

4 Definições e Cálculos para o Método 2

De acordo com a recomendação G.691 da ITU-T [9], o valor de DGD fim a fim de 30 ps induzirá uma penalidade máxima na sensibilidade do receptor de 1dB para um sistema NRZ operando a 10Gbps. Se o DGD real exceder este valor o sistema poderá se tornar indisponível.

Várias maneiras de se converter a probabilidade de DGD, P_{DGD} , para indisponibilidade de sistema têm sido discutidas em grupos de desenvolvimento de normas. Porém, enquanto não há consenso na questão, o valor desejado da P_{DGD} deve estar abaixo de 10^{-7} .

O fator S multiplicado pelo valor de PMD poderia ser usado para estimar o valor de DGD, mas haveria o valor seria meramente estimado. Portanto utilizaremos a tabela 1 apenas ara definir o nível de probabilidade que queremos impor ao sistema. O valor adotado para o desenvolvimento da avaliação para os *backbones* da Intelig, baseado na tabela 1 da pág. 8 da TIA/EIA TSB107, foi de $6,5 \cdot 10^{-8}$.

Probabilidade baseada na média dos comprimentos de onda			
S	Probabilidade	S	Probabilidade
3.0	4.2E-05	3.8	5.1E-08
3.1	2.0E-05	3.9	2.0E-08
3.2	9.2E-06	4.0	7.4E-09
3.3	4.1E-06	4.1	2.7E-09
3.4	1.8E-06	4.2	9.6E-10
3.5	7.7E-07	4.3	3.3E-10
3.6	3.2E-07	4.4	1.1E-10
3.7	1.3E-07	4.5	3.7E-11
3.775	6.5E-08		

Tabela 1 – Probabilidades baseadas na média dos comprimentos de onda.

Visto que o DGD do enlace e a probabilidade incluem tanto cabo de fibras ópticas e componentes, o DGD máximo e a probabilidade para cabos de fibras

ópticas devem ser reduzidos aos níveis discutidos acima. A norma IEC61282-3 [2] fornece um guia para estes assuntos. Com a inclusão de componentes com PMD no sistema, haverá a necessidade de:

- Reduzir a parcela de DGD_{max} induzida no cabo de fibra óptica para valores menores que 30ps para permitir componentes com PMD;
- Reduzir a probabilidade de DGD nos cabos de fibra óptica, P_{DGD} , para valores que sejam a metade do que seria desejado para os enlaces combinados.

O método 2 é introduzido para resolver os problemas mencionados na seção 3.5, provendo basicamente dois pontos de interesse ao projeto de sistemas:

- Um requisito estatístico que é quase o mesmo que a especificação do método 1;
- Uma indicação de operabilidade de sistemas de 10Gbps e 40Gbps ao longo de 400km.

4.1. Definição:

O método 2 é expresso em termos do máximo valor de DGD, DGD_{max} , e a probabilidade que o DGD em um enlace e comprimento de onda dado exceda este máximo. Esta probabilidade é especificada através de um valor máximo, P_{DGDmax} . O comprimento do enlace de referência, L_{ref} , e o comprimento do cabo assumido, L_{cab} , também são estipulados. A combinação destes comprimentos implica em um valor de M, o número de seções de cabo concatenados, seguindo o procedimento mencionado na seção 3.2. O critério estatístico do método 2 é expresso no sentido de prover uma distribuição de valores de coeficientes de PMD de modo que um comprimento de enlace concatenado, L_{ref} , composto de comprimentos de seções de cabos individuais, L_{cab} , produza uma probabilidade, P_{DGD} , menor que P_{DGDmax} , o qual a um dado enlace/comprimento de onda o valor de DGD exceda o valor de DGD_{max} .

Valores padrões para quatro definições de variáveis são:

- L_{ref} : 400 km e L_{cab} : 10 km ; DGD_{max} : 25 ps e
- $P(DGD \leq DGD_{max}) = 6,5 \cdot 10^{-8}$

Note que para o método 2, DGD_{max} é fixado e a P_{DGD} é calculada – e requerida ser menor que P_{DGDmax} .

O comprimento do enlace de referência é tomado como 400km para fazer uma analogia com as suposições efetuadas na norma ITU-T. A seção de cabo de 10 km é tomada como uma estimativa conservativa porque a maioria dos comprimentos para enlaces instalados é de 2 a 4 km.

Os valores de DGD_{max} podem seguramente ser usados para enlaces de qualquer comprimento que seja menor que o comprimento de referência.

4.2. Princípio de Cálculo da Convolução

O princípio de cálculo mencionado na norma como convolução, é derivado de uma aproximação feita para a hipótese de um comportamento mais crítico. Com esta aproximação, o valor de PMD do enlace é assumido ser uma função *Dirac* e a distribuição de DGD é representada como uma distribuição de Maxwell. A probabilidade que a distribuição de Maxwell exceda o DGD_{max} , produz P_{DGD} . Estas distribuições estão representadas na figura 23.

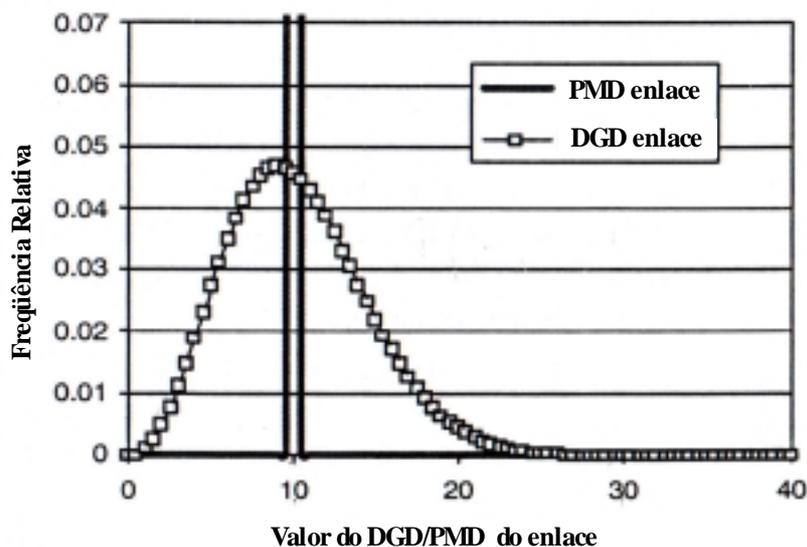


Figura 23 - Aproximação adotada para o pior caso de probabilidade da distribuição Maxwell exceder DGD máximo.

Supondo o valor de PMD do enlace podendo ser representado por duas funções *Dirac*, cada uma com magnitude de 0,5. Isto representaria uma situação onde metade dos enlaces estaria em um valor e a outra metade estaria em outro

valor. A função densidade de probabilidade do DGD da distribuição combinada seria a soma ponderada (ou média ponderada) das duas distribuições individuais de Maxwell. A figura 24 ilustra este caso.

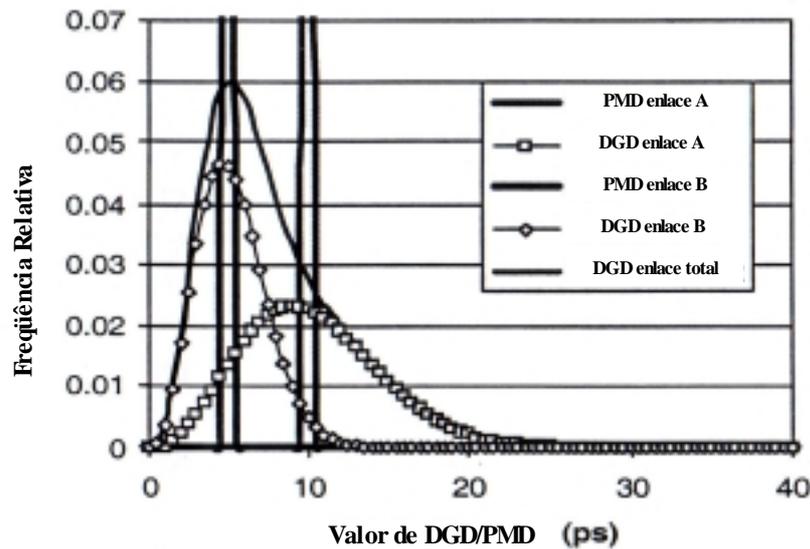


Figura 24 - Representação para convolução de duas *diracs*.

Neste exemplo, a probabilidade do DGD exceder 30 ps é reduzida por um fator um pouco menor que dois.

A convolução total estende esta noção para uma distribuição completa dos coeficientes de PMD do enlace. Pela técnica de Monte Carlo, o histograma dos coeficientes de PMD do enlace pode ser imaginado como uma coleção de funções *Dirac*. Para um modelo contínuo de distribuição de todo o conjunto de valores de PMD, a função densidade de probabilidade é reduzida a um histograma pela integração da curva sobre a região que está representada como um simples gráfico de histograma. A probabilidade com que o DGD_{max} pode ser excedido é calculada para cada um dos gráficos de histograma. A soma ponderada (ou média ponderada) representará o P_{DGD} .

4.3. Cálculo da Probabilidade do DGD utilizando a Convolução

A TIA/EIA TSB-107 define o cálculo abaixo como cálculo da convolução.

Definir o j ésimo gráfico de histograma para coeficientes de PMD do enlace entre d_{j-1} e d_j e a frequência relativa dos valores de coeficientes caindo naquele

intervalo como p_j . Este histograma deve ter uma resolução que seja compatível com a resolução da medida, tipicamente $0,001\text{ps}/\sqrt{\text{km}}$.

Calcular $M=L_{\text{ref}}/L_{\text{cab}}$.

Computar o valor da frequência relativa do histograma de acordo com as seguintes instruções, para uma das três técnicas de caracterização. Computar P_{DGD} como:

$$P_{\text{DGD}} = \sum_{j=1} P_j \cdot P_{\text{max}} \left(\frac{DGD_{\text{max}} / \sqrt{L_{\text{ref}}}}{d_j} \right) \quad (27)$$

Nota: $P_{\text{max}}(S)$ é definido na equação 6. $d_0=0$.

Na seção 5.2 a equação 27 será desenvolvida para aplicação ao cálculo do P_{DGD} .

4.3.1. Aplicando a Técnica de Monte Carlo

Usando o valor computado de M da seção 4.3, completar o cálculo de Monte Carlo descrito na seção 3.4.1. Tipicamente são necessárias menos interações para este cálculo que os requeridos para determinação de PMD_Q . Usando um valor de $K=32.000$, geralmente é suficiente para definir estimativas estáveis. A razão para esta convergência mais rápida é de que o cálculo do método 2 é uma média ponderada.