

В. И. МОЛЯВКО, канд. физ.-мат. наук, *С. И. ПЕТРОВ*,
И. А. СУХОИВАНОВ, канд. техн. наук

ОБ ИСКАЖЕНИИ СИГНАЛОВ В ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЯХ СВЯЗИ МАЛОЙ ДЛИНЫ

Волоконно-оптические линии связи используются при передаче информации на большие расстояния — десятки, сотни километров и на малые — для связи внутри объектов. В первом случае важное значение имеют мощность передатчиков, чувствительность приемников, уровень потерь и дисперсионные свойства оптических световодов. Во втором случае потери в линии и дисперсия, как правило, не играют большой роли, а избыточная мощность излучения, высокая чувствительность приемников при наличии отражений в соединении световодов и малом затухании, характерном для коротких отрезков линий, могут привести к значительным искажениям информации. Они обусловлены оптическими явлениями в соединениях и отрезках линий, влиянием отраженных сигналов на работу передающих и приемных устройств [1—4].

В статье представлены результаты экспериментального исследования искажений импульсных сигналов при передаче на малые расстояния по многомодовым линиям, обусловленные зазорами в соединениях. Экспериментальная линия связи создана на базе серийно выпускаемых промышленностью передающих (КЭМ-34-4ПД) и приемных (КЭМ-34-4ПР) модулей 1985 г. выпуска. Длина линии составляла 10 м. Использовался многомодовый волоконный световод со ступенчатым профилем показателя преломления. Для реализации различных условий оптического согласования передатчик и приемник подсоединялись к световоду посредством трехкоординатных механических устройств, позволяющих производить продольные и поперечные смещения торцов в зазорах соединений относительно друг друга с погрешностью установки необходимых смещений менее 2 мкм.

Модуляция излучения осуществлялась импульсным генератором ОГ5—87, выходной сигнал подавался на широкополосный осциллограф С1—75. Из схемы приемных модулей для сохранения формы принимаемых сигналов исключались системы формирования выходного сигнала и автоматической регулировки усиления, т. е. осциллограф подсоединялся непосредственно к выходу эмиттерного повторителя каскада предварительного усиления.

В процессе эксперимента исследовались влияние продольных и поперечных смещений торцов в соединениях «передатчик-волокно» и «приемник-волокно» на амплитуду, длительность выходных сигналов, параметры паразитных сигналов, возникающих в системе при различных уровнях мощности излучения. Основные параметры передающих модулей представлены в таблице. Изменение уровня входной мощности в линии производилось путем замены передающих модулей.

№ п/п	$I_{\text{потр.}}$, МА	$\tau_{\text{ф}}^+$, нс	$\tau_{\text{ф}}^-$, нс	Заводской номер передающих модулей
1	526	7	5	6407
2	520	4	7	7014
3	480	4	6	6410
4	250	8	8	6859
5	250	10	5	7663
6	250	6	8	6329
7	210	5	8	6843
8	190	5	5	6493
9	190	7	7	6920

Некоторые результаты измерений, характерные для передающих модулей с повышенной мощностью (см. в таблице 1—3), представлены графически. На рис. 1 показана зависимость амплитуды выходных импульсов U_m , их длительности τ , амплитуд паразитных колебаний на вершине U_{mb} и в паузе U_{mn} от величины продольных смещений торцов z в узле стыковки «передатчик-волокно». Поперечные смещения y и смещения в узле «при-

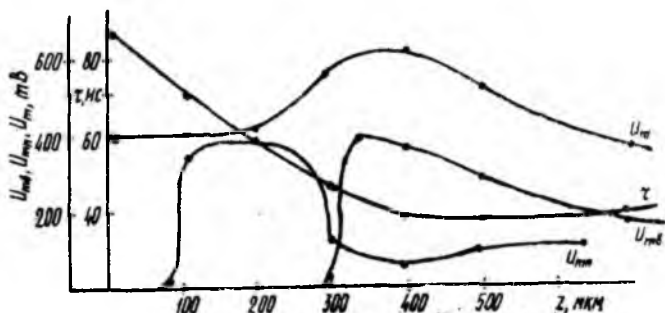


Рис. 1

литуды выходных импульсов U_m , их длительности τ , амплитуд паразитных колебаний на вершине U_{mb} и в паузе U_{mn} от величины продольных смещений торцов z в узле стыковки «передатчик-волокно». Поперечные смещения y и смещения в узле «при-

емник-волокно» отсутствуют. На рис. 2 представлены те же зависимости, но для фиксированного поперечного смещения торцов в области передатчика ($y=40$ мкм). Исходный сигнал в обоих случаях имел частоту следования импульсов 8,448 МГц со скважностью, равной двум, что соответствует длительности 59 нс.

Экспериментальные кривые свидетельствуют о том, что характер искажений сигналов существенно зависит от взаимных

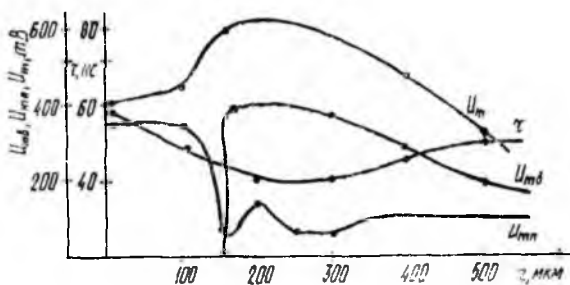


Рис. 2

смещений торцов в области передатчика. Так, при отсутствии зазора ($z=0, y=0$) длительность импульса, регистрируемого на выходе приемника, составляла примерно 90 нс, а паразитные выбросы на вершине и в паузе практически отсутствовали. С возрастанием продольного смещения торцов длительность выходного импульса уменьшается, но при $z \approx 90$ мкм в паузе появляется и быстро нарастает с увеличением зазора паразитный импульсный сигнал, амплитуда которого становится сравнимой с амплитудой полезного сигнала, а длительность — в несколько раз меньше и зависит от величины зазора. При зазоре примерно 300 мкм паразитный сигнал в паузе резко уменьшается по амплитуде, но появляется быстро нарастающий выброс напряжения на вершине импульса, который с дальнейшим увеличением зазора перемещается от заднего фронта к переднему, уменьшаясь по амплитуде. Искажения формы сигнала были минимальны для $z=300$ мкм, но длительность импульса оказалась несколько меньше исходной. Изменения ширины зазора в этой области на 1—2 мкм приводили к значительным искажениям, в то время как при уже сформировавшихся паразитных сигналах изменения ширины зазора на несколько десятков микрометров существенно не искажали форму сигнала.

Поперечные смещения торцов в области передатчика приводили к искажениям того же характера, но они проявлялись при меньшей величине продольных смещений. С увеличением y кривые, представленные на рис. 1, смещаются влево (рис. 2). В частности, при $y=40$ мкм выброс в паузе между импульсами наблюдается и при $z=0$ мкм, а минимальные искажения сигналов имеют место при y , примерно равном 150 мкм.

Аналогичны картины искажений и в случае смещений торцов в области приемника. Характерно, что они проявляются при использовании передатчиков с повышенным уровнем мощности излучения. Для передающих модулей (см. в таблице 4—9) искажения сигналов практически не наблюдаются. С увеличением линии до 600 м искажения исчезают при любой мощности передатчика.

Для выяснения влияния условий согласования на характер отражений зазоры заполнялись жидкостями с различным показателем преломления. Использовались дистиллированная вода, этиловый спирт, жидкость СКТНФ, глицерин с коэффициентами преломления 1,333, 1,365, 1,4195, 1,473. Установлено, что применение иммерсионных жидкостей значительно уменьшает искажения формы импульсных сигналов. Так, в частности, если ширина зазора 100 мкм без поперечных смещений, длительность импульсов при различных его заполнениях составит 48, 50, 52, 55 нс, а паразитные выбросы сигналов практически не наблюдаются. При больших значениях ширины зазора длительность импульса слабо зависит от заполнения и остается равной примерно 50 нс, а амплитуда паразитных выбросов не превышает 50 % амплитуды полезного сигнала.

Для выяснения причин искажений производилась проверка прохождения импульсных сигналов по электрическим цепям приемных модулей. Установлено, что при соответствии параметров входных сигналов техническим условиям модулей искажения минимальны. Исследовался также сигнал, снимаемый непосредственно с нагрузочного резистора фотодиода. Для этих целей использовался широкополосный усилитель УЗ—33 с полосой 0,05—400 МГц. В такой цепи параметры сигналов слабо зависят от величины зазоров в соединениях и практически не искажаются. Следовательно, есть основания предположить, что основной причиной искажений, по-видимому, является реакция приемных модулей на оптические отражения в зазорах соединений.

Таким образом, при эксплуатации коротких волоконно-оптических линий связи на многомодовых световодах длиной несколько десятков метров с относительно высокими уровнями мощности излучения передающих модулей (более 1 мВт) возможны искажения параметров передаваемых импульсных сигналов, вызванные оптическими отражениями в зазорах соединений. Для передающих и приемных модулей типа КЭМ-34-4 при смещении торцов в зазорах искажения могут проявляться в виде изменения длительности импульсов, их амплитуды, появления паразитных сигналов. При разработке и эксплуатации волоконно-оптических систем на малые расстояния для достижения минимальных искажений целесообразно использовать передающие модули с минимально допустимой для данной линии мощностью передачи.

Список литературы: 1. *Wagner R. E., Sandahl C. R.* Interference effects in optical fibre connection//Applied Optics. 1982. 21, N 8. P. 1381—1385. 2. *Kuwahara H., Goto M.* Generation of harmonic distortion at fibre connectors//Electronics letters. 1981. 17. N 18. P. 626—627. 3. *Пикарников В. П., Скворцов Л. И., Смирнов В. М.* Гармонические искажения в соединителях оптических волокон при передаче цифровой информации//Журн. техн. физики. 1984. 54, № 1. С. 107—109. 4. *Фудзии Ю., Мацухара М., Кумагаи Н.* Теоретический анализ связи между полупроводниковым лазером и оптическим волокном через воздушный промежуток//Дэнси цусин гаккай ромбунси. 1986. С. 69. № 1. P. 33—40.

Поступила в редколлегию 05.12.87