

Волоконно-оптический имитатор аварийной ситуации для проверки работы систем контроля корабельных атомных энергетических установок

В.М. Пилипова¹, В.В. Давыдов^{2,3}, В.Ю. Рудь^{3,4}

¹Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, Большевиков 22, корп.1, Санкт-Петербург, Россия, 193232

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Политехническая 29, Санкт-Петербург, Россия, 195251

³Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Институтский пр. 5, Большие Вяземы, Московская обл., Россия, 143050

⁴ФТИ А.Ф. Иоффе, Политехническая 26, Санкт-Петербург, Россия, 194021

Аннотация

Обоснована необходимость тестирования аппаратуры контроля работы атомных энергетических установок. Предложено использовать для этих целей оптическое волокно и импульсное лазерное излучение. Установлено, что оптическое волокно более устойчиво к радиационному излучению чем другие системы связи. Разработана конструкция волоконно-оптического имитатора аварийной ситуации. Проведен расчет его характеристик. Проведено их экспериментальное исследование. Установлено, что при задержке оптического сигнала на 98,6 мкс, потери составляют – 26 дБ при неравномерности АЧХ ± 2 дБ. Это позволяет проводить тестирование всего комплекта аппаратуры, в которой используются оптические сигналы, применяемой для контроля атомной энергетической установки.

Ключевые слова

Атомные энергетические установки, система контроля, волоконно-оптический имитатор, лазерное излучение, время задержки

1. Введение

Для подвижных морских объектов (корабли, плавучие атомные электростанции и т.д.) разрабатываются новые конструкции ядерных реакторов, а также модернизируются действующие. Для контроля ядерных энергетических установок необходимо надежное оборудование. Одним из главных условий безопасной эксплуатации атомных энергетических установок (АЭУ) является чёткая работа систем охлаждения [1]. Для охлаждения в АЭУ морского базирования используется «тяжелая» вода, расход которой и её параметры контролируются измерителями проточного типа, принцип работы которых основан на явлении ядерного магнитного резонанса (ЯМР) [1, 2].

При аварийной ситуации в атомном реакторе происходит резкое повышение уровня ионизирующего излучения, действующего на «тяжелую» воду системы охлаждения реактора. Экспериментально установлено, что в этом случае происходит сдвиг во времени момента появления сигнала ЯМР в системе его регистрации и изменение его вида. Этот сдвиг будет носить однократный характер. Измерив, этот однократный сдвиг (временной интервал) между регистрируемыми сигналами ЯМР и сравнив его с тем, который определялся ранее, и, используя ранее полученные данные о таких событиях, можно гораздо быстрее принять решение в сложившейся аварийной ситуации.

Чтобы поддерживать систему измерения временного интервала в рабочем состоянии, необходимо проводить её регулярную проверку и тестирование. С учетом того, что для передачи ЯМР сигналов в системах контроля АЭУ применяется ВОЛС, то более логично для

имитации аварийной ситуации работы АЭУ разработать устройство на основе оптического волокна и лазерного излучения.

2. Волоконно-оптический имитатор аварийной ситуации

В данной работе волоконно – оптический имитатор разработан на основе пассивной волоконно – оптической линии задержки с включением в конструкцию на входе оптического изолятора для исключения обратных отраженных сигналов. Для имитации аварийной ситуации было разработано три имитатора на разные времена задержки t_z (49, 75 и 98,6 мкс) оптического сигнала. Это связано с тем, что ранее было экспериментально установлено, что временной сдвиг момента появления сигнала ЯМР в системе регистрации при повышении уровня ионизирующего излучения составляет от 45 до 130 мкс (в зависимости от величины экспозиционной дозы облучения). Для них было рассчитано затухание оптического сигнала максимальное значение, которого составило 26 дБ с учетом системного запаса по затуханию на участке регенерации в 2 дБ. На рис. 1 в качестве примера представлены измеренное время задержки t_z одного имитаторов. Верхний сигнал получен без включения имитатора, нижний – с имитатором.



Рисунок 1: Временное прохождение сигнала через имитатор с задержкой на 98.6 мкс. Цена деления по горизонтали 20 мкс

Анализ полученных сигналов показывает уменьшение мощности. Поэтому при включении волоконно – оптического имитатора в волоконно – оптическую систему передачи сигналов ЯМР для тестирования систем контроля АЭУ передаваемые сигналы необходимо будет усиливать, чтобы обеспечить необходимую точность при измерениях во время тестирования. Измеренные динамические характеристики волоконно – оптических имитаторов показали, что три конструкции приборов имеет динамический диапазон не хуже 56 дБ. Поэтому данное усиление реализовать достаточно просто.

3. Заключение

Проведенные исследования параметров волоконно-оптических имитаторов показали, что их также можно успешно применять для проверки аппаратуры в радиолокационных станциях, так как коэффициент шума разработанного имитатора в диапазоне частот от 2 до 18 ГГц изменяется на 7 дБ (максимальное значение 27 дБ). Это показывает широкие функциональные возможности прибора.

4. Литература

- [1] Климов, Д.А. Вызовы и стимулы развития натриевых быстрых реакторов в современных условиях / Д.А. Климов, А.В. Гулевич, В.С. Каграманян // Атомная энергия. – 2018. – Т. 125, № 3. – С. 131-135.
- [2] Davydov, V.V. Nuclear-Magnetic Flowmeter-Relaxometers for Monitoring Coolant and Feedwater Flow and Status in Npp / V.V. Davydov, N.S. Myazin, A.V. Kiryukhin // Atomic Energy. – 2020. – Vol. 127(5). – P. 274-279.