

ОПТИМАЛЬНОЕ СОЧЕТАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ И РЕЖИМОВ ИЭТ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

И.С. Пономарёв, И.В. Свиржевский, М.А. Крень

Научный руководитель – Алексеев В.Ф., к.т.н., доцент

**Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники**

Электронные системы (ЭС), как объект оптимального проектирования, представляют собой сложные как в схемотехническом, конструкторско-технологическом, так и в плане надежности, системы, подвергающиеся широкому спектру интенсивных воздействий дестабилизирующих факторов: электрических, тепловых, механических и других. Для ЭС характерно протекание нескольких взаимосвязанных физических процессов, учет характера протекания и взаимодействия которых в значительной степени определяют показатели надежности и оптимальность проектирования ЭС [1–11].

Основные проблемы, возникающие в начале создания надежных ЭС, состоят в необходимости системного исследования и отработки модели эксплуатации ЭС и ее составных частей в составе технического объекта, в достаточно точном определении влияния внешних воздействий на ЭС, анализе оптимальных методов защиты от них и синтезе проектных решений, позволяющих обеспечить требуемые характеристики надежности с минимальными затратами.

Существующие нормативные документы по проектированию ЭС предполагают решение следующих задач:

- выбор элементной базы с учетом надежности и стойкости к режимам эксплуатации;
- обеспечение допустимых или облегченных режимов и условий применения изделий электронной техники (ИЭТ) при всех возможных отклонениях их параметров, режимов, внешних и специальных факторов;

- оптимизацию схемно-конструктивных решений (по критерию надежности и стойкости) методами и средствами математического и физического моделирования;
- сочетание расчетных и экспериментальных методов оценки, увязанных с этапами разработки и изготовления.

Так в [1] рассмотрены особенности проектирования медицинских электронных устройств. Показано, что разработка современной медицинской электроники является комплексной задачей, включающей необходимость учета и строгого соблюдения специфических требований в области электромагнитной совместимости. Они гораздо жестче, чем при проектировании бытовой техники, поскольку сбои в работе медицинских приборов могут привести к трагическим последствиям, вплоть до гибели пациента. Обозначен ряд трудностей, возникающих при проектировании медицинского оборудования, представленных в виде иерархии принятия решений. Приведены основные стандарты проектирования медицинских электронных устройств, среди которых особое внимание следует обратить на IEC-60601-1-1 и IEC-60601-1-2, поскольку соблюдение требований данных нормативных документов имеет решающее значение для сертификации и выпуска на рынок произведенного оборудования. Даны рекомендации по применению матрицы управления рисками, используемой для предоставления количественных показателей для каждого возможного риска, связанного с медицинским устройством, в любом режиме работы и при любой возможной неисправности.

Решение перечисленных задач лежит в области разработки новых информационных технологий моделирования и системного оптимального автоматизированного проектирования и синтеза надежных ЭС, существенный вклад в развитие которых внесли работы российских учёных Вермишева Ю.Х., Кофанова Ю.Н., Норенкова И.О., Борисова Н.И., Кравченко В.А., Солодовникова И.В., Кечиева Л.И., Гридина В.Н., Сарафанова А.В., Шалумова А.С. и других, а также белорусских учёных Белоуса А.И., Емельянова В.А., Алексеева В.Ф., Ланина В.М., Пискуна Г.А., Ефименко С.А., Боровикова С.М., Мордачёва В.И. и других.

Анализ особенностей протекания физических процессов, анализ отказов, а также изучение особенностей процесса проектирования ЭС позволили сделать заключение о том, что современная методология разработки базируется на разрозненных расчетах, макетировании и доработке изделий по результатам испытаний.

В настоящее время развиваются методологии проектирования ЭС на основе CALS-технологий с использованием системной комплексной модели ЭС. Согласно этой методологии, получаемые варианты проекта ЭС опираются на комплексные исследования характеристик ЭС, которые выполняются при помощи соответствующего программно-методического обеспечения с использованием системной комплексной модели ЭС – электронного макета (ЭМ). Для реализации возможности информационного взаимодействия разработчиков в рамках, например, виртуальных конструкторских бюро процесс комплексных исследований характеристик ЭМ ЭС может выполняться по технологии «клиент-сервер» с использованием вычислительных сетей.

Такие схемы проектирования даже при применении комплексного системного моделирования не приводят к нахождению оптимальных проектных решений или близких к ним еще на этапе доэскизного и эскизного конструирования, в результате чего недостатки проектного решения выявляются на более поздних этапах проектирования, что вызывает большие временные и материальные затраты по их устранению и реализации. Поиск же оптимальных проектных решений вообще не производится из-за отсутствия соответствующего математического, программного и методического обеспечений САПР.

При наличии перечисленных выше факторов, влияющих на надежность ЭС, с целью повышения качества и снижения стоимости разработки и ее реализации необходимо на ранних этапах проектирования ЭС обеспечить разработчика и конструктора данными по оптимальным вариантам проектирования: для обеспечения нагрузочных электрических, тепловых и механических режимов ИЭТ; выбору типов ИЭТ; параметрам системы обеспечения необходимого теплового режима; допускам на параметры ИЭТ; параметрам несущей конструкции и системы виброудароизоляции.

Нерешёнными задачами являются:

1. В существующих методиках проектирования выбор нагрузочных режимов ИЭТ (коэффициент электрической нагрузки и температура окружающей среды) производится интуитивно на основе опыта разработчика с последующей проверкой при расчете теплового режима после разработки конструкции и уточненном расчете надежности. При этом не учитывается оптимальное сочетание электрического нагрузочного режима ИЭТ (коэффициента нагрузки) и его теплового режима с точки зрения стоимости набора ИЭТ и стоимости обеспечения его теплового режима при обеспечении надежности.

2. Расчет надежности на этапе схемотехнического проектирования производится ориентировочно и только по внезапным отказам, т.к. расчет надежности по постепенным отказам можно произвести лишь при условии знания тепловых режимов ИЭТ, т.е. только при уточненном расчете надежности после проектирования конструкции.

3. Выбор системы охлаждения и ее параметров в рассмотренных методиках производится без учета оптимального сочетания электрических и тепловых режимов ИЭТ с точки зрения минимальной стоимости системы охлаждения и набора ИЭТ при обеспечении заданной надежности ЭС по внезапным и постепенным отказам и теплостойкости.

Вследствие этого актуальной является задача нахождения оптимального сочетания показателей надежности и режимов ИЭТ.

Библиографический список

1. Алексеев, В. Ф. Особенности проектирования медицинских электронных устройств = Features of Design of Medical Electronic Devices / В. Ф. Алексеев, Г. А. Пискун // Доклады БГУИР. – 2023. – Т. 21, № 1. – С. 51-57.
2. Alexseev, V. Modeling a two-level risk reduction of an enterprise in the formation of staff competence / V. Alexseev, V. Matyushkov, A. Pisarchik // Scientific Community: Interdisciplinary Research : Proceedings of the 6th

International Scientific and Practical Conference, Hamburg, January 26-28 2022 / InterConf. – Hamburg, 2022. – P. 104–109.

3. Zhuravliov V., Alexeev V. Influence of electromagnetic impulses on degradation of ICs. // XXVth General Assembly of the International Union of Radioscience. Lille, France. – 1996. – p.258.

4. Журавлев В. И., Алексеев В. Ф. Моделирование реакции полупроводниковых структур на действие электромагнитных помех. / Белгосуниверситет информатики и радиоэлектроники. – Мн., 1999. – 20 с. – Деп. в БелИСА 13.07.1999, № 199980.

5. The Impact of ESD on Microcontrollers / G. A. Piskun, V. F. Alexeev, S. M. Avakov, V. E. Matyushkov, D. S. Titko // Ed. by V. E. Alexeev. Minsk: Kolorgrad, 2018. 184 p.

6. Alexeev, V. F. Modeling of nonstationary heating of semiconductor structures under HEMP actions with short pulse duration / V. F. Alexeev, V. I. Zhuravliov // IEEE Transactions on Device and Materials Reliability. – 2006. – Vol. 6, № 3. – P. 429 – 435. – DOI: 10.1109/TDMR.2006.882200.

7. Zhuravliov, V. Thermal conductivity influence on failures of semiconductor ICs under powerful EMP action / Vadim Zhuravliov, Victor Alexeev // The 2003 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC): Symp. Rec. - 2003. – Vol. 2. - P. 1040-1042. - DOI: 10.1109/ICSMC2.2003.1429092.

8. Пискун, Г. А. Распределение температуры в токоведущих элементах печатной платы при воздействии электромагнитного импульса длительностью до 2-х наносекунд / Г. А. Пискун, В. Ф. Алексеев, А. А. Денисов // Электронный депозитарий научных изданий БелИСА. – 2018 . – №Д201806 от 05.01.2018.

9. Алексеев, В. Ф. Использование кондуктивной схемы испытаний реакции полупроводниковых приборов на внешний ЭМИ / В. Ф. Алексеев, В. И. Журавлев, В. П. Бруцкий-Стемпковский // Известия Белорусской инженерной академии, Минск. – 2005. – № 1 (19)/1. – С. 28–31.

10. Алексеев, В. Ф. Тепловые модели отказов полупроводниковых структур при воздействии мощных электромагнитных импульсов / В. Ф. Алексеев, В. И. Журавлев // Доклады БГУИР. - 2005. - № 2 (10). - С. 65 - 72.

11. Журавлёв В.И., Алексеев В.Ф. Импульсный нагрев ИС электромагнитными помехами. // Петербургский журнал электроники. – 1999. – №3. – с.67-72.