Оценка надежности и качества РЭС

А.С. Шалумов, Генеральный директор ООО «НИИ «АСОНИКА», профессор, доктор технических наук als@asonika-online.ru

М.В. Тихомиров, кандидат технических наук

Подсистема АСОНИКА-Б предназначена для автоматизации процесса проектирования РЭС и позволяет реализовать следующие проектные задачи:

– определение показателей безотказности (вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и средняя наработка до отказа) и долговечности (ресурс РЭС и время до усталостного разрушения выводов) всех ЭРИ и внесение изменений в конструкцию для достижения необходимой надежности;

 – выбор лучшего из имеющихся вариантов резервирования для обеспечения требуемой надежности;

– обоснование необходимости и оценка эффективности резервирования РЭС.

Подсистема АСОНИКА-Б позволяет анализировать следующие типы конструкций РЭС: шкафы, блоки, узлы, ЭРИ. Подсистема поддерживает следующие виды резервирования:

- пассивное с неизменной нагрузкой;

- активное нагруженное;
- активное ненагруженное;

- активное облегченное.

База данных сервисного обеспечения подсистемы АСОНИКА-Б содержит сведения, предназначенные для использования при расчетах показателей безотказности аппаратуры. К таким показателям относятся:

 – номенклатура ЭРИ, расположенных по функциональным классам (группам), объединенных по общности их назначения, основным параметрам и конструктивно-технологическому исполнению;

- условное обозначение изделия;

- обозначение документа на поставку (ТУ, ОТУ);

 – математические модели для расчета (прогнозирования) значений эксплуатационной интенсивности отказов групп (типов) изделий, в том числе и при хранении в различных условиях;

– информация о показателях надежности ЭРИ и коэффициентах моделей.

Информация о показателях надежности ЭРИ и коэффициентах моделей включает:

 – значения интенсивности отказов групп (типов) ЭРИ при нормальной (максимально допустимой) температуре окружающей среды и номинальной электрической нагрузке или в типовых (усредненных) режимах эксплуатации;

 – распределение отказов групп изделий по видам (по результатам различных испытаний);

– значения коэффициентов, входящих в модели прогнозирования эксплуатационной надежности ЭРИ, и аналитические выражения, показывающие зависимость этих коэффициентов от учитываемых факторов.

Редактор базы данных позволяет пополнять номенклатуру ЭРИ, а также менять все перечисленные показатели надежности и математические модели для расчета.

Математическое ядро подсистемы, используя в качестве модели экспоненциальное распределение, позволяет рассчитать все коэффициенты математических моделей, хранящихся в базе данных, и эксплуатационную интенсивность отказов ЭРИ, а также характеристики безотказности ЭРИ и РЭС, которой присуще резервирование всех видов.

Подсистема может использоваться на одном рабочем месте либо в сети, если на сервере установлена база данных, а на рабочих местах – управляющая программа. При этом редактировать базу данных может только ее администратор.

Описание логической структуры

Алгоритм программы представлен на рис. 1, где ЭМ – электронная модель; ФУ – функциональный узел; ЭСХ – электрическая схема; ТЗ – техническое задание; ЭРИ – электрорадиоизделие.

Структура программы с описанием функций составных частей и связей между ними показана на рис. 2.



Рис. 1. Алгоритм функционирования программы



Рис. 2. Структура подсистемы АСОНИКА-Б

Подсистема АСОНИКА-Б представляет собой комплекс программ для ЭВМ, предназначенный для функционирования как в составе системы АСОНИКА, так и автономно как самостоятельная подсистема. Основу подсистемы составляет управляющая программа, которая формирует иерархию конструкции РЭС и выполняет передачу данных между конструктивными уровнями иерархии. Препроцессор с помощью оконных интерфейсов создает модель показателей безотказности и долговечности конструкции РЭС с точки зрения исходных данных. Перечень ЭРИ, входящих в состав РЭС, режимы работы ЭРИ (тепловые, электрические, радиационные характеристики), либо вводятся вручную на основе СБД, либо передаются из ЭМ в виде специального файла. Необходимые параметры модели можно выбрать из СБД, а при необходимости – идентифицировать. Затем управляющая программа запускает расчетное ядро в работу и после завершения расчета формирует модель показателей безотказности и долговечности РЭС с точки зрения визуализации результатов.

В постпроцессоре результаты расчета отображаются в виде диаграмм вкладов ЭРИ в общую безотказность РЭС. Самые ненадежные ЭРИ выводятся из таблиц с полным перечнем ЭРИ и их показателями безотказности и долговечности и также сохраняются в виде отчетов, на основе которых разработчиком может быть принято проектное решение. При недопустимых показателях безотказности и долговечности можно задействовать резервирование элементов конструкции РЭС и изменить конструкцию РЭС с последующим повторным моделированием физических процессов и уточнением показателей безотказности и долговечности. Все исходные данные и результаты моделирования сохраняются в ЭМ.

Связи с другими программами

В рамках разработанной автоматизированной системы реализуется специальный программный комплекс, который создает структуру электронного (виртуального) макета разрабатываемой РЭС, наполняет ее результатами работы проблемных подсистем системы (подсистемы позволяют моделировать электрические, тепловые, механические и другие физические процессы), а также позволяет интегрироваться с известными системами топологического проектирования печатных плат и известными CAD-системами.

Программный комплекс управляет процессом отображения результатов модельных экспериментов на геометрической модели, входящей в состав электронного макета, а также преобразует обработанный электронный макет в формат стандарта ISO 10303 STEP. Данные, входящие в электронный макет, используются на последующих стадиях жизненного цикла РЭС.

Структура автоматизированной системы предусматривает, что в процессе проектирования, в соответствии с требованиями CALSтехнологий, на базе подсистемы управления данными при моделировании (PDM-системы) и с помощью моделирования формируется электронная модель изделия. Для этого используется следующая исходная информация, извлеченная из других программ:

– выходной ВОМ-файл системы P-CAD (для чтения перечня ЭРИ);

 – выходной файл подсистемы АСОНИКА-ТМ (для импорта рабочих температур для элементов выбранного узла);

 – выходной файл подсистемы АСОНИКА-Р (для импорта напряжений, токов, мощностей и других параметров из карт рабочих режимов).

Входные данные

Для моделирования с помощью данной подсистемы необходима следующая исходная информация:

- техническое задание на разработку РЭС;
- эскизы или сборочные чертежи конструкции;
- перечень элементов;
- выходной ВОМ-файл системы P-CAD (для чтения перечня ЭРИ);

– выходной файл подсистемы ACOHИКА-TM (для импорта рабочих температур для элементов выбранного узла);

 – выходной файл подсистемы АСОНИКА-Р (для импорта напряжений, токов, мощностей и других параметров из карт рабочих режимов);

 – режим эксплуатации (нагруженная эксплуатация; режим ожидания (хранения), неподвижный объект; режим ожидания (хранения), подвижный объект); – режим ожидания (хранения) (в отапливаемом или не отапливаемом помещении либо под навесом);

- группа аппаратуры по ГОСТ В 20.39.304-98;

- время безотказной работы;

 – температура окружающей среды (при расчете остаточного ресурса вводится зависимость температуры от времени).

Сначала входные данные, подготовленные с помощью специализированного графического интерфейса ввода, после импорта выходных файлов P-CAD, АСОНИКА-ТМ и АСОНИКА-Р и чтения параметров ЭРИ из базы данных преобразуются в текстовый файл, который поступает на вход расчетного модуля.

Входной ILP-файл с перечнем ЭРИ, полученный из ВОМ-файла системы P-CAD, (рис. 3) содержит позиционные обозначения ЭРИ и их полную условную запись ЭРИ.

VD2: 2Д212A OC Ц23.362.006ТУ VD3: 2Д213В Ц23.362.008ТУ VD4: 2Д213В Ц23.362.008ТУ VD5: 2Д213В Ц23.362.008ТУ VD6: 2Д213В Ц23.362.008ТУ DA1: 142EH8A бКО.347.098 ТУ7 DA2: 142EH5A 6KO.347.098 TV3 R7 : ОС С2-33H-0,125-Ом±5%-А-Д-В ОЖ0.467.093ТУ R8 : ОС С2-33H-0,125-Ом±5%-А-Д-В ОЖ0.467.093ТУ R9 : ОС С2-33Н-0,125-Ом±5%-А-Д-В ОЖ0.467.093ТУ R10 : ОС С2-33H-0,125-Ом±5%-А-Д-В ОЖ0.467.093ТУ R11 : ОС С2-33H-0,125-Ом±5%-А-Д-В ОЖ0.467.093ТУ R12 : ОС С2-33H-0,125-Ом±5%-А-Д-В ОЖ0.467.093ТУ R13 : ОС С2-33H-0,125-Ом±5%-А-Д-В ОЖ0.467.093ТУ R14 : ОС С2-33H-0,125-Ом±5%-А-Д-В ОЖ0.467.093ТУ R15 : ОС С2-33H-0,125-Ом±5%-А-Д-В ОЖ0.467.093ТУ R16 : ОС C2-33H-0,125-Ом±5%-А-Д-В ОЖ0.467.093ТУ R17 : ОС С2-33H-0,125-Ом±5%-А-Д-В ОЖ0.467.093ТУ C1 : ОС К10-47а-50В-±80%-В ОЖ0.460.174ТУ C2 : ОС К10-47а-50В-±80%-В ОЖ0.460.174ТУ C3 : ОС К10-47а-50В-±80%-В ОЖ0.460.174ТУ С4: ОС К10-47а-50В-±20%-В ОЖ0.460.174ТУ C5 : ОС К10-47а-50В-±20%-В ОЖ0.460.174ТУ

Рис. 3. Фрагмент ILP-файла с перечнем ЭРИ

Входной файл с рабочими температурами ЭРИ (рис. 4), полученный из подсистемы АСОНИКА-ТМ, содержит:

- порядковый номер ЭРИ;
- позиционное обозначение ЭРИ;
- сторону печатной платы;
- расчетную температура ЭРИ;
- максимальную допустимая температура ЭРИ по ТУ;
- коэффициент тепловой нагрузки ЭРИ;
- перегрев ЭРИ.

	КАРТ	A TI	ЕПЛОВЫХ РЕ	ЖИМОВ РАБ	ОТЫ ЭРИ	
	(пр	ри ст	ационарном те	спловом воздей	іствии)	
			Температ	гура ЭРИ	Коэффици-	
Nº ≖∕	Обозначение	знос	December	Максималь-	ент тепло-	Перегрев,
п/	ЭРИ	Crop	Расчетная, °С	ная допу- стимая по	вои нагруз- ки.	°C
		Ŭ	C	ТУ, ℃	отн. ед.	
1	VD1	2	59,65	125,00	0,477	
2	VD2	2	58,85	125,00	0,477	
3	VD3	2	59,65	125,00	0,477	
4	VD4	2	59,65	125,00	0,477	
5	VD5	2	59,35	125,00	0,477	
6	VD6	2	58,15	125,00	0,477	
7	V1	2	61,25	125,00	0,477	
8	V2	2	59,85	125,00	0,477	
9	V3	2	62,65	125,00	0,477	
10	VT1	1	62,12	125,00	0,499	
11	VT2	1	62,12	125,00	0,499	
12	DA1	2	75,45	125,00	0,604	
13	DA2	2	75,59	125,00	0,605	
14	DD1	2	72,91	125,00	0,583	
15	DD2	1	92,09	125,00	0,737	

Рис. 4. Фрагмент файла с температурами ЭРИ

Входной файл с напряжениями, токами и мощностями для ЭРИ (рис. 5), полученный из подсистемы АСОНИКА-Р, содержит:

- позиционное обозначение ЭРИ;

– электрические характеристики и температуры из карт рабочих режимов в зависимости от типа ЭРИ (резистор, конденсатор, диод, транзистор, микросхема и т.д.).

VD1;T;;Pj:1E-3;;Umax_TU;50;Kel;4; VT1;T;;Pj;0,000278;f;;Kel;0,001321;Pmax;0.075; VT2;T;;Pj;0,001063;f;;Kel;0,079014;Pmax;0.075; VT3;T;;Pj;0,002407;f;;Kel;0,005037;Pmax;0.075; C2;T::Kel;2E-6;U:0,9316;Umax TU:15; C3;T:;Kel;0,000422;U;3,582;Umax TU;15; C4;T;;Kel;0;U;5;Umax_TU;15; C5;T;;Kel;2,9E-5;U;3,33;Umax_TU;15; C6;T;;Kel;;U;:Umax TU;15; C7;T;;Kel;;U;:Umax TU;15; C8;T;;Kel;39064,766667;U;3,358;Umax TU;15; C9;T;;Kel;5110,816667;U;0,496;Umax_TU:15: C10;T;;Kel;11794,983333;U;1,146;Umax_TU;15; C11;T;;Kel;0,003289;U;1,9853;Umax_TU;15; C12;T;;Kel;1E-6;U;0,4576;Umax TU;15; C13;T::Kel:0,000277;U:0,2214;Umax TU:15; R1;T;;Kel;0,000455;P;5,7E-5;Pmax;=TN\9\@5{4!}; R2;T;;Kel;0,002316;P;0,000289;Pmax;=TN\9\@5{4!}; R3;T;;Kel;0,022872;P;0,002859;Pmax;=TN\9\@5{4!}; R4;T;;Kel;0,000328;P;4,1E-5;Pmax;=TN\9\@5{4!}; R5;T;;Kel;0,061921;P:0,00774;Pmax;=TN\9\@5{4!}; R6;T;;Kel;0,0012;P;0,00015;Pmax;=TN\9\@5{4!}; R7;T;;Kel;0,002728;P;0,000341;Pmax;=TN\9\@5{4!}; R8;T;;Kel;0,002729;P;0,000341;Pmax;=TN\9\@5{4!}; R9;T;;Kel;0,000629;P;7,9E-5;Pmax;=TN\9\@5{4!}; R10;T;;Kel;0,102646;P;0,012831;Pmax;=TN\9\@5{4!};



Кодирование параметров выполняется по следующей форме:

14 %T_sr% @11 %Pj% @7.

Между знаками % заключено имя переменной передаваемого параметра.

После знаков @ и # идет порядковый номер параметра в карте, например, 11 – температура окружающей среды, °С; 7 – мощность рассеиваемая непрерывная (импульсная), Вт. Знак @ используется для параметра элемента, выбранного в схеме; знак # – для параметра, выбранного по НД. Подробное описание параметров для всех форм:

14. Карта рабочих режимов полупроводниковых СВЧ-диодов.

В схеме: Рj – мощность рассеиваемая непрерывная (импульсная), Вт; T_sr – температура окружающей среды,°С; Kel – коэффициент нагрузки.

15. Карта рабочих режимов ВЧ и СВЧ транзисторов.

В схеме: Pj – постоянная рассеиваемая мощность (статический режим), Вт; T_sr – температура окружающей среды (корпуса),°С; Kel – коэффициент нагрузки.

22. Карта рабочих режимов полупроводниковых генераторов шума.

В схеме: T_sr – температура окружающей среды (корпуса), °C; Kel – коэффициент нагрузки.

35. Карта рабочих режимов индикаторов знакосинтезирующих полупроводниковых.

В схеме: T_sr – температура окружающей среды (корпуса), °C; Kel – коэффициент нагрузки.

47. Карта рабочих режимов оптопар.

В схеме: І – средний (постоянный) ток, мА; Skva – скважность (режим входа); Рј – мощность рассеивания (режим выхода), Вт; Т_sr – температура окружающей среды (корпуса), °С; Kel – коэффициент нагрузки.

54. Карта рабочих режимов полупроводниковых ограничителей напряжения.

В схеме: Skva – скважность (режим во время воздействия импульсов перегрузки); Рj – постоянная (средняя) рассеиваемая мощность (режим во время воздействия импульсов перегрузки), Вт; T_sr – температура окружающей среды, °C; Kel – коэффициент нагрузки.

55. Карта рабочих режимов диодов (выпрямительных, импульсных, универсальных), варикапов и диодных сборок.

В схеме: Рj – рассеиваемая мощность, мВт; T_sr – температура окружающей среды (корпуса), °С; Kel – коэффициент нагрузки.

По НД: Umax_TU – максимальное обратное напряжение, В.

56. Карта рабочих режимов полупроводниковых стабилитронов и стабисторов.

В схеме: U – обратное напряжение, B; Pj – рассеиваемая мощность, мВт; T_sr – температура окружающей среды (корпуса), °C; Kel – коэффициент нагрузки.

57. Карта рабочих режимов туннельных и обращенных диодов.

В схеме: U – прямое напряжение, B; T_sr – температура окружающей среды (корпуса), °С; Kel – коэффициент нагрузки.

58. Карта рабочих режимов транзисторов и транзисторных сборок.

В схеме: f – частота следования, Гц; P – средняя мощность, Вт; T_sr – температура окружающей среды (корпуса), °C; Kel – коэффициент нагрузки.

59. Карта рабочих режимов однопереходных транзисторов.

В схеме: Pj – рассеиваемая мощность, мВт; T_sr – температура окружающей среды (корпуса), °С; Kel – коэффициент нагрузки.

60. Карта рабочих режимов полевых транзисторов и транзисторных сборок.

В схеме: f – частота следования, Гц; P – средняя мощность, Вт; T_sr – температура окружающей среды (корпуса), °С; 20 – Kel – коэффициент нагрузки.

62. Карта рабочих режимов тиристоров.

В схеме: f – частота следования импульсов (ток анод-катод), Гц; Pj – мощность, рассеиваемая тиристором, Bt; T_sr – температура окружающей среды (корпуса), °C; Kel – коэффициент нагрузки.

63. Карта рабочих режимов операционных усилителей и компараторов напряжения.

В схеме: Рj – мощность рассеивания, мВт; T_sr – температура окружающей среды (корпуса), °С.

64. Карта рабочих режимов стабилизаторов напряжения, схем управления импульсными стабилизаторами напряжения.

В схеме: Рj – мощность рассеивания, мВт; T_sr – температура окружающей среды (корпуса), °С.

65. Карта рабочих режимов цифровых функциональных узлов (модулей, микромодулей, микросхем).

В схеме: U – напряжение питания, В; Рј – мощность рассеивания, мВт; Т – температура окружающей среды (корпуса), °С; Kel – коэффициент нагрузки.

67. Карта рабочих режимов конденсаторов, конденсаторных сборок, помехоподавляющих фильтров и ионисторов.

В схеме: U – напряжение постоянное, В; Т – температура окружающей среды, °С; Kel – коэффициент нагрузки.

По НД: Umax – напряжение постоянное, В.

68. Карта рабочих режимов резисторов, резисторных сборок, терморезисторов, поглотителей и потенциометров.

В схеме: Р – суммарная мощность, Вт; Т – температура окружающей среды (корпуса), °С; Kel – коэффициент нагрузки.

По НД: 13 – Р – суммарная мощность, Вт.

69. Карта рабочих режимов кварцевых резонаторов, кварцевых микрогенераторов, пьезоэлектрический и электромеханических фильтров и линий задержки на поверхностных акустических волнах.

В схеме: Т – температура окружающей среды (корпуса), °С; Kel – коэффициент нагрузки.

75. Карта рабочих режимов электрических соединителей.

I – величина тока (коммутируемый сигнал), мА; Ncontact – количество соединений; T_sr – температура окружающей среды, °C; Kel – коэффициент нагрузки.

84. Карта рабочих режимов силовых трансформаторов.

Т – температура окружающей среды (обмоток), °С; Kel – коэффициент нагрузки.

85. Карта рабочих режимов импульсных трансформаторов.

Т – температура окружающей среды (обмоток), °С; Kel – коэффициент нагрузки.

86. Карта рабочих режимов дросселей фильтров.

Т – температура окружающей среды (обмотки), °С; Kel – коэффициент нагрузки.

Значения справочных параметров ЭРИ поступают автоматически из базы данных по полным условным записям ЭРИ.

Выходные данные

Для просмотра выходных данных используется специализированный графический интерфейс вывода, на вход которого поступает текстовый файл, сформированный по результатам работы расчетного модуля. Выходные данные представлены в виде графиков и отчета с исходными данными и результатами расчета.

По результатам расчета на ЭВМ пользователь подсистемы АСОНИКА-Б может получить следующую выходную информацию:

 – показатели безотказности – вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и средняя наработка до отказа;

 – показатели долговечности – ресурс РЭС и время до усталостного ного разрушения выводов ЭРИ (рассчитывается и выводится в подсистеме АСОНИКА-ТМ). При этом в выходном файле выводятся как результаты расчета, так и исходные данные (все коэффициенты). По желанию пользователя выходной файл может быть сформирован в трех форматах: текстовом, html и xls. Фрагмент выходного файла в формате xls приведен на рис. 6.



Рис. 6. Фрагмент выходного файла подсистемы ACOHИКA-Б в формате xls

Выполнение программы

Для обращения к подсистеме необходимо вызвать файл Ask.exe. После этого начинается диалог между пользователем подсистемы и ЭВМ, в процессе которого решается поставленная задача.

Главное окно. Главное окно программы (рис. 7) разделено на три части. В левой части окна находится дерево конструкции РЭС, которое содержит список всех элементов РЭС в соответствии с иерархией.

При загрузке описания конструкции дерево изначально находится в свернутом состоянии. Чтобы раскрыть какой-либо родительский элемент, нужно один раз нажать на значок [+] слева от пиктограммы и названия элемента левой кнопкой мыши либо сделать двойной щелчок левой кнопкой мыши на названии элемента. При этом значок [+] сменится на значок [–]. Таким образом можно полностью раскрыть древовидное представление конструкции и достичь любого уровня конструктивной иерархии. Для сворачивания нужно проделать эти действия в обратном порядке.

Для выбора элемента следует нажать левую кнопку мыши, установив курсор на имени элемента. Щелчком правой кнопкой мыши по дереву вызывается контекстное меню выбранного элемента.

Внизу дерева находится кнопочная панель редактирования структуры РЭС. Кнопки этой панели дублируют команды главного меню «Правка» и контекстного меню дерева структуры РЭС.

В правой части окна находятся три закладки. На первой из них расположена таблица параметров выбранного элемента конструкции, которая позволяет просматривать и редактировать параметры выбранного элемента. Таблица разделена на три столбца. Первый из них содержит внутреннее имя параметра и по умолчанию отключен, второй – наименование и размерность параметра, третий – значение параметра.

На второй закладке находится диаграмма или таблица интенсивностей отказов элементов конструкции. На диаграмме показаны интенсивности отказов дочерних элементов выбранного в дереве элемента конструкции. Если в иерархии выбран низший элемент

₅Безотказность РЭС - С:\as	sonika\asonika3_1\ACDH/IKA-5\Bin\IIp/wepbi\test_4.akp		-
оект Правка Вид Серви	ис Окно Справка		
			_
pykrypa P3C	Свойства з лемента Интенсивности отказов		
👹 Усилитель	Г Только редактируемые параметры		
—————————————————————————————————————	Параме/ Описание, [размерность]		
	🚯 гсName Наименование	۵	
5 1	rcNum Обозначение МКРН.7	3513.172-01	
Ē	P_br Вероятность безотказной работы 0.99915	ri 3087227	
🗆 🔤 Usen 2	La Эксплуатационная интенсивность отказов. [1/ч] 3.21668	12667413E-8	
11 1	Т_паг Время безотказной работы, [ч] 26280		
	Т_sr_nar Среднее время безотказной работы, [ч] 3108793	5531896	
	Gr_A F pyrna amaparybu no FOCT B 20.39.304-98		
ا ین ا			
			LIN.
		111	12

Рис. 7. Главное окно программы

(например, ИЭТ), не содержащий дочерних элементов, то отображается интенсивность отказов только этого элемента. Высота столбца на диаграмме соответствует численному значению интенсивности. В нижней части диаграммы находится легенда, которая содержит численные значения интенсивностей отказов и задает соответствия между цветами столбцов на диаграмме и элементами конструкции.

На третьей закладке расположена структурная схема безотказности выбранного элемента конструкции.

Описание главного меню. В меню (рис. 8) «Проект» содержатся команды управления файлом проекта.

1. «Новый». Создать новый проект;

2. «Открыть». Открыть ранее сохраненный проект;

3. «Сохранить». Сохранить редактируемый проект;

4. «Сохранить как...». Сохранить файл проекта под другим именем;

5. «Сохранить отчет». Сохранить отчет, содержащий результаты расчетов;

6. «Импорт». Содержит команды, позволяющие импортировать параметры конструкций из файлов других программ:

6.1. «И м п о р т – С п и с о к Э Р И». Импорт перечня элементов из универсального перечня элементов;

6.2. «И м п о р т – Т е м п е р а т у р». Импорт рабочих температур для элементов выбранного узла из выходного файла подсистемы АСОНИКА-ТМ;

6.3. «И м п о р т – Э л е к т р. х а р а к т е р и с т и к». Импорт напряжений, токов и мощностей для элементов выбранного узла из отчета программы «Режимы»;

6.4. «Экспорт – Список ЭРИ». Сохранение перечня элементов в универсальной перечень элементов.

Меню «Правка» (рис. 9). Содержит команды редактирования конструкции РЭС.

1. «Добавить». Добавить в конструкцию требуемый элемент.

2. «Удалить». Удалить выбранный элемент из конструкции.

X	eзотказность РЭС - C:\asonika\asonika3_1\ACOHИKA-5\Bin\При	mepы\test_4.akp		×□
□p(оект Правка Вид Сервис Окно Справка			
	HOBЫЙ CtM+N			
1	OTKPHTh Cttrl+O			
	Закрыть	308		
	Сохранить Ctrl+8		c	Γ
	Сохранить как		GHARANA	1
đ	Сохранить отчет			Γ
	MMnopT	Список ЭРИ	0.999155623762435	
	Экспорт	Электр. характеристик	3.21435663614556E-8	
	0. С:tasonika\asonika3_1\ACOHИKA-Б\Bin\Примерыttest_4.akp	- Температур	31110424.6727001	
	1. C:tasonika\asonika3_1\ACOHИKA-Б\Bin\Примерыttest_3.akp		1	_
	2. С:tasonikatasonika3_1\ACOHиKA-Б\Bin\Примерыttest_2.akp			_
	3. C:tasonikatasonika3_1\ACOHMKA-5\Bin\Tpumepbltestakp			_
-	Выход	I		
	[2	1		
4				1
CosA	ать отчет по результатам расчета показателей безотказности РЭС			11

Рис. 8. Меню «Проект»



Рис. 9. Меню «Правка»

Меню «Вид» (рис. 10). Содержит команды, управляющие внешним видом главного окна и отображением информации о конструкции.

Вид	Сервис Окно Справка
 Image: A start of the start of	Показывать имена переменных
	Раскрыть дерево структуры
	Свернуть дерево структуры
1	Гистограмма
	Таблица

Рис. 10. Меню «Вид»

1. «Показывать имена переменных». Управление отображением столбца таблицы параметров, содержащего имена переменных, соответствующих параметрам.

Меню «Сервис» (рис. 11). Содержит команды, управляющие настройками программы.

Сер	зис Окно Справка
R	Параметры
B	Провести расчет
	Результат последнего расчета
	Интенсивности отказов
	Редактор БД

Рис. 11. Меню «Сервис»

1. «*Редактор БД*». Закрытие подсистемы и запускает программы «Редактор БД».

2. «Провести расчет». Запустить процесс расчета показателей безотказности.

3. «Параметры». Вызвать диалоговое окно настроек программы.

Меню «Справка». Содержит команду, позволяющую отобразить окно информации о программе.

Кнопочная панель. Под главным меню программы расположена кнопочная панель (рис. 12), которая дублирует наиболее часто использующие команды главного меню.



Рис. 12. Кнопочная панель

 – кнопка «Новый проект» позволяет создать новый проект. Дублирует пункт меню «Проект – Новый»;

 – кнопка «Открыть» позволяет открыть проект. Дублирует пункт меню «Проект – Открыть»;

— кнопка «Сохранить» позволяет сохранить редактируемый проект. Дублирует пункт меню «Проект – Сохранить»;

— кнопка «Расчет» позволяет запустить расчет показателей безотказности РЭС.

Операции при работе с программами. К ним относятся следующие процедуры.

1. Создание нового проекта. Для создания нового проекта необходимо выбрать пункт меню «Проект – Новый» или нажать кнопку «Создать» на кнопочной панели. Если в это время в программе уже открыт какой-либо проект, то будет предложено сохранить его. После этого появится диалоговое окно «Новый проект» (рис. 13).

Диалоговое окно содержит поля ввода, в которые нужно ввести соответствующие параметры моделируемого РЭС. Для продолжения

формирования проекта нажмите кнопку «ОК» или кнопку «Отмена», если вы хотите прервать процесс создания проекта.

			_
 01			
	Ok	Ok	Ок Отмена

Рис. 13. Диалоговое окно «Новый проект»

После этого процесс создания нового проекта будет завершен и на экране появится главное окно программы. Дерево конструкции РЭС будет содержать единственный элемент конструкции – только что созданное РЭС.

2. Сохранение проекта. Чтобы сохранить проект, выберите пункт меню «Проект – Сохранить» или нажмите кнопку «Сохранить» на кнопочной панели. Если сохранение производится впервые, то откроется типовое окно сохранения файла, в котором будет необходимо указать имя файла и папку для сохранения. Если сохранение производится повторно, то проект будет сохранен в том же файле, что и ранее.

Для сохранения копии проекта выберите пункт меню «Проект – Сохранить как». В появившемся диалоговом окне укажите новое имя файла и папку, в которую вы хотите сохранить копию.

3. Открытие проекта. Для открытия проекта выберите пункт меню «Проект – Открыть» или нажмите кнопку «Открыть» на кнопочной панели. Если в это время в программе уже открыт какойлибо проект, то будет предложено сохранить его. После этого появится типовое окно открытия файла, в котором необходимо указать папку, содержащую файл проекта и имя файла.

4. Редактирование конструкции РЭС. Редактирование конструкции РЭС может осуществляться путем отдачи команд на редактирование. Эти команды содержатся в главном меню «Правка», в контекстном меню дерева конструкции и на кнопочной панели дерева конструкции. Так как команды кнопочной панели и контекстного меню полностью дублируют команды главного меню, в дальнейшем будет описана только работа с командами главного меню.

Добавление новых элементов конструкции. Выделите в дереве конструкции элемент, к которому вы хотите добавить новый элемент. Новые элементы всегда добавляются как дочерние к выбранному элементу дерева.

Выберите пункт меню «Правка – Добавить». Из открывшегося подменю выберите элемент конструкции, который вы хотите добавить к текущему. Элементы добавляются в конструкцию в соответствии с иерархией. Это означает, что элементы, стоящие выше в иерархии, не могут входить в состав элементов, стоящих ниже (например, блок не может входить в состав узла, но может входить в состав ЭРИ).

Если вы добавляете в конструкцию узел или блок, то после выбора соответствующего пункта меню откроется диалоговое окно, в котором необходимо указать имя добавляемого элемента и подтвердить добавление нажатием кнопки «ОК» либо отменить добавление нажатием кнопки «Отмена».

Процесс добавления в конструкцию ИЭТ более сложен, поэтому будет описан пошагово.

Ш а г 1. Выберите пункт меню «Правка – Добавить – ИЭТ».

Шаг 2. В появившемся диалоговом окне укажите класс добавляемого ЭРИ и нажмите кнопку «ОК» (рис. 14).

Выбор класса ЗРИ Выбор класса ЗРИ Дроссели Знакосинтезирующие индикаторы Изделия квантовой электроники Конденсаторы Соединители низкочастотные и радиочастотные Химические источники тока Поиск: АСОНИКА-Б		Добавление ЭРИ	
Выбор класса ЗРИ Дроссели Знакосинтезирующие индикаторы Изделия квантовой электроники Интегральные микросхемы Источники высокоинтенсивного оптического излучения Конденсаторы Полупроводниковые приборы Резисторы Соединители низкочастотные и радиочастотные Химические источники тока Тоиск: АСОНИКА-Б	_	Выбор класса ЭРИ	
Дроссели Знакосинтезирующие индикаторы Изделия квантовой электроники Унтегральные микросхемы Источники высокоинтенсивного оптического излучения Конденсаторы Полупроводниковые приборы Резисторы Соединители низкочастотные и радиочастотные Химические источники тока Поиск: АСОНИКА-Б		Выбор класса ЗРИ	*
Знакосинтезирующие индикаторы Изделия квантовой электроники ▶ Интегральные микросхемы Источники высокоинтенсивного оптического излучения Конденсаторы Полупроводниковые приборы Резисторы Соединители низкочастотные и радиочастотные Химические источники тока		Дроссели	
Изделия квантовой электроники Интегральные микросхемы Источники высокоинтенсивного оптического излучения Конденсаторы Полупроводниковые приборы Резисторы Соединители низкочастотные и радиочастотные Химические источники тока Поиск: АСОНИКА-Б		Знакосинтезирующие индикаторы	
Интегральные микросхемы Источники высокоинтенсивного оптического излучения Конденсаторы Полупроводниковые приборы Резисторы Соединители низкочастотные и радиочастотные Химические источники тока Поиск: СОНИКА-Б		Изделия квантовой электроники	
Источники высокоинтенсивного оптического излучения Конденсаторы Полупроводниковые приборы Резисторы Соединители низкочастотные и радиочастотные Химические источники тока Поиск: СОНИКА-Б	•	Интегральные микросхемы	
Конденсаторы Полупроводниковые приборы Резисторы Соединители низкочастотные и радиочастотные Химические источники тока Поиск: СОНИКА-Б		Источники высокоинтенсивного оптического излучения	
Полупроводниковые приборы Резисторы Соединители низкочастотные и радиочастотные Химические источники тока Поиск: СОНИКА-Б		Конденсаторы	
Резисторы Соединители низкочастотные и радиочастотные Химические источники тока		Полупроводниковые приборы	Ξ
Соединители низкочастотные и радиочастотные Химические источники тока	_	Резисторы	
Химические источники тока		Соединители низкочастотные и радиочастотные	
Тоиск:		Химические источники тока	
Поиск:	_		Ŧ
АСОНИКА-Б	п,	uer:	-
асоника-ь			
	31	. ОНИКА-Ь	

Рис. 14. Диалоговое окно «Выбор класса ЭРИ»

Шаг 3. В появившемся диалоговом окне укажите сокращенный тип добавляемого ЭРИ и нажмите кнопку «ОК» (рис. 15).

Добавление ЭН	N		
Выбор сокраи	ценного типа ЭРИ	 	
1			
1002BB1 6K0.347	.331-06TY		
1002ИР1 6К0.347	.331-02TY		
10020P1 6K0.347	.331-03TY		
10020P2 6K0.347	.331-04TY		
1002ПЦ1 6К0.347	7.331-05TY		
1002×Л1 6K0.347	.331-01TY		
1009EH201A-2 6K	(0.347.703TY		
1009EH2A 6K0.34	47.703TY		
1009EH2A-2 6K0.	347.703T9		
1009EH25 6K0.34	17.703TY		
1009EH2B 6K0.34	47.703TY		
Іоиск:			
COMMENTE			

Рис. 15. Диалоговое окно «Выбор сокращенного типа ЭРИ»

Шаг 4. В появившемся диалоговом окне укажите полный тип добавляемого ЭРИ и нажмите кнопку «ОК» (рис. 16).

ACC	ЭНИКА-Б	
Доб	іавление ЗРИ Выбор ЗРИ	
Вый	бор ЗРИ 2881 бК0.347.331-06ТУ	
ACOHI	ИКА-Б	Ок Отмена

Рис. 16. Диалоговое окно «Выбор ЭРИ»

Шаг 5. В появившееся диалоговое окно введите позиционное обозначение добавляемого ЭРИ (рис. 17) и нажатием кнопки «ОК» завершите процесс добавления ЭРИ.

АСОНИКА-Б	x
Добавление ЭРИ Задайте обозначение	
Позиционное обозначение	
АСОНИКА-Б	
	Ок Отмена

Рис. 17. Диалоговое окно «Выбор позиционного обозначения»

При добавлении ЭРИ в РЭС можно вернуться на шаг назад нажатием клавиши «Отмена». Для полного выхода нужно нажать крестик.

Удаление элементов конструкции. Выберите в дереве конструкции элемент, который вы хотите удалить, затем выберите пункт меню «Правка – Удалить». В появившемся диалоговом окне нажмите кнопку «Да» для подтверждения удаления или кнопку «Нет» для отмены удаления.

При удалении элемента конструкции также будут удалены BCE принадлежащие ему дочерние элементы.

Копирование, вставка. Чтобы скопировать блок, узел или ЭРИ, содержащийся в другом проекте или в настоящем, нужно выполнить следующие операции:

- установить курсор на элемент, который нужно копировать;

– нажать правую кнопку мыши и выбрать пункт «Копировать конструкцию» или нажать функциональную клавишу F5;

– установить курсор на тот элемент конструкции, в котором надо расположить копируемый элемент, нажать правую кнопку мыши и выбрать пункт «Вставить конструкцию» или нажать функциональную клавишу F7.

Для ввода нескольких одинаковых ЭРИ можно использовать групповое копирование. Для этого нужно выполнить следующие действия:

- установить курсор на ЭРИ;

– нажать правую кнопку мыши и выбрать пункт «Копировать конструкцию» или нажать функциональную клавишу F5;

– если нужно добавить один ЭРИ, то нужно установить курсор на «Узел» и нажать правую кнопку мыши и выбрать пункт «Вставить конструкцию» или нажать функциональную клавишу F7;

– если нужно добавить несколько ЭРИ, то нужно установить курсор на «Узел» и нажать правую кнопку мыши и выбрать пункт «Групповая вставка» или нажать клавиши Ctrl+F7.

Резервирование. Выделите в дереве конструкции элемент, к которому вы хотите добавить резерв. Выберите пункт меню «Правка – Добавить конструкцию – Резерв». При этом откроется диалоговое окно, в котором необходимо указать вид резервирования (рис. 18) и либо подтвердить добавление нажатием кнопки «ОК», либо отменить нажатием кнопки «Отмена».

АСОНИКА	X
Вид резервирования Выбирите вид резервирования	
Активное	
— Скользящее С Скользящее	
АСОНИКАОк Отмена	

Рис. 18. Диалоговое окно для выбора вида резервирования

В дереве конструкции РЭС резервирование будет выглядеть как отдельный узел (рис. 19), в состав которого будут входить основные и резервные элементы в зависимости от типа резервирования.



Рис. 19. Резервирование: активное (a); пассивное (δ); скользящее (в)

Для добавления дополнительных элементов в резервирование необходимо выбрать в дереве конструкции РЭС, затем выбрать пункт меню «Правка – Добавить – Резерв».

Импорт перечня ЭРИ. Чтобы ознакомится со списком ЭРИ, содержащимся в файле с расширением .ilp, нужно: установить курсор на узел, в который нужно ввести список ЭРИ; войти в меню «Проект – Импорт – Список ЭРИ» и выбрать файл с расширением ilp. При этом сообщается информация об отсутствии в базе ЭРИ.

Чтобы сохранить список ЭРИ в файле с расширением ilp, нужно: установить курсор на узел, в котором нужно сохранить список ЭРИ; войти в «Проект – Экспорт – Список ЭРИ», ввести имя файла с расширением ilp и сохранить.

Редактирование параметров элемента. Для редактирования параметров элемента предназначена таблица, в которой они перечислены. Чтобы отредактировать значение параметра, необходимо выбрать его в столбце «Значение» этой таблицы.

Если после выбора параметра соответствующая ячейка таблицы, содержащая его значение, превращается в поле для текстового ввода (рис. 20), то значение параметра должно быть введено с клавиатуры.

|--|

Рис. 20. Редактирование параметра вручную

Если в правой части ячейки таблицы появляется кнопка (С), то значение параметра следует выбрать из списка (рис. 21). Для этого нажмите на кнопку (С) и в появившемся диалоговом окне выберите значение параметра из списка возможных (рис. 22). Выбор подтвердите нажатием кнопки «Выбрать».

II IDVEMKA	Приемка "5" Пол
Tripvonika	

Рис. 21. Параметр, требующий выбора значения из списка

Выбор значения Приемка	
Приемка Приемка "5" Приемка "9"	
Поиск:	<u> </u>
Безотказность РЭС	Ок Отмена

Рис. 22. Диалоговое окно для выбора значения параметра

Если при выборе параметра из таблицы с ячейкой, содержащей его значение, ничего не происходит, то это означает, что параметр не является редактируемым.

Импортирование реальных характеристик. Для импорта температур из дерева выберите конструкций узел, для которого проводился расчет тепла в подсистеме АСОНИКА-ТМ. Выделите в меню пункт «Проект – Импорт – Температур», после чего откроется стандартный диалог открытия файлов, в котором надо указать выходной файл расчета температур подсистемы АСОНИКА-ТМ. При импорте проводится сопоставление позиционных обозначений элементов выбранного узла и элементов в файле.

Для импорта электрических характеристик в дереве конструкций выберите узел, для элементов которого составлена карта режимов работы в подсистеме АСОНИКА-Р. Выделите в меню пункт «Проект – Импорт – Электр. Характеристик», после чего откроется стандартный диалог открытия файлов, в котором надо указать выходной файл подсистемы АСОНИКА-Р. При импорте проводится сопоставление позиционных обозначений элементов выбранного узла и элементов в файле.

Расчет показателей безотказности. До начала запуска процесса расчета показателей безотказности необходимо ввести все требуемые для расчета значения параметров элементов. Расчет запускается нажатием кнопки «Расчет» на кнопочной панели. Продолжительность процесса расчета зависит от числа элементов в конструкции и может составлять несколько минут. Во время процесса расчета в строке состояния главного окна программы (рис. 23) появляется иконка калькулятора () и полоса прогресса, которая отображает степень завершенности расчета.



Рис. 23. Строка состояния

Если к моменту начала расчета значения некоторых параметров какого-либо элемента конструкции были заданы неверно или не были заданы вообще, то расчет показателей безотказности будет прерван, а этот элемент конструкции станет активным и будет выделен знаком вопроса (элемент К2 на рис. 24).



Рис. 24. Элемент, для которого не производился расчет

В программе существует два представления результатов расчета: графический и табличный.

Графическое представление включено по умолчанию и представляет собой столбчатую диаграмму, каждый столбец которой со-

ответствует элементу конструкции, причем его высота пропорциональна рассчитанной интенсивности отказов (рис. 25).



Рис. 25. Диаграмма интенсивнностей отказов

На диаграмме отображаются интенсивности отказов элементов, входящих в состав выбранного в дереве элемента конструкции. Если выбранный элемент конструкции не содержит дочерних элементов, то отображается интенсивность отказов только этого элемента.

Пример табличного представления результатов показан на рис. 26.

Свойства элемента Интенсивности отказ	ов Топология	
Наименование	Обозначение	Значение
100ИД162И63.088.068ТУ11	D1	3.34964101278447E-8
К53-18-16В-1.5мкФ+-10%-В ОЖ0.464.136ТУ	C1	1E-6
530ИP22 6K0.347.022-33TУ	DD12	4.03886285061457E-8
1002ПЦ1 6К0.347.331-05ТУ	D9	1.83636922589087E-7

Рис. 26. Табличное представление результатов расчета

Чтобы представить результаты расчета в виде текста, необходимо нажать кнопку ..., расположенную в правом верхнем углу диаграммы интенсивностей отказов. После этого откроется диалоговое окно, содержащее список элементов, входящих в состав выбранного элемента конструкции, и соответствующих им интенсивностей отказов в формате таблицы (рис. 27).

асоник	A		×
Экспл Сос	іуатационные став РЭС с инте	 интенсивности отказов енсивностями отказов его элеме 	пов
АСОНИИ	Резерв: D1: D2:	3.01893216083539E-8 3.34964101278447E-8 7.5357863005934E-8	1/प 1/प 1/प
ACOTIVI	un		Закрыть

Рис. 27. Текстовое представление результатов расчета

Сохранение результатов расчета. Программа позволяет сохранять результаты расчетов в различных открытых форматах документов. Процесс сохранения результатов расчета включает в себя генерацию отчета и сохранение его в файле. В текущей версии программы поддерживается три формата файла: текстовый (*.txt), HTML (*.htm) и таблица Excel (*.xls). Отчет, созданный программой, представляет собой полный список элементов конструкции с указанием имен, позиционных обозначений и интенсивностей отказов элементов. Представление списка элемента в отчете организовано в виде древовидной структуры, соответствующей иерархии элементов конструкции.

Чтобы сформировать отчет, выберите пункт меню «Проект – Сохранить отчет». В появившемся стандартном диалоговом окне для сохранения файла укажите папку, в которой вы хотите сохранить отчет, имя файла отчета и формат файла, затем нажмите кнопку сохранить.

Проект Правка Вид Серекс Окно Справка Image: Ima	епры епры летры (безопказности) летры (детрестир) (де	а в составляет о холо со по лите в соста караниеские на понналиное нагрежен 161105 161105 1633 1633 1633 1633 1633 1633 1633 163
Construction C	епры епры епры Доненне Доненне Доненне Полание Воли	а а а а а а а а а а а а а а
Conserved PC Condense (December Total and Secondariance) Condense (December (Decemb		а а в в месот, караческие на томиальное нагрожен- bit 166 bit 166 bit 33 bit 33 bit 33 bit 33 bit 35 bit 3
Construction gramma gramm	етры аленно	ы в мости, кранческие на коннальное нагрежен bit 165 bit 165 bit 26 bit 20 bit 26 bit 26 bit 20 bit
Политики зони Отисание (разливриостъ) Отисание (разливриостъ) Отисание (разливриостъ) Отисание (разливание) Осознание за радинисти за р	3-знение 3-знение R015/82/078 8015/82/078 R015/82/078 8015/82/078 R016 1 R017 1 R017 1	atomaseses ox.00.500.0018 el mecom, reparetecue ha ronatananda harpater- 161105 8683 8683 8683 8683 8683 8683 8683 868
C2 C2	MIDPREMIXE MIDPREMIXE Incrementation CT Kontencarge Kontencarge Kontencarge State	attorreases 0.0000 (0.0100/04) el micorri, reparevecture ha horienance harparene 161105 863 863 863 863 863 863 863 863 863 863
C C C C C C C C	C1 C1 Kontenezropa bone Done	el Innicotti, Kapaleveckue Ha Horkehalhende Harpparen 161105 1633 1633 1633 144:5E 7 1633
Hot C4 Haveneroesere kunc.c3.9N Hot C5 Haveneroesere prime 3PM BN BN C Bepointworke desancased patrons Bot C7 C C D	Monit Construction Monit 0.956515500 Samedi padoma 0.956515500 Benggel 1.3854215500 Monit 0.3854215500 Monitorial 38542215500	ы виссти, керанческие на комнальное награкен- 161105 161105 1633 1633 1633 163 163 163 163 163 163
C Havenenoaver rpurtu 3PN C Bepoartwork desortation Adorts C C C Pattiens septoartwork desortwaveld to desort C C C Pattiens septoartwork desortwaveld to desort	Постоянной е заной работы 0.03651652000 заной работы 0.03651652000 (ресурс) (ч) 385945.25900 работы, (ч) 385945.219300 ость отлазов. (1/ч) 2.5643451.4380	емиссти, керанческие на номинальное напракен- 161105 161105 1683 144.586.7 1683 1683 1683 1683
Сс Сс Средная веротность безотказной работы Средная веротность безотказной работы Средная веротность безотказной работы	блы 0.936516,2500 заной работеі 0.936516,2500 Поср. 10 38642,1930 работьі 10 38642,1930 работьі 174] 2.564,951,4380 ость отлаове (174] 2.564,951,438	161 105 161 105 163 3 863 4445E 7 863 863 863
С С С С С С С С С С С С С С С С С С С	ashotik padonei 0.9956162500 (pecypc), [v] 3863452 19300 padonei, [v] 3863452 19300 ochs orrkasoe, [1/v] 2.56434543 438	161 105 683 683 683 863 863 863 863 863
	I (pecypc), [v] 3863452 1990 pa6ore. [v] 3863452 1990 ocre orwasoe, [1]/v] 2.5843454 438	863 863 84.5EE 7 863 863 863
Средняя наработка до отказа (ресурс), [ч]	работы, [ч] 3869452.19900 ость отказов, [1/ч] 2.5843451438.	063 144:5EE7 0683
Среднее время безотказной работы, [ч]	юсть отказов, [1/ч] 2.5843451438	94.3E.7 0683
		0683
	38224221380	
	ента режима 0.3	21 L 22
	ента режима 398	41 TV
	2.3955145097	1943
С17 С15 Константа модели козффициента режима	ента режима	
Казффициент хранения	-	
Константа модели козфициента режима	ента режима 3	
R3 Константа модели козффициента режима	ента режима 5.9096-7	
	ента режима 14.3	
на D2 Казффициент приемки	-	
	8	
Козффициент в зависимости от номиналын	от номинальной емкости 0.69512033149	19975
Базовая интенсивность отказов. [1/ч]	sos, [1/4] 1.94E-8	
Режим эксплуатации		
	име ожидания (хранения)	
тарии 11 Козффициент нагрузки	0.9	
Номинальная емкость, [мкФ]	0.1	
Приемика	5	
Температура окружающей среды (корпуса)	egtei (kopnyca), [°C] 57.73	
· ×		•
	Кол-во: 0	

Рис. 28. Анализ показателей надежности в подсистеме АСОНИКА-Б: задание исходных данных



Рис. 29. Анализ показателей надежности в подсистеме АСОНИКА-Б: ЭРИ с низкой безотказностью



Рис. 30. Анализ показателей надежности в подсистеме АСОНИКА-Б: вклады ЭРИ в общую безотказность РЭС



Рис. 31. Вклады ЭРИ в общую безотказность ПУ