

**ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ
МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ОПТИКО-
ВОЛОКОННЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ Y-
РАЗВЕТВИТЕЛЕЙ.**

Киямов Рахматулло Рузиевич.

Касбински техникум пищевой промышленности

[*rahmatullo.kiyamov@mail.ru*](mailto:rahmatullo.kiyamov@mail.ru)

Аннотация: в статье пишется о возможность применения Y-разветвителей для перевода с двух волоконных оптических сетей в одно волоконном режиме и о возможности применение освободившихся волокон для повышение пропускной способности сети.

Abstract: The article describes the possibility of using Y-splitters to convert from two fiber optic networks to single fiber mode and the possibility of using freed fibers to increase network throughput. ***Annotatsiya:***

Annotatsiya: maqolada ikkita optik tolali tarmoqdan bitta tolali rejimga o'tkazish uchun Y-splitterlardan foydalanish imkoniyati va tarmoq o'tkazuvchanligini oshirish uchun bo'shatilgan tolalardan foydalanish imkoniyatlari tasvirlangan.

Ключевые слова: разветвитель, широкополосный, волоконно-оптические, одно волоконный, двух волоконный, коннектор.

Введение

В связи с быстрым развитием в сельских районах сетей широкополосного доступа там стала ощутима нехватка свободных оптических волокон. Выходом из положения может быть перевод оптических систем передачи из двух волоконного в одно волоконный режим.

Рассмотрим возможность применения Y-разветвителей для перевода с двух волоконных оптических сетей в одно волоконном режиме

и о возможности применения освободившихся волокон для повышение пропускной способности сети.

На современных телекоммуникационных городских и сельских сетях продолжают использоваться волоконно-оптические линии передачи (ВОЛП) с небольшим количеством волокон (4–8), построенные 10–15 лет назад. Такие ВОЛП создавались главным образом для цифровизации телефонной сети связи. Проблемы организации высокоскоростных сетей передачи данных не были на первом плане у операторов, и оптические волокна были в основном задействованы для систем передачи PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) и SDH (Synchronous Digital Hierarchy).

Основная часть

Из-за быстрого развития в последние годы сетей широкополосного абонентского доступа (ШПД), которые можно организовать только с использованием оптических технологий, на таких ВОЛП возникла проблема отсутствия свободных оптических волокон, особенно на сельских сетях связи. Строительство новых ВОЛП или использование систем спектрального уплотнения в большинстве таких случаев экономически невыгодно или технически нереализуемо.

Наиболее целесообразный способ решения проблемы отсутствия свободных оптических волокон на таких ВОЛП – перевод действующих оптических систем передачи (ОСП) из двух волоконного в одно волоконный режим работы с применением оптических Y-разветвителей. Освободившиеся волокна могут использоваться для организации сетей ШПД. Организация одно волоконного режима работы ОСП и некоторые особенности такого режима кратко описаны в [1], а

некоторые производители оборудования ОСП отмечают возможность организации одно волоконного режима в своих каталогах. Но там рассмотрен только один фактор, влияющий на одно волоконный режим, – увеличение затухания элементарного кабельного участка (ЭКУ) из-за применения Y-разветвителей, но при этом не рассмотрены другие важные влияющие факторы.

К сожалению, во всех этих источниках, а также в другой научно-технической литературе, нет сведений и рекомендаций по организации одно волоконного режима и расчету номинальной длины ЭКУ ВОЛП в этом режиме, уменьшающейся по сравнению с номинальной длиной в двух волоконном режиме. Результаты такого расчета основа для принятия решения о возможности использования Y-разветвителей для реконструкции действующей ОСП.

Общая схема перевода ОСП в одно волоконный режим работы с использованием оптических Y-разветвителей приведена на рис.1. Передающие оптические модули (ПОМ) мультиплексоров А и Б подключаются к оптическим коннекторам 1 Y-разветвителей, а приемные оптические модули (ПрОМ) – к оптическим коннекторам 2. Коннекторы 3 подключаются к рабочему волокну элементарного кабельного участка ВОЛП через порты оптических кроссов ОК.

В цифровой связи качество передачи сигналов и номинальная длина ЭКУ определяются коэффициентом ошибок по битам ($K_{об}$) на регенерационном участке, который зависит от отношения сигнал/шум (SNR) на входе приемного устройства.

В двух волоконном режиме SNR_2 определяется по формуле:

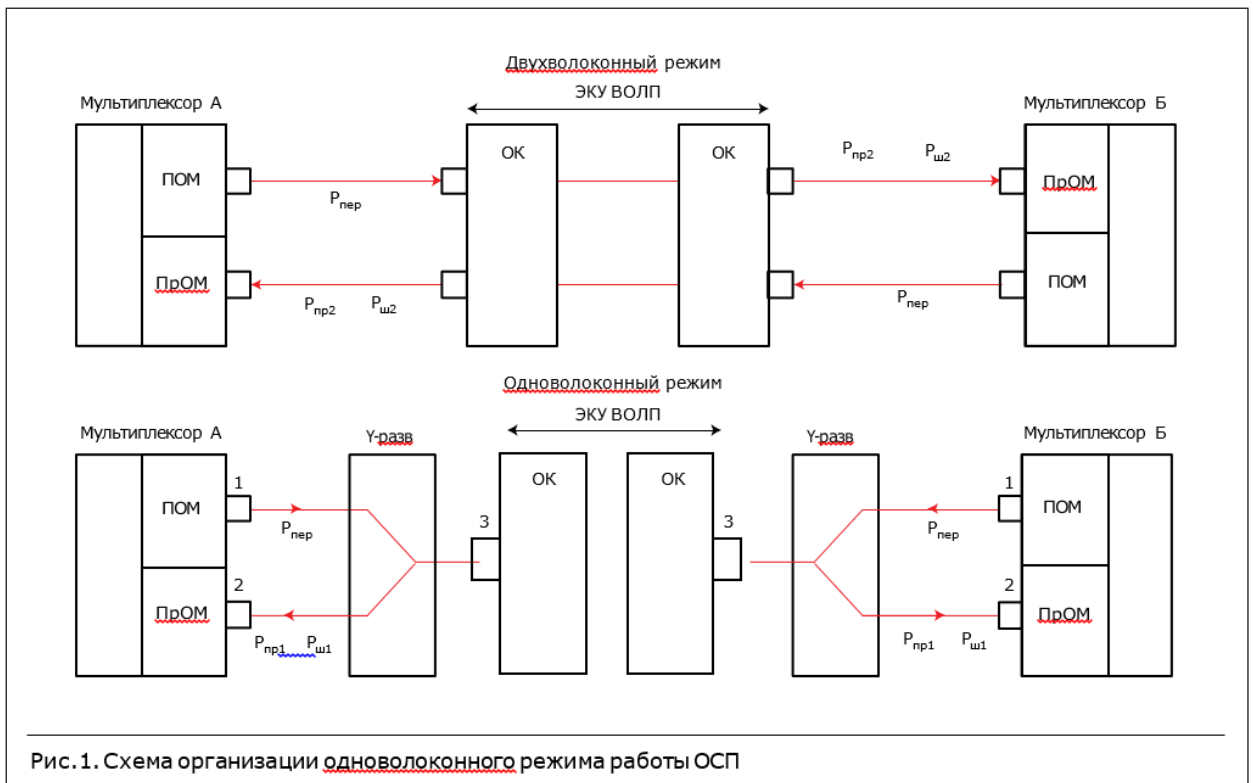
$$SNR_2 = p_{пр2} - p_{ш2} = (p_{пер} - a_{эку}) - p_{ш2},$$

где $p_{пер}$ – уровень передачи оптического сигнала на выходе ПОМ, дБ; $a_{эку}$ – затухание оптического волокна на ЭКУ, дБ; $p_{пр2}$ – уровень приема на входе ПрОМ, дБм; $p_{ш2}$ – уровень шумов регенерационного участка, приведенный к входу

ПрОМ, дБм.

В одно волоконном режиме появляются новые факторы, уменьшающие SNR_1 по сравнению с SNR_2 . Из за дополнительных потерь Y-разветвителей a_p в направлениях 1–3 и 3–2 $a_{эку}$ увеличивается на $2a_p$, соответственно уменьшается SNR_1 . Величина a_p для сварных биконических Y-разветвителей с коэффициентом деления 1/2 находится в пределах 3,5–4 дБ (с учетом сварок выходных оптических вилок внутри разветвителя) [4].

Часть передаваемого оптического сигнала переходит через Y-разветвитель на вход своего ПрОМ, создавая дополнительные переходные шумы с уровнем $p_{ш пер} = p_{пер} - A_{пер}$,



где $A_{пер}$ – переходное затухание разветвителя, для сварных биконических Y-разветвителей, находящееся в пределах 50–55 дБ [4]. Если уровень передачи на выходе ПОМ $p_{пер} = 0$ дБм, то мощность переходных шумов на входе своего ПрОМ в этом случае

$$P_{ш\ пер} = 3,16 - 10 \text{ нВт.}$$

Часть передаваемого оптического сигнала из-за френелевского отражения в оптических разъёмных соединениях (ОРС) оптических кроссов ЭКУ возвращается на вход ПрОМ в виде дополнительных шумов с уровнем

$$p_{шф} = p_{пер} - 2a_p + RL,$$

Таблица 1. Коэффициент обратного отражения в различных ОРС

Тип полировки	PC	SPC	UPC	APC
RL, дБ	-30	-40	-50	-60
Мощность обратного френелевского отражения на входе ПрОМ, нВт	1G0	1G	<u>1,G</u>	0,1G

где RL – коэффициент обратного (френелевского) отражения в OPC оптических кроссов. RL зависит от типа полировки оптических коннекторов 3 (рис.1) и находится в пределах, указанных в табл.1 [5].

В табл.1 по результатам расчетов уровней ршф также рассчитана мощность обратного френелевского отражения Ршф на входе ПрОМ для условий: $p_{пер} = 0$ дБм, $2a_p = 8$ дБ. Из-за затухания в ЭКУ мощность отраженного сигнала от дальнего кросса на порядок меньше, чем от ближнего кросса, уже при протяженности оптического волокна (ОВ) 10–12 км, и это отражение можно не учитывать. При организации одноволоконного режима необходимо также учитывать, что из-за технологических допусков при изготовлении разъемных оптических соединителей, появления царапин и микротрещин на торцах ОВ в оптических коннекторах уже после нескольких включений и выключений оптических коннекторов обратное отражение RL для всех типов полировок, кроме угловой APC, приближается к уровню PC ≈ -30 дБ [5]. Этот факт подтверждают приведенные ниже результаты измерений.

Часть передаваемого оптического сигнала рассеивается на неоднородностях оптического волокна в ЭКУ и возвращается на вход ПрОМ в виде дополнительных шумов рэлеевского рассеяния. Эти шумы создаются всеми

оптическими импульсами, проходящими через ОВ. Уровень дополнительного шума на входе ПрОМ от каждого i -го оптического импульса определяется по формуле [6]:

$$p_{pi} = p_{пер} - 2\alpha p - 2\alpha L_i + G_p(\Delta L),$$

где L_i – расстояние от ПрОМ до i -го импульса, км;

α – коэффициент затухания ОВ на рабочей длине волны ОСП, дБ/км; $G_p(\Delta L)$ – коэффициент обратного рэлеевского рассеяния оптического импульса, дБ;

ΔL – протяженность отрезка ОВ, на котором создается обратное рэлеевское рассеяние, м.

Величина ΔL зависит от длительности импульса ΔT :

$$\Delta L = \Delta T c / n_c,$$

где c – скорость света в вакууме, $n_c \approx 1,5$ – показатель преломления сердцевины ОВ.

Тактовый интервал ΔT обратно пропорционален скорости передачи оптического цифрового сигнала $V_{пер}$:

$$\Delta T = 1/V_{пер}.$$

В табл.2 приведены результаты расчетов суммарной мощности шумов на входе ПрОМ от рэлеевского рассеяния $P_{шр}$ для следующих условий: протяженность ОВ (типа G.652) на ЭКУ

$$L = 12 \text{ км},$$

Таблица 2. Суммарная мощность шумов на входе приемного оптического модуля

$V_{пер}, \text{ Мбит/с}$	75	65,3	59,3
$\Delta T, \text{ нс}$	80,04	82,08	70,03
$\Delta L, \text{ м}$	72	62,3	56,3
$n_{имп}$	83,14	76,95	77,28
$G_{рр}, \text{ дБ}$	20	23	25
$P_{шрр}, \text{ нВт}$	23,96	27,01	28,94

$p_{пер} = 0 \text{ дБм}$, $2a_p = 8 \text{ дБ}$, $\alpha = 0,4 \text{ дБ/км}$, длина волны излучения ПОМ $\lambda = 1,31 \text{ мкм}$ (такая длина наиболее часто используется на городских и сельских сетях связи), число оптических импульсов в ОВ в любой момент времени равно числу пробелов (тактовых интервалов с отсутствием импульсов):

$$n_{имп} = 0,5L/\Delta L.$$

Результаты расчетов показали, что величина шумов от рэлеевского рассеяния на входе ПрОМ не зависит от скорости передачи оптического сигнала, а зависит только от протяженности ОВ. Это объясняется тем фактом, что при увеличении $V_{пер}$ уменьшается ΔL и увеличивается число импульсов, но при этом уменьшается $G_{рр}$. При $L > 12 \text{ км}$ из-за затухания ОВ в прямом

и обратном направлениях дальнейшее увеличение $P_{шрр}$ настолько незначительно, что его можно не учитывать.

С учетом всех дополнительных факторов в одно волоконном режиме отношение сигнал/ шум:

$$SNR_1 = p_{пр1} - p_{ш1} = (p_{пер} - a_{эку} - 2a_p) - p_{ш1}.$$

При расчете $p_{ш1}$ необходимо учесть, что в одно волоконном режиме на входе ПрОМ сохраняются все шумы

двух волоконного режима и добавляются новые шумы одно волоконного режима, поэтому:

$$p_{ш1} = 10 \lg[(p_{ш2} + P_{шпер} + P_{шф} + P_{шр})/1 \text{ мВт}], \text{ дБм.}$$

Уменьшение SNR_1 по сравнению с SNR_2 на ΔSNR эквивалентно увеличению потерь ЭКУ в одноволоконном режиме на величину

$$\Delta a_{эку} = \Delta SNR = SNR_2 - SNR_1 = 2a_p - p_{ш2} + p_{ш1}.$$

Чтобы компенсировать уменьшение отношения сигнал/шум в одно волоконном режиме, необходимо уменьшить затухание ЭКУ на $\Delta a_{эку}$, и для этого необходимо уменьшить номинальную длину ЭКУ:

$$L_{ном1} = L_{ном2} - (\Delta a_{эку}/(\alpha + \Delta \alpha)),$$

где $L_{ном2}$ – номинальная длина ЭКУ в двухволоконном режиме, рассчитанная по методике приведенной в [7], м; α – коэффициент затухания ОВ на рабочей длине волны ОСП, дБ/км;

$\Delta \alpha$ – увеличение коэффициента затухания из-за сварных соединений в муфтах.

Если рассчитанная $L_{ном1}$ равна или превышает реальную длину ОВ на ЭКУ, то возможен перевод действующей ОСП в одно волоконный режим, если $L_{ном1}$ меньше реальной длины ОВ, то перевод в одно волоконный режим приведет к увеличению $K_{ош}$ на регенерационном участке ОСП. При этом возможно такое увеличение $K_{ош}$, которое приведет к срыву тактовой и цикловой синхронизации ОСП.

Для исследований особенностей перевода действующих ОСП в одно волоконный режим, были проведены эксперименты по выбору участков сети подходящие по длине.

выбраны участки у которых $L_{ном1}$ равна или превышает реальную длину ОВ на ЭКУ.

Вывод

Предложенная методика организации одно волоконного режима работы ОСП и примеры расчетов основных показателей такого режима могут быть полезны инженерно-техническому персоналу операторов связи.

Литература

1. Волоконно-оптическая техника: современное состояние и перспективы. Сб. ст. под ред. С.А.Дмитриева, Н.Н.Слепова. 3-е изд., пере- раб. и доп. – М.:Техносфера, 2010.
2. www.rustelcom.ru. Каталоги оборудования ОАО "Первая всероссийская телефонная ком- пания".
3. Лепихов Ю.Н., Зотов А.А. Увеличение емко- сти волоконно-оптических линий передачи с использованием Y-образных оптических раз- ветвителей. – Электросвязь, 2004, №11.
4. Рождественский Ю.В. Волоконно-оптические разветвители. – Фотон-Экспресс, 2003, №4.
5. Семенов А.Б. Оптические разъемы. – Фотон- Экспресс, 2005, №7.
6. Свинцов А.Г. Рефлектометрические методы измерения параметров ВОЛС. – Фотон-Экс- пресс, 2006, №6.
7. Былина М.С., Кузнецова Н.С., Глаголев С.Ф., Рык О.Н. Компенсация дисперсии в оптиче- ских линейных трактах с использованием DWDM. – Фотон-Экспресс, 2009, №7.