

ностью в зависимости от коррозионной среды региона.

Для повышения эффективности противокоррозионной защиты лесных машин необходимы составы с низкой себестоимостью, которые обеспечивают необходимую долговечность. Для снижения себестоимости консервационных составов возможно использование в качестве сырья для ингибиторов

коррозии отходов растительных масел, а в качестве растворителя – отработанные минеральные масла. Нами в МГУЛеса разработаны консервационные составы с низкой себестоимостью, обеспечивающие необходимую долговечность. В качестве сырья использовались отходы рапсового масла и отработанные минеральные масла (моторные или трансформаторные).

ЛИТЕРАТУРА

1. Вавилкин Д.Ю. Обеспечение сохранности сельскохозяйственной техники путем подбора антикоррозионных материалов. / Д.Ю. Вавилкин // Автореферат дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / Д.Ю. Вавилкин; ГОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева». – Саранск, 2011 – 17 с.
2. Черноиванов В.И., Северный А.Э., Зазуля А.Н. и др. Сохраняемость и противокоррозионная защита техники в сельском хозяйстве. – М.: ГОСНИТИ, 2010. – 266 с.
3. Михайловский Ю.Н. Атмосферная коррозия металлов и методы их защиты. – М.: Металлургия, 1989.
4. Гайдар С.М. Теория и практика создания ингибиторов коррозии для консервации сельскохозяйственной техники. – М.: ФГВНУ «Росинформагротех», 2011. – 301 с.
5. Выков В.В., Голубев М.И. Карты атмосферной коррозии лесных машин. Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник №5(81) 2011 г. – М.: МГУЛ, 2011. С. 53-56.

Каднов В.В.

Московский государственный институт электроники и математики, г.Москва, Россия

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ВТОРИЧНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Среди всех этапов жизненного цикла источников вторичного электропитания (ИВЭП) особую роль играет этап проектирования, на котором вкладывается тот уровень надежности, который будет реализован при изготовлении и поддерживаться при эксплуатации. Кроме того, надежность относится к тем свойствам изделий, которые проявляются только при эксплуатации. Другими словами, не возможно экспериментально оценить уровень надежности без изготовления опытной партии ИВЭП и ее испытаний на надежность.

Поэтому на ранних этапах проектирования единственным способом оценки надежности ИВЭП является расчет ее показателей. Для обеспечения достоверности и воспроизводимости результатов этих расчетов стандартизованы не только методики расчета (см. стандарт [1]), но и исходные данные (см. стандарт [2]).

В соответствии со стандартом [3] расчет надежности рекомендуется проводить минимум два раза:

- предварительный (по усредненным данным об интенсивностях отказов электрорадиоизделий (ЭРИ));

- окончательный (по математическим моделям интенсивностей отказов ЭРИ, учитывающих их режимы работы). Поскольку в этом случае в качестве исходных данных необходимы режимы работы ЭРИ (токи, напряжения, температуры и др.), то его проводят по данным, приведенным в картах рабочих режимов (КРР).

Что касается «предварительного» расчета, то целесообразность его проведения для ИВЭП весьма сомнительна, т.к. усредненные значения интенсивностей не гарантируют точность оценки нижнего уровня надежности, а возможность достижения требуемого уровня можно оценить путем анализа данных об аналогах. Что касается «окончательного» расчета надежности, то здесь ситуация более сложная.

Действительно, если подходить формально, то этот расчет можно проводить (и проводят!) после выпуска КРР (а, по сути, всего комплекта конструкторской документации – КД). Такой подход может привести к тому, что расчетные значения показателей надежности окажутся ниже требуемых, а, следовательно, к необходимости внесения изменений в готовый проект. Очевидно, что в этом случае критерием выбора целесообразности внесения тех или иных изменений будет уже не их эффективность с точки зрения надежности, а минимум доработок КД.

Если принять во внимание, что расчет надежности обычно проводят специалисты служб каче-

ства (а не сами разработчики), то вполне вероятно и другая ситуация, когда от тех требуют «выдать» нужный результат. Правда, в этом случае, какой бы результат не получился, если ИВЭП должен отказать, он все равно откажет...

Чтобы избежать подобных ситуаций, необходимо перейти от «контроля» надежности к «управлению» надежностью ИВЭП, в основу которой должно быть положено непрерывное исследование надежности непосредственно разработчиками. Такое исследование вполне доступно, т.к. с одной стороны не требует особых знаний в области теории надежности, а с другой стороны современные автоматизированные системы проектных исследований (АСПИ) [4] позволяют существенно снизить их трудоемкость.

Покажем это на примере исследования показателей безотказности DC-DC преобразователя, принципиальная схема которого приведена на рисунке 1.

ИВЭП по классификации стандарта [1] относится к электронным модулям 1-го уровня (ЭМ1), для которых расчет показателей безотказности проводится на основе следующих соотношений:

- интенсивность отказов ПП рассчитывается как сумма интенсивностей отказов комплектующих элементов по формуле:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^I \lambda_i$$

где: λ_i – интенсивность отказов i -го комплектующего элемента; I – количество комплектующих элементов в ПП. – вероятность безотказной работы ПП рассчитывается по формуле:

$$P(t) = e^{-\Lambda t},$$

где: t – время работы.

Значения λ_i рассчитываются по моделям, приведенным в соответствующих справочниках. Так, например, для транзистора VT1 типа IRFP50 в справочнике [5] приведена следующая математическая модель эксплуатационной интенсивности отказов:

$$\lambda_{\Sigma} = \lambda_{б.с.г.} \cdot K_1 \cdot K_{\phi} \cdot K_r \cdot K_s \cdot K_{np} \cdot K_3,$$

где: $\lambda_{б.с.г.}$ – базовая интенсивность отказов; K_1 , K_{ϕ} – коэффициенты, зависящие от величины температуры (электрической нагрузки); K_r – коэффициент, зависящий от функционального назначения прибора; K_s – коэффициент, зависящий от максимально-допустимой нагрузки по мощности (току); K_{np} – коэффициент, зависящий от степени жесткости требований к контролю качества и правил приемки изделий; K_3 – коэффициент, зависящий от степени жесткости условий эксплуатации

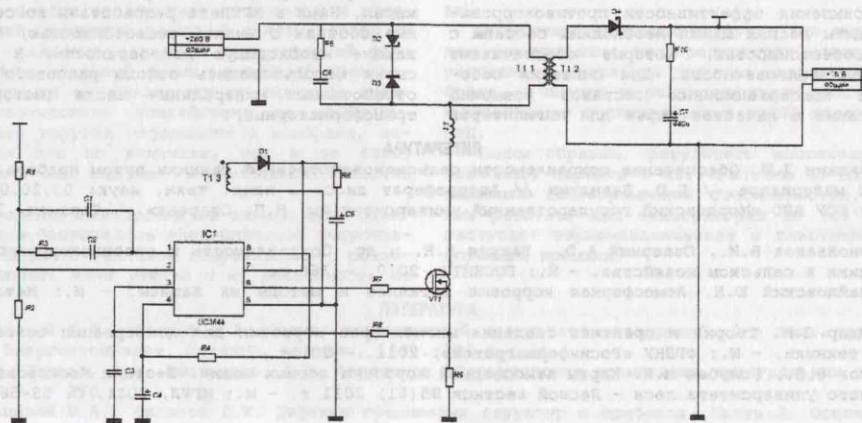


Рисунок 1 Схема принципиальная электрическая

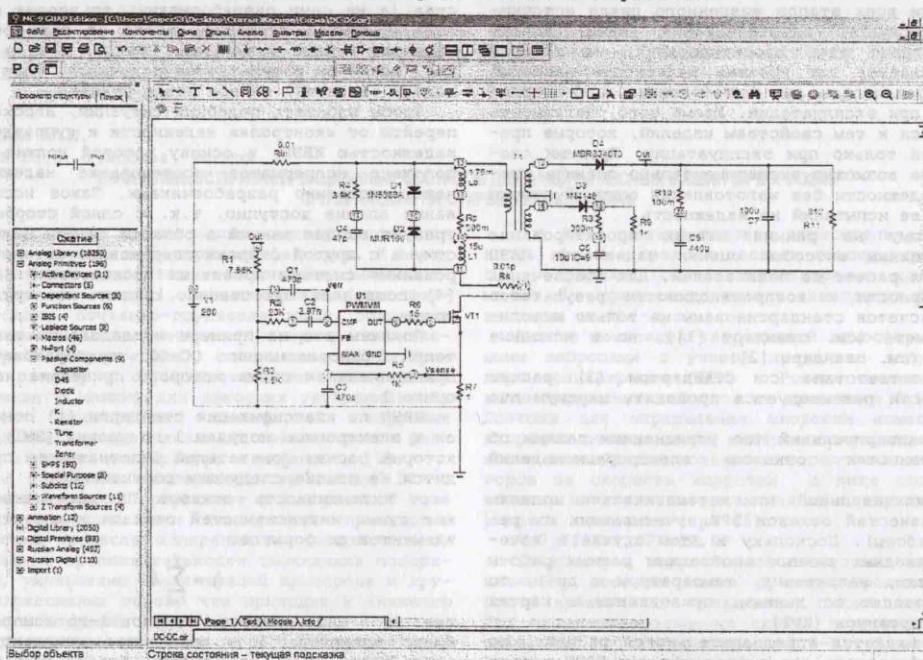


Рисунок 2 Micro-CAP v.9: Модель электрических процессов

Значения $\lambda_{d.r.}$, K_c , K_n и K_r рассчитываются по данным о режиме работы (см. справочник [5]), т.е. λ_1 зависит от режимов работы ЭРИ. Поэтому прежде чем рассчитывать λ_1 необходимо определить электрические и тепловые режимы работы ЭРИ.

Рассчитать электрические режимы работы (токи, напряжения, мощности) можно с помощью программы моделирования электрических процессов. В качестве примера, на рисунке 2 приведена модель этого преобразователя в системе Micro-CAP v.9 [4].

Расчеты этой модели позволяют оценить работоспособность схемы (см. рисунок 3).

После чего можно переходить к оценке электрических режимов работы ЭРИ. На рисунке 4 приведена осциллограмма тока стока транзистора VT1.

Необходимые для расчета надежности численные значения электрических режимов работы ЭРИ можно получить с помощью автоматизированных систем формирования KPP. Однако применяемые в настоящее время системы позволяют автоматизировать лишь заполнения графы «По НТД» [6], поэтому при использовании таких систем расчет электрических режимов придется провести по методикам стандарта [7] «в ручную».

Полученные в результате расчетов мощности ЭРИ используются для моделирования тепловых режимов. Рабочие температуры ЭРИ можно рассчитать как с помощью конструкторских САПР (Altium designer, Proteus и др. [4]), если они позволяют провести анализ тепловых режимов, так и специализированных АСПИ (например, подсистема АСОНИКА-ТМ [6]). На рисунке 5 приведено тепловое поле печатного узла, а на рисунке 6 - фрагмент файла-отчета подсистемы с температурами ЭРИ.

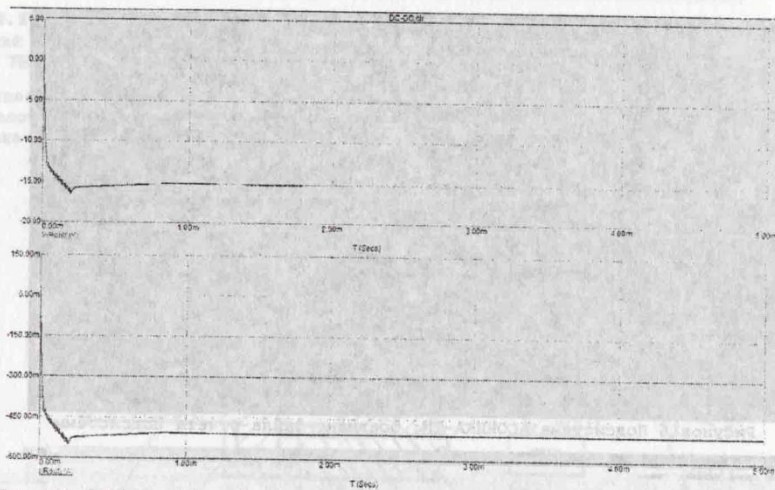


Рисунок 3 Micro-CAP v.9: Осциллограммы тока и напряжения на нагрузке ИВЭП

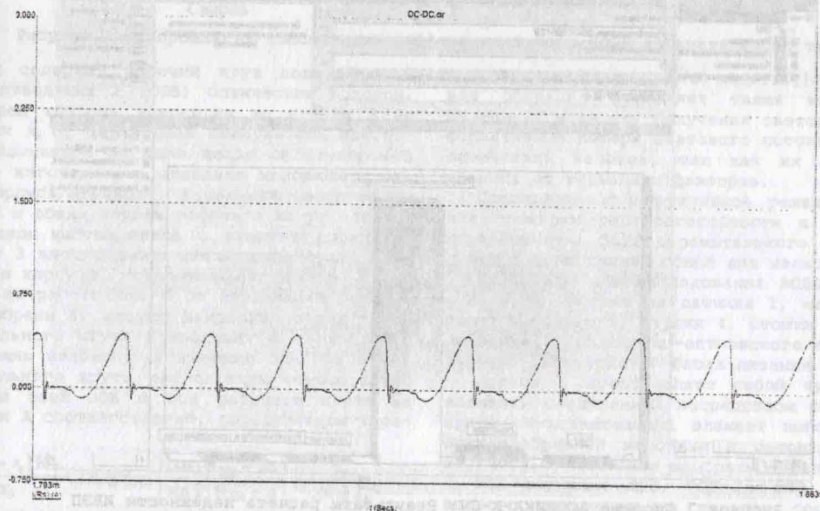


Рисунок 4 Micro-CAP v.9: Осциллограмма тока стока транзистора VT1

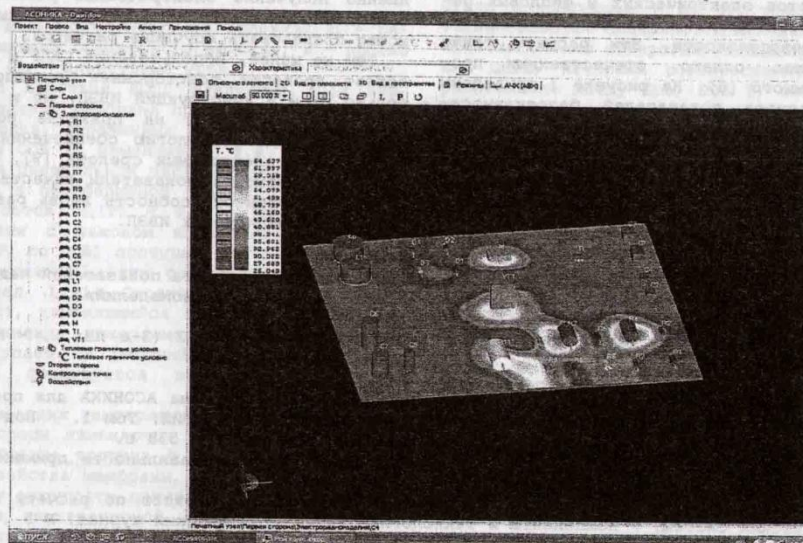


Рисунок 5 Подсистема АСОНИКА-ТМ: тепловое поле печатного узла

КАРТА ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ БАЗОВ ЭРИ
(при стационарном тепловом воздействии)

N	ОБЪЕКТ	С	ТЕМПЕРАТУРА ЭРИ		КОЭФ-ЭНТ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ ЭРИ, ОТН.ЕД.	ПЕРЕКРЕСТ ЭРИ, °С
			РАСЧЕТНАЯ, °С	МАКСИМАЛЬНАЯ ДОПУСТИМАЯ ПО ТУ, °С		
П/П	ЭРИ	Э	Т	О	М	П
1	R4	1	64.63	125.00	0.517	
2	R7	1	64.01	125.00	0.512	
3	R9	1	58.63	125.00	0.468	
4	M	1	57.15	125.00	0.457	
5	R10	1	33.16	85.00	0.390	
6	R11	1	43.04	125.00	0.384	
7	D3	1	44.03	120.00	0.367	
8	V11	1	59.51	175.00	0.340	
9	R6	1	49.86	155.00	0.322	
10	T1	1	25.70	85.00	0.302	

Рисунок 6 Подсистема АСНИКА-ТМ: фрагмент файла-отчета подсистемы

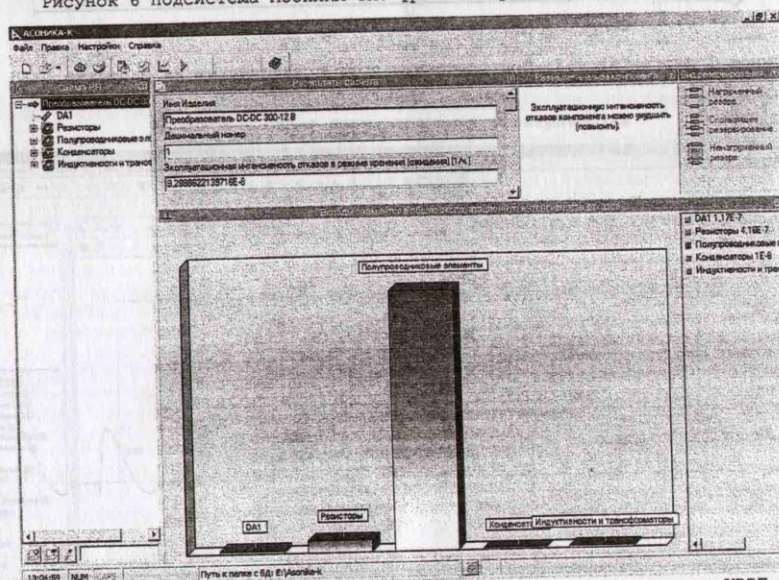


Рисунок 7 Система АСНИКА-К-СУ: Результаты расчета надежности ИВЭП

После расчетов электрических и тепловых режимов работы ЭРИ можно переходить к расчетам показателей безотказности. Эти расчеты также автоматизированы, однако, отечественных программ не так много [8]. На рисунке 7 приведены результаты расчета показателей безотказности ИВЭП, выполненного с помощью системы АСНИКА-К-СУ [6, 9].

В заключении следует отметить, что достигнутый к настоящему времени уровень автоматизации проектных исследований надежности импульсных ИВЭП достаточно высок. Однако один этап, а

именно получение электрических режимов работы ЭРИ, даже при использовании программных средств может потребовать «ручных» расчетов.

Тем не менее, использование САПР и АСПИ позволяет провести всестороннее исследование не только схем и конструкций ИВЭП, но и их характеристик надежности, на практике реализовать информационную технологию обеспечения надежности сложных электронных средств [9], а следовательно, повысить показатели качества и обеспечить конкурентоспособность вновь разрабатываемых и модифицируемых ИВЭП.

ЛИТЕРАТУРА

1. ОСТ 4Г 0.012.242-84. Аппаратура радиоэлектронная. Методика расчета показателей надежности.
2. РДВ 319.01.20-98. Положение о справочнике «Надежность электрорадиоизделий».
3. ГОСТ 27.301-95. Расчет надежности. Основные положения.
4. Латышев П. Н. Каталог САПР. Программы и производители. 2011-2012 (3-е изд.). - М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2011. - 736 с.
5. Надежность ЭРИ ИП: Справочник. - М.: МО РФ, 2006.
6. Шалумов А.С. Кофанов Ю.Н., Жаднов В.В. Автоматизированная система АСНИКА для проектирования высоконадежных радиоэлектронных средств на принципах CALS-технологий: Том 1. / Под ред. Ю.Н. Кофанова, Н.В. Малютина, А.С. Шалумова. - М.: Энергоатомиздат, 2007. - 538 с.
7. РДВ 319.01.09-94 (ред. 2-2000). КСКК. Руководство по оценке правильности применения электрорадиоизделий.
8. Строганов А., Жаднов В., Полесский С. Обзор программных комплексов по расчету надежности сложных технических систем. / Компоненты и технологии: Научно-технический журнал. № 5 (70), 2007. - с. 74-81.
9. Жаднов В.В., Авдеев Д.К., Кулыгин В.Н. Информационная технология обеспечения надежности сложных электронных средств военного и специального назначения. / Компоненты и технологии, № 6, 2011. - с. 168-174.