

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К RAMI-АНАЛИЗУ ДЛЯ ДИАГНОСТИК ИТЭР^{*)}

Коновалов Г.М.

*Частное учреждение ГК «РосАтом» «Проектный центр ИТЭР», Москва, РФ,
g.konovалov@iterrf.ru*

Для увеличения надежности ИТЭР был разработан комплекс мер, называемый RAMI-анализом [1, 2]. RAMI – аббревиатура от reliability (коэффициент надежности – вероятность того, что система будет выполнять свои функции без отказов на протяжении заданного интервала времени), availability (коэффициент готовности – вероятность того, что система будет в состоянии выполнять свои функции в данный момент времени), maintainability (ремонтпригодность – возможность ремонта, обслуживания и модернизации), inspectability (инспектируемость – возможность осуществления контроля). RAMI-анализ проводится на стадии проектирования и начинается с эскизного анализа. Уже на самом начальном этапе можно предложить действия, направленные, например, на изменение конструкции или элементной базы, подготовку набора специфических, не предусмотренных промышленными стандартами тестов, составление списка запасных частей и т.д. с конечной целью повысить надежность системы и иногда даже минимизировать затраты на изготовление.

Требования к проектированию и сооружению ИТЭРа, в частности требования к надежности различных подсистем, даны в проектных документах верхнего уровня (Project Requirements). В части диагностического комплекса – набора диагностических систем, позволяющего осуществлять измерение и контроль параметров плазмы и токамака, – требования к надежности определены в терминах минимальных коэффициентов готовности. Диагностический комплекс включает в себя около восьмидесяти различных диагностик и позволяет измерять более ста параметров. Все параметры разделены на четыре группы в зависимости от их назначения: обеспечение безопасной работы (machine protection – MP), основной и дополнительный контроль работы установки (basic and advanced control – BC и AC) и физические измерения (physics – Ph). Проектной документацией определены только минимальные значения коэффициентов готовности для группы параметров. Требования к коэффициентам готовности отдельных диагностических подсистем не определены. В настоящий момент при определении коэффициентов готовности диагностик разработчики предполагают, что глобальные требования распространяются на подсистему без учета того факта, что параметр может измеряться одновременно несколькими диагностиками и что вклады каждой диагностики в измерение параметра неравнозначны. Такой подход дает завышенные требования к коэффициентам готовности конечных подсистем, так как не учитывает имеющееся дублирование измерений.

Для решения описанной выше проблемы ранее была разработана математическая модель и вычислительный алгоритм на ее основе [3]. Результаты расчетов, выполненных с помощью этого алгоритма, могут быть использованы разработчиками различных диагностических подсистем ИТЭР в виде конкретных требований.

Литература

- [1]. Van Houtte D., K. Okayama and F. Sagot. 2010. RAMI Approach for ITER. *J. Fusion Engineering and Design*, 85(7-9):1220–1224. doi: 10.1016/j.fusengdes.2010.03.007.
- [2]. Коновалов Г.М. Методика расчета надежности международного термоядерного экспериментального реактора и оптимизация действий по снижению рисков // Системы и средства информатики, 2016. Т. 26. № 1. С. 166–181.
- [3]. Коновалов Г.М. Проблема задания коэффициентов готовности диагностических систем в проекте ИТЭР: постановка задачи и алгоритм решения // Системы и средства информатики, 2020. Т. 30. № 2. С. 89–102.

^{*)} [DOI – тезисы на английском](#)