

УДК 621.383

DOI 10.53403/9785951505170_2021_26_2_228

Оптически управляемый оптоволоконный переключатель с повышенной стойкостью к воздействию ионизирующих излучений

Д. А. Санжаревский*, А. Н. Труфанов*

Представлены результаты исследований возможности использования оптоволоконного переключателя для системы передачи лазерного излучения к исполнительному устройству. Особенностью системы является то, что срабатывание оптоволоконного переключателя осуществляется при воздействии оптического сигнала. С помощью фотопреобразователя оптический сигнал преобразуется в электрический, который, в свою очередь, приводит в действие оптоволоконный переключатель. Приведены результаты исследований стойкости к воздействию ионизирующих излучений оптоволоконного переключателя и фотопреобразователя. Показана их высокая стойкость.

Введение

Оптоволоконный переключатель – устройство, которое осуществляет коммутацию одного или нескольких оптических сигналов из одних оптических волокон в другие при поступлении управляющего электрического сигнала.

Принцип действия системы передачи лазерного излучения к исполнительному устройству на основе оптоволоконного переключателя описан далее. В начальном положении оптоволоконного переключателя световой сигнал управления поступает по оптоволокну 2 (рис. 1) на фотопреобразующее устройство, которое формирует электрический сигнал, поступающий на схему запуска. Схема запуска обеспечивает подачу необходимого напряжения на оптоволоконный переключатель, вследствие чего происходит переключение, и исполнительный световой сигнал по оптоволокну 1 (см. рис. 1) через оптоволоконный переключатель поступает на исполнительное устройство. Для срабатывания исполнительного устройства необходимо, чтобы после окончания управляющего светового сигнала исполнительный световой сигнал поступил на исполнительное устройство в течение не более 10 мс, т. е. оптоволоконный переключатель находился в сработанном положении. Таким образом, схема запуска должна обеспечивать задержку переключения оптоволоконного переключателя в исходное состояние в течение указанного выше времени.

* Филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю. Е. Седакова, г. Н. Новгород.

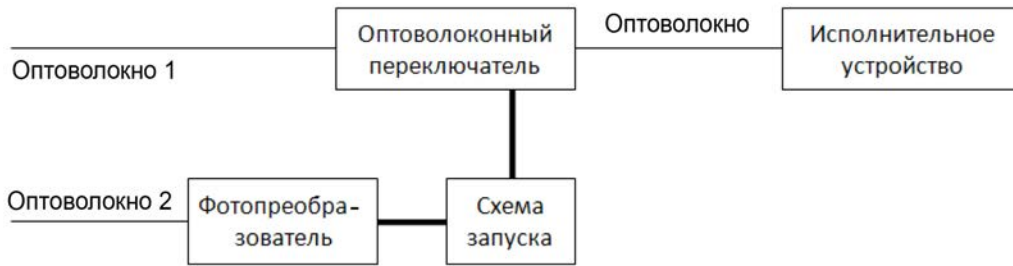


Рис. 1. Схема устройства на основе оптоволоконного переключателя

В качестве устройства, обеспечивающего срабатывание оптоволоконного переключателя, был использован фотопреобразователь на основе *p-n*-перехода, с помощью которого осуществлялось преобразование светового излучения в электрический сигнал. Для работы системы требуется, чтобы напряжение, подаваемое с фотопреобразователя, приводило к надежному срабатыванию оптоволоконного переключателя. Таким образом, напряжение срабатывания оптоволоконного переключателя должно быть ниже напряжения, снимаемого с фотопреобразователя.

Схема запуска должна обеспечивать подачу необходимого напряжения на оптоволоконный переключатель, а также задержку его переключения после окончания управляющего светового сигнала на время не менее 10 мс.

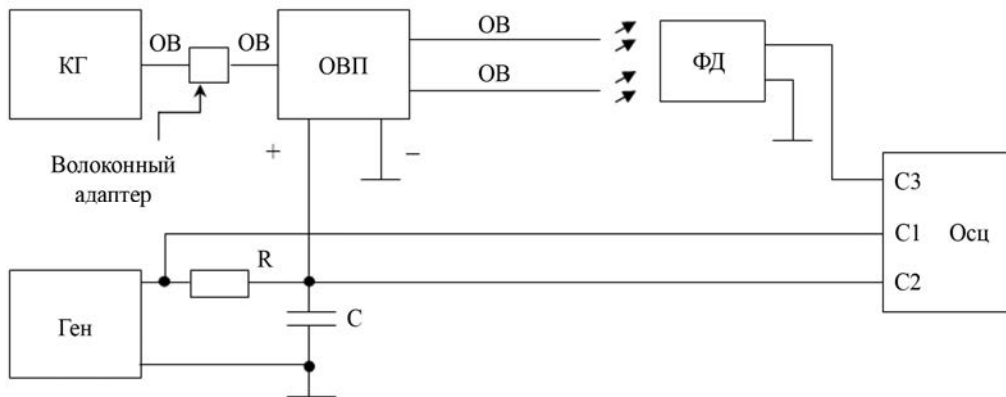


Рис. 2. Схема исследований задержки переключения оптоволоконного переключателя: КГ – квантовый генератор (лазер), ОВ – оптическое волокно, ОВП – оптоволоконный переключатель, Ген – генератор импульсного напряжения, ФД – фотодиод, Осц – осциллограф

В представленной на рис. 2 схеме импульсный сигнал с генератора подавался на оптоволоконный переключатель через RC-цепочку. Задержку переключения оптоволоконного переключателя контролировали по разнице во времени между спадом сигнала генератора и сигналом с фотодиода.

Осциллограмма сигналов приведена на рис. 3. Полученное значение времени задержки переключения составило около 30 мс, что удовлетворяет предъявляемым к схеме запуска требованиям.

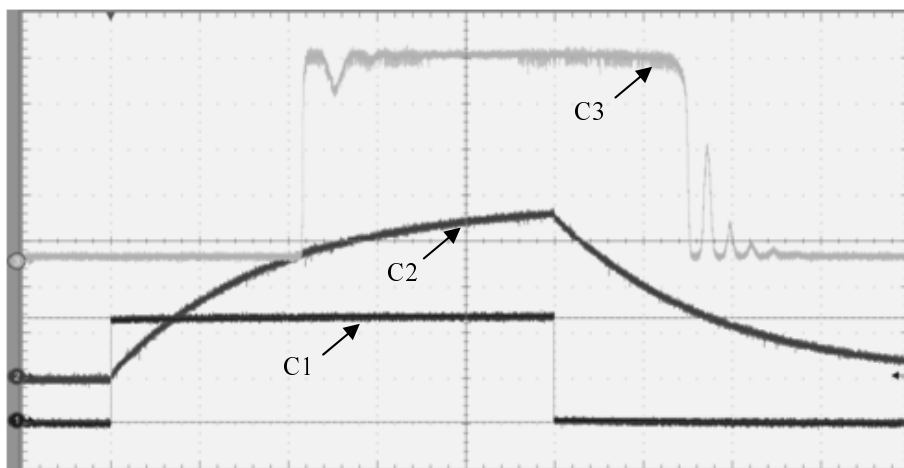


Рис. 3. Осциллограмма сигналов при измерении времени задержки переключения оптоволоконного переключателя: C1 – сигнал с генератора, по вертикали 10 В/дел., по горизонтали 20 мс/дел., C2 – напряжение на оптоволоконном переключателе, по вертикали 1 В/дел., по горизонтали 20 мс/дел., C3 – сигнал с фото диода, 200 мВ/дел., по горизонтали 20 мс/дел.

Очевидно, что ионизирующее излучение оказывает негативное воздействие на работу устройства. В связи с этим были проведены исследования влияния ионизирующих излучений на его компоненты: оптоволоконный переключатель и фотопреобразователь. Конструктивно они располагались в едином защитном корпусе.

Для контроля прохождения светового сигнала через тракт оптоволоконного переключателя на него подавали импульсный световой сигнал с лазерного диода. Осциллограмма сигнала на выходе оптоволоконного переключателя при воздействии импульсного гамма-излучения показана на рис. 4. Стрелкой снизу показан момент импульса излучения. Из осциллограммы видно, что во время импульса излучения прибор продолжает находиться во включенном состоянии. Время спада помехи составляло менее 10 мкс. После воздействия переключатель сохранил работоспособность, деградация отсутствовала.

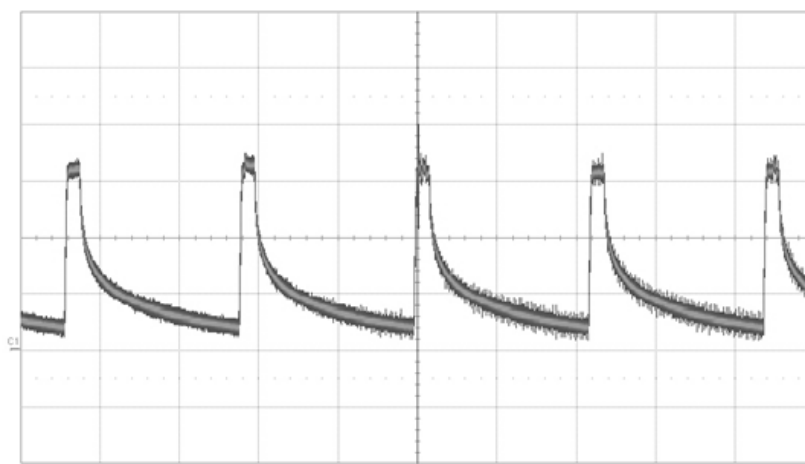


Рис. 4. Типичная осциллограмма сигнала на выходе оптоволоконного переключателя при воздействии импульсного гамма-излучения; по вертикали 200 мВ/дел., по горизонтали 500 мкс/дел.

На рис. 5 представлена осциллограмма сигнала на выходе оптоволоконного переключателя при комбинированном воздействии потока частиц и гамма-квантов. Стрелкой снизу показан момент начала импульса излучения. Сигнал с выхода оптоволоконного переключателя по форме практически повторяет форму импульса излучения. После воздействия уровень сигнала снизился более чем в 2 раза, однако, измерения, проведенные через 10 мин после импульса излучения (рис. 6), показали, что сигнал восстановился практически полностью. Спад сигнала с выхода оптоволоконного переключателя объясняется увеличением потерь в оптическом волокне за счет образования радиационных дефектов. Избавиться от спада возможно при использовании стойкого к воздействию ионизирующего излучения оптоволокна.

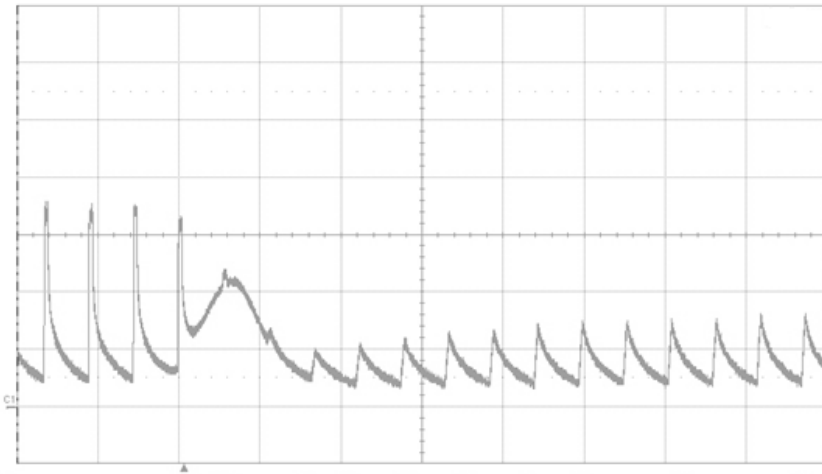


Рис. 5. Осциллограмма сигнала на выходе оптоволоконного переключателя при воздействии потока частиц и гамма-квантов; по вертикали 200 мВ/дел., по горизонтали 2 мс/дел.

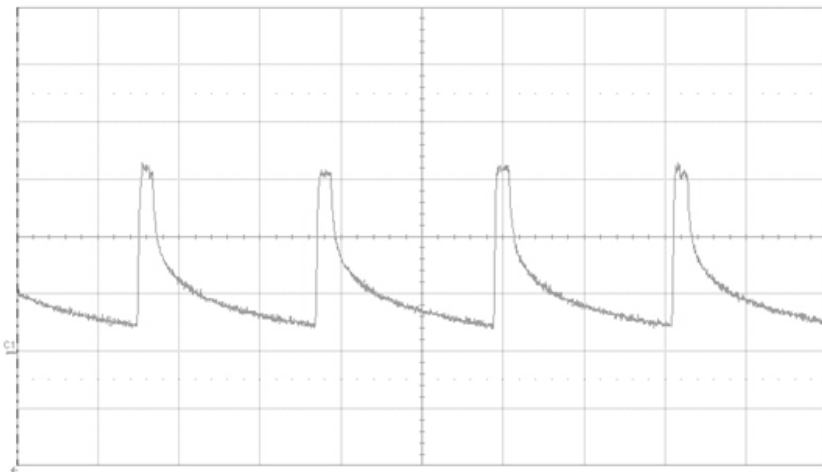


Рис. 6. Осциллограмма сигнала на выходе оптоволоконного переключателя через 10 мин после воздействия потока частиц и гамма-квантов; по вертикали 200 мВ/дел., по горизонтали 500 мкс/дел.

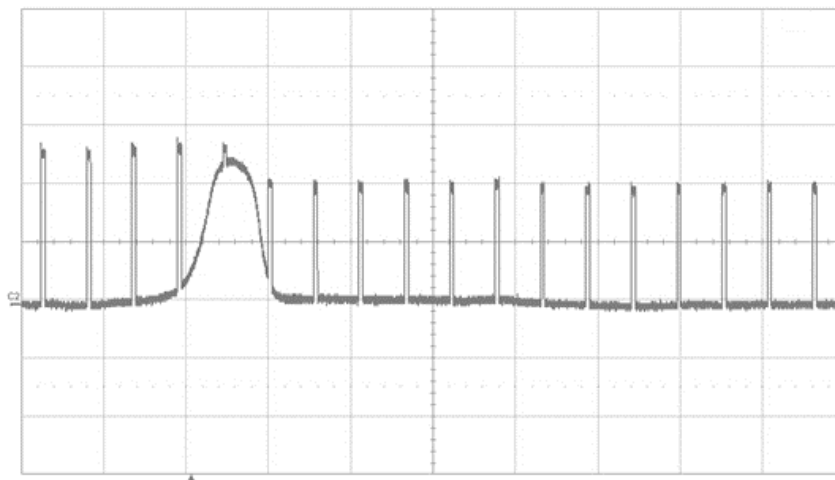


Рис. 7. Осциллограмма сигнала на нагрузке фотопреобразователей при комбинированном воздействии; по вертикали 500 мВ/дел., по горизонтали 2 мс/дел.

Импульсное гамма-излучение не оказывает заметного влияния на характеристики фотопреобразователей. Они восстанавливают свою работоспособность практически сразу после воздействия, при этом они значительно деградируют при комбинированном воздействии. На рис. 7 приведена осциллограмма сигнала на нагрузке фотопреобразователей при комбинированном воздействии. Стрелкой снизу показан момент начала импульса излучения. Сигнал с выхода фотопреобразователей по форме практически повторяет форму импульса излучения. После воздействия уровень полезного сигнала снизился приблизительно на 11 %. При дальнейших измерениях уровень сигнала не восстановился.

Выводы

Проведены исследования возможности создания системы передачи лазерного излучения к исполнительному устройству с оптоволоконным переключателем, обладающей повышенной стойкостью к воздействию радиации.

Проведенные исследования электрических и оптических характеристик оптоволоконного переключателя и фотопреобразователя показали, что полученное устройство будет удовлетворять необходимым требованиям.

Результаты исследований влияния радиации на оптически управляемый оптоволоконный переключатель показали его высокую стойкость к воздействию ионизирующих излучений.

Optically Controlled Fiber Optic Switch with Increased Resistance to Ionizing Radiation

D. A. Sanzharevsky, A. N. Trufanov

The results of investigating a possibility of a fiber-optic switch used for systems to transfer laser radiation to an actuator (executive device) have been submitted. The system peculiarity is that a fiber-optic switching is realized by an optical signal. A photo-converter transforms an optical signal into electrical one which in its turn actuates a fiber-optic switch. The investigation results of ionizing radiation exposure resistance of the fiber-optic switch and photo-converter have been submitted. High resistance of the fiber-optic switch and photo-converter has been demonstrated.