ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71829— 2024

МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ КАРТ РАБОЧИХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ВИРТУАЛИЗАЦИИ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ И ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ НА ВНЕШНИЕ ВОЗДЕЙСТВУЮЩИЕ ФАКТОРЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт «АСОНИКА» (ООО «НИИ «АСОНИКА») и Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский институт стандартизации» (ФГБУ «Институт стандартизации»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 165 «Системы автоматизированного проектирования электроники»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 ноября 2024 г. № 1781-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Введение

Причиной разработки стандарта является необходимость моделирования электронной компонентной базы (ЭКБ) и электронной аппаратуры (ЭА) на ранних этапах проектирования для снижения затрат на разработку, производство и обслуживание за счет повышения качества разработок. Стандарт является рекомендуемым методическим и не обязывает к применению системы автоматизированного проектирования (САПР), приводимой в качестве примера в настоящем стандарте. Применение стандарта при проектировании ЭА на основе ЭКБ отечественного производства (ЭКБ ОП) возможно только для ЭКБ, которая снабжена стандартизованными моделями для применения в САПР.

Стандарт распространяется на ЭКБ и ЭА. Его целью являются применение математического моделирования ЭКБ и ЭА при создании карт рабочих режимов (КРР) ЭКБ на ранних этапах проектирования, снижение затрат на разработку, производство и обслуживание за счет повышения качества разработок.

Применение математического моделирования ЭКБ и ЭА при создании КРР на ранних этапах проектирования до изготовления опытного образца позволит избежать отказов ЭКБ и ЭА или значительно сократить их на этапе испытаний опытного образца, сокращая тем самым количество испытаний опытного образца, возможные итерации по доработке схем и конструкций, затраты на разработку ЭКБ и ЭА при одновременном повышении качества и надежности, в том числе в критических режимах работы, делая ЭКБ и ЭА конкурентоспособными на отечественном и международном рынке (см. ГОСТ Р 70201, а также [1] — [4]).

Использование при создании КРР ЭКБ натурных испытаний ЭКБ и ЭА на внешние воздействующие факторы (ВВФ) невозможно, так как КРР создаются еще до изготовления опытного образца. Виртуализация испытаний ЭКБ и ЭА на ВВФ при создании КРР ЭКБ является безальтернативной. Без применения математического моделирования нельзя определить параметры «В схеме», которые должны сравниваться с параметрами «По НТД». Такое сравнение является информативным, так как благодаря ему на этапе проектирования отслеживается большинство возможных отказов ЭКБ и ЭА по электрическим, тепловым и механическим характеристикам, и эффективным, так как из-за недоработок проектирования ЭКБ и ЭА, вскрытых уже путем натурных испытаний, возможно множество итераций: доработка проекта — испытания опытного образца — доработка проекта и т. д., что значительно увеличивает сроки и стоимость разработки.

Настоящий стандарт определяет технологию создания КРР ЭКБ на основе математического моделирования и виртуализации испытаний ЭКБ и ЭА на ВВФ при проектировании.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ КАРТ РАБОЧИХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ВИРТУАЛИЗАЦИИ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ И ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ НА ВНЕШНИЕ ВОЗДЕЙСТВУЮЩИЕ ФАКТОРЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Methods for creating maps of operating modes of an electronic component base based on mathematical modeling and virtualization of tests of an electronic component base and electronic equipment for external influencing factors during design

Дата введения — 2024—12—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт предназначен для применения предприятиями промышленности и организациями при использовании цифровых двойников электроники на ранних этапах проектирования, изготовления и испытаний электронной компонентной базы (ЭКБ) и электронной аппаратуры (ЭА), а также на всех последующих этапах жизненного цикла (ЖЦ) ЭКБ и ЭА.

1.1.1 Методы для автоматизированного создания карт рабочих режимов (КРР) ЭКБ на ранних этапах проектирования ЭА по результатам математического моделирования ЭКБ и ЭА на внешние воздействующие факторы (ВВФ) применяются для моделирования на ранних этапах проектирования ЭА следующего назначения: промышленная, для энергетики, для оборонно-промышленного комплекса, для аэрокосмической отрасли, для судостроения, медицинская, автомобильная, для навигации и радиолокации, потребительская, для фискального и торгового оборудования, связи (телекоммуникации), вычислительной техники, автоматизации и интеллектуального управления, для систем безопасности, для светотехники, автоматизированного транспорта и движущейся робототехники.

1.1.2 ЭА состоит из электронных шкафов и блоков, печатных узлов и ЭКБ (микросхем, транзисторов, резисторов и т. д.).

1.1.3 На ЭКБ и ЭА оказывают влияние внешние дестабилизирующие факторы — электрические, тепловые, механические, климатические, биологические, радиационные, электромагнитные, специальных сред и термические. Внешние дестабилизирующие факторы могут приводить к несоответствиям ЭКБ и ЭА требованиям к их прочности и устойчивости к ВВФ. Настоящий стандарт устанавливает основные положения технологии, позволяющей создавать КРР ЭКБ на основе математического моделирования и виртуализации испытаний ЭКБ и ЭА на ВВФ при проектировании.

1.2 Составление КРР необходимо осуществлять на ранних этапах проектирования ЭА посредством проведения математического моделирования и виртуализации испытаний ЭКБ и ЭА на ВВФ при проектировании. Электрические характеристики ЭКБ определяют путем расчетов по схемам или по результатам инструментальных измерений на макетах.

1.3 Для разработки КРР ЭКБ и ЭА на ВВФ методом математического моделирования (виртуализации испытаний ЭКБ и ЭА на ВВФ) следует применять аттестованные программные средства, а при необходимости — аттестованные программно-аппаратные средства. Требования к программно-аппаратным средствам устанавливаются по согласованию с заказчиками.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована нормативная ссылка на следующий стандарт:

Издание официальное

ГОСТ Р 70201 Системы автоматизированного проектирования электроники. Оптимальное сочетание натурных и виртуальных испытаний электроники на надежность и внешние воздействующие факторы. Требования и порядок проведения при выполнении технического задания на НИОКР

3 Общие положения

3.1 Целью разработки настоящего стандарта является установление требований к методам автоматизированного проектирования КРР ЭКБ и ЭА путем математического моделирования физического состояния ЭКБ и ЭА при воздействии ВВФ.

Для достижения поставленной цели в стандарте устанавливаются следующие единые требования:

- к технологии создания КРР ЭКБ на основе математического моделирования и виртуализации испытаний ЭКБ и ЭА на ВВФ при проектировании;
- методу формирования электрических характеристик «В схеме» в КРР;
- методу формирования тепловых характеристик «В схеме» в КРР;
- методу формирования механических характеристик «В схеме» в КРР;
- методу формирования данных «По НТД» в КРР;
- функциональным характеристикам программного обеспечения для автоматизированного создания КРР ЭКБ на ранних этапах проектирования ЭА по результатам математического моделирования ЭКБ и ЭА на ВВФ;
- порядку применения методов и программного обеспечения на стадиях проектирования и изготовления, а также удостоверения заказчика в том, что на стадиях конструирования и производства выполнены оценки возможных вариантов схемно-технического построения и конструктивного исполнения ЭКБ и ЭА с точки зрения достижения заданных техническим заданием (ТЗ) функциональных и эксплуатационных характеристик.

3.2 Организация работ по применению технологии создания КРР ЭКБ на основе математического моделирования и виртуализации испытаний ЭКБ и ЭА на ВВФ при проектировании

3.2.1 Разработчики схем ЭА получают и передают все электрические характеристики, необходимые для КРР ЭКБ, работникам подразделения предприятия, на которое возложена обязанность выпуска КРР ЭКБ.

3.2.2 Разработчики конструкций ЭА получают и передают все тепловые и механические характеристики, необходимые для КРР ЭКБ, работникам подразделения предприятия, на которое возложена обязанность выпуска КРР ЭКБ.

3.2.3 Работники подразделения предприятия, на которое возложена обязанность заполнения базы данных (БД) ЭКБ и материалов, регулярно для новой ЭКБ заносят в БД ЭКБ всю информацию, необходимую для создания КРР, содержащуюся в колонках «По НТД», и для математического моделирования и виртуализации испытаний ЭКБ и ЭА на ВВФ при проектировании.

4 Состав и содержание карт рабочих режимов

4.1 После проверки правильности применения ЭКБ в ЭА выводят данные о результатах оценки номенклатуры, условий эксплуатации, электрических и температурных режимов работы ЭКБ. Эти данные в виде числовых значений параметров, характеризующих фактические и предписанные в нормативно-технической документации (НТД) на ЭКБ условия их эксплуатации и режимы работы, оформляют в виде КРР.

4.2 Комплект КРР на сборочную единицу высшей ступени, в которую входят сборочные единицы низших ступеней, включает в себя:

а) титульный лист (формы 1 и 1а);

б) содержание (формы 2 и 2а);

в) перечень комплектов карт сборочных единиц низшей ступени (форма 3);

г) карту оценки номенклатуры примененных ЭКБ и сведений о соответствии условий их эксплуатации и показателей надежности требованиям НТД (форма 4);

д) карту ЭКБ, примененных при механических воздействиях, не соответствующих требованиям НТД на них (форма 5);

е) карты режимов работы ЭКБ, входящих непосредственно в состав комплекта КРР (формы 6—92), например соединителей, тумблеров и т. п.

4.3 В комплект КРР на сборочную единицу низшей ступени, не имеющую в своем составе другой сборочной единицы (например, ячейку, типовой элемент замены и т. п.), входят:

а) титульный лист (форма 1а);

б) содержание (форма 2а);

в) карта оценки номенклатуры примененных ЭКБ и сведения о соответствии условий их эксплуатации и показателей надежности требованиям НТД (форма 4);

г) карта ЭКБ, примененных при механических воздействиях, не соответствующих требованиям НТД на них (форма 5);

д) карты режимов работы ЭКБ, входящих в состав сборочной единицы (формы 6—92).

Перечень всех КРР ЭКБ приведен в приложении А. В приложении Б приведены формы 91 и 92.

5 Технология создания карт рабочих режимов электронной компонентной базы на основе математического моделирования и виртуализации испытаний электронной компонентной базы и электронной аппаратуры на внешние воздействующие факторы при проектировании

5.1 Технология создания КРР ЭКБ на основе математического моделирования и виртуализации испытаний ЭКБ и ЭА на ВВФ при проектировании представлена на рисунке 1.

5.2 В процессе проектирования на базе подсистемы управления данными при моделировании (PDM-системы) с использованием подсистем математического моделирования происходит формирование электронной модели ЭА. С помощью специального графического редактора вводится электрическая схема, которая сохраняется в базе данных проектов в подсистеме управления данными и передается в виде файла в системы анализа электрических схем, а также в системе автоматизированного проектирования (САПР) печатных плат. Выходные файлы САПР печатных плат в стандартных форматах (например, PDIF и IDF) сохраняют в базе данных проектов в подсистеме управления моделированием и направляют в системы 3D-моделирования для создания чертежей.

5.3 В базу данных проектов передают 3D-модели шкафов и блоков ЭКБ и ЭА, созданные в системах 3D-моделирования в стандартных форматах (например, IGES и STEP), которые далее направляют в подсистемы моделирования для анализа механических процессов в шкафах и блоках ЭА *1*, а также в подсистему моделирования для анализа тепловых процессов в шкафах и блоках ЭА *3*.

5.4 Полученные в результате моделирования ускорения и температуры в конструкциях шкафов и блоков сохраняют в подсистеме управления моделированием *2, 4*. Чертежи печатных узлов (ПУ) и спецификации к ним, а также файлы в стандартных форматах передают из подсистемы управления моделированием в подсистему для комплексного анализа тепловых и механических процессов в ПУ *5*. В данную подсистему также передают температуры воздуха в узлах, полученные в подсистеме моделирования тепловых процессов в шкафах и блоках ЭА, а также ускорения опор, полученные в подсистемах анализа механической прочности шкафов и блоков *6*. Полученные в результате моделирования температуры и ускорения ЭКБ сохраняют в подсистеме управления моделированием *7*. Если они не превышают допустимые по НТД значения, то далее проводится анализ показателей надежности ЭКБ и ЭА. Если же превышают, то вносятся изменения в электрическую схему и конструкцию ЭА и расчеты повторяются.

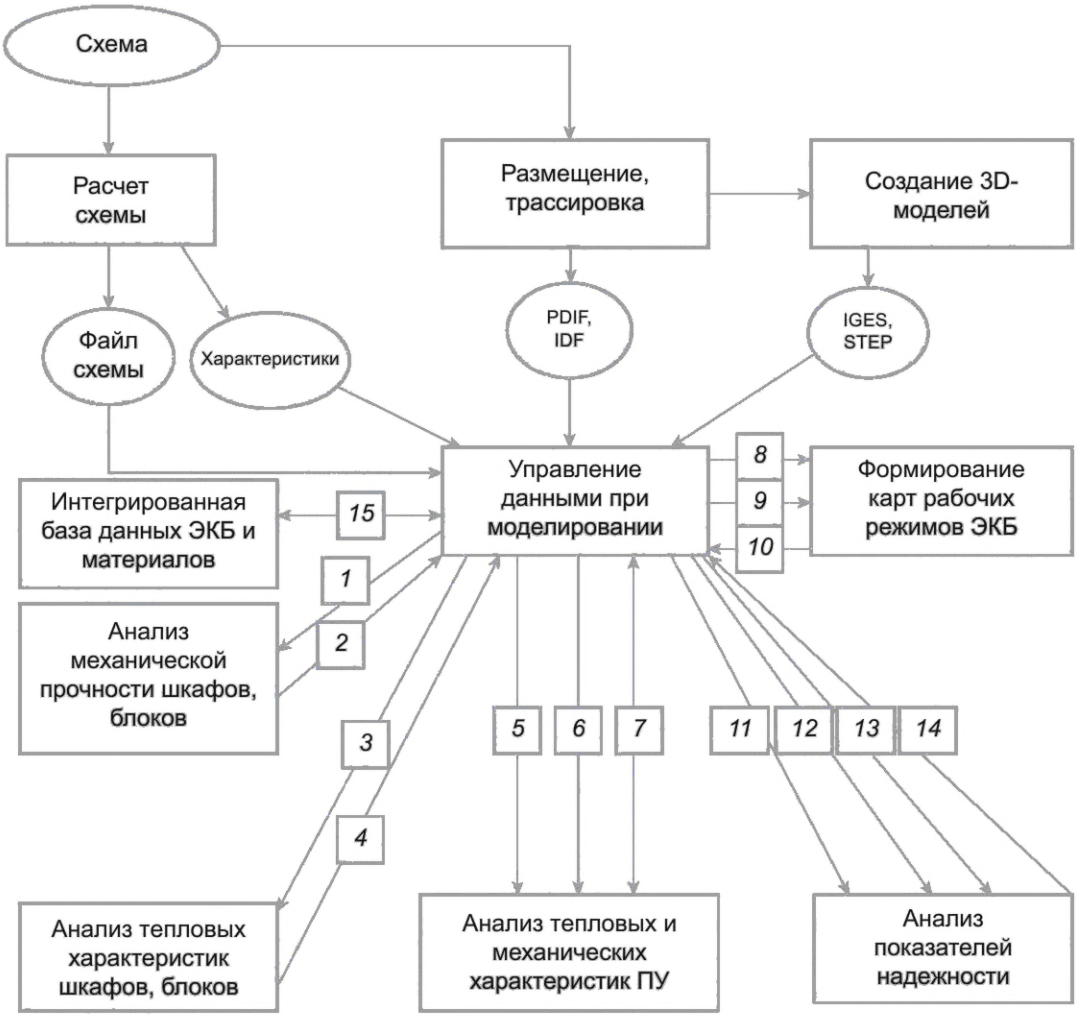


Рисунок 1 —Технология создания КРР ЭКБ на основе математического моделирования и виртуализации испытаний ЭКБ и ЭА на ВВФ при проектировании

5.5 Перечень ЭКБ, файлы с электрическими характеристиками ЭКБ *8*, температурами и ускорениями ЭКБ *9* передают из подсистемы управления моделированием в подсистему формирования карт рабочих режимов ЭКБ. Полученные в результате карты рабочих режимов сохраняют в подсистеме управления моделированием *10*. Если электрические характеристики, температуры и ускорения ЭКБ «В схеме» не превышают значения «По НТД», то далее проводится анализ показателей надежности ЭКБ и ЭА. Если же превышают, то вносятся изменения в электрическую схему и конструкцию ЭА и расчеты температур, ускорений, а также создание КРР ЭКБ повторяются.

5.6 Перечень ЭКБ *11*, файлы с электрическими характеристиками ЭКБ *12*, температурами и ускорениями ЭКБ *13* передают из подсистемы управления моделированием в подсистему анализа показателей надежности ЭКБ и ЭА. Полученные в результате показатели надежности ЭКБ и ЭА сохраняют в подсистеме управления моделированием *14*. Если они не превышают заданные в ТЗ значения, то далее проводится окончательное формирование КРР ЭКБ. Если же превышают, то вносятся изменения в электрическую схему и конструкцию ЭА и расчеты температур, ускорений и показателей надежности ЭКБ и ЭА повторяются.

5.7 Все необходимые для расчетов параметры ЭКБ и материалов автоматически считываются из интегрированной базы данных ЭКБ и материалов *15*.

5.8 Последовательность действий при создании КРР ЭКБ на основе математического моделирования и виртуализации испытаний ЭКБ и ЭА на ВВФ при проектировании приведена в 5.8.1—5.8.5.

5.8.1 Получение всех необходимых для КРР ЭКБ электрических характеристик (разработчик схемы).

5.8.2 Расчет вибрационных и ударных ускорений и температур ЭКБ.

5.8.3 Предварительное создание КРР ЭКБ.

5.8.4 Анализ показателей надежности ЭКБ и ЭА.

5.8.5 Окончательное создание КРР ЭКБ.

Пример создания КРР ЭКБ на основе математического моделирования и виртуализации испытаний ЭКБ и ЭА на ВВФ при проектировании приведен в приложении В.

6 Метод формирования электрических характеристик электронной компонентной базы «В схеме» в картах рабочих режимов

6.1 Электрические характеристики ЭКБ «В схеме» в КРР должны быть получены либо путем Spice-моделирования, либо путем прямых измерений на макете.

6.2 Должен быть сформирован перечень ЭКБ в схеме, включающий позиционное обозначение ЭКБ и полную условную запись ЭКБ, который будет использоваться программным обеспечением для создания КРР ЭКБ на основе математического моделирования и виртуализации испытаний ЭКБ и ЭА на ВВФ при проектировании.

6.3 Должен быть сформирован файл, содержащий позиционное обозначение ЭКБ и электрические характеристики, включая мощности тепловыделения ЭКБ в схеме.

6.4 Подмодель электрических процессов:

- отражает электрические процессы, протекающие в схемах ЭА, и позволяет с достаточной для инженерных расчетов точностью анализировать функциональные и режимные электрические характеристики;
- включает в свой состав эквивалентные схемы ЭКБ (резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности диодов, транзисторов, микросхем и пр.), а также базу макромоделей, позволяющих моделировать ЭКБ и ЭА на уровне функциональных и режимных характеристик;
- учитывает локальные температуры ЭКБ, паразитные проводимости, емкости, индуктивности, взаимные индуктивности и другие параметры, что позволяет отразить влияние конструкции на протекающие в схеме электрические процессы.

6.5 При создании КРР ЭКБ электрические характеристики передаются в формы 6—87.

7 Метод формирования тепловых характеристик «В схеме» в картах рабочих режимов

7.1 Для каждого ЭКБ должна быть предварительно рассчитана температура окружающей среды (корпуса).

7.2 Исходными данными для расчета температуры является мощность тепловыделения, определенная в 6.3.

7.3 Для расчета температуры используется программное обеспечение математического моделирования и виртуализации испытаний ЭКБ и ЭА на тепловые воздействия при проектировании, которое должно отвечать требованиям 1.3.

7.4 Должен быть сформирован файл, содержащий позиционное обозначение ЭКБ и температуру ЭКБ «В схеме».

7.5 При создании КРР ЭКБ температуры передаются в формы 6—87.

8 Метод формирования механических характеристик «В схеме» в картах рабочих режимов

8.1 Для каждого ЭКБ должны быть предварительно рассчитаны ускорения вибрации, одиночного и многократного ударов.

8.2 Для расчета ускорений используется программное обеспечение математического моделирования и виртуализации испытаний ЭКБ и ЭА на механические воздействия при проектировании, которое должно отвечать требованиям 1.3.

8.3 Должен быть сформирован файл, содержащий позиционное обозначение ЭКБ и ускорение ЭКБ «В схеме».

8.4 При создании КРР ЭКБ ускорения передаются в форму 5.

9 Метод формирования данных «По НТД» в картах рабочих режимов

9.1 Данные «По НТД» считываются автоматически по перечню ЭКБ из базы данных ЭКБ.

9.2 Для ЭКБ существует четыре способа формирования данных «По НТД»:

- число;
- формула;
- график (зависимость от одного параметра);
- номограмма (зависимость от нескольких параметров).

9.3 Для ЭКБ существует три источника получения данных «По НТД»:

- НТД (прежде всего технические условия на ЭКБ);
- прямые измерения электрических параметров ЭКБ;
- идентификация электрических параметров ЭКБ.

9.4 Идентификация электрических параметров ЭКБ применяется в случае отсутствия данных и невозможности получения данных путем прямых измерений.

В широком смысле идентификация — это установление соответствия между объектом, представленным некоторой совокупностью экспериментальных данных о его свойствах, и моделью объекта. В данном случае требуется сопоставлением экспериментальных данных и данных математического Spice-моделирования определить неизвестные электрические параметры ЭКБ. Наиболее плодотворными и перспективными являются методы идентификации, построенные на принципе настраиваемой модели. Основная идея этого подхода сводится к схеме, представленной на рисунке 2. Здесь X — электрическое воздействие на ЭКБ; Y, $\bar{Y}$ — соответственно экспериментальная и расчетная (полученная путем Spice-моделирования) значения выходной статической электрической характеристики или зависимости выходной динамической электрической характеристики от частоты (времени); $\varepsilon = |Y - \bar{Y}|$ — ошибка.

Критерий идентификации вычисляется как интеграл квадрата ошибки

$$U = \int_{f_1}^{f_2} \varepsilon^2(f) df,$$

где f_1, f_2 — начальная и конечная частота (время) диапазона соответственно;

f — текущее значение частоты (времени).

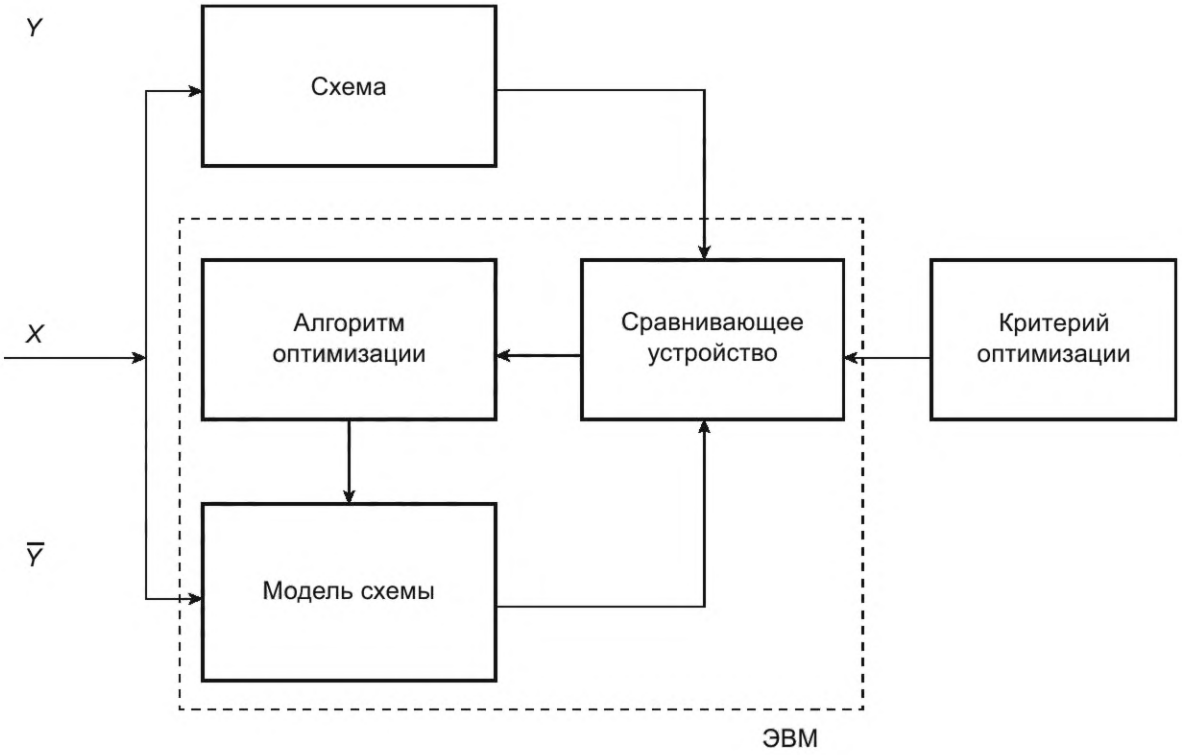


Рисунок 2 — Структурная схема идентификации на основе настраиваемой модели

Задача идентификации формулируется в следующем виде: необходимо найти такие значения параметров математической Spice-модели, которые удовлетворяют минимуму функции цели и лежат в области допустимых значений параметров, т. е. задача идентификации сводится к задаче оптимизации. Функция цели имеет вид

$$H(\bar{Q}) = \sum_{i=1}^{m}(a_{0,i} - a_{p,i})^2,$$

где m — количество точек измерения по частоте (времени);

$a_{0,i}$, $a_{p,i}$ — экспериментальное и расчетное значения электрической характеристики на i-й частоте (в i-й момент времени).

10 Требования к программному обеспечению по созданию карт рабочих режимов

10.1 Программное обеспечение по созданию КРР должно отвечать требованиям 1.3.

10.2 Программа должна позволять вводить позиционные обозначения и полные условные записи ЭКБ четырьмя способами.

10.2.1 Способ 1. Импорт выходного файла САПР печатных плат в формате IDF, содержащего позиционные обозначения и полные условные записи ЭКБ. В процессе импорта параллельно должно идти обращение к БД ЭКБ, откуда считываются все необходимые параметры «По НТД».

10.2.2 Способ 2. Импорт файла *.txt, содержащего позиционные обозначения и полные условные записи ЭКБ. В процессе импорта параллельно должно идти обращение к БД ЭКБ, откуда считываются все необходимые параметры «По НТД».

10.2.3 Способ 3. Числовой ряд (таблица).

10.2.4 Способ 4. Ручной выбор ЭКБ, содержащегося в перечне, из БД ЭКБ с присвоением позиционных обозначений.

10.3 Программа должна позволять осуществлять импорт электрических характеристик, температур и ускорений вибраций и ударов ЭКБ.

10.4 Программа должна позволять рассчитывать параметры «По НТД» и «В схеме» по формулам, графикам и номограммам, заложенным в БД ЭКБ, там, это необходимо.

10.5 Программа должна позволять рассчитывать параметры «По НТД» в зависимости от температуры и давления «В схеме», там, где это необходимо. Например, мощность резистора «По НТД» зависит от температуры «В схеме».

10.6 Программа должна иметь возможность автоматически формировать форму 4 с последующим занесением вручную условий эксплуатации.

10.7 Программа должна иметь возможность автоматически формировать форму 5 с последующим импортом ускорений вибраций и ударов.

10.8 Программа должна иметь возможность автоматического сравнения параметров «В Схеме» и «По НТД».

10.9 Программа должна позволять выводить в текстовом редакторе все формы как по отдельности, так и все вместе, как в формате А3, так и в формате А4.

10.10 Программа должна позволять осуществлять экспорт результатов в подсистему анализа показателей надежности ЭКБ и ЭА.

Примером программного обеспечения по созданию КРР является российская система АСОНИКА, информация о которой приведена в приложении 3.

11 Требования к программному обеспечению по математическому моделированию и виртуализации испытаний электронной компонентной базы и электронной аппаратуры на внешние воздействующие факторы при проектировании

11.1 Программное обеспечение по созданию КРР должно отвечать требованиям 1.3.

11.2 Подмодель тепловых процессов:

- отражает тепловые процессы в проектируемой конструкции, возникающие под влиянием воздействия окружающей среды, тепловыделений в ЭКБ и систем охлаждения;
- учитывает все способы передачи тепла в современных ЭКБ и ЭА;
- учитывает особенности конструктивного построения современных ЭКБ и ЭА и способы их охлаждения, что позволяет моделировать тепловые процессы с необходимой для инженерных расчетов точностью, для широкого класса ЭКБ и ЭА.

11.3 Подмодель механических процессов:

- отражает механические процессы в проектируемой конструкции, возникающие под воздействием всего спектра механических воздействий (синусоидальная и случайная вибрации, одиночные и многократные удары);
- учитывает различные системы виброизоляции, применяемые в ЭКБ и ЭА;
- учитывает эффект внутреннего трения в материалах конструкций, анизотропность физико-механических параметров материалов конструкций, а также их зависимость от локальных перегревов участков конструкции, что позволяет более точно моделировать механические режимы работы ЭКБ и ЭА;
- учитывает особенности конструктивного построения современных ЭКБ и ЭА, способы их амортизации, что дает возможность с достаточной для инженерных расчетов точностью моделировать весь спектр механических характеристик широкого класса конструкций ЭКБ и ЭА.

Приложение А
(справочное)

Таблица А.1 — Перечень карт рабочих режимов

Номер карты	Описание
1	Титульный лист для комплекта карт для оценки правильности применения электрорадиоизделий (ЭРИ) (шифр сборочной единицы высшей ступени)
1а	Титульный лист для комплекта карт для оценки правильности применения ЭРИ (шифр сборочной единицы низшей ступени)
2	Содержание комплекта карт для оценки правильности применения ЭРИ для сборочной единицы высшей ступени
2а	Содержание комплекта карт для оценки правильности применения ЭРИ для сборочной единицы низшей ступени
3	Перечень комплектов карт сборочных единиц низшей ступени
4	Карта оценки номенклатуры ЭРИ и сведений о соответствии условий их эксплуатации и показателей надежности требованиям НТД
5	Карта ЭРИ, примененных при механических воздействиях, не соответствующих требованиям НТД
6	КРР магнетронов импульсного и непрерывного действия
7	КРР магнетронных усилителей импульсного и непрерывного действия
8	КРР ламп обратной волны
9	КРР отражательных клистронов
10	КРР ламп бегущей волны импульсного и непрерывного действия
11	КРР пролетных и усилительно-преобразовательных клистронов импульсного и непрерывного действия
12	КРР электронно-лучевых параметрических усилителей
13	КРР защитных устройств СВЧ
14	КРР полупроводниковых СВЧ-диодов
15	КРР ВЧ- и СВЧ-транзисторов
16	КРР полупроводниковых параметрических усилителей и усилителей на туннельных диодах
17	КРР генераторов и усилителей на диодах Ганна
18	КРР генераторов шума СВЧ и генераторов на лавинно-пролетных диодах
19	КРР приемных и передающих СВЧ
20	КРР полупроводниковых фазовращателей, переключателей, аттенюаторов и модуляторов
21	КРР ферритовых циркуляторов, вентилей, переключателей и ограничителей
22	КРР полупроводниковых генераторов шума
23	КРР генераторных и модуляторных ламп
24	КРР генераторных коаксиально-волноводных модулей СВЧ на металлокерамических лампах непрерывного режима
25	КРР генераторных и усилительных коаксиально-волноводных модулей СВЧ на металлокерамических лампах импульсного режима

Продолжение таблицы А.1

Номер карты	Описание
26	КРР газонаполненных стабилитронов
27	КРР импульсных газотронов и тиратронов
28	КРР выпрямительных и импульсных кенотронов
29	КРР искровых разрядников
30	КРР цветных и монохромных кинескопов, индикаторных и осциллографических цветных и монохромных электронно-лучевых трубок
31	КРР знакосинтезирующих вакуумных люминесцентных индикаторов
32	КРР знакосинтезирующих жидкокристаллических индикаторов
33	КРР знакосинтезирующих газоразрядных индикаторов постоянного тока
34	КРР знакосинтезирующих газоразрядных индикаторов переменного тока
35	КРР знакосинтезирующих полупроводниковых индикаторов
36	КРР диссекторов
37	КРР видиконов
38	КРР супервидиконов
39	КРР суперортиконов
40	КРР фотоумножителей
41	КРР электронно-оптических преобразователей
42	КРР фоточувствительных приборов с зарядовой связью
43	КРР фотоэлектронных преобразователей
44	КРР фоторезисторов, фотодиодов, фототранзисторов и тепловых приемников излучения
45	КРР фотоприемных устройств и тепловых приемных устройств
46	КРР оптоэлектронных приемных устройств
47	КРР оптопар
48	КРР оптоэлектронных переключателей логического сигнала
49	КРР газовых лазеров непрерывного и импульсного режима работы
50	КРР твердотельных лазеров непрерывного и импульсного режима работы
51	КРР полупроводниковых лазеров непрерывного и импульсного режима работы
52	КРР полупроводниковых излучающих диодов ИК диапазона
53	КРР полупроводниковых биполярных тетродов (дефензоров)
54	КРР полупроводниковых ограничителей напряжения
55	КРР диодов (выпрямительных, импульсных, универсальных), варикапов и диодных сборок
56	КРР полупроводниковых стабилитронов и стабисторов
57	КРР туннельных и обращенных диодов
58	КРР транзисторов и транзисторных сборок
59	КРР однопереходных транзисторов

Окончание таблицы А.1

Номер карты	Описание
60	КРР полевых транзисторов и транзисторных сборок
61	КРР полупроводниковых транзисторных усилителей
62	КРР тиристоров
63	КРР операционных усилителей и компараторов напряжения
64	КРР стабилизаторов напряжения, схем управления импульсными стабилизаторами напряжения
64а (88)	КРР коммутаторов и ключей (форма 89 — в программе)
64б (89)	КРР усилителей (форма 88 — в программе)
64в (90)	КРР балансных смесителей (форма 90 — в программе)
65	КРР цифровых функциональных узлов (модулей, микромодулей, микросхем)
66	КРР цифровых функциональных узлов (модулей, микромодулей, микросхем) по временным параметрам
67	КРР конденсаторов, конденсаторных сборок, помехоподавляющих фильтров и ионисторов
68	КРР резисторов, резисторных сборок, терморезисторов, поглотителей и потенциометров
69	КРР кварцевых резонаторов, кварцевых микрогенераторов, пьезоэлектрических и электромеханических фильтров и линий задержки на поверхностных акустических волнах
70	КРР двигателей постоянного и переменного тока, электромагнитных муфт и электровентиляторов
71	КРР шаговых электродвигателей электромашинного типа
72	КРР тахогенераторов и двигателей-генераторов
73	КРР сельсинов, вращающихся трансформаторов и фазовращателей
74	КРР цифровых преобразователей угла
75	КРР электрических соединителей
76	КРР автоматических выключателей
77	КРР электромагнитных реле, контакторов, вакуумных выключателей и переключателей, магнитоуправляемых контактов
78	КРР электромагнитных реле максимального тока и электротепловых токовых реле
79	КРР реле времени
80	КРР бесконтактных коммутационных устройств
81	КРР микровыключателей и микропереключателей, тумблеров, кнопок, кнопочных, движковых, поворотных и пакетных переключателей
82	КРР линейных интегральных стабилизаторов напряжения
83	КРР вторичных источников питания
84	КРР силовых трансформаторов
85	КРР импульсных трансформаторов
86	КРР дросселей фильтров
87	КРР предохранителей и держателей предохранителей
91	Прочие элементы
Error (92)	Список ЭРИ, параметры которых не соответствуют ТУ

Приложение Б
(рекомендуемое)

Дополнительные формы КРР ЭКБ

Форма 91

Прочие элементы

Позиционное обозначение	PR1			
Наименование изделия	ПРПОМ ЦФЛ01-2 КЕФС.468152.003			
Режим работы	В схеме	По НТД	В схеме	По НТД
Напряжение, В	2	3,3		
Ток, А	0,1	0,16		
Температура окружающей среды, °С	35	60		
Коэффициент нагрузки	0,625(2)	0,7		
Примечание				

Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	УВИР.469655.348	Лист 1

Копировал Формат

Рисунок Б.1 — Форма 91. Прочие элементы

ЭРИ	Параметр несоответствия	Кол-во в аппаратуре, шт.	Условие эксплуатации		Примечание
			в аппаратуре	по НТД на ЭРИ	
1	2		3	4	5
C19	Вибрация, ускорение, g	1	28,00	25	
C20, C21	Вибрация, ускорение, g	2	28,53	25	
C22, C23	Вибрация, ускорение, g	2	33,45	25	
C25, C26	Вибрация, ускорение, g	2	33,56	25	
C27	Вибрация, ускорение, g	1	31,59	25	
C28	Вибрация, ускорение, g	1	28,93	25	
C29	Вибрация, ускорение, g	1	30,96	25	
C30	Вибрация, ускорение, g	1	28,24	25	
C31	Вибрация, ускорение, g	1	30,25	25	
C32	Вибрация, ускорение, g	1	29,03	25	
C33	Вибрация, ускорение, g	1	25,02	25	
L3	Вибрация, ускорение, g	1	32,83	25	
L4	Вибрация, ускорение, g	1	27,87	25	
L5	Вибрация, ускорение, g	1	31,22	25	
D2	Выходные цепи, выходной ток высокого уровня, мА	1	0,08	0,1	
D3	Выходные цепи, выходной ток высокого уровня, мА	1	0,08	0,1	
D4, D5	Выходные цепи, выходной ток высокого уровня, мА	2	0,08	0,1	
D6	Выходные цепи, выходной ток высокого уровня, мА	1	0,08	0,1	
D8	Выходные цепи, выходной ток высокого уровня, мА	1	0,08	0,1	
D9	Выходные цепи, выходной ток высокого уровня, мА	1	0,08	0,1	

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Формат А4

Рисунок Б.2 — Форма 92. Список ЭРИ, параметры которых не соответствуют ТУ

Приложение В
(справочное)

Информация о системе АСОНИКА

Российская автоматизированная система обеспечения надежности и качества аппаратуры АСОНИКА (https://asonika-online.ru/) предназначена для анализа и обеспечения стойкости ЭА и ЭКБ к комплексным тепловым, механическим, электромагнитным воздействиям, усталостной прочности к тепломеханическим воздействиям, создания карт рабочих режимов ЭКБ, анализа показателей надежности ЭА и создания цифровых двойников ЭА и ЭКБ.

АСОНИКА — это замена натурных испытаний опытных образцов ЭА и ЭКБ виртуальными испытаниями на внешние механические, тепловые, электромагнитные и другие воздействия еще до их изготовления. Это значительная экономия денежных средств и сокращение сроков создания ЭА и ЭКБ при одновременном повышении качества и надежности за счет сокращения количества натурных испытаний.

В состав системы АСОНИКА входит 13 подсистем:

- АСОНИКА-Т — подсистема анализа и обеспечения тепловых характеристик произвольных конструкций ЭА и ЭКБ (3D-модель которых еще не создана, с возможностью ускоренного создания модели в специализированном интерфейсе);
- АСОНИКА-М — подсистема анализа типовых конструкций блоков ЭА и ЭКБ на механические и тепловые воздействия (3D-модель которых еще не создана, с возможностью ускоренного создания модели в специализированном интерфейсе);
- АСОНИКА-М-ШКАФ — подсистема анализа типовых конструкций шкафов ЭА на механические и тепловые воздействия (3D-модель которых еще не создана, с возможностью ускоренного создания модели в специализированном интерфейсе);
- АСОНИКА-М-3D — подсистема анализа и обеспечения стойкости произвольных объемных конструкций ЭА и ЭКБ к механическим и тепловым воздействиям с возможностью импорта геометрии из различных CAD-систем;
- АСОНИКА-В — подсистема анализа и обеспечения стойкости к механическим воздействиям конструкций ЭА, установленных на виброизоляторах;
- АСОНИКА-ТМ — подсистема анализа конструкций печатных узлов ЭА на тепловые и механические воздействия;
- АСОНИКА-УСТ — подсистема анализа усталостной прочности конструкций печатных плат и ЭКБ при механических и тепловых воздействиях;
- АСОНИКА-ИД — подсистема идентификации физико-механических и теплофизических параметров моделей ЭА и ЭКБ;
- АСОНИКА-ЭМС — подсистема анализа и обеспечения электромагнитной совместимости ЭА;
- АСОНИКА-Р — подсистема автоматизированного заполнения карт рабочих режимов ЭКБ;
- АСОНИКА-Б — подсистема анализа показателей надежности ЭА с учетом реальных режимов работы ЭКБ и расчета комплектов «Запасные части, инструменты и принадлежности»;
- АСОНИКА-БД — подсистема управления базами данных ЭКБ и материалов по геометрическим, физико-механическим, усталостным, теплофизическим, электрическим и надежностным параметрам;
- АСОНИКА-ЦДЭ — подсистема управления виртуальными испытаниями ЭА и ЭКБ при проектировании и создании цифровых двойников ЭА и ЭКБ.

Система АСОНИКА включает в себя следующие конверторы с известными САПР:

- для передачи перечня ЭКБ и геометрии печатной платы и ЭКБ в стандартном формате (IDF) из систем проектирования печатных плат;
- для передачи геометрии произвольной конструкции в стандартном формате (STEP, IGES) из CAD-системы.

Библиография

[1] Распоряжение Правительства Российской Федерации от 6 ноября 2021 г. № 3142-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности»

[2] Шалумов А.С. Дорожная карта развития «САПР электроники выше мирового уровня». — Ковров: ООО «НИИ «АСОНИКА», 2020. — 24 с. URL: gost.e-ecolog.ru (дата обращения: 12.05.2020)

[3] Автоматизированная система АСОНИКА для моделирования физических процессов в радиоэлектронных средствах с учетом внешних воздействий/под ред. А.С. Шалумова. — М.: Радиотехника, 2013 — 424 с.

[4] Шалумов М.А., Шалумов А.С. Виртуальная среда проектирования РЭС на основе комплексного моделирования физических процессов. — Владимир: Владимирский филиал РАНХиГС, 2016. — 87 с.

УДК 621.865:8:007.52:006.354

ОКС 29.100.01
31.020

Ключевые слова: карты рабочих режимов, моделирование, виртуальные испытания, электрические характеристики, температуры, ускорения, электронная компонентная база, электронная аппаратура

Редактор *З.А. Лиманская*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *М.В. Малеевой*

Сдано в набор 28.11.2024. Подписано в печать 12.12.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,90.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru