыми отсутствует взаимодействие. Среднее и среднее квадратичное отклонения времени запаздывания зажигания совокупности n элементов, имеющих экспоненциальное распределение времени запаздывания зажигания с интенсивностью λ, равны: $\mathrm{T_{ср}} = \frac{1}{\lambda}\sum_{k=0}^{n-1}\frac{1}{k+1}$, $\sigma_{\mathrm{Tср}} = \frac{1}{\lambda}\sqrt{\sum_{k=0}^{n-1}\frac{1}{(k+1)^2}}$.

Вероятности зажигания элементов, вычисленные на основе выражений (1), (2) и (3), существенно отличаются друг от друга, поэтому при других взаимных расположениях элементов пользование этими формулами может привести к значительной ошибке. В таких случаях целесообразно использовать аналитическую модель, построенную на основе дифференциальных уравнений Колмогорова. В диссертации показано, что если интенсивности зажигания элементов, находящихся в одинаковых условиях возбуждения, равны, то граф зажигания элементов имеет вид, показанный на рис. 1.

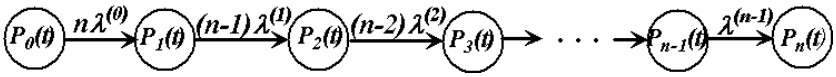

Рисунок 1 - Граф, характеризующий зажигание n элементов, находящихся в одинаковых условиях

При постоянных различных интенсивностях переходов, то есть $n\lambda^{(0)} \neq (n-1)\lambda^{(1)} \neq \ldots \neq \lambda^{(n-1)}$, из системы, содержащей n+1 уравнение, определена вероятность зажигания n элементов отображения:

$$P_n(t) = 1 - \sum_{i=0}^{n} \frac{\exp[-\lambda^{(i)}(n-i)t]}{\prod_{j=0, j\neq i}^{n}[1 - \frac{\lambda^{(i)}(n-i)}{\lambda^{(j)}(n-j)}]}. \qquad (4)$$

Выражение (4) позволяет определить вероятность зажигания любого числа элементов с равными произвольными значениями интенсивностей зажигания элементов отображения в автономном режиме и при «подсвете» одинаковым числом элементов, создает предпосылки для автоматизации вычислений. Исследования показали, что вероятности зажигания всех элементов, вычисленные путем решения полной системы дифференциальных уравнений (2^n) и предложенной (n+1 уравнение), полностью совпадают.

Получены выражения для определения среднего времени пребывания элементов, взаимодействующих между собой, в каждом состоянии. Если время возбуждения элементов существенно больше среднего времени запаздывания зажигания совокупности элементов, то эти формулы позволяют оценивать надежность зажигания параллельно возбуждаемых элементов.

В третьей главе разработана статистическая модель оценки показателей надежности зажигания элементов при любом взаимном расположении и взаимодействии между ними.

Граф зажигания совокупности элементов отображения показан на рис. 2. Вершины графа соответствуют возможным состояниям элементов отображения, ребра – интенсивностям перехода (зажигания очередного элемента) из одного состояния в другое. Количество индексов у состояний соответствует числу возбуждаемых элементов, черта над индексами состояний означает зажженное состояние элемента. Нижний индекс интенсивностей переходов определяет элемент, который зажигается, верхние индексы – элементы, оказывающие влияние на зажигаемый, «подсвечивающие» его.

Для определения случайного времени запаздывания зажигания всех возбуждаемых элементов на каждом этапе генерируются случайные времена запаздывания еще не загоревшихся элементов с учетом влияния всех зажженных. Из разыгранных случайных значений време-

ни запаздывания выбираются минимальное значение, очередной загоревшийся элемент отображения, соответствующий этому времени, и состояние, в котором оказывается совокупность возбуждаемых элементов. На следующем этапе генерируются случайные времена запаздывания всех еще не зажженных элементов с учетом «подсвета» горящих, выбираются минимальное время и элемент, время которого является минимальным. Эта процедура повторяется до тех пор, пока не окажутся зажженными все элементы.

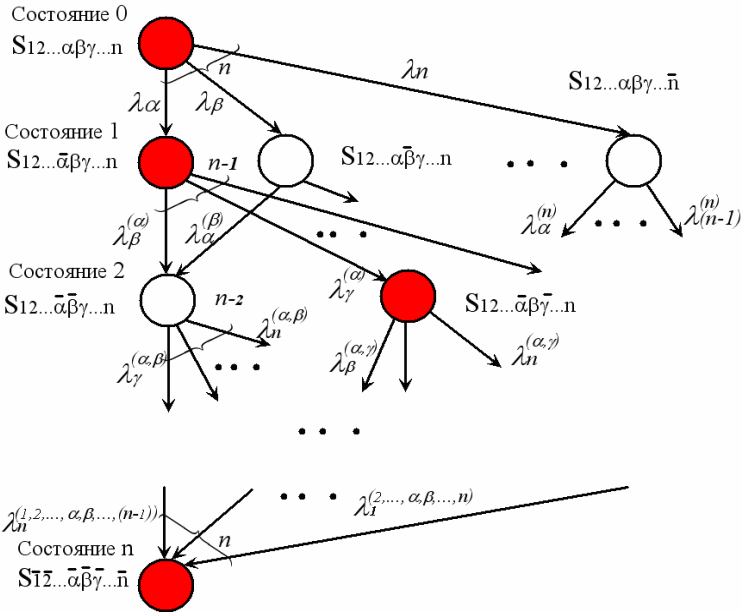

Рисунок 2 - Граф зажигания элементов отображения

Случайное время запаздывания зажигания всех возбуждаемых элементов для любой из возможных последовательностей зажигания

$$\tau_{\text{c}} = \tau_{\alpha} + \tau_{\beta}^{(\alpha)} + \tau_{\gamma}^{(\alpha,\beta)} + ... + \tau_{n}^{(1,2,...,\alpha,\beta,...,(n-1))},$$

$$\textit{если} \quad \tau_{\alpha} = \min\{\tau_1, \tau_2, ..., \tau_n\} \wedge \tau_{\beta}^{(\alpha)} =$$

$$= \min\{\tau_1^{(\alpha)}, \tau_2^{(\alpha)}, ..., \tau_i^{(\alpha)}, ..., \tau_n^{(\alpha)}\} \ (i \neq \alpha) \wedge ... \wedge \min \tau_{n}^{(1,2,...,\alpha,\beta,\gamma,...,(n-1))}.$$

В этом выражении $\tau_{\text{i}}^{(\text{j, r,...,m})}$ – время запаздывания зажигания i-го элемента при «подсвете» его элементами j, r,…,m.

Моделирование процессов зажигания элементов при различных условиях возбуждения и характеристиках элементов отображения показало, что полученные оценки полностью совпадают с результатами, полученными аналитическими методами.

Разработанный алгоритм обеспечивает уменьшение числа переменных, необходимых для реализации статистической модели, в $\Delta N = (n-1)!e / 2^{n-1}$ раз. При большом числе возбуждаемых элементов (10 и более) и выигрыш составляет несколько порядков. Например, при n=10 – $\Delta N \approx 2000$ раз (Nизв=9 864 100, N=5 120).

На основе вычислительного эксперимента определены условия, при которых показатели надежности зажигания элементов, влияющих друг на друга, можно вычислять на основе невыравненных (экспериментальных) распределений времени запаздывания зажигания. Показано, что требуемую точность оценок можно обеспечить только при расчете показателей надежности нескольких взаимодействующих элементов, больших объемах выборки и предварительном сглаживании экспериментальных рядов.

В четвертой главе приведены результаты исследования вероятности зажигания элементов при параллельном возбуждении элементов газоразрядного матричного индикатора ИГГ21-18×28 М2 (ТУ 6364-0202-12181610-03), позволяющие оценить достоверность принятых в работе допущений и полученных выводов.

Результаты исследований показывают, что вероятности зажигания параллельно возбуждаемых элементов при максимальном взаимодействии, определенные экспериментально и на основе предложенных аналитических выражений, практически совпадают (максимальное отличие вероятностей 0.022). Вероятности зажигания параллельно возбуждаемых элементов при отсутствии взаимодействия, также определенные экспериментально и на основе аналитических выражений, отличаются несущественно: максимальное отличие оценок вероятностей – 0.118 при длительности возбуждения 500 мкс, причем экспериментально определенное значение оценок вероятностей зажигания при всех длительностях возбуждения больше, чем расчетное. Это отличие, видимо, объясняется, прежде всего, взаимодействием между элементами, удаленными на недостаточное расстояние.

Предложен способ воспроизведения информации и разработано устройство, при использовании которых формирование очередного фрагмента изображения завершается при гарантированном зажигании большинства возбуждаемых элементов, обеспечивающих существенное увеличение вероятности формирования изображений. Показано, что предложенный способ обеспечивает увеличение вероятности зажигания в $(2n-1)/(n-1)$ раза. Учитывая, что формирование очередного фрагмента изображения производится в течение времени, необходимого для создания требуемой яркости свечения элементов, а среднее время, необходимое для зажигания дополнительных элементов при росте их числа, увеличивается незначительно, практически все элементы зажигаются, хотя могут светиться с меньшей яркостью.

Разработаны программы оценки надежности воспроизведения изображений, реализующие предложенный метод аналитического определения оценки показателей надежности элементов, находящихся в схожих условиях. В системе MatLAB-Simulink-Stateflow разработана программа оценки показателей надежности зажигания элементов при произвольных характеристиках элементов отображения, реализующая предложенную в работе статистическую модель. Расчет показателей надежности проводится с учетом взаимодействия между элементами. Программы имеют простой и удобный пользовательский интерфейс; обеспечивают высокую точность вычислений, наглядное представление результатов расчетов в виде графических зависимостей, а также в табличном виде; позволяют наблюдать процесс зажигания элементов, документировать результаты моделирования для последующей обработки и анализа. Разработанные программы зарегистрированы в Отраслевом фонде алгоритмов и программ (ОФАП).

В заключении сформулированы основные результаты работы.

Проведенные исследования и полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

1. Получены аналитические описания распределений вероятностей времени запаздывания зажигания совокупностей параллельно возбуждаемых ЭО, оказывающих сильное влияние друг на друга и не взаимодействующих между собой. Показано, что оценка показателей надежности может быть выполнена на основе распределений Вейбулла – Гнеденко (сильное влияние), максимального значения или логарифмически нормального распределения (отсутствие влияния).

2. Предложена аналитическая модель оценки вероятности зажигания параллельно возбуждаемых ЭО, интенсивности зажигания которых в исходном состоянии и при «подсвете» одинаковым количеством элементов равны. Предложенная модель позволяет упростить оценку вероятности зажигания возбуждаемых элементов, находящихся в схожих условиях, создает условия для автоматизации расчетов.

3. Получены выражения для численного определения среднего времени пребывания элементов, позволяющие в ряде случаев достаточно просто проводить анализ надежности зажигания ЭО.

4. Разработана статистическая модель оценки показателей надежности зажигания ЭО ГМИ с учетом взаимодействия между ними.

5. На основе вычислительного эксперимента определены условия, при которых показатели надежности зажигания ЭО, влияющих друг на друга, можно вычислять на основе невыравненных (экспериментальных) распределений времени запаздывания зажигания.

6. Проведены экспериментальные исследования вероятности зажигания параллельно возбуждаемых элементов знакового индикатора. Исследования подтвердили совпадение экспериментальных и расчетных результатов.

7. Разработаны программы оценки надежности воспроизведения изображений, реализующие предложенные аналитическую и статистическую модели оценки показателей надежности зажигания ЭО. Программы имеют удобный пользовательский интерфейс, обеспечивают высокую точность вычислений, наглядное представление результатов. Программы зарегистрированы в ОФАП.

Перечисленные результаты и сделанные выводы позволяют утверждать, что цель, поставленная в диссертации, достигнута, её задачи решены в полном объеме.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах

1. Гусев Е.В., Шестеркин А.Н. Аналитическая оценка плотности распределения вероятности времени запаздывания зажигания параллельно возбуждаемых элементов отображения газоразрядного индикатора //Вестник РГРТУ, № 19, 2006. С. 41-44.

2. Гусев Е.В., Шестеркин А.Н. Определение вероятности зажигания газоразрядных элементов отображения при одинаковых условиях возбуждения //Вестник РГРТУ, № 20, 2007. С. 65-68.

3. Шестеркин А.Н., Гусев Е.В., Бусловаев М.А., Смирнов В.А. Оценка надежности зажигания взаимодействующих элементов газоразрядных индикаторов при параллельном возбуждении. Свидетельство об официальной регистрации программы ЭВМ в ОФАП № 8483 от 25.06.2007 г.

4. Шестеркин А.Н., Гусев Е.В. Оценка показателей надежности зажигания элементов газоразрядных индикаторов с помощью системы Simulink-Stateflow. Отраслевой фонд алгоритмов и программ. Свидетельство об отраслевой регистрации разработки № 11202 от 30 июля 2008 г.

5. Гусев Е.В., Шестеркин А.Н. Оценка надежности воспроизведения изображений на основе гистограмм //Математическое и программное обеспечение информационных систем: Сборник межвузовских трудов. М., Горячая линия – Телеком. 2006. С. 53-56.

6. Гусев Е.В., Шестеркин А.Н. Оценка показателей надежности параллельно возбуждаемых элементов, находящихся в одинаковых условиях //Математическое и программное обеспечение вычислительных систем: межвузовский сборник научных трудов. М., Горячая линия – Телеком, 2007. С. 32-36.

7. Гусев Е.В., Шестеркин А.Н. Оценка надежности зажигания элементов отображения газоразрядного индикатора методом статистического моделирования //Математическое и программное обеспечение вычислительных систем: межвузовский сборник научных трудов. М., Горячая линия – Телеком, 2008. С. 36-41.

8. Шестеркин А.Н., Гусев Е.В. Аналитические методы оценки показателей надежности зажигания элементов ГИП //Проблемы передачи и обработки информации в сетях и системах телекоммуникаций: материалы 15-й международной научно-технической конференции Рязань, 2008. С. 17-18.

9. Гусев Е.В. Оценка показателей надежности зажигания элементов ГИП методом статистического моделирования //Проблемы передачи и обработки информации в сетях и системах телекоммуникаций: материалы 15-й международной научно-технической конференции Рязань, 2008. С. 29-30.

10. Гусев Е.В., Шестеркин А.Н. Формирование изображений, адаптированное к числу возбуждаемых элементов //Сети, системы связи и телекоммуникации: материалы 32-й Всероссийской научно-практической конференции: Рязань: РВВКУС, 2007. С. 259-260.

Гусев Евгений Владимирович

Модели и комплекс программ оценки надежности воспроизведения изображений на газоразрядных матричных индикаторах

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано в печать 03.04. 2012 г. Формат бумаги 60х84/16.
Бумага газетная. Печать трафаретная. Усл.печ.л. 1,0.
Тираж 100 экз.
Рязанский государственный радиотехнический университет
390005, Рязань, ул. Гагарина, 59/1.
Редакционно-издательский отдел РГРТУ