

УДК 004.713

Гайворонская Г. С., д.т.н.; Рябцов А. В., к.т.н.

(Одесская государственная академия холода)

ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОЛНОСТЬЮ ОПТИЧЕСКОГО КОММУТАТОРА С ОПТИЧЕСКОЙ АДРЕСАЦИЕЙ

Гайворонська Г. С., Рябцов О. В. Феноменологічна модель повністю оптичного комутатора з оптичною адресацією. Стаття присвячена дослідженню перспектив розвитку комутаційних технологій в повністю оптичних мережах зв'язку. Запропонована феноменологічна модель оптичного комутатора з оптичною адресацією.

Ключові слова: ОПТИЧНА МЕРЕЖА ЗВ'ЯЗКУ, ОПТИЧНИЙ КОМУТАТОР, ОПТИЧНА АДРЕСАЦІЯ, ФЕНОМЕНОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ

Гайворонская Г. С., Рябцов А. В. Феноменологическая модель полностью оптического коммутатора с оптической адресацией. Статья посвящена исследованию перспектив развития коммутационных технологий в полностью оптических сетях связи. Предложена феноменологическая модель оптического коммутатора с оптической адресацией.

Ключевые слова: ОПТИЧЕСКАЯ СЕТЬ СВЯЗИ, ОПТИЧЕСКИЙ КОМУТАТОР, ОПТИЧЕСКАЯ АДРЕСАЦИЯ, ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Gaivoronska G. S, Riabtsov O. V. Phenomenology model fully optical switchboard with the optical addressing. The article is devoted research of prospects of development of interconnect technologies in fully optical communication networks. The phenomenology model of optical switchboard is offered with the optical addressing.

Key words: OPTICAL COMMUNICATION NETWORK, OPTICAL SWITCHBOARD, OPTICAL ADDRESSING, PHENOMENONLOGY MODEL

Большинство современных телекоммуникационных систем строится на основе оптоволоконных линий связи (ОЛС), обеспечивающих значительное преимущество по многим параметрам перед традиционными кабельными линиями. Однако дальнейшее развитие волоконной оптики в настоящее время во многом сдерживается отсутствием быстродействующих, надежных и доступных по цене коммутационных устройств. Большинство используемых на практике коммутаторов оптических сигналов, передаваемых по ОЛС, являются “непрозрачными”, то есть строятся по опто-электро-оптической (ОЭО) схеме. В таких коммутаторах оптические сигналы сначала преобразуются в электрические, затем осуществляется коммутация сигналов традиционными электронными схемами, после чего электрический сигнал вновь преобразуется в оптический. Такой метод двойного преобразования сигнала, существенно снижает быстродействие всей телекоммуникационной системы и не позволяет реализовать одно из главных преимуществ ОЛС – их практически неограниченную пропускную способность [1].

Поэтому исследования ведущих фирм-разработчиков оптоволоконного оборудования направлены сейчас на поиски альтернативы схеме ОЭО коммутации. К настоящему времени в мире уже разработано несколько разновидностей “прозрачных”, то есть опто-опто-оптических (ООО) коммутаторов без преобразования сигнала, где сигналы на входе, в процессе коммутации и на выходе коммутатора представлены в неизменной оптической форме. Такие коммутаторы иначе называются полностью оптическими (ПОК). Их достоинствами является значительно большее быстродействие по сравнению с “непрозрачными” оптическими коммутаторами. Конкретные значения быстродействия ПОК во многом определяются применяемой технологией оптической коммутации.

Однако недостатком таких ПОК является то, что управление ими по-прежнему осуществляется посредством электрических схем. Из информационного сигнала, передаваемого по ОЛС, традиционными электронными средствами выделяется адресная информация, которая затем преобразуется в электрические сигналы управления оптической коммутационной матрицей ПОК с целью изменения траектории распространения оптического сигнала, то есть для переключения направления передачи информации.

Для дальнейшего повышения быстродействия ПОК следует исключить этап преобразования адресной информации в электрические сигналы. Это позволило бы вплотную приблизиться к теоретическому пределу пропускной способности оптоволоконных систем передачи информации. До настоящего времени пока не известно ни одного устройства, позволяющего производить переадресацию оптических сигналов в ПОК оптическими методами. Однако активные разработки в области оптического управления физическими объектами дают надежду, что такая технология в скором времени все же будет разработана [2].

В этой связи можно предложить феноменологическую модель ПОК с оптической адресацией. Феноменологическая модель, как известно, предлагает описание механизма явления, которое не может быть подтверждено имеющимися данными или накопленными знаниями об объекте и лишь предлагает путь дальнейшего поиска решений [3]. Как известно, в некоторых оптических переключателях, например основанных на эффектах Керра и Поккельса, коэффициент преломления оптического материала изменяется под воздействием внешнего электрического поля. Эффект двойного лучепреломления достаточно хорошо изучен и успешно применяется на практике [4]. Поскольку оптическое излучение по своей природе является разновидностью электромагнитного поля, то вполне допустимо предположить, что в ближайшем обозримом будущем станет возможным создание оптического материала, который сможет менять свои свойства под воздействием оптического излучения определенной длины волны. Представим себе, например, что у этого оптического материала под воздействием внешнего оптического излучения, будет изменяться собственный коэффициент преломления. Данное предположение весьма вероятно, так как уже доказано в [5], что существует практическая возможность оптического управления показателем преломления оптической среды. В таком случае становится возможным создать бистабильный переключатель, имеющий два квазистойчивых оптических состояния, который можно применить в качестве полностью оптического коммутатора оптических сигналов.

Находясь в одном из своих возможных состояний, данный оптический материал должен быть практически прозрачным. Это его состояние должно соответствовать диапазону длин волн падающего излучения, включающему в себя окна прозрачности всех оптоволоконных систем передачи информации. Во второе из двух возможных состояний материал должен скачкообразно переключаться под воздействием излучения с определенной длиной волны. При этом пластина из данного материала должна приобретать свойство зеркальной поверхности с эффектом полного оптического отражения. Это вполне достижимо при использовании углов падения излучения, близких к критическому. Такое предположение вполне логично и не противоречит физическим законам, так как эффект оптической бистабильности уже известен и описан, например, в [6].

Представим себе, что такой материал обладает эффектом оптической памяти с возможностью регенерации. Это значит, что материал, перейдя в квазистойчивое состояние

под воздействием излучения с определенной длиной волны, назовем ее активизирующей, в дальнейшем остается в этом состоянии, независимо от длин прочих оптических волн, проходящих сквозь него. Логично будет предположить, что данный оптический материал можно будет вернуть в исходное состояние, используя какие-либо другие известные физические эффекты, например, нагрев материала до определенной температуры, либо воздействие на него определенным электрическим полем или током. Возможно также, что эффективным окажется воздействие на него акустическим полем, или другим диапазоном оптического излучения. Это легко представить на примере эффекта размагничивания магнитотвердого материала, обладающего двумя состояниями намагниченности, переменным магнитным полем убывающей амплитуды либо нагревом выше точки Кюри. Аналогичный эффект мы наблюдаем в современных оптических RW дисках, где стирание двоичной информации, записанной ранее на поверхности диска, то есть восстановления исходного состояния материала, происходит под действием локального нагрева поверхности лучом мощного лазера.

Описываемый материал может быть применен для создания полностью оптического коммутатора для оптических телекоммуникационных систем. В таком ПОК процесс адресации переключения будет осуществляться самим входным оптическим сигналом, без дополнительных электрических сигналов управления. Это позволит многократно снизить стоимость оборудования за счет исключения адресных селекторов и значительно увеличить быстродействие коммутатора. Применение таких ПОК в информационных оптических сетях приведет к резкому возрастанию пропускной способности сети и значительному росту глобального информационного трафика, который сдерживается лишь параметрами коммутационного оборудования, применяемого в данное время.

В настоящее время практически все известные сетевые стандарты предусматривают обмен информацией в виде импульсных посылок, содержащих адресную и информационную части. Информация пользователя обычно предваряется адресной частью, длина которой варьируется в зависимости от типа применяемого оборудования и выбранного протокола обмена. Чтобы описать, как осуществляется коммутация в предлагаемой модели ПОК, можно рассмотреть в качестве примера произвольно взятый информационный пакет, состоящий из двух двоичных последовательностей, представляющих собой адресную часть и передаваемые данные пользователя, как показано на рис. 1. Биты данных приведены лишь в качестве примера. Несущественные биты обозначены как X.

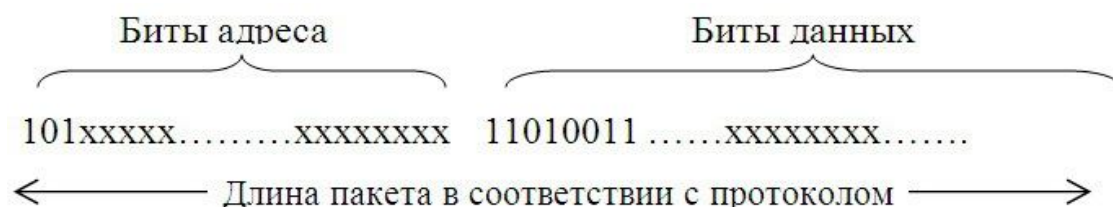


Рис. 1. Структура информационного пакета

Существенными в данном примере являются лишь три первые бита адреса, который определяет маршрут прохождения оптического излучения в коммутаторе. Как видно из рис. 1, первые три бита адреса это 101. Предположим, что каждому единичному биту адресной части соответствуют один (или несколько) импульсов излучения определенной длины волны, которую можно назвать активизирующей.

На рис. 2 это излучение обозначено частотой f_1 . Для его генерации можно использовать специальный лазер, настроенный на нужную длину волны, сигнал которого вводится в оптоволоконную линию известными методами.

При попадании излучения с активизирующей частотой f_1 на пластину она мгновенно приобретает зеркальные свойства и, следовательно, падающее на нее оптическое излучение отражается по закону Снелла. Зеркальные свойства эта пластина сохраняет до окончания передачи данного информационного пакета и затем возвращается в исходное состояние неким внешним воздействием, например, неким стирающим импульсом ультрафиолетового излучения.

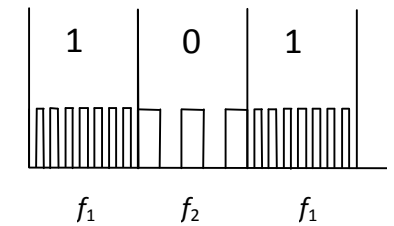


Рис. 2. Формат первых трех бит адресной посылки

Рассмотрим одну из возможных структур ПОК такого типа, приведенную на рис. 3. В данном примере, соответствующем трехразрядному адресному коду, это восьмиканальный демультиплексор, перенаправляющий входной оптический информационный сигнал на один из восьми возможных выходов. Количество выходов в ПОК такого типа будет определяться разрядностью адресной части информационного пакета.

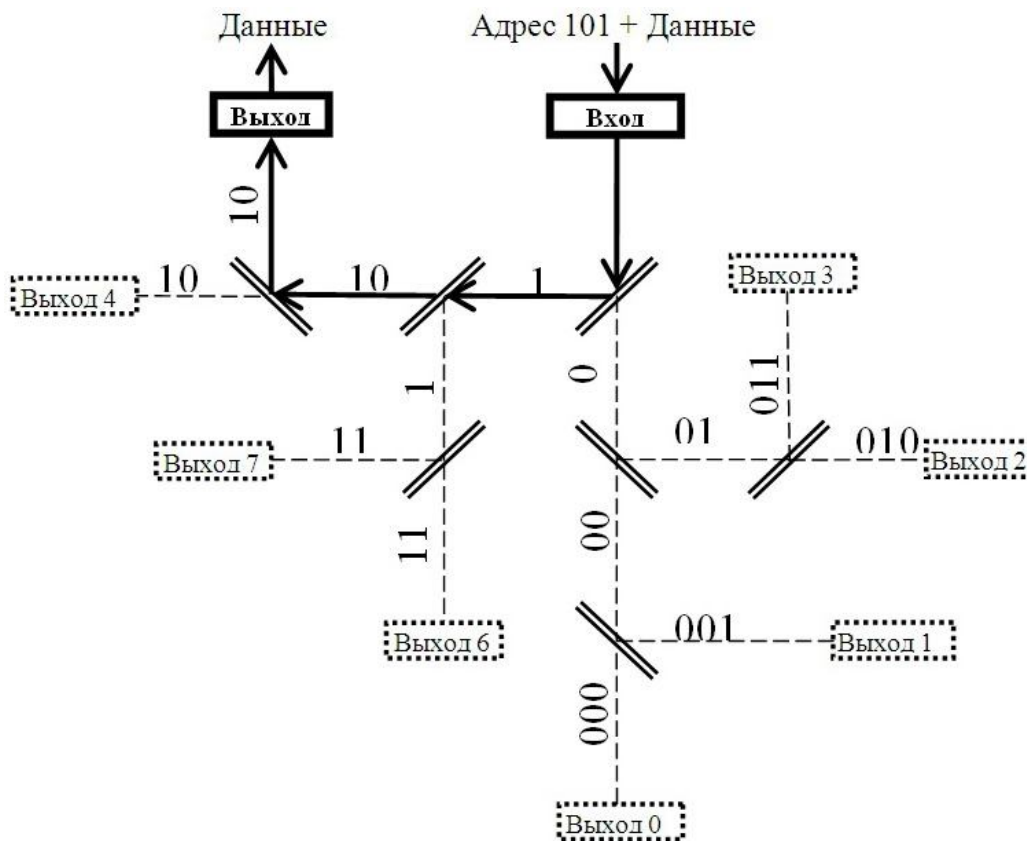


Рис. 3. Структура полностью оптического коммутатора с оптической адресацией

Микроминиатюрные пластины из описанного оптического материала образуют регулярную структуру, и расположены по углом 45° к падающему пучку коллимированного входного излучения. Траектория оптического излучения для адреса, представленного в виде двоичной комбинации 101, показана на рис. 3 сплошными линиями со стрелками.

Пунктирными линиями показаны другие возможные траектории, соответствующие остальным семи комбинациям первых трех разрядов адресного кода. Таким образом, самостоятельно реагируя на различные адресные коды, являющиеся частью входного сигнала, коммутатор обеспечивает возможность перенаправления входного излучения на один из восьми возможных информационных выходов без использования каких-либо дополнительных адресных селекторов.

Как видно из рис. 3, первый бит адреса, представленный в виде первой активизирующей частоты, переводит первую пластину в зеркальное состояние и падающий луч отражается на соседнюю пластину.

Длительность тактового импульса должна соответствовать времени перехода материала пластины в одно из квазиустойчивых состояний. Попадая на следующую пластину, второй бит адресного кода, нулевой, переводит ее в прозрачное состояние и луч проходит сквозь нее до очередной пластины. Третий, вновь единичный, бит адреса, переводит третью пластину в зеркальное состояние и луч, модулированный информационными битами, попадает на пятый выход коммутатора, соответствующий заданному адресу 101. По окончании цикла передачи все пластины коммутатора возвращаются в исходное состояние импульсом сброса. Данная конструкция позволит строить полностью оптические коммутаторы практически неограниченной размерности, так как легко позволяет наращивать разрядность адресной части.

Заключение. Предложенная феноменологическая модель, на наш взгляд, вполне соответствует требованиям адекватности, точности и целесообразности, и, следовательно, может найти применение в процессе дальнейшего совершенствования оптических коммутационных технологий.

Литература

1. Гайворонская Г. С. Коммутаторы оптических сигналов / Г. С. Гайворонская, А. В. Рябцов // Холодильна техніка і технологія.– 2009. – № 2 (118). – С. 55-59.
2. Гайворонская Г. С. Методы и средства коммутации оптических сигналов в информационных сетях / Г. С. Гайворонская, А. В. Рябцов // Холодильна техніка і технологія. – 2010. – № 2 (124). – С. 74-82.
3. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Математическая модель.](http://ru.wikipedia.org/wiki/Математическая_модель)
4. <http://elan-optics.com/rus/34.html>
5. Султанов А. Х. Подход к комплексному модулированию профилированного интерферометра типа Фабри-Перо, обеспечивающего переключение оптических сигналов / А. Х. Султанов, И. Л. Виноградова, А. И. Салихов // Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (РФ, Уфа) : – 2009. –Т.12, № 1(30). – С. 172-179.
6. Логинова М.М, Трофимов В.А. О возможности оптической бистабильности на основе зависимости коэффициента поглощения полупроводника от индуцированного электрического поля / М. М. Логинова, В. А. Трофимов // Журнал технической физики (РФ). – 2006. – Том 76, вып. 5. – С. 82-87.