

6 Conclusão

Foi apresentada a teoria que mostra que o impacto da PMD em sistemas ópticos de transmissão é previsto através da distribuição de DGD, sendo este o parâmetro de alargamento do pulso óptico. Ainda neste segmento mostrou-se que o DGD analisado em fibras ópticas longas segue a distribuição de Maxwell, seja ela sobre um espectro largo de comprimento de onda ou mesmo sobre o tempo a um dado comprimento de onda fixo.

Apresentou-se a teoria da estimação estatística de PMD, identificando e descrevendo as principais técnicas estatísticas que podem ser aplicadas para se determinar o valor de PMD de um enlace óptico, bem como a metodologia para se avaliar o projeto de um sistema de transmissão a altas taxas, através da análise das probabilidades relacionadas ao DGD.

A análise dos parâmetros de PMD e DGD levou em consideração a comparação entre o valor que poderia ser estimado através da teoria, supondo que ainda não tivéssemos os *backbones* de cabos ópticos construídos e estaríamos ainda definindo o sistema a ser adotado. Partindo de uma base de dados de PMDs recebida dos fabricantes, analisou-se a probabilidade que teríamos do DGD ultrapassar um certo valor máximo a uma determinada taxa de transmissão, verificando se haveria a possibilidade de lançar mão daquele sistema.

A partir da identificação desta possibilidade, partiu-se para a análise dos valores de PMD reais medidos dos enlaces em campo, com a particularidade de que os cabos ópticos que formam estes enlaces são os mesmos cabos ópticos que foram utilizados para formar a base de dados recebida dos fabricantes. Através da rastreabilidade das bobinas de cabos ópticos foi possível determinar exatamente qual era o posicionamento das mesmas em cada enlace e qual a composição de cada parcela de PMD dentro dos *backbones* avaliados.

Os cálculos basearam-se em dois critérios de limitação de DGD, quais foram TIA/EIA e IEC, onde a norma IEC determina uma rigidez maior para o valor máximo de DGD. Com base nestas normas, encontrou-se os valores limites

para as taxas de transmissão de 10 e 40Gbps, onde, devido aos valores muito baixos, apresentou-se os resultados apenas para um sistema de transmissão a 40 Gbps. A integral da Maxwelliana, parte integrante da equação 49 correspondente ao método 2 foi desenvolvida para encontrar os valores de probabilidades de DGD de cada enlace simulado, bem como dos enlaces realmente medidos.

Através da avaliação de três fabricantes de fibra óptica, obteve-se o resultado de três comportamentos bem distintos. O primeiro comportamento nos mostrou que as probabilidades oriundas da simulação e das medidas reais possibilitavam a implantação do sistema proposto, apesar de haver uma diferença muito significativa entre as avaliações. O segundo padrão encontrado foi a obtenção de uma probabilidade simulada na mesma ordem de grandeza do limite sugerido pela recomendação da TIA/EIA, o que poderia levantar uma dúvida na operacionalização ou não deste sistema proposto. Porém, quando se avaliou a probabilidade relacionada aos valores medidos, surgiram muitos enlaces com extrema folga nas probabilidades, mostrando que não haveria problemas também para estes enlaces constituídos por cabos ópticos deste fabricante.

O terceiro comportamento definiria a não utilização de um sistema a 40 Gbps, levando-se em conta apenas o valor simulado. Mesmo assim, foram identificados muitos enlaces aptos a receber tal sistema.

Então, o erro encontrado entre as probabilidades simuladas e as probabilidades reais calculadas a partir dos valores medidos dos enlaces instalados remonta à origem da medição das fibras. As fibras mais recentes do mercado encontram-se com valores de PMD muito baixos, sendo que a medição em fábrica se dá em lances de cabos de 5 a 8 km. Isto leva a uma penalidade no valor medido para mais, pois muitos destes valores estão abaixo do range dinâmico dos equipamentos de medição. Somando a isto a própria imprecisão de uma medida estatística, ocorre a superestimação de valores de PMD. Isto será revelado apenas quando os lances de cabos ópticos forem instalados, pois com a concatenação entre si será possível obter uma medida razoável devido ao comprimento dos enlaces ser muito maior que um simples lance de cabo óptico.

Conclui-se, então com três recomendações importantes para um adequado projeto de sistema de transmissão óptico a altas taxas, devido análise deste trabalho.

A primeira recomendação é que a metodologia de medição de fibras deve

ser revisada, onde a fibra em fábrica deve ser medida em lances maiores que os atuais. Para isto, como não é possível produzir lances de cabos óticos muito grandes, deve-se medir a PMD em bobinas de fibras ópticas de preferência após o puxamento da preforma, ou seja, após a produção da própria fibra óptica natural, normalmente em lances de 100km. Com isto a medida será muito mais realista que a atualmente utilizada. Sendo de vital importância os fabricantes conhecerem a relação da PMD da fibra antes de ser cabeada e após o cabeamento para que se evite distorções devido a um processo fabril inadequado.

A segunda recomendação seria de melhorar a sensibilidade e precisão dos equipamentos comercialmente utilizados, evitando a penalidade imposta pelo limiar inferior da escala. Isto levaria a uma precisão maior na simulação de enlaces através das técnicas estatísticas, evitando o enorme prejuízo que poderia ser causado pela limitação de escolha equivocada de um sistema de transmissão óptica.

E finalmente os fabricantes podem utilizar a metodologia de especificação da PMD através de enlaces concatenados, seja por Monte Carlo ou outra técnica, com a ressalva que eles devem fornecer ao cliente um valor médio e o desvio padrão de todo o universo de suas fibras ópticas, garantindo que não haverá pontos críticos no enlace a ser formado. Fato identificado nos gráficos de comparação dos valores medidos, onde foram encontrados pontos muito além do valor médio daquela amostragem. Isto evitaria, por exemplo, a propagação de um problema localizado em um lance de fibra óptica de 25km, comprimento padrão de bobina de fibra nua, a qual invariavelmente é colorida na mesma cor. Sendo o processo contínuo, fatalmente o problema seguirá em bobinas subseqüentes aos processos seguintes, as quais quando instaladas em campo, seqüencialmente, gerarão altas probabilidades do DGD ultrapassar um valor máximo limite, podendo levar sistemas a eventuais indisponibilidades.