

Дистанционный волоконно-оптический датчик для контроля радиоактивного излучения различной мощности

Д.С. Дмитриева¹, 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, Россия, 143050

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

Аннотация

Обоснована необходимость улучшения метрологических характеристик и функциональных возможностей волоконно-оптических датчиков для проведения измерений на больших расстояниях (более 10 км). Предложен новый способ построения линии связи с волоконно-оптическим датчиком для контроля экспозиционной дозы радиоактивного излучения в большом диапазоне её изменения (несколько порядков) в дистанционном режиме. Определены функциональные возможности датчика, разработана схема его подключения и пределы измерения. Представлены результаты экспериментальных исследований.

Ключевые слова

Волоконно-оптический датчик, радиоактивное излучение, оптическое волокно, лазерное излучение, экспозиционная доза облучения, радиационно-наведенные потери

1. Введение

Развитие научно-технического прогресса привело к появлению большого числа объектов, на которых используются радиоактивные материалы. Увеличилось число случаев утечки радиоактивных материалов (попадание их в воду и почву, в атмосферы и т. д.), а также выходов радиоактивного излучения (в основном γ – излучения) за пределы защитной зоны (через защитные экраны и перекрытия). Поэтому постоянному контролю радиационной обстановки, как в атмосфере, так и на территории различных объектов уделяется большое внимание.

Одной из актуальных задач является дистанционный контроль радиационной обстановки (на расстояниях 10 и более км) в автоматическом режиме в ситуации, когда экспозиционная доза облучения D_R может изменяться на несколько порядков за короткий промежуток времени. После прекращения действия дозы облучения прибор через некоторое время проводит измерения в штатном режиме. Одним из перспективных направлений для таких измерений является использование волоконно-оптических датчиков. Разработанные в настоящее время волоконно-оптические датчики на основе измерения изменения поляризации лазерного излучения под действием γ – излучения позволяют регистрировать очень слабые изменения D_R , которые вызывают падение мощности лазерного излучения на 0.05 дБ. При больших значениях D_R лазерное излучение в них полностью затухает и датчик прекращает работу на долгое время. Поэтому разработка новых моделей волоконно-оптических датчиков крайне актуальна.

2. Дистанционный волоконно-оптический датчик

Проведенные нами ранее исследования магистральных ВОЛС [1] позволили разработать новый метод восстановления работоспособности оптической линии связи в условиях воздействия γ – излучения при длительной её эксплуатации. Предложенный метод основан на

введении в волоконно-оптическую линию связи дополнительного лазерного излучения с длиной волны $\lambda=1310$ нм. Восстановление начинается после прекращения мощного воздействия γ -излучения, когда осталось только фоновое излучение. Использование предложенного метода позволяло значительно ускорить релаксационный процесс, в определенных случаях время восстановления оптического волокна к исходным параметрам составляло около 100 с (мощность дополнительного излучения 400 мВт). Однако использование этого метода возможно при не очень высоких уровнях γ -излучения, так как при определённой дозе происходит разрушение структуры волокна.

Разработанный ранее метод оказался достаточно эффективным, что позволяет предложить новое решение в области контроля радиоактивного излучения различной мощности. В данном исследовании предлагается к ВОЛС с сердцевиной из чистого кварца подключить оптический датчик (оптическое волокно длиной 100 м с сердцевиной $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2$ с различной степенью легирования). На рис. 1 в качестве примера представлены исследования радиационно-наведенных потерь α_s от изменения D_R для различного процента легирования оптического волокна.

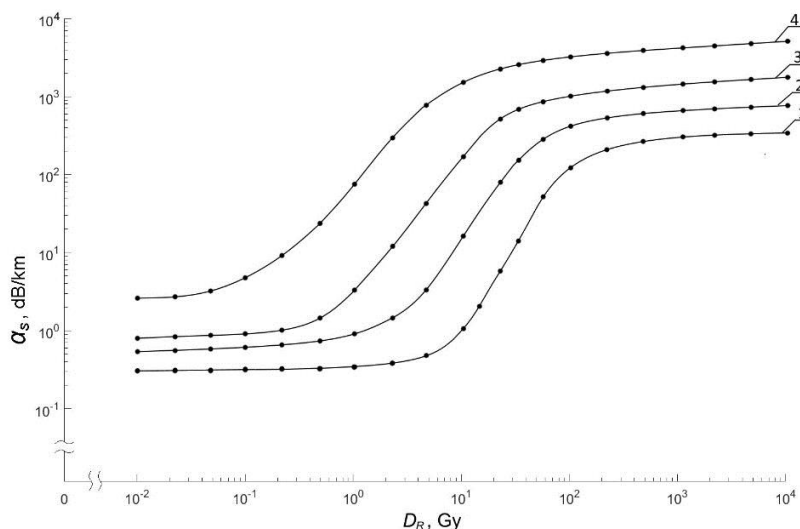


Рисунок 1. Зависимость α_s одномодового волокна на длине волны $\lambda = 1550$ нм от дозы облучения D_R с сердцевиной $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2$ находящийся при $T = 294.2$ К. Графикам 1, 2, 3 и 4 соответствует легирование в %: 1.5; 4.0; 10.0 и 20.0

Анализ полученных на рис. 1 результатов показал, что увеличение процента легирования повышает чувствительность данного волокна к экспозиционной дозе γ – излучения. Это позволяет регистрировать изменения небольших значений D_R , которые при воздействии на оптическое волокно уменьшают мощность лазерного излучения на выходе ВОЛС на 0.2 дБ.

3. Заключение

Полученные экспериментальные результаты показали надежную работу разработанного датчика по контролю экспозиционной дозы облучения с 0.1 до 1000 Гр в дистанционном режиме [1]. В оптических датчиках с измерениями, основанными на поляризации применить разработанный нами метод сложно, так как высока вероятность выхода из строя используемых в них фотоприемников с повышенной чувствительностью.

4. Литература

- [1] Dmitrieva, D. Method for determination of negative influence to γ - radiation on fiber optic information transmission systems / D. Dmitrieva, V. Pilipova, E. Andreeva, V. Dudkin, V. Davydov // Proceedings of ITNT 6th IEEE International Conference on Information Technology and Nanotechnology. – 2020. – P. 9253348.