

Постановка задачи оптимального комплекса технического обслуживания АФАРА.М. Казанцев¹, В.А. Панкратов¹¹ Радиотехнический институт имени академика А.Л. Минца

Современные радиоэлектронные системы (РЭС) являются сложными аппаратно-программными комплексами (АПК), сочетающими аппаратную и информационную составляющую, в связи с чем их часто выделяют в отдельный класс радиоинформационных систем [1]. В последнее время, автоматизация РЭС, включая процессы контроля и анализа «больших данных» (в частности, машинного обучения) вышли на новый уровень, что позволяет существенно повысить отказоустойчивость и долговечность РЭС. В частности, такой эффект может дать интеграция систем сервисного техобслуживания (ТО) и контроля. Соответственно, актуальна задача комплексного учета методов контроля и оптимизации техобслуживания (включая превентивные действия).

В связи с этим, теория надежности восстанавливаемых систем активно дополняется концепцией учета данных диагностики и контролепригодности [2]. Применение анализа контролепригодности к системам АФАР последнего поколения позволяет решать задачу оптимизации комплекса технического обслуживания (КТО) на основе моделей надежности АПК с контролем и восстановлением [3]. Существенно, что разработка оптимального КТО должна основываться на анализе «больших данных», которые непрерывно, в реальном времени, поступают с контрольно-измерительной аппаратуры, в том числе, ретроспективных данных, накопленных в процессе испытаний эксплуатации предыдущих поколений АФАР.

Предлагается использовать в качестве двух основных характеристики надежности АФАР вероятность безотказной работы [3], а также показатель, близкий по смыслу к коэффициенту готовности, который определяется как

$$K_T = (T - T_{T_0}) / T \quad (1)$$

Традиционные характеристики надежности в данном случае не являются оптимальными, т.к. АФАР – это высоконадежная система, для которой отказ – редкое явление, поэтому неисправности устраняются на ТО. В связи с этим и используется определение (1), задающее относительное на время вывода из эксплуатации на ТО. Введенный коэффициент готовности $K_T(t)$ является интегральным показателем отказоустойчивости, как для отдельных компонентов, так и для системы АФАР в целом.

Покажем, как на основе анализа $K_T(t)$, по данным объективного контроля, можно построить оптимальный КТО АФАР. Формализовать задачу можно следующим образом. Необходимо разработать метод нахождения оптимального КТО технологических и программных компонентов АФАР, описываемых вектором V , который обеспечит максимум коэффициента готовности $K_T(t)$ показателей надежности в течение времени $(0, T)$ при условиях, описывающих контролепригодность АФАР, особенности восстановления (как аппаратного, так и программного комплекса):

$$V^* = \arg \max K_T(t, R, C, T, M) \quad (2)$$

где

- $K_T(t, R, C, T, M)$ – коэффициент готовности АФАР;
- $V = V(\dots)$ – вариант КТО АФАР;
- R – вероятность безотказной работы компонентов;
- C – вектор стоимости компонентов АФАР;
- x – набор параметров контроля;
- M – модель надежности АФАР (т.е. модель расчета показателей отказоустойчивости компонент АФАР, учитывающую структуру и особенности взаимодействия компонентов).

Также задачу максимизации K_T могут дополнять условия (например, ограничение на общую стоимость АФАР $C < C_0$).

Особенностью задачи является непрерывное поступление и уточнение данных о состоянии АФАР. С одной стороны, имеется ретроспективная выборка данных о состоянии АФАР (выражается матрицей с большим числом элементов) x и моментах наступления отказов T , характеризующихся параметрами y , а также данными о способах последующего восстановления z .

Таким образом, данная задача включает классическое «обучение по прецедентам», т.е. поиск моделей зависимостей:

$$y = B(x);$$

$$K_{\Gamma} = f(x, y, z)$$

Здесь предполагается, что существуют неизвестные целевые зависимости — отображения $X \rightarrow Y$ (т.е. множеств описания данных контроля X и возможных отказов Y). Если такие зависимости найдены (в частности, методами машинного обучения), это дает возможность разработать оптимальный КТО, т.е. автоматизировать процесс выработки корректирующих действий, в зависимости от наблюдаемых данных контроля $x(t)$.

Метод выработки оптимального КТО состоит в том, что, имея уточненные модели зависимости

$$K_{\Gamma} = f(t, x, y = B(x), z)$$

и, решая в каждый момент времени оптимизационную задачу (1), получаем актуальный на момент t комплекс действий по оптимальному ТО АФАР.

Существенной сложностью практического (численного) решения задачи оптимизации является наличие большого числа факторов и характеристик АФАР и ее компонентов, которые по-разному влияют на отказоустойчивость (рис.1). В связи с этим, задача оптимизации усложняется, т.к. необходимо учитывать сложную многопараметрическую зависимость $K_{\Gamma}(t, P)$, заданную алгоритмически.



Рис.1. Фактора, влияющие на отказоустойчивость АФАР

В этих условиях для решения задачи оптимизации используется комбинация численных методов:

- перебора («сканирования»), необходимого для первичной (грубой) локализации локальных минимумов;
- быстрых градиентных методов, определяющих с высокой точностью решение задачи оптимизации (например, наискорейшего градиентного спуска).

Таким образом, решая численным методом поставленную задачу, в итоге будет получена совокупность параметров, описывающая оптимальный КТО.

Литература

1. *Конторов Д.С., Конторов М.Д., Слока В.К.* Радиоинформатика; Под ред. В.К.Слоки. - М. : Радио и связь, 1993. 294 с..
2. *Spiridonov I., Stepanyants A., Victorova V.* Design testability analysis of avionic systems // Reliability: Theory and Applications (RT&A). 2012. Vol. 7, No, 03 (26). P. 66-73.
3. *Шишов Ю.А., Голик А.М., Клейменов Ю.А., Бахарев В.А., Демочко С.Ю.* Адаптация управления ФАР по результатам встроенного контроля. Зарубежная радиоэлектроника №9.1990. С.69-89.