

*Анализ проектных решений
ВОЛС, как участка
транспортной сети.*



критерием оценки правильности проектных решений является обеспечение требований по качеству работы тракта, которое оценивается рядом событий ошибок, за которыми осуществляется контроль, рекомендации ITU-T G821, G826, G828, G829

Блочные ошибки:

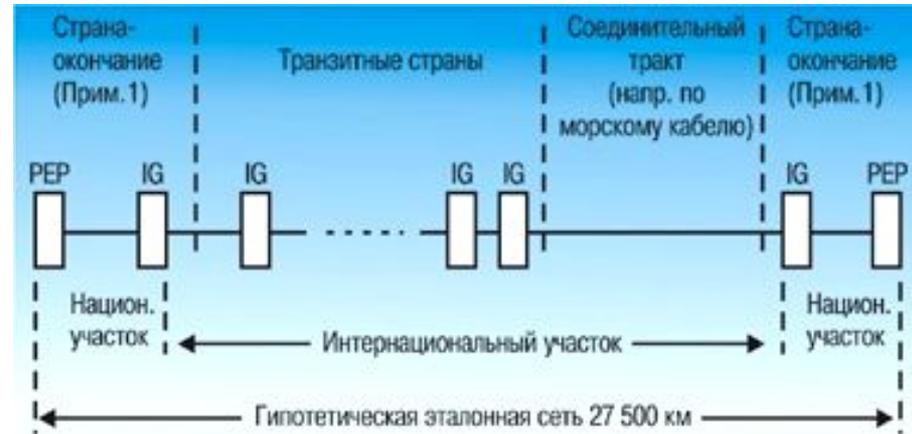
- Блок с ошибками, EB - блок, в котором один или более бит ошибочный.
- Секунда с ошибками, ES - односекундный период с одним или более блоками с ошибками или, по меньшей мере, одним дефектом.
- Секунда, пораженная ошибками, SES - односекундный период, содержащий $\geq 30\%$ блоков с ошибками или, по меньшей мере, один дефект.
- Фоновая ошибка блока, VBE - блок с ошибками, не являющийся частью SES.

Параметры ошибок:

- Коэффициент ошибок по секундам (ESR) - отношение числа ES ко всему количеству секунд во время готовности в течение интервала измерения.
- Коэффициент ошибок по секундам, пораженным ошибками (SESR) - отношение числа SES ко всему количеству секунд во время готовности в течение интервала измерения.
- Коэффициент фоновых ошибок по блокам (ВВЕР) - отношение числа фоновых ошибок блока (ВВЕ) ко всему количеству блоков во время готовности в течение интервала измерения.
- Интенсивность периода, пораженного ошибками (SEP) - число событий SEP во время готовности, разделенное на суммарное время готовности в секундах.

Готовность тракта.

Показатели ошибок подсчитываются, только когда тракт находится в состоянии готовности.



Гипотетическая эталонная цепь согласно G.826

Path End Point (PEP) - окончание тракта
International Gate (IG) - международный шлюз

Нормы на показатели ошибок между оконечными пунктами цифровых НРР и НРХ на 27500 км.

Скорость передачи, Мбит/с	от 64 кбит/с до первичной Е1	от 1,5 до 5	от >5 до 15	от >15 до 55	от >55 до 160	от >160 до 3500
Бит/блок	не применяется	от 800 до 3500	от 2000 до 8000	от 4000 до 20000	от 6000 до 20000	от 15000 до 30000
ESR	0,04	0,04	0,05	0,075	0,16	не устан.
SESR	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
BBER	не применяется	$2 \cdot 10^{-4}$				

Проверка бюджета ВОЛС.

Определение суммарных потерь в оптическом тракте

Оптическая линия связи соединяет оптические интерфейсы. В состав оптической кабельной системы входят все компоненты, обеспечивающие оптическое соединение передатчика одного интерфейса с приемником другого:

- оптический кабель;
- соединительные шнуры;
- оптические переключатели;
- разъемные соединители;
- неразъемные соединители.

Потери оптического сигнала

В процессе проектирования следует учитывать требования стандартов к кабельным системам. Параметры полной совокупности элементов кабельной системы должны удовлетворять следующему неравенству:

$$\sum L_j \alpha_j + n_{н.с} \cdot a_{н.с} + n_{р.с} a_{р.с} + n_n A_{\Delta} + Z \leq \mathcal{E}_{\Pi}$$

- где L_j – общая длина отрезка оптического кабеля j – того типа, причем:
- $\sum L_j = L$ – длина оптического тракта;
- α_j – коэффициент затухания оптического кабеля j – того типа;
- $n_{н.с}$ – количество неразъемных соединений;
- $a_{н.с}$ – средние потери в неразъемных соединениях;
- $n_{р.с}$ – количество разъемных соединений;
- $a_{р.с}$ – средние потери в разъемных соединениях;
- A_{Δ} – потери при переходе с волокна с одним диаметром сердцевины на волокно с другим диаметром или при соединении волокон с одинаковым диаметром сердцевины, но с различной числовой апертурой;
- n_n – количество точек перехода;
- Z – энергетический запас, принимаемый обычно равным 2-6 дБ и расходуемый в процессе эксплуатации волоконно-оптического канала связи на старение элементов, введение сростков новых неразъемных соединителей при ремонтах, модернизациях и т.д.
- \mathcal{E}_{Π} – энергетический потенциал аппаратуры.

Расчет полного запаса мощности системы

Энергетический потенциал с учетом потерь на ввод и вывод энергии из волокна, или полный запас мощности системы, дБм, можно определить по формуле:

$$\Pi = P_{пер} - a_{вх} - a_{вых} - P_{пр.мин}$$

- где: $P_{пер}$ - уровень передачи мощности оптического излучения на выходе ПОМ;
- $a_{вх}$, $a_{вых}$, - потери в разъёмных соединениях на оптическом кроссе;
- $P_{пр.мин}$ - чувствительность приёмника.

Энергетический запас определяют как разность между полным запасом мощности и суммарным затуханием:

$$\mathcal{E}_з = \Pi - a_{\Sigma}$$

где: Π - энергетический потенциал, a_{Σ} - суммарные потери регенерационного участка.

Определение отношения сигнал/шум или вероятности ошибки, отводимой на длину регенерационного участка

Отношение сигнал/шум или вероятность ошибки определяются по формуле:

$$P_{ош} = P' \cdot l_{py},$$

где P' - вероятность ошибки, приходящаяся на 1 км оптического линейного тракта - для магистральной сети - 10^{-11} , для внутризоновой $1,67 \cdot 10^{-10}$, для местной 10^{-9} .

Определение уровня передачи мощности оптического излучения на выходе передающего оптического модуля (ПОМ).

Уровень передачи мощности оптического излучения определяется по формуле:

$$, \text{дБМ}_{пер} = P_c - \Delta P$$

где P_c – уровень средней мощности оптического сигнала на выходе источника излучения;

ΔP – снижение уровня средней мощности, зависящее от характера сигнала (для кода NRZ – 3 дБм, для RZ - 6дБм). В соответствии с рекомендациями МСЭ-Т линейным кодом транспортных систем SDH является код NRZ.

Параметры ПОМ

Модель передающего оптического модуля	Длина волны, нм	Тип ЛД	Скорость передачи	Мощн. излучения, дБм	Тип корпуса	Напр. питания, В
POM-34	1310	FP	50 Mbps	-1.5	155-15-2	5.0
POM-34/5	1550	FP	50 Mbps	-1.5	155-15-2	5.0
POM-155	1310	FP	155 Mbps	-1.5	DIL-14	3.3; 5.0
POM-155/5	1550	FP	155 Mbps	-1.5	DIL-14	3.3; 5.0
POM-155-hp	1310	FP	155 Mbps	-1.5	DIL-20	3.3; 5.0
POM-155/5-hp	1550	FP	155 Mbps	-1.5	DIL-20	3.3; 5.0
POM-155/D-hp	1550	DFB	155 Mbps	1.5	DIL-20	3.3; 5.0
POM-155/xxxx-cw	1270...1610 (CWDM-ряд)	DFB	155 Mbps	0	DIL-20	3.3; 5.0
POM-622	1310	FP	622 Mbps	-1.5	DIL-14	3.3; 5.0
POM-622/5	1550	FP	622 Mbps	-1.5	DIL-14	3.3; 5.0
POM-622-hp	1310	FP	622 Mbps	-1.5	DIL-20	3.3; 5.0
POM-622/5-hp	1550	FP	622 Mbps	-1.5	DIL-20	3.3; 5.0
POM-622/D-hp	1550	DFB	622 Mbps	1.5	DIL-20	3.3; 5.0
POM-622/xxxx-cw	1270...1610 (CWDM-ряд)	DFB	622 Mbps	0	DIL-20	3.3; 5.

Определение уровня МДМ (порога чувствительности приемного оптического модуля - ПРОМ).

Одной из основных характеристик приёмника оптического излучения является его чувствительность, то есть минимальное значение обнаруживаемой (детектируемой) мощности оптического сигнала, при которой обеспечиваются заданные значения отношения сигнал/шум или вероятность ошибок.

Модель приемного оптического модуля	Чувств., дБм	Мощн. насыщ., дБм	Макс. скорость приема	Полоса пропуск.	Напр. питания	Примечание
ПРОМ-34	-41	0	50 Мб/с	-	5.0	
ПРОМ-50	-45	0	34 Мб/с	50 МГц	5.0	
ПРОМ-155	-36	0	155 Мб/с	-	3.3 или 5.0	
ПРОМ-155-* -hp	-36	0	155 Мб/с	-	3.3 или 5.0	
ПРОМ-155-cl	-36	0	155 Мб/с	-	5.0	выд. такт. част.
ПРОМ-622	-33	0	622 Мб/с	-	5.0	
ПРОМ-622-hp	-33	-3	622 Мб/с	-	5.0	
ПРОМ-622-3-cl	-33	-3	622 Мб/с	-	5.0	выд. такт. част. и контр. мощн.
ПРОМ-622-5-cl	-33	-3	622 Мб/с	-	5.0	выд. такт. част.

Определение быстродействия системы

Быстродействие системы определяется инертностью её элементов и дисперсионными свойствами ОК.

Полное допустимое быстродействие системы определяется скоростью передачи B' , бит/с, способом модуляции оптического излучения, типом линейного кода и определяется по формуле:

$$t_{доп}^{нс} = \frac{\beta}{B'}$$

где β - коэффициент, учитывающий характер линейного сигнала (вид линейного кода), например, для кода NRZ.

Общее ожидаемое быстродействие ВОСП определяется по формуле:

$$t_{ож} = 1,111 \sqrt{t_{неп}^{нс\ 2} + t_{нр}^{2} + t_{ов}^{2}}$$

где $t_{неп}$ – быстродействие передающего оптического модуля (ПОМ), зависящее от скорости передачи информации и типа источника излучения; $t_{нр}$ – быстродействие приёмного оптического модуля (ПРОМ), определяемое скоростью передачи информации и типом фотодетектора (ФД); $t_{ов}$ – уширение импульса на длине РУ, которое определяется по формуле:

$$t_{ов} = \sigma \cdot l_{ру}$$

где σ - дисперсия, определяемая типом ОВ.