

ПОДСИСТЕМА АСОНИКА-К - НОВЕЙШЕЕ ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ РАСЧЕТОВ НАДЕЖНОСТИ АППАРАТУРЫ И ЭРИ РАЗЛИЧНЫХ КЛАССОВ

к.т.н., доц. Жаднов В.В.,
студент Жаднов И.В.,
студент Измайлов А.С.,
студент Сотников В.В.,
студент Полегайко А.Г.

Задача обеспечения надежности радиоэлектронной аппаратуры является одной из важнейших задач проектирования. Впервые программное средство расчета надежности было реализовано с использованием методологии «клиент-сервер». Практическое использование подсистемы АСОНИКА-К для расчета надежности блоков РЭА летательных аппаратов пятого поколения убедительно подтвердило ее высокие эксплуатационные характеристики.

Задача обеспечения надежности радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) является одной из важнейших задач проектирования. Это отражено и в комплексе стандартов «МОРОЗ-6», в состав которого входит стандарт «Требования к программам обеспечения надежности» (ПОН). Среди мероприятий, предусмотренных в ПОН, обязательным является проведение расчетов надежности РЭА (в т. ч. и комплектующих электрорадиоизделий (ЭРИ)) на всех этапах ее проектирования.

В настоящее время расчет надежности радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) проводится на основе «СПРАВОЧНИКА Надежность ЭРИ» (редакция 2000 г.), его автоматизированной версии или системы АСРН РНИИ «ЭЛЕКТРОНСТАНДАРТ». В базе данных (БД) системы содержится вся необходимая информация для расчета надежности отечественных ЭРИ и аппаратуры различных классов. Однако, элементная база проектируемой на российских предприятиях РЭА пятого поколения содержит значительное количество (до 70%) ЭРИ, выпускаемых зарубежными производителями. Использование же средне групповых значений интенсивностей отказов для расчета надежности зарубежных ЭРИ вызывает определенные трудности, так как для идентификации ЭРИ (определения его соответствия классификации ЭРИ в «СПРАВОЧНИКЕ Надежность ЭРИ») необходимы глубокие знания в области схемотехники, конструирования, технологии и стандартизации. Кроме этого, средне групповые значения интенсивностей отказов можно рассматривать

лишь как грубую оценку реальной надежности зарубежных ЭРИ и, следовательно, результаты расчетов надежности РЭА, содержащей значительное количество зарубежных ЭРИ, с помощью системы АСРН являются приближенными.

В последнее время расчеты надежности зарубежных ЭРИ все чаще проводят на основе *MIL-HDBK-217F* или систем автоматизированного проектирования (САПР) зарубежного производства. Так, в состав САПР *CADENCE* входит подсистема *RELIABILITY* расчета надежности ЭРИ. В БД подсистемы содержится вся необходимая информация для расчета надежности зарубежных ЭРИ. Однако, в отличие от системы АСРН, в БД подсистемы *RELIABILITY* не содержатся типонаименования ЭРИ, что вызывает такие же трудности расчета надежности, что и при использовании системы АСРН, связанные с идентификацией ЭРИ (определения его соответствия классификации ЭРИ в *MIL-HDBK-217F*). Кроме того высокая стоимость САПР зарубежного производства существенно ограничивает возможность их применения на отечественных предприятиях для расчетов надежности РЭА.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что расчет надежности современной РЭА пятого поколения с помощью существующих программных средств (ПС) является сложной задачей, требующей привлечения высококвалифицированных специалистов. Они должны обладать глубокими знаниями не только в области надежности, но и в смежных областях и, к сожалению, недостаток в таких специали-

стах все сильнее ощущается на отечественных предприятиях.

Другим важным аспектом, нашедшим свое отражение в ПОН, является организационно-методическое обеспечение расчетов надежности, позволяющее реализовать современные методы проектирования РЭА, основанные на *CALS* – технологиях (*Continuous Acquisition and Life-cycle*). *CALS* – это непрерывная информационная поддержка жизненного цикла РЭА, которая базируется на стандартизации методов представления данных на каждой стадии жизненного цикла РЭА и на безбумажном (электронном) обмене данными. Кроме того, концепция *CALS* определяет набор правил, регламентов и стандартов, в соответствии с которыми строятся информационное (электронное) взаимодействие участников процессов проектирования на базе информационного, а не территориального пространства. С этой точки зрения из всех существующих методологий реализации программных средств (в том числе и САПР) наиболее перспективной является методология «клиент-сервер». Однако, существующие системы расчета надежности, созданные в рамках традиционных методологий и лишь адаптированные под современные средства вычислительной техники (ВТ), не позволяют в полной мере реализовать все преимущества *CALS*-технологий как при выполнении ПОН, так и в процессе проектирования РЭА в целом.

И, наконец, нельзя забывать еще об одной проблеме, возникающей при проведении расчетов надежности современной РЭА, которая связана с постоянным (и очень частым) обновлением справочных данных о надежности ЭРИ как отечественного, так и зарубежного производства. Появление новых данных о надежности ЭРИ (как численных значений коэффициентов, так и математических моделей) требует от разработчиков ПС значительных усилий, связанных с модернизацией всех видов (в первую очередь математического, программного и информационного) обеспечения существующих САПР или, если ресурсы модернизации исчерпаны, создания новых систем. Если принять во внимание, что от момента появления новой информации о надежности ЭРИ до момента появления у пользователя новой версии ПС проходит немало времени (в течении которого он вынужден проводить расчеты надежности новых ЭРИ практически вручную), то проблема оперативного сопровождения ПС разработчиками является актуальной и требует пристального внимания. В противном случае может возникнуть абсурдная ситуация: информация о надежности ЭРИ будет изменяться быстрее, чем ПС расчета надежности (т.е. пользователь, имея

САПР, будет вынужден проводить расчеты надежности существенного числа ЭРИ вручную). К сожалению можно констатировать, что в свое время, при создании ПС расчета надежности, этой проблеме не было уделено достаточно внимания.

Несмотря на указанные проблемы, ПС расчета надежности широко применяются на промышленных предприятиях и позволяют существенно повысить эффективность процесса проектирования РЭА.

При создании новой версии подсистемы «АСОНИКА-К» была поставлена задача разработать ПС расчета надежности РЭА, отвечающее современным требованиям и перспективам развития методов проектирования РЭА на базе *CALS*-технологий.

Впервые ПС расчета надежности было реализовано с использованием методологии «клиент-сервер». Установка серверной части подсистемы в *INTERNET* или локальную сеть предприятия позволяет на практике реализовать *CALS*-технологии в расчетах надежности РЭА. При такой организации работы подсистемы пользователи могут проводить расчет как одной РЭА с разных рабочих станций, так и расчет разных РЭА с одной рабочей станции, так как вся необходимая информация для расчета надежности ЭРИ различных классов хранится в Справочной части БД (СЧ БД) серверной части подсистемы.

Серверная часть подсистемы включает в себя ряд программных модулей, среди которых наибольший интерес представляют модули «Интерфейс СЧ БД», «Математическое ядро», «Администратор СЧ БД» и «Администратор сервера», а также модуль, формирующий инструкции для работы клиентской части подсистемы.

Принципиальным отличием СЧ БД от БД существующих ПС расчета надежности является то, что в ней хранятся не только численные значения коэффициентов математических моделей, но и сами математические модели (не следует путать с библиотеками моделей ЭРИ, которые широко применяются в современных САПР). Такое построение СЧ БД позволяет сохранить неизменным программный код модуля «Математическое ядро» серверной части подсистемы при изменении математических моделей. Это существенно облегчает адаптацию подсистемы к новым характеристикам надежности ЭРИ. Другими словами, задача включения в расчет надежности нового ЭРИ сводится лишь к изменению СЧ БД подсистемы, а программный код (*EXE*-модуль) серверной части подсистемы остается неизменным! Естественно, что для реализации этого были написаны соответствующие функции. Это функция кодировки формул, которая входит в

состав модуля «Администратор СЧ БД» и функция де кодировки формул, которая входит в состав модуля «Математическое ядро».

Модуль «Администратор СЧ БД» позволяет редактировать (удалять, обновлять, изменять) информацию в СЧ БД о характеристиках надежности ЭРИ, а также синтезировать структуры данных для новых ЭРИ.

Модуль «Математическое ядро» позволяет рассчитать все коэффициенты математических моделей и эксплуатационную интенсивность отказов ЭРИ. Кроме того, модуль позволяет рассчитать параметры *DN*-распределения времени наработки до отказа ЭРИ (среднюю скорость изменения определяющего параметра и коэффициент вариации скорости изменения определяющего параметра). Это может быть необходимо, если пользователь подсистемы в качестве модели надежности использует не экспоненциальное, а *DN*-распределение. И, наконец, модуль позволяет рассчитать характеристики надежности ЭРИ и РЭА, имеющей резервирование различных видов. Кстати, математические модели резервирования также хранятся в СЧ БД, поэтому их номенклатура может быть расширена так же без изменения программного кода модуля.

Модуль «Администратор сервера» предназначен для администрирования сервера разработчика (контроль прав доступа пользователей к подсистеме и т.д.), Другой важной функцией модуля является модификация клиентской части и СЧ БД серверной части (если подсистема установлена полностью) с сервера разработчика подсистемы. Естественно, что это возможно лишь при условии, что средства ВТ пользователя, на которых установлена подсистема, имеют выход в *INTERNET*.

Практическое использование подсистемы АСОНИКА-К при проведении расчетов надежности РЭА убедительно подтвердило верность основных принципов, реализованных при создании серверной части подсистемы АСОНИКА-К. Так, появление нового ЭРИ требовало не более получаса работы администратора БД подсистемы, после чего все пользователи, работающие с серверной частью подсистемы, имели возможность проводить расчеты надежности РЭА, в состав которой входят ЭРИ этого типонаименования.

Клиентская часть подсистемы включает в себя проектную часть (ПЧ) и архивную части (АЧ) БД и так же состоит из ряда модулей, среди которых особый интерес представляют модули «Интерфейс пользователя», «Интерфейс связи с подсистемой АСОНИКА-Т» «Администратор ПЧ БД», «Справочная система», «Генератор отчетов» и «Графический постпроцессор».

Как уже отмечалось выше, клиентская часть подсистемы построена таким образом, что она может легко модифицироваться с сервера разработчика (при этом программный код клиентской части остается неизменным). Для этого был разработан оригинальный интерфейс пользователя, основанный на использовании специального языка описания форм (окон интерфейса пользователя). Созданные с помощью этого языка инструкции по формированию окон позволяют описать практически любую форму. Для обновления интерфейса пользователя требуется заменить лишь один структурный файл, который автоматически высылается с сервера разработчика через *INTERNET* клиентской части подсистемы.

Другой задачей при создании клиентской части подсистемы была ориентация на пользователей, не обладающих специальными знаниями в области надежности и владеющих лишь элементарными навыками работы с ВТ. С формальной точки зрения трудоемкость расчета надежности РЭА однозначно определяется количеством ЭРИ, из которых она состоит, т.е. время расчета практически равно времени ввода данных по ЭРИ. Для облегчения ввода информации для расчета надежности была использована широко применяемая в современных ПС технология «*WIZARD*». Согласно этой технологии, пользователю предлагается последовательность форм, каждая из которых содержит небольшое количество полей для ввода. После заполнения текущей формы пользователю предлагается следующая форма и т.д. В случае необходимости, например, обнаружения ошибки, он всегда может вернуться на любое количество форм назад, и повторить ввод. Там, где это возможно, ввод данных заменен выбором необходимых значений из заранее подготовленных списков (это снижает вероятность ошибок при вводе информации с клавиатуры и, в ряде случаев, существенно упрощает сам ввод).

Для тех же целей предназначен и целый ряд интерфейсов связи с ПС конструкторского проектирования и моделирования физических процессов, протекающих в РЭА. Так, например, интерфейс связи с подсистемой АСОНИКА-Т позволяет исключить ввод температур ЭРИ с клавиатуры (значения температур ЭРИ, содержащиеся в выходном файле подсистемы АСОНИКА-Т автоматически заносятся в ПЧ БД клиентской части подсистемы).

Естественно, что подсистема, как и любое ПС, обладает справочной системой, которая осуществляет предоставление пользователю всей необходимой справочной информации, как в виде стандартных всплывающих подсказок, так и в виде расширенного описания объ-

екта и способа работы с ним. Справочная система позволяет быстро освоить все функции, реализованные в клиентской части. Терминология справочной системы полностью соответствует терминологии «СПРАВОЧНИКА НАДЕЖНОСТЬ ЭРИ» и *MIL-HDBK-217F*, что существенно облегчает адаптацию к подсистеме пользователей, имеющих опыт работы с другими ПС расчета надежности. В СЧ БД хранится информация о текущих разработках, а в АЧ БД – исходные данные и конструкторская документация (отчеты) по ранее проведенным расчетам. Для создания отчета используется модуль «Генератор отчетов». Отчет представляет собой документ в формате *WORD*, в определенные поля которого автоматически заносится информация из ПЧ БД.

Размещение ПЧ и АЧ БД на ВТ пользователя преследует две цели: во-первых сохранить свободное дисковое пространство на сервере разработчика и, во-вторых, повысить защиту от несанкционированного доступа к проектной информации пользователя СЧ и АЧ БД работают под управлением модуля «Администратор СЧ БД», в состав которого входит также и интерфейс связи с серверной частью подсистемы. Модуль «Администратор СЧ БД» позволяет пользователю редактировать (добавлять, удалять, изменять) исходные данные для расчета надежности путем копирования необходимых данных из СЧ и АЧ БД своей клиентской части подсистемы, но и (при наличии прав доступа и работе в сети) из СЧ и АЧ БД других пользователей. Это позволяет существенно сократить время расчета (если в РЭА входят компоненты, расчеты которых были проведены ранее) и на практике реализовать расчет одной РЭА разными пользователями или расчет разной РЭА одним пользователем.

Для более наглядного представления результатов расчетов предназначен графический постпроцессор. Полученные в результате расчета эксплуатационные интенсивности отказов компонентов представляются в виде гистограммы, высота прямоугольников которых прямо пропорциональна эксплуатационной интенсивности отказов, а цвет – уровень надежности компонента относительно требуемого. Использование постпроцессора значительно облегчает решение задач, связанных с анализом результатов расчетов, поиском причин низкой надежности РЭА и обоснованием тех или иных мероприятий, направленных на повышение надежности.

В этих целях был разработан метод автоматизированного анализа результатов расчетов надежности РЭА. Метод позволяет проводить анализ результатов расчетов надежности РЭА, имеющей до 4-х уровней разукрупнения

и различные виды резервирования. В результате анализа надежности компонентов всех уровней пользователем может быть получена количественная информация следующего характера:

- величины показателей надежности как РЭА в целом, так и его компонентов (в т.ч. и ЭРИ);

- виды и параметры резервирования как РЭА в целом, так и отдельных ее компонентов (в т.ч. и ЭРИ).

Кроме того, для ЭРИ определяются:

- максимально-допустимые значения рабочей температуры и коэффициента электрической нагрузки или рабочих токов, напряжений, мощностей, нормированных на их предельные значения;

- вид приемки для отечественных ЭРИ и уровень качества для зарубежных ЭРИ;

- максимально-допустимые значения внешних воздействующих факторов (климатических и механических).

Таким образом, полученные в результате анализа количественные данные позволяют наполнить конкретным содержанием рекомендации общего характера (например, вместо рекомендации «Снизить рабочую температуру резистора R1» дать рекомендацию «Обеспечить рабочую температуру резистора R1 не выше 40 °С»).

Что же касается выбора конкретных схемных, конструкторских и технологических решений, позволяющих практически реализовать рекомендации, которые получены в результате анализа, то решение и этой задачи вполне возможно.

Однако для этого требуется применение экспертных систем, основанных на использовании аппарата нечетких множеств. Очевидно, что задача эта является не самой простой и ее решение является одним из перспективных направлений дальнейшего развития эксплуатационных возможностей подсистемы АСОНИКА-К.

Практическое использование подсистемы для расчета надежности блоков РЭА летательных аппаратов пятого поколения убедительно подтвердило ее высокие эксплуатационные характеристики. Так, в ходе проведения расчетов, по мере поступления информации, СЧ БД пополнялась типономиналами ЭРИ зарубежного производства, были созданы новые разделы СЧ БД для хранения коэффициентов и математических моделей модулей питания и, соответственно, заменен структурный файл клиентской части и т.д. Все эти работы, проводимые на сервере разработчика, практически не оказали никакого влияния на время, затраченное пользователями подсистемы на расчеты.