

В результате с помощью графической системы Remote Kernel Tracker было видно, как высокоприоритетный поток таймера приостанавливал все менее приоритетные потоки, в том числе и потоки операционной системы, что позволяет использовать ОС Windows CE 5.0 в качестве ОС реального времени.

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ И АГРЕГАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МАКРОМОДЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ АСУ

А. А. Артюхов, С. И. Чекуров, В. В. Жаднов (научные руководители)

Московский государственный институт электроники и математики  
(Технический университет)

109028, Москва, Б. Трехсвятительский пер., 1-3/12, стр. 8

Научно-исследовательский институт автоматической аппаратуры  
им. акад. В. С. Семенихина

11942028, Москва, ул. Профсоюзная, 78

E-mail: justinianmagn@yandex.ru, austin@ti.ru, jadnov@mitme.ru,

Identification And Aggregation Parameters Macro Models Reliability Automatic Control Systems  
A. Artyukhov, V. Jadnov, S. Chekurov

In contemporary automatic control systems utilize to many electronic major components. Identification and aggregation parameters macro models reliability allow to simplify reliability calculation.

В современных АСУ специального назначения используется большое число электронных модулей и компонентов. Причём предусматривается использование этих АСУ в различных режимах эксплуатации (при различных электрических, механических и тепловых нагрузках).

Практически полное отсутствие информации о характеристиках надёжности этих модулей (особенно зарубежного производства) в НТД усложняет расчёт надёжности изделий в целом. В документации на унифицированные и покупные устройства и модули в лучшем случае указывается только среднее время наработки до отказа для вполне определённого режима применения (уровня ВВФ, температуры окружающей среды, электрической нагрузки). Поэтому оценка возможности использования устройств и модулей в других режимах применения вызывает значительные трудности и сильно затрудняет расчёты надёжности изделий в целом.

В работе рассматриваются вопросы разработки макромоделей надёжности составных частей, в том числе синтез структуры аналитической модели и оценка численных значений ее параметров.

При разработке макромоделей была решена задача унификации математических моделей расчета характеристик надёжности составных частей с математическими моделями эксплуатационной интенсивности отказов, приведенными в официальном издании МО РФ справочнике «Надёжность ЭРИ».

Повышение точности расчетов надёжности изделий за счет применения макромоделей составных частей, учитывающих изменение их надёжности при изменении условий применения

Оценка может осуществляться благодаря использованию макромоделей надёжности вида:

$$\lambda_3 = \lambda_0 K_3 (a_1 + a_2 K_H) e^{(b_1 + b_2 K_H)t},$$

однако идентификация значений параметров макромодели требует проведения трудоёмких вычислений и обработки большого массива данных. Для решения этой проблемы были разработаны специальные методы, которые приведены ниже.

Первый метод основан на использовании данных НТД на электронные модули и вычисления необходимого числа дополнительных значений интенсивности отказов рассматриваемого составной части: построение макромодели надёжности по четырём точкам. Отдельный интерес представляет использование тепловой макромодели надёжности, для которой метод сводится к определению параметров по двум точкам.

Пример: на основании НТД на модули питания Intel ATX12V для группы эксплуатации Gb по MIL – HDBK – 217F и коэффициента нагрузки  $K_H = 1$  была получена следующая тепловая макромодель:

$$\lambda_3 = 1,11 \cdot 10^{-8} e^{0,0482t} \frac{1}{\text{час}}.$$

Второй метод основан на линеаризации макромодели надёжности составной части в нескольких точках (минимум требуется две точки).

Идентификации по двум точкам проводятся следующим образом: выбираются два значения коэффициента нагрузки, и проводится сечение поверхности двумя плоскостями. Сначала проводится линеаризация для одного значения коэффициента нагрузки, причём необходимо вычислить производную от интенсивности отказов для заданной величины температуры (для оценочного расчёта достаточно использовать значение тангенса угла наклона прямой, стягивающей фрагмент функции интенсивности отказов, построенный на заданном поле температуры).

$$\text{Решается система уравнений: } \begin{cases} \frac{\lambda'_{31}}{\lambda_0 K_3} = A(K_{H1}) e^{B(K_{H1})t} \\ \frac{\lambda'_{31}}{\lambda_0 K_3} = A(K_{H1}) B(K_{H1}) e^{B(K_{H1})t} \end{cases}.$$

Определяются значения  $A(K_{H1}), B(K_{H1})$  (аналогично и для второго значения коэффициента нагрузки). Параметры аналитического выражения макромодели надёжности определяются в результате решения двух систем линейных уравнений:

$$\begin{cases} a_1 + a_2 K_{H1} = A(K_{H1}) \\ a_1 + a_2 K_{H2} = A(K_{H2}) \end{cases} \quad \text{и} \quad \begin{cases} b_1 + b_2 K_{H1} = B(K_{H1}) \\ b_1 + b_2 K_{H2} = B(K_{H2}) \end{cases}.$$

При использовании более чем двух точек определение параметров аналитической макромодели надёжности на заключительном этапе метода сводится к линейной аппроксимации кортежа точек на основании метода наименьших квадратов.

В первом и втором методе коэффициент эксплуатации определяется одинаково – как среднее взвешенное коэффициентов эксплуатации составных частей (СЧ) схемы расчёта надёжности (СРН) изделия и определяется соотношением  $K_3 = \sum_i \alpha_i K_{3счi}$ . В качестве весов

выступают удельные собственные (базовые) интенсивности отказов СЧ и определяются выражением:

$$\omega_{счi} = \frac{\lambda_{бсчi}}{\lambda_б} \text{ и } \sum_i \omega_{счi} = 1.$$

Третий метод сводится к построению двух квазиповерхностей – верхней и нижней границы изменения интенсивности отказов изделия.

Полученная таким образом математическая модель эксплуатационной интенсивности отказов составных частей, позволяет, в отличие от известных, получать характеристики надёжности составных частей с учётом условий эксплуатации, температуры окружающей среды и уровня электрической нагрузки.

Также существует проблема агрегации параметров макромодели надёжности при известных значениях параметров макромоделей составных частей. Например, агрегированные тепловые параметры макромодели можно оценить на основе следующих соотношений:

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^N b_{1i}}{N} \text{ и } b_2 = \frac{\sum_{i=1}^N b_{2i}}{N},$$

где  $N$  – число составных частей.

Методика идентификация и агрегации параметров математических моделей, основана на применении программного комплекса АСОНИКА-К для моделирования составных частей.

Методика синтеза макромоделей составных частей используется в отделе надёжности ФГУП «НИИ АА им. акад. В. С. Семенихина» при расчёте надёжности АСУ специального назначения.

## СТРУКТУРНО-РЕЗЕРВИРОВАННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ИХ ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ

Д. В. Лазарев, В. В. Жаднов (научный руководитель)

Московский государственный институт электроники и математики  
109028, Москва, пер. Б. Трехсвятительский, 3/12, стр.8

E-mail: asonika-k@mail.ru

Structural Reservation Of Technical Systems And Their Parameters Of Reliability  
D. Lazarev, V. Jadnov

Program complex АСОНИКА-К includes calculation product reliability system. It allows to receive non-failure operation parameter values, i.e. non-failure operation probability and average between failures and complex parameters, such as: readiness factor and with the help of the system operative readiness. It's possible to calculate 11 types of reserve groups.

В программный комплекс АСОНИКА-К входит система расчёта показателей надёжности изделий. Она позволяет получить значения показателей безотказности – вероятность безотказной работы и среднее время наработки на отказ и комплексные показатели, такие, как коэффициент готовности и коэффициент оперативной готовности, рассчитанные для сложных систем, как восстанавливаемых, так невосстанавливаемых, схемы расчёта надёжности которых могут представлять собой сложные древовидные иерархические структуры. Система позволяет рассчитывать одиннадцать типов резервных групп, а также четыре вида полноты контроля, который может быть различным для каждой группы.