

УДК 629.396

Оптимизация алгоритмов диагностики состояния бортового радиоэлектронного оборудования

Закиров Р.Г.

*Ташкентский государственный технический университет им. Абу Райхана Беруни,
2, Университетская, 100095, Ташкент, Узбекистан
e-mail: zrg1980@mail.ru*

Аннотация

Проанализированы различные методы поиска неисправностей в бортовом радиоэлектронном оборудовании- метод «время-безотказность», информационный метод, метод дихотомии. В целях повышения эффективности алгоритма поиска места отказа в радиоэлектронной системе предлагается использовать методы оптимизации функций (метод золотого сечения и метод Фибоначчи). Показаны преимущества предложенных методов в построении алгоритмов поиска места отказа в бортовом радиоэлектронном оборудовании.

Ключевые слова: система диагностики, многозвенная система, ряд Фибоначчи, дихотомический метод, оптимизация, алгоритм.

Введение

Развитие систем бортового радиоэлектронного оборудования по пути

интегрирования в единый комплекс авионики воздушного судна требует создания более совершенных методов его диагностики. Совершенствование систем диагностики бортового радиоэлектронного оборудования возможно в нескольких направлениях [7]: – использование современной технической базы, которая позволяет создать надежные и высокоэффективные системы технического диагностирования; – улучшение и оптимизация алгоритмов диагностирования, в том числе разработка и внедрение новых методов диагностирования. Современные диагностические системы решают довольно широкий круг задач. Основными из них являются выявление технического состояния объекта диагностирования, поиск (локализация) места отказа и прогнозирование технического состояния объекта. Поиск отказавшего элемента системы является многоальтернативной задачей. Соответственно, существует множество способов определения места возникновения неисправности. Имеющиеся на сегодняшний день алгоритмы поиска места отказа основаны на различных принципах, позволяющих снизить время поиска, количество измерений или трудоемкость их проведения. Из существующих методов можно выделить несколько групп алгоритмов:

- алгоритмы поиска неисправности, учитывающие вероятности отказов элементов;
- алгоритмы, основанные на учете взаимосвязей между элементами системы;
- алгоритмы, уменьшающие трудоемкость поиска неисправности;
- различные комбинированные алгоритмы.

1. Существующие методы поиска места отказа в бортовом радиоэлектронном оборудовании

Из методов, учитывающих статистические данные по отказам, наиболее широко используются информационный метод [1] и метод "время-вероятность" (иногда его называют также методом "время-безотказность"). Последний метод редко используют в чистом виде.

Информационный подход к поиску места отказа подразумевает проведение необходимых проверок таким образом, чтобы первыми проводились проверки, несущие наибольшую информацию об отказе, а последующие в порядке уменьшения их информативности.

Метод "время-вероятность" заключается в проведении проверок элементов системы в порядке уменьшения вероятности их безотказной работы. Однако, как уже отмечалось, данный метод в той формулировке, которая приводится выше, применяют довольно редко.

Существует комбинированный алгоритм, который наряду с данными по отказам элементов использует сведения о трудоемкости необходимых измерений. Данный алгоритм предполагает проведение проверок так, чтобы выполнялось

условие:

$$\sum_{n=1}^N T_{изм\ n} \cdot P_n \rightarrow \min$$

В приведенном выше выражении $T_{изм\ n}$ – время проведения необходимых измерений для определения состояния n -го блока системы, а P_n – вероятность безотказной работы n -го блока.

При большой трудоемкости измерений и количестве проверяемых элементов подобный алгоритм существенно экономит затраты времени для проведения поиска отказа.

Необходимость наличия статистических данных накладывает некоторое ограничение на вероятностные методы поиска места отказа, поэтому при отсутствии подобных данных используются иные алгоритмы, из которых наиболее известен метод половинного разбиения [2, 3] (иначе его называют методом средней точки [1] или дихотомическим методом [4]).

Наиболее часто этот метод используют, если система последовательного типа (рисунок 1)

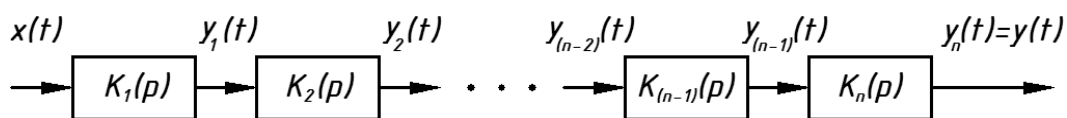


Рисунок 1. Система последовательного типа

В системах последовательного типа передаточная функция системы от входа к любой точке определяется произведением передаточных функций отдельных блоков. При выходе из строя одного блока окажется неработоспособной та часть системы, которая расположена после этого блока и как следствие вся система в целом. Поиск

отказавшего блока в системе из n элементов методом половинного разбиения заключается в том, что сначала проверяется состояние на выходе блока с номером $n/2$. Если сигнал не находится в пределах нормы, то проверяется блок с номером $n/4$ и т.д., то есть постоянно делят отказавший участок пополам до выявления отказавшего блока системы.

Вычислим количество измерений для метода половинного разбиения (метода дихотомии). Для этого выясним, сколько непроверенных элементов остается после каждого измерения. После первого измерения останется половина от общего количества элементов, то есть $N_1=n/2=n/2^1$, после второго $N_2=n/2=n/2^2$, после третьего $N_3=n/2^3$, и так далее до значения после m -й проверки $N_m=n/2^m$. Очевидно, что в итоге должен остаться всего один элемент

$$N_m = n/2^m = 1 \Rightarrow 2^m = n \Rightarrow m = \log_2 n \quad (1.1)$$

Таким образом, количество измерений необходимых для выявления отказавшего элемента методом дихотомии составит $\log_2 n$. При последовательных проверках каждого блока могло понадобиться до $n-1$ измерений, что значительно больше.

2. Применение оптимального метода Фибоначчи к оптимизации поиска места отказа

Алгоритм поиска отказа в многозвенной системе можно улучшить, если для этих целей использовать известные из вычислительной математики методы оптимизации функций.

Из теории оптимизации функций известно, что стратегия поиска искомой точки будет оптимальна, если для построения последовательности итераций использовать числа ряда Фибоначчи [4]. Последовательность чисел Фибоначчи имеет формулу $F_n = F_{n-1} + F_{n-2}$. То есть, следующее число получается как сумма двух предыдущих. Первые два числа равны 1, затем 2 (1+1), затем 3 (1+2), 5 (2+3) и так далее: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21... Числа Фибоначчи тесно связаны с золотым сечением и множеством природных явлений вокруг нас.

Применение оптимального метода Фибоначчи к оптимизации поиска места отказа в многозвенной системе последовательного типа заключается в том, чтобы она разбивалась на звенья с количеством элементов входящих в них приблизительно в соотношении двух смежных чисел ряда Фибоначчи. Проверяется тот элемент системы, который соответствует точке разбиения.

Однако этот метод обладает тем недостатком, что пропорция разбиения интервала неопределенности зависит от номера проверки, так как при последующих проверках пропорция разбиения участка должна вычисляться заново постоянно. Этот недостаток создает некоторые трудности при его реализации, поэтому вместо него часто применяют метод золотого сечения. В принципе можно сказать, что метод золотого сечения есть предельный случай метода Фибоначчи. Для отношения двух чисел ряда Фибоначчи установлен предел

$$q = \lim_{n \rightarrow \infty} (F_{n-1}/F_n) = 0,618034 \quad (1.2)$$

Разбиение интервала неопределенности (отказавшего участка цепи) в

соотношении (1.2) называется методом золотого сечения. При этом отношение большей части интервала неопределенности к меньшей части равно отношению всего интервала к большей его части.

Оценим количество измерений, необходимых при поиске места отказа методом золотого сечения, и заметим, что могут возникнуть две равновероятные ситуации:

- неисправный элемент всегда оказывается в большей части;
- неисправный элемент всегда оказывается в меньшей части.

В случае если неисправность постоянно оказывается в большей части, то количество элементов оставшихся после первого измерения $N_1=q \cdot n$, после второго $N_2=q^2 \cdot n$ и т.д. После m -го измерения $N_m=q^m \cdot n$, то есть можно записать

$$N_m = q^m \cdot n = 1 \Rightarrow m_{\max} = \log_q(1/n) \approx 1,44 \cdot \log_2 n \quad (1.3)$$

Если же неисправный элемент оказывается в части с меньшим количеством элементов то, проводя аналогичные рассуждения, получим $N_m=(1-q)^m \cdot n$, тогда

$$N_m = (1-q)^m \cdot n = 1 \Rightarrow m_{\min} = \log_{1-q}(1/n) \approx 0,72 \cdot \log_2 n \quad (1.4)$$

Определим среднее количество измерений. Предположим, что отказ попеременно может оказываться в большей, или в меньшей ее части. То есть, если после первого измерения $N_1=q \cdot n$, то после второго может быть $N_2=q \cdot (1-q) \cdot n$ и т.д. Вследствие того, что нахождение отказа на каждом участке равновероятно, очевидно, то в среднем будет $m/2$ сомножителей q и $m/2$ сомножителей $(1-q)$, и в результате будем иметь

$$N_m = \left[q(1-q) \right]^{\frac{m}{2}} \cdot n = 1 \Rightarrow m = 2 \cdot \log_{q(1-q)}(1/n) \approx 0,96 \cdot \log_2 n \quad (1.5)$$

В результате проведенного анализа видно, что среднее количество измерений методом золотого сечения на 4% меньше количества измерений при дихотомическом методе. На графике (рис.2) показано как процесс поиска места отказа сходится к неисправному блоку для системы последовательного типа из 64 элементов и для сравнения приведен график сходимости при поиске методом дихотомии.

Из представленного графика видно, что среднее число проверок методом золотого сечения немного больше. Это получилось не из-за того, что приведенные выше рассуждения были неверны а, в результате того, что нельзя проверить 1,5-й блок (следует выбрать либо 1-й, либо 2-й блок). При этом следующее разбиение дает несколько большее количество непроверенных блоков, чем должно было быть, и появляется некоторое несоответствие.

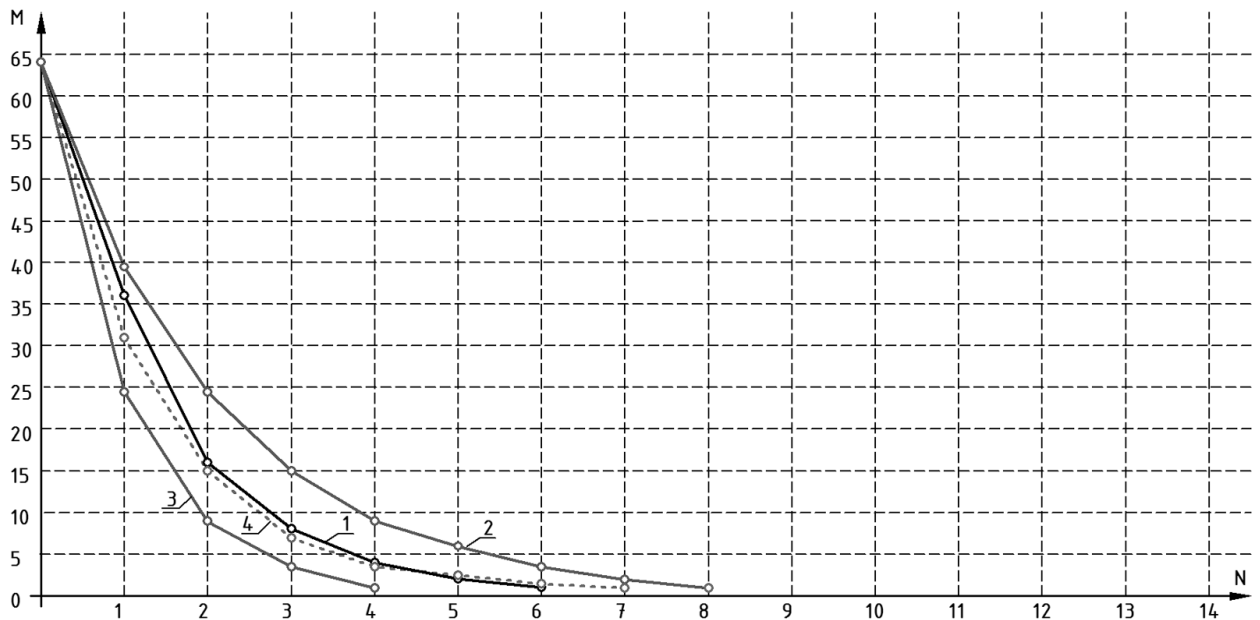


Рисунок.2. Сходимость к месту отказа при поиске методом золотого сечения

1 – методом дихотомии; 2 – худший случай; 3 – лучший случай; 4 – среднее значение

При увеличении интервала, например, разбивая участок в соотношении 0,75:0,25 (см. рис.3) сходимость вначале несколько возрастает, но затем резко падает, и среднее количество измерений получается значительно больше. При нахождении пропорции разбиения участка в интервале от 0,5 до 0,618034 скорость сходимости процесса будет оптимальной.

Этому можно дать следующее объяснение: наилучшими характеристиками обладает метод Фибоначчи, при котором интервал разбивается в соотношении двух смежных чисел Фибоначчи. Величина отношения этих чисел может принимать значения от 0,5 (соотношение для первых двух чисел последовательности Фибоначчи) до значения 0,618034 (золотое сечение), которое дают в пределе бесконечно большие смежные числа ряда Фибоначчи.

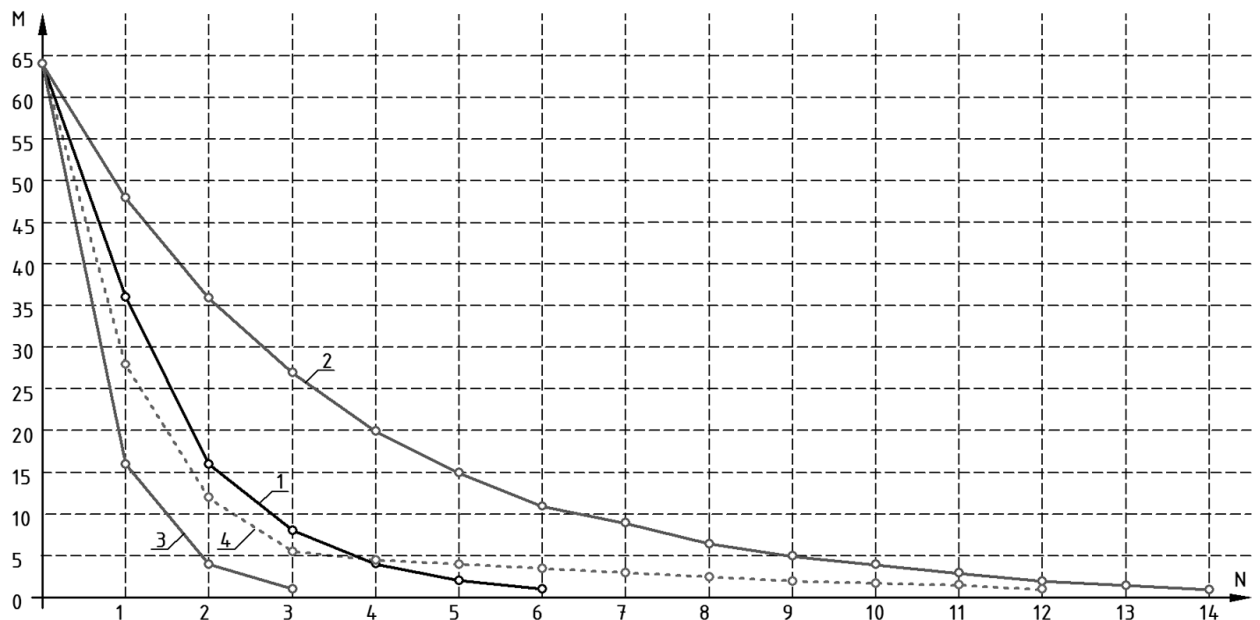


Рисунок 3. Сходимость к месту отказа при превышении пропорции разбиения 1 – методом дихотомии; 2 – худший случай; 3 – лучший случай; 4 – среднее значение

3. Заключение

На основании результатов проведенных исследований можно сделать вывод о выборе оптимального соотношения разбиения неисправной части системы для определения места отказа. Выше было показано, что при проведении поиска отказавшего элемента наиболее рационально разбивать исследуемый участок схемы в соотношении $0,5 \div 0,618$.

Совершенно очевидно, что данный метод имеет перспективы для его использования в автоматических системах диагностики радиоэлектронных систем при большом количестве проверяемых блоков для оптимизации времени определения отказавшего элемента системы.

В отличие от методов, использующих статистические данные об отказах элементах, метод золотого сечения, метод Фибоначчи, а также дихотомический метод в любом случае снижают общее количество измерений, что дает им ряд преимуществ.

Алгоритм, построенный на изложенных выше принципах, помимо снижения среднего количества измерений (согласно выражению (1.5)), приобретает дополнительно гибкость и его можно комбинировать с другими методами (использующими статистическую информацию), что будет способствовать дальнейшему повышению эффективности данного метода.

Например, если использовать метод золотого сечения с учетом вероятности отказа элементов на каждом из участков, то он даст преимущество по сравнению с дихотомическим методом, так как в этом случае среднее число измерений сдвинется в сторону уменьшения, и будет приближаться к величине, определяемой

соотношением (1.4).

В методе дихотомии количество измерений для системы из n элементов всегда постоянно и вследствие этого, комбинировать его с каким-либо другим методом затруднительно.

Предложенный метод может быть использован как при технической диагностике бортового радиоэлектронного оборудования в цехе или на борту воздушного судна с помощью стендового или другого вспомогательного оборудования, так и в системах встроенного контроля.

Библиографический список

1. Давыдов П.С. Техническая диагностика радиоэлектронных устройств и систем. – М.: Радио и связь, 1988. – 256 с.
2. Дашченко А.Ф., Кирилов В.Х. и др. MatLab в инженерных и научных расчетах: Монография. – Одесса: Астропринт, 2003. – 214 с.
3. Леонов А.И., Дубровский Н.Ф. Основы технической эксплуатации бытовой радиоэлектронной аппаратуры: Учебник для ВУЗов. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 272 с.
4. Мудров А.Е. Численные методы для ПЭВМ на языках Бейсик, Фортран и Паскаль. – Томск: МП РАСКО, 1991. – 272 с.
5. Пис Р.А. Обнаружение неисправности в аналоговых схемах: Перевод с англ. – М.: Техносфера, 2007. – 192 с.
6. Пис Р.А. Практическая электроника аналоговых устройств. Поиск неисправности и обработка проектируемых схем: Перевод с англ. – М.: ДКМ Пресс,

2001. – 320 с.

7. Цыбин В.В., Шукуров А.Г., Эшмурадов Д.Э. Современные методы диагностики бортового радиоэлектронного оборудования // Материалы республиканской научно-технической конференции "Проблемы развития аэрокосмической отрасли Республики Узбекистан» Ташкент, Узбекистан, 2007. С. 131-134.