



Magazine

IRAN

SHEMATIC

9nd vol. 1 ABAN 1387

مجله دیجیتال ایران شماتیک
برآیندی از ترجمان و نگارش جامعه علمی کشور
گزیده ای از مدارات ، شماتیک ، بلوک دیاگرام دستگاهها ، تجهیزات ، فرایندها و طرحهای ابداعی

مطالب این شماره :

لئون چارلز تونن

دکتر پرویز جبه دار مارالانی

مفاظت پیشگیرانه

سیستم مدیریت شبکه فیبر نوری

اصول اندازه گیری با دستگاه OTDR



www.GEHamahang.com

لئون چارلز تونن



لئون چارلز تونن در ۳۰ مارچ ۱۸۵۷ در Meaux متولد و در ۲۱ سپتامبر ۱۹۲۶ زندگی را بدرود گفت . او مهندس تلگرافی اهل فرانسه بود که توانست قانون اهم را گسترش داده و آنرا به مدارات الکتریکی پیچیده بسط داد .

در سال ۱۸۷۶ در پلی تکنیک ecole در پاریس به تحصیل پرداخت و در سال ۱۸۷۸ به گروه مهندسان تلگراف پیوست . در آنجا او ابتدا بر روی بهبود خطوط زیر زمینی تلگراف دور برد کار کرد .

در سال ۱۸۸۲ به سمت بازرس آموزشی École Supérieure منصوب شد که این امر باعث دلبستگی بیشتر او به مسائل محاسباتی مدارات الکتریکی شد .

در پی تحقیقاتش بر روی قانون کیریشهوف و قانون اهم ، او معروفترین تئوری خود یعنی تئوری تونن را ارائه کرد . در این تئوری محاسبه جریان در مدارات پیچیده الکتریکی امکانپذیر شد و امکان ساده کردن مدارات پیچیده به مدارات ساده تر ، با مدار معادل تونن مهیا گردید .

این تئوری تعیین می کند که یک مدار با منابع ولتاژ قابلیت این را دارد که تبدیل به معادل تونن شود که این تکنیکی است برای ساده تر شدن آنالیز مدارات الکتریکی . مدار معادل تونن قابلیت این را دارد که بعنوان مدلی مناسب برای منابع تغذیه یا باتری بکار برده شود . این مدار شامل منابع ایده آل تامین ولتاژ و تعدادی از مقاومتهای ایده آل است .

پس از معرفی او بعنوان رئیس Bureau des Lignes ، او فرصت یافت در خارج از École Supérieure ، به تدریس مکانیک در انیستیتو ملی آگرونومیک پاریس مشغول شود . پس از مدتی در سال ۱۸۹۶ او به سمت مدیر مدرسه مهندسی تلگراف منسوب شد و در سال ۱۹۰۱ مدیریت تحقیقات بر روی تلگراف را بدست گرفت .

دکتر پرویز جبه دار مارالانی



پرویز جبه دار مارالانی متولد سال ۱۳۲۰ در تبریز به عنوان یکی از چهره های شاخص مهندسی برق در ایران شناخته می شود. وی تحصیلات کارشناسی خود را در سال ۱۳۴۲ در دانشکده فنی دانشگاه تهران با کسب رتبه اول در رشته الکترومکانیک به پایان رساند. پس از آن با کسب بورس تحصیلی ، تحصیلات خود را در دانشگاه کالیفرنیا - برکلی تا مقطع دکترا ادامه داد. سپس در آزمایشگاه های بل مشغول به کار شد که پس از مدتی ترجیح داد به

میهن برگردد و به عنوان استاد دانشکده فنی به کار مشغول شود.. پرویز جبه دار چندین کتاب در زمینه مهندسی برق تالیف کرده است که از اکثر آنها (به خصوص کتاب مدارهای الکتریکی، دو جلد) در دانشکده های مهندسی برق ایران به عنوان مرجع استفاده می شود. همچنین دو عدد از این کتب ("روش های کامپیوتری طرح و تحلیل مدار" و "سیستم های کنترل نوین" در سال ها ۱۳۶۷ و ۱۳۷۰ به عنوان کتاب سال جمهوری اسلامی معرفی گشته است. وی به عنوان استاد ممتاز و نمونه دانشگاه تهران و به عنوان اولین چهره ماندگار در رشته مهندسی برق نیز انتخاب شده است. او عضو فرهنگستان علوم ایران ، شورای انتشارات دانشگاه تهران ، هیأت مدیره انجمن مهندسان برق و الکترونیک ایران ، کمیته مهندسی برق شورای عالی برنامه ریزی و سرپرست کمیته علمی رشته مهندسی برق ، المپیاد علمی دانشجویی و ... نیز بوده است. پرویز جبه دار مارالانی در حال حاضر ریاست گروه مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تهران را بر عهده دارد .

حفاظت پیشگیرانه

ATSTORM یک ردیاب توفان بوده که قادر به اندازه گیری میدان الکتریکی محیطی است و اینکار را بدون هیچگونه تجهیزات متحرکی ، با قدرت و اطمینان بسیار بالا ، بطور خودکار انجام می دهد .

مهمترین مزایای ATSTORM



- ردیابی محلی هر سطحی از توفان براساس اطلاعات دریافتی متوالی (محدودده های زمانی ۱۰ دقیقه ای) .
- فاقد هیچگونه قطعه متحرکی به منظور جلوگیری از آسیب دیدگی و خرابی .
- بدون نیاز به هیچگونه تعمیرات و نگهداری .
- قابلیت تنظیم آستانه های ردیابی ، بر اساس نیازهای کاربر .
- امکانپذیری اتصال خروجی های یونیورسال ، که اجازه اتصال هرگونه ابزار آلام ، دستگاههای اندازه گیری و غیره را فراهم می آورد .
- دارای نرم افزار کنترلی اختصاصی .
- قابلیت ارسال دیتا و آلام بصورت پیامهای SMS به گوشیهای تلفن همراه از طریق مودم GSM .

یک مفهوم مهم : " حفاظت پیشگیرانه " در برابر توفانهای صاعقه زا

حفاظت پیشگیرانه به معنی ، داشتن اطلاعات پیشرفته (از طریق ردیاب توفان) که به کاربران اجازه می دهد تا اندازه گیریهای موقت حفاظتی را ، قبل از آغاز توفان انجام دهند . این اندازه گیریها بعد از توفان ، غیر فعال می گردند . حفاظت پیشگیرانه در حالت مناسب ، مکمل سیستم حفاظت صاعقه (LPS) است که باید در محل مناسبی نصب شده باشد هرچند به تنهایی نیز قابل استفاده می باشد .

مورد نیاز کدام گروه ها است ؟

داشتن اطلاعات در مورد توفان های صاعقه زا ، روش مدیریت صحیح و مطمئن جهت جلوگیری از حوادث ناشی از صاعقه به حساب می آید . کسانی که در محیط های باز مشغول به کارند ، تجهیزات حساس ، آسیب های مراحل صنعتی ، ضمانت خدمات



موثر ترین روش در ردیابی توفان های صاعقه زای محلی ، اندازه گیری مراحل تشکیل و تغییر میدان الکتریکی است . اصطلاحاً برای آن عبارت فیلد میلز (Field mills) بکار برده می شود . در هر صورت این حسگرها اطلاعات مفید را اساساً از طریق قطعات متحرک شان بدست می آورند و این قطعات معمولاً باعث انسداد ، سایش و پارگی و زمان پاسخ بیشتری می گردند .

به منظور حل این مشکلات ، شرکت اپلیکاسیون تکنولوژیکاس برای بهبود کیفیت این تجهیزات ، ردیاب های الکترونیکی ابداعی خود که با نام ATSTORM شناخته می شوند را ارائه نمود که قادر به اندازه گیری میدان الکتریکی با مشخصات استاندارد شده اما بدون موتور و هیچگونه تجهیزات متحرکی می باشد . انواع دیگر ردیاب ها مانند انواع الکترومغناطیسی ، نیاز به تخلیه الکتریکی برای محاسبات خود دارند که این مسئله باعث تاخیر بسیار زیاد در سیستم هشدار خواهد کرد که در این مدت تجهیزات آسیب جدی دیده اند . در صورتیکه ATSTORM نیاز به این تخلیه الکتریکی ندارد و قادر است با تجهیزات خارجی خود اطلاعات مورد نیاز را ارائه نماید .

ردیابی تمام سطوح توفان

بدون هیچگونه قطعه جانبی

یک حفاظت مناسب باید قادر به جلوگیری از صدمات اقتصادی جدی به تجهیزات و آسیب های وارده به موجودات زنده باشد .

پیشرفته ترین راه حل تکنولوژیکی



ردیابی توفان ها : چه کسانی درگیر این موضوع هستند ؟

داشتن مجموعه ای از اطلاعات در خصوص توفانهای صاعقه زا برای محیط های حساس و محیط های کاری ، بسیار ضروریست . ردیاب های توفان برای کسانی که مسئولیتی درخصوص موارد زیر (بصورت منطقه ای یا ملی ، خصوصی یا دولتی) دارند مفید است و باید بصورت ویژه به آن بنگرند .



جلوگیری از صدمات در طی کالاهای تجهیزات حساس : کامپیوتر ها ، افراد در محیط های باز : محیط های عملیات صنعتی و پروژه ها تجهیزات الکتریکی یا الکترونیکی ، کار ، ورزش ها و یا فعالیتهای در محیط اورژانس و آلام ها یا سیستمهای باز ، کشاورزی ، دامپروری و ماهیگیری امنیتی



عمل های جراحی که در آن محیط ها اصولا باید عملکرد صحیح تمامی تجهیزات تایید گردد مثل : ارتباطات ، منابع تغذیه ، خطوط انتقال انرژی و سرویسهای احیاء و اورژانس جلوگیری از حوادث خطرناکی که ممکن است برای محصولات خطرناک مانند سموم ، مواد رادیواکتیو ، مواد قابل اشتعال و انفجار اتفاق افتد



حفاظت در محیط های کاری حفاظت از مردم و محیط زیست مکانهای امنیتی : بنادر ، فرودگاهها ، ایستگاههای قطار ، جاده ها ، اتوبانها و تلکابین ها خطرناک : بر اساس کدهای ملی و استاندارد ها

ATSTORM مشخصات ردیاب توفان

پیکره بندی اصلی ATSTORM یا ردیاب توفان بصورت زیر است :

سنسور با تکنولوژی FCES

سنسور سیستم اندازه گیری بر اساس تکنولوژی FCES یا (Field-Controlled Electrometric Sensor) عمل می کند و توسط شرکت اپلیکاسیون تکنولوژیکاس ارائه شده و انحصار آنرا در اختیار دارد .



سنسور اجازه ردیابی محلی را در شعاع ۱۰ کیلومتری ایجاد کرده و چند ده دقیقه قبل از توفان ، برای جلوگیری از صدمات احتمالی اعلام می کند .

این سنسور به گونه ای طراحی شده که در بدترین شرایط آب و هوایی کار کند و به هیچگونه تنظیمی نیاز نداشته باشد .

اینترفیس (رابط)



اینترفیس قابل استفاده باید در کنار ساختمان نصب و باید بر اساس موارد زیر به سنسور متصل گردد :

- اطمینان از تامین صحیح تغذیه DC سنسور
- ذخیره دیتا . برای سهولت در استفاده ، به سویچ های پوستر ای و نمایشگر تجهیز شده است

اینترفیس پیکره بندی شده با سطوح آلارم (سطوح توصیه شده برای هر گونه نصبی مفید می باشند) که ممکن است بر اساس نیازهای کاربر یا شرایط محیطی تغییر داده شوند .

Alarm Level	Electric field value	Description
LEVEL 0	< 3 kV/m	No alert
LEVEL 1	3 to 4 kV/m	Alert
LEVEL L 2	4 to 7 kV/m	Emergency
STORM	> 7 kV/m	Maximum risk

مهمترین مشخصات اینترفیس عبارتند از :

سطوح آلام ATSTORM ، قابل تطبیق با نیازهای کاربران می باشند . تمامی مراحل تشکیل توفانها ، مشاهده می شوند .

با تجهیزات مناسب ، امکان تنظیم شخصی نوع اخطار برای هر سطحی وجود دارد . یه منظور جلوگیری از خطاهای ناشی از شرایط فیزیکی موقت میدانهای الکتریکی ، هر اخطار در صورتی فعال می شود که سطح آلام تنظیم شده برای حداقل ۲ دقیقه ادامه داشته باشد .

مزایای عمده ATSTORM

ردیاب توفان ATSTORM ابزاری کامل برای حفاظت پیشگیرانه در برابر اثرات توفانها و تخلیه های اتمسفریک ، به نحوی که چند ده دقیقه قبل از بروز تخلیه الکتریکی ، برای اندازه گیریهای خاص به منظور حفاظت مردم و تجهیزات در برابر اثرات مخرب صاعقه ها در زمانست که ریسک بالای توفان صاعقه زای قریب الوقوع وجود داشته باشد .

این سنسور با حق امتیاز تکنولوژی جدید FCES یا " سنسور الکترونیکی کنترل شده با میدان " تولید شده است و تمامی اجزاء آن الکترونیکی هستند .

فواید اصلی ATSTORM از قرار زیر می باشند :

تشخیص محلی با اندازه گیری میدان الکتریکی .

تشخیص همه مراحل شکل گیری توفان .

کاملاً الکترونیکی و بدون قطعات متحرک که سنسور را بسیار قدرتمند ، بدون نیاز به تعمیرات و نگهداری در اثر مواردی چون حشرات ، گرد و غبار ، یخ و غیره نموده است .

بدون نیاز به کالیبراسیون اولیه در هر نصب .

توفانهای صاعقه زا حدود چند ده دقیقه قبل از وقوع پیش بینی می شوند .

عملکرد دقیق در موقعیتهای هوایی نامساعد .

سطوح آلام به سادگی قابل برنامه ریزی هستند که بر اساس نیاز کاربر قابل انطباق باشد .

نمونه های سطوح اصلی که توسط اپلیکاسیون تکنولوژیکاس توصیه شده اند ، می توانند بصورت پیش فرض مورد استفاده قرار گیرند .

وقتی که میزان ریسک صاعقه به سطحی بالاتر از سطح تعیین شده برسد ، ATSTORM می تواند بر اساس برنامه ریزیهای قبلی خود ، از اثرات بلقوه خطرناک صاعقه بکاهد برای مثال :

- ارسال پیام کوتاه

- امکان فعال کردن سنسور صوتی

- اتصال ژنراتور ها و UPS

- امکان قطع تجهیزات حساس

ASTORM به همراه نرم افزاری ارائه می شود که در کامپیوتری که به اینترنت وصل است ، نصب می شود و دیتای تشخیص داده شده متناسب با میدان الکتریکی را ، مثلاً در هر یک ثانیه ذخیره می کند . این اطلاعات ذخیره شده بعداً پردازش خواهند شد .

منبع : www.gehamahang.com/ATSTORM.html

سیستم مدیریت شبکه فیبر نوری (ONMS)

از اهداف ایجاد سیستم فوق می توان به موارد زیر اشاره نمود :

کاهش زمان متوسط تعمیر (MTTR)

این مورد با پایش و نظارت شبکه فیبر به صورت تمام وقت در سطح فیزیکی (OTDR) و یا نوری (تحلیل سیستمهای DWDM) عملی می گردد. این سیستم به صورت اتوماتیک بدون قطع سرویس مشکلات شبکه را از طریق شناسائی و تعیین محل خرابی کابل و ارسال گزارش به صورت آلام به افراد مسئول و در محل مورد نظر اطلاع می دهد.

بهبود دسترسی به شبکه

این سیستم با تامین ابزار لازم عملیات نگهداری پیشگیرانه را اجرا می نماید. در این فرایند گزارشاتی تهیه می گردد که کیفیت شبکه فیبر و عملکرد آن در طول زمان را به خوبی ارائه می نماید.

بهبود مستند سازی مدارک شبکه فیبر

این سیستم با ایجاد پایگاه اطلاعاتی کاملی از مدارک مستند که امکان تجهیز با GIS را نیز خواهد داشت باعث کاهش زمان تعیین محل فیزیکی خرابی و تعمیرات متعاقب آن خواهد گردید.

بهبود کارائی عوامل نگهداری

سیستم مزبور با ایجاد لیست وظایف بانضمام نام افراد و زمان به کار گیری آنها در زمان وقوع خرابی و تعیین افراد پشتیبان به همراه آدرس و شماره های تماس اضطراری باعث بهبود کارائی عوامل نگهداری خواهد شد.

پیش بینی راهنمائی و یاری عملیات نصب از راه دور

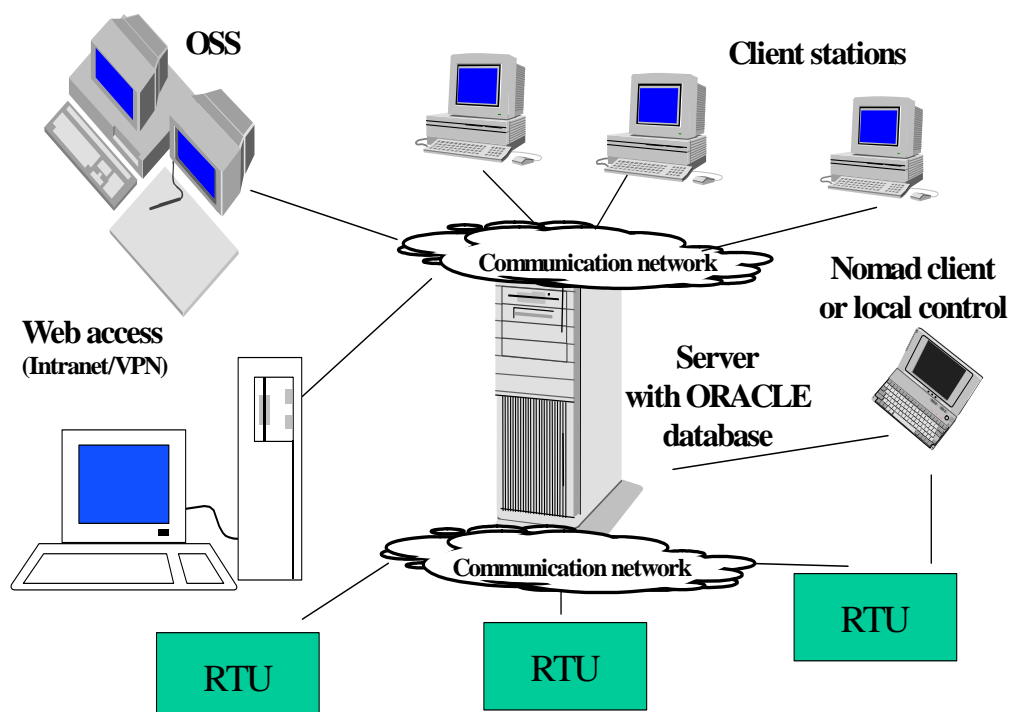
این سیستم ابزاری ایده آل برای کنترل و ثبت فعالیتها در زمان احداث شبکه و نصب کابل بوجود می آورد. ضمناً می توان در ضمن نصب ، اطلاعات جامع کابل را در پایگاه اطلاعاتی وارد نمود.

به این ترتیب استفاده از این اطلاعات راه گشای عملیات مفصل بندی و سایر موارد بصورت آنی و از محل دفتر مرکزی خواهد بود.

اجزاء این سیستم مشتمل بر :

- Server
- Client Station
- Remote Test Unit(RTU)
- Optional Laptop
- Web Client Station

خواهد بود که نمونه ساختار آن ذیلا نشان داده می شود:



منبع : شرکت سامان صنعت

اصول اندازه گیری با دستگاه OTDR

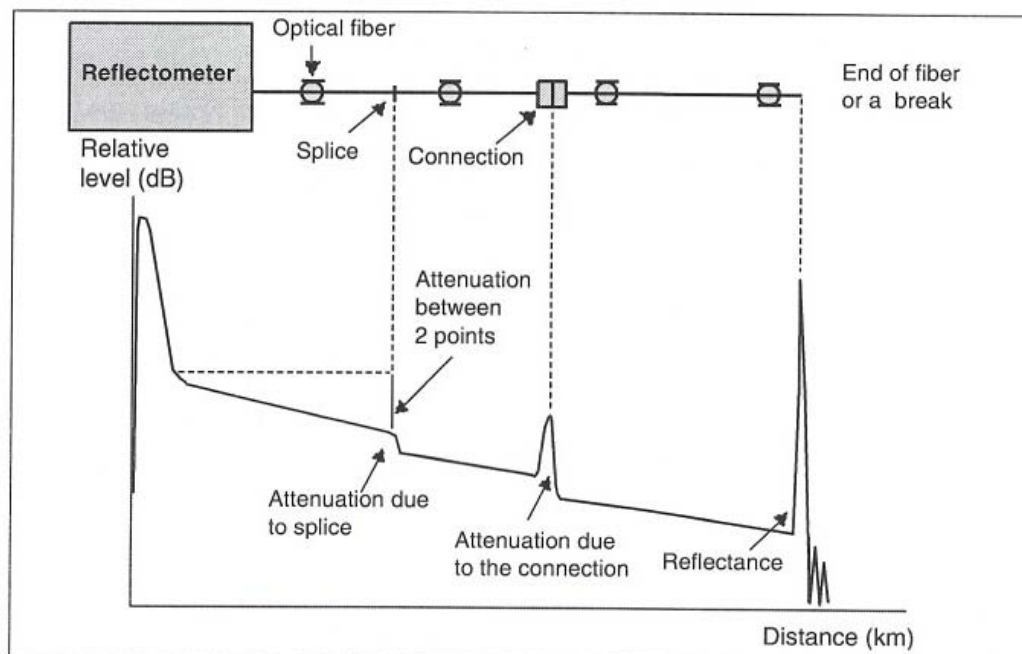


در این مجموعه اصول اندازه گیری مربوط به مودولهای OTDR ، OTS ، WDM ، PMD ، CD با دستگاه MTS-5000 و MTS-8000 توضیح داده می شوند.

اصول اندازه گیری OTDR

Optical Time Domain Reflectometer (OTDR) عبارت است از تزریق پالس نوری در طول فیبر نوری مورد نظرو بررسی شدت نور برگشتی منعکس شده در جهت عکس انتشار پالس و در نقطه تزریق می باشد.

سیگنال پخش برگشتی (یا retro diffusion) به شکل اکسپونانسیل نزولی است که قله های منحنی توسط انعکاس از کانکتورها ، مفصلها یا خرابیها به آن اضافه شده اند.



نمونه مسیر پخش برگشتی

نتیجه اندازه گیری

سیگنال پخش برگشتی در اصل پیدا نمودن محل آن قسمت مربوط به فیبر را روی خط امکانپذیر می نماید.

نتایج اندازه گیری عبارت خواهند بود از :

تضعیف

محل خرابیها بر حسب فاصله از یک نقطه معین

تضعیف نسبت به فاصله (dB/km)

انعکاس رخدادها یا خط نوری

توجه از نقطه نظر محل بایستی یادآوری نماید که OTDR اصولاً وسیله ای در حوزه زمان (Optical Time Domain Reflectometer) محسوب می گردد. لذا به منظور تعیین فاصله محل بایستی از سرعت گروهی (group velocity) استفاده کرد که این مورد با درج ضریب انکسار فیبر در دستگاه عملی می شود.

اعتبار اندازه گیری

طبق توصیه های G.651 , G.652 ITU-T اندازه گیری پخش برگشتی روش دوم جایگزین اندازه گیری تضعیف محسوب می شود. تکنیک قطع فیبر روش مرجع می باشد. حوزه کاربرد اندازه گیری پخش برگشتی محدود نیست ولی شرایط کاربرد این روش ذیلاً عنوان می گردند:

تا آنجا که به شرایط تزریق مربوط می شود انعکاسهای Fresnel بایستی در ورودی فیبر محدود باشند. از منبع پر قدرت (لیزر) بایستی استفاده شود. بایستی پهنای باند گیرنده راطوری انتخاب نمود که مصالحه ای بین زمان صعود پالس و سطح نویز ایجاد شود. قدرت پخش برگشتی را بایستی در مقیاس لگاریتمی نشان داد.

انعکاس

انعکاس مشخصه ای است که امکان تعیین کمیت عنصر نوری منعکس شده را بوجود می آورد. طبق تعریف انعکاس عبارت از نسبت قدرت منعکس شده توسط عنصر به قدرت وارده می باشد.

در برخی از کاربردهای مخابراتی انعکاس به دلیل تغییرات ضریب انکسار در طول خط فیبر نوری بوجود می آید . در صورتیکه انعکاسها تحت کنترل در نیایند ممکن است بدلیل آشفته کردن عملیات ساطع کننده لیزر (مخصوصاً در لیزرهای DFB) باعث کاهش عملکرد سیستم شوند یا در صورت انعکاسهای چندگانه تولید نویز تداخلی در گیرنده نمایند.

فرمول تبدیل مشتمل بر موارد زیر می شود:

دامنه انعکاس اندازه گیری شده

پهنای باندی که مورد استفاده اندازه گیری دامنه انعکاس گردیده است (به نانو ثانیه)

ضریب پخش برگشتی فیبر مورد استفاده

نمونهل مقادیر ضریب پخش برگشتی برای پالس ۱ns	
در مورد فیبر تک مد	-79dB در ۱۳۱۰nm -81dB در ۱۵۵۰nm و ۱۶۲۵nm
در مورد فیبر چند مد	-70dB در ۸۵۰nm -75dB در ۱۳۰۰nm

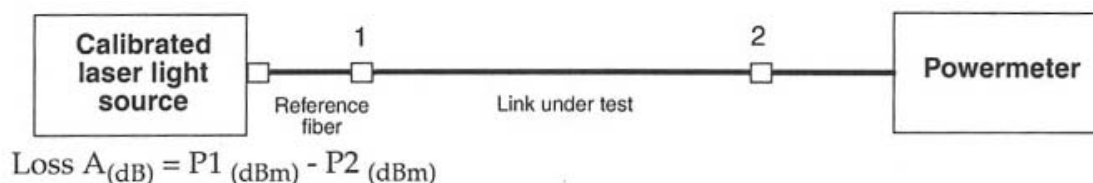
لازم است که جهت اندازه گیری بیشترین محدوده ضریب انعکاس بین OTDR و خط مورد تست یکعدد تضعیف کننده نوری متغیر قرار داد. تضعیف کننده مزبور امکان تنظیم سطح منحنی را ایجاد نموده و باعث می شود که OTDR هیچگاه توسط انعکاس مورد اندازه گیری به حالت اشباع نرسد.

اصول اندازه گیری OTS (Optical Test Set)

اندازه گیری تضعیف

اندازه گیری تضعیف یک خط کامل یا عناصر آن مثل قسمتهای فیبر ، اتصالات ، قطعات نوری بر حسب توان نیازمند منبع نوری لیزر کالیبره شده و قدرت سنج می باشد.

معمولا تضعیف از اندازه گیری توان نوری در دو نقطه استخراج می شود:



مهم اندازه گیریهای صحیح نیاز به شرایط زیر دارد :

- استفاده از منبع نوری که در طول زمان و با تغییر دما پایدار باشد.

- بررسی تمیزی کابل اتصالات، فیبرها، و قسمت گیرنده

- استفاده از خط مرجع بین منبع لیزر و مورد تحت تست. لازم است که در چندین اندازه گیری در شرایط تزریق نور مشابه فیبر مرجع در طول زمان اندازه گیری قطع نشود. برای اندازه گیری تضعیف فیبر نوری از دو روش استفاده می شود:

روش قطع فیبر

روش اندازه گیری Insertion Loss

روش قطع فیبر

توان p_1 در خروجی فیبر مورد نظر اندازه گیری می شود و سپس فیبر در فاصله تقریباً دو متری از انتهای منبع قطع می شود.

توان p_2 در خروجی قسمت دو متری فیبر اندازه گیری می شود که به عنوان مرجع محسوب می شود.

تضعیف فیبر تست شده عبارت خواهد بود از: $p_1 - p_2$

این روش بسیار دقیق بوده ولی به دلیل ماهیت تخریبی آن کمتر استفاده می شود. از این روش نمی توان در طول نگهداری یا نصب بلکه تنها در زمان ساخت فیبر می توان استفاده نمود.

روش اندازه گیری Insertion Loss

در ابتدا قدرت سنج از طریق فیبر مرجع به منبع لیزر متصل شده و p_1 اندازه گیری می شود.

فیبر مورد تست بین فیبر مرجع و قدرت سنج قرار داده شده و p_2 اندازه گیری می شود.

تفاوت p_1 و p_2 مقدار تضعیف فیبر مورد تست را نشان می دهد.

ترجیحاً بایستی از یک نوع کانکتور در طرفین فیبر استفاده نمود تا شرایط اتصال مشابهی برای اندازه گیری p_1 ، p_2 وجود داشته باشد.

اگرچه این روش دارای دقت کمتری نسبت به روش قبل است ولی به دلیل تخریبی نبودن آن معمول ترین روش به حساب می آید.

دقت اندازه گیری

در اغلب موارد دقت بسیار بالا ضروری است. لذا لازم است که در ابتدا کالیبراسیون بدون فیبر مورد تست انجام شود تا موجب حذف حداکثر تضعیف ها بدلیل اتصالات گردد. باین لحاظات که از کارکرد

"reference value" OTS استفاده می شود.

در مورد اندازه گیریهای آزمایشگاهی که دو انتهای فیبر در یک محل قرار دارند تکرار اندازه گیریهای تضعیف بهتر از 0.1dB می باشد. در مورد اندازه گیریهای میدانی که دو انتهای فیبر در نقاط مختلف قرار دارند ، تغییرات اندازه گیری در حدود $\pm 0.2\text{dB}$ می باشد (با استفاده از اندازه گیری نسبی)

اندازه گیری توان

جهت اندازه گیری توان ارسالی یا دریافتی تنها به یک قدرت سنج نیاز می باشد:
جهت اندازه گیری توان ارسالی لازم است که قدرت سنج مستقیماً به خروجی فرستنده نوری متصل گردد.
در مورد اندازه گیری توان در ورودی گیرنده نوری لازم است که قدرت سنج در انتهای فیبر که محل اتصال گیرنده نوری است ، متصل شود

اصول WDM و تجزیه و تحلیل آن

تکنولوژی WDM (Wavelength Division Multiplex) مؤثرترین روش افزایش ظرفیت فیبر بدون نصب خطوط جدید می باشد . به عوض افزایش سرعت دیتا این روش امکان حمل چندین طول موج را توسط فیبر فراهم می نماید که هر طول موجی سیگنالها را ارسال می کند . کانالها در توصیه ITU-T تعریف شده اند.
برای این تکنولوژی جدید نیاز به اندازه گیریهای جدید می باشد. حائز اهمیت است که در طول نصب و نگهداری سیستمهای WDM پارامترهای زیر مورد بررسی قرار گیرند:

وجود کلیه طول موجهای مربوطه بدون هیچگونه انحراف

سطوح صحیح توان کانال بدون هرگونه تغییر

نسبت کافی سیگنال به نویز (SNR). این مقدار با اندازه گیری نسبت توان اوج (پیک) کانال به سطح توان نویز سیگنالهای نویز ASE (Amplified Spontaneous Emission) در سمت چپ و یا راست حامل مشخص می گردد. معمولاً نقطه اندازه گیری نویز بعنوان نقطه میانی محاسبه شده بین دو کانال مجاور انتخاب می شود .
سطح توان نویز اندازه گیری شده به پهنای باند استاندارد شده 0.1 nm تبدیل می شود.

مهمترین دستگاه تست که در سیستمهای WDM قادر به اندازه گیریهای فوق الذکر می باشد عبارت از تحلیل گر طیف است . تحلیل گر مزبور را می توان در طول سیستم WDM در کلیه نقاط بحرانی اندازه گیری متصل نمود یا اینکه در طرفین خطوط و یا در محل تقویت کننده ها قرار داد.

نتایج اندازه گیری

تحلیل گر طیف نوری موجی را نمایش می دهد که کلیه کانالها را نشان می دهد . نتایج حاصله در یک تحلیل طیفی کامل و بصورت جدول WDM ارائه می شود و کلیه حامل ها با پارامترهای مربوطه را شامل می گردد.

تحلیل گر طیف نوری بررسی اتوماتیک و اندازه گیری کلیه کانالها را انجام می دهد.
تعداد و توان ترکیبی هر کانال نیز ارائه می شود:

طول موج

فاصله کانالها

سطح توان

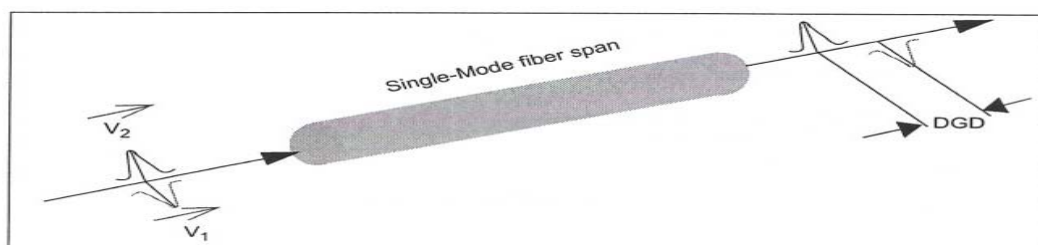
نسبت سیگنال به نویز

ضمناً کل توان سیستم نیز در اختیار قرار می گیرد.

لازم است که جهت تعیین کیفیت تقویت کننده نسبت به محاسبه بهره چرخش و شیب (tilt and slope gain) اقدام نمود. از نظر اصولی تقویت بایستی در تمامی طیف WDM یکسان باشد.

اصول PMD

سرعت و طول مسیر انتقال مهمترین پارامترهای مسیر فیبر نوری می باشند که بایستی بهینه گردند. با توجه به اینکه هر روز مسیرهای بیشتری که مشتمل بر مسیرهای قبلی نیز هستند مورد استفاده ارسال سیگنالهای WDM و یا Bit rate های بالاتر از ۱۰ Gb/s قرار میگیرند، تعیین PMD اهمیت بیشتری پیدا می کند. PMD که ویژگی اصلی فیبرهای تک مد (Signal-mode) است بطور خاص بر مقدار سرعت انتقال تاثیر می گذارد. PMD حاصل اختلاف زمان انتشار انرژی یک طول موج خاص است که به دولایه عمود بر هم پولاریزاسیون تقسیم می گردد (مطابق شکل زیر). علت اصلی این تقسیم دایره ای بودن فیبر و فشار خارجی وارده به آن می باشد (به طور مثال خمش زیاد و کم، پیچش و تغییرات حرارتی)

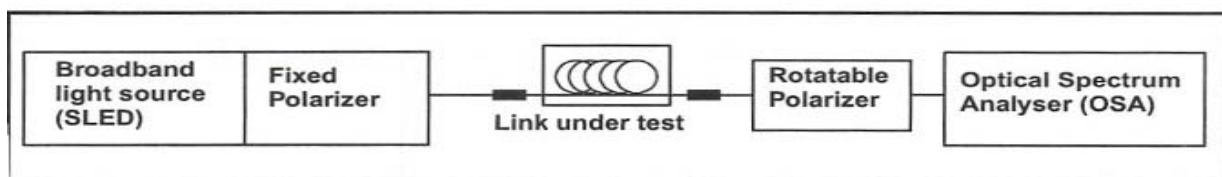


نمونه تاخیر نهائی بین دولایه پولاریزاسیون

به عبارت دیگر PMD مقدار متوسط کلیه Group Delay های تفاضلی (DGD) به پیکو ثانیه (ps) و یا ضریب DGD به $\text{ps}/\sqrt{\text{km}}$ است. DGD متوسط باعث می شود که پالس انتقال در حین ارسال از طریق فیبر وسیع تر شده و تولید

روش مورد استفاده در اندازه گیری PMD

روش مورد استفاده در اندازه گیری PMD بر مبنای روش تحلیل گر ثابت (Fixed Analyzer Method) قرار دارد که نیازمند منبع پولاریزه باند وسیع در یک طرف و تحلیل گر طیف نوری (OSA) متغیر پولاریزه در سمت دیگر می باشد.



روش تحلیل گر ثابت مورد استفاده جهت اندازه گیری PMD

روش مورد استفاده در اندازه گیری PMD روش تبدیل فوریه سریع (FFT) است. زمان متوسط مودولاسیون دامنه از طیف اندازه گیری می شود.

تغییر روش تبدیل فوریه سریع (FFT) به توزیع زمانی منحنی گوس را حاصل می نماید که مقدار متوسط DGD از این منحنی حاصل می شود. (در مورد خطوط فیبر که دارای mode coupling قوی می باشد).

زمانیکه mode coupling قوی استفاده می شود لازم است که زاویه پولاریزاسیون تحلیل گر اصلاح گردد. در مورد mode coupling ضعیف بایستی زاویه ای انتخاب شود که حداکثر دامنه مودولاسیون حاصل شود.

دستگاه بایستی dynamic range بیشتری نسبت به خط داشته باشد. معمولاً dynamic range بمیزان 35dB برای اغلب کاربردها کافی می باشد و جهت شبکه های با مسافت خیلی طولانی بایستی از 45dB استفاده گردد.

range اندازه گیری PMD بایستی به سرعت انتقال مرتبط گردد. در مورد کاربردهای WDM بایستی این range بین 0.1ps تا 60ps باشد تا بتوان اندازه گیری را بین bit rate به میزان ۲/۵ و ۴۰ گیگا بیت بر ثانیه انجام داد. در جدول زیر حداکثر PMD مجاز برای bit rate های مختلف نشان داده می شود.

PMD coefficient (ps/√ km) 400 km cable length	Maximum PMD (ps)	Bit rate (Gbit/s)
< 2	40	2.5
< 0.5	10	10
< 0.125	2.5	40

اصول اندازه گیری CD (Chromatic Dispersion)

با استفاده بیشتر از مسیرها (منجمله مسیرهای موجود) جهت ارسال سیگنالهای

WDM (Wavelength Division Multiplex) یا سرعتهای bit با مقادیر ۱۰ Gbit/s یا بیشتر تشخیص

Chromatic Dispersion (CD) از اهمیت بیشتری برخوردار می شود.

Chromatic Dispersion (CD) بدلیل تغییر ضریب فیبر با طول موج ایجاد می شود. این پدیده باعث تاخیر بین طول موجها شده و ضمن انتقال پالس در طول فیبر منجر به گسترش یافتن پالس انتقالی می شود. نهایتا اعوجاج بوجود آمده و نسبت BER (Bit-Error-Rate) سیستم نوری افزایش می یابد. نتیجتا در مورد یک سرعت bit مشخص و فیبر dispersion shifted (استاندارد ITU-T G.653) فاصله گذاری کانالی غیر مساوی در حدود ۱۵۵۰ nm اعمال می گردد تا از عدم خطی بودن فیبر مثل مخلوط شدن چهار موج جلوگیری شود.

CD با سه پارامتر تعریف می شود:

تاخیر مربوط به یک طول موج مشخص (به ps)

ضریب D, dispersion به ps/nm که عبارت از مشتق تاخیر نسبت به طول موج می باشد.

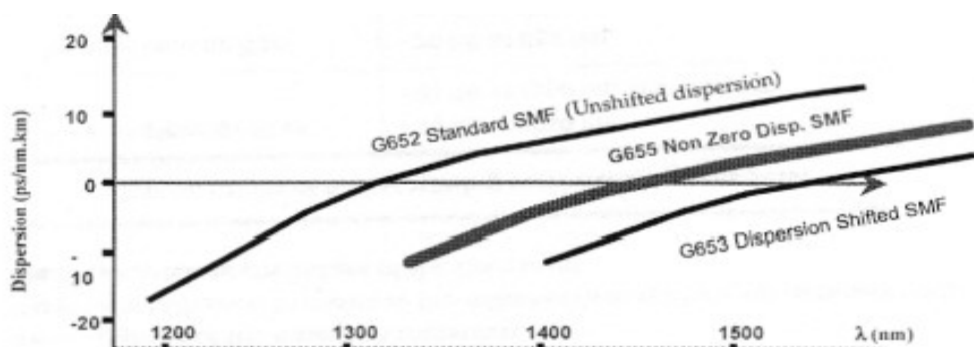
(یا شیب مسیر تاخیر در طول موج مشخص) . در صورتیکه ضریب مزبور به یک km نرمال شود به

(ps/(nm.km) بیان می گردد. (ضریب dispersion به طول فیبر که به کیلومتر محاسبه شده تقسیم می گردد).

در صورتیکه ارقام ضریب و شیب dispersion در نظر گرفته شوند بایستی طول خط فیبر را به یک کیلومتر نرمال نمود (طول فیبر ممکن است بدلیل عامل helix با طول کابل متفاوت باشد). لذا تعیین دقیق طول فیبر بسیار حائز اهمیت می باشد . در غیر اینصورت عدم یقین اندازه گیریها نیز به آن اضافه خواهد شد: ۱۰٪ خطای فاصله باعث ایجاد ۱۰٪ خطا در اندازه گیری dispersion می شود .

علت اصلی تغییر dispersion مربوط به فرایند ساخت فیبر است که مهمترین خصیصه آن محسوب می شود. سازندگان کابل با تغییر (CD) نسبت به تولید انواع مختلف فیبر برای مقاصد و نیازهای مختلف اقدام می نمایند. بطور مثال می توان از فیبر استاندارد ، فیبرهای dispersion shifted , non zero dispersion shifted نام برد.

نوع فیبر و استاندارد مربوطه	ضریب Dispersion در ۱۵۵۰nm
فیبر تک مد استاندارد - ITU-T G.652	+۱۷ Ps/(nm .km)
فیبر تک مد ITU-T G.653 dispersion shifted	۰ Ps/(nm .km)
فیبر تک مد ITU-T G.655 Non- zero dispersion- shifted	+۳ Ps/(nm .km)



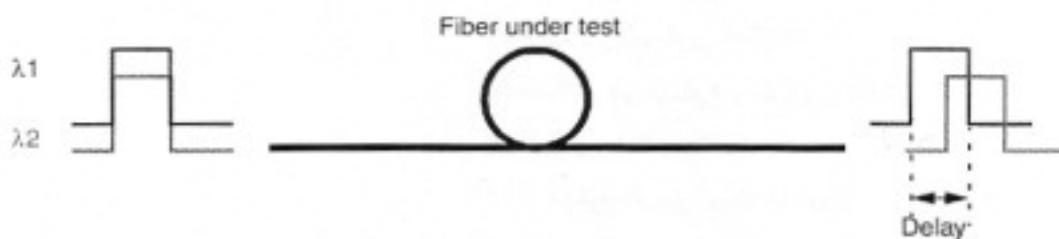
نمونه مسیرها بر طبق نمونه های فیبر

طبق استانداردهای ITU-T لازم است که موارد زیر اندازه گیری شوند (بطور مثال G.652)
طول موج (zero dispersion(Lambda zero) که بایستی بین ۱۳۰۰nm و ۱۳۲۴nm باشد
شیب (SO) مربوط به طول موج zero dispersion : حداکثر $-۰/۰۹۳ \text{ ps}/(\text{nm}^2.\text{km})$
دو عدد محدوده ضریب dispersion بین ۱۲۶۰nm و ۱۳۶۰nm
(CD) به علت محدودیتهای زمانی و نصب تغییر نمی کند و حساسیت پائینی نسبت به دما دارد:
 $۰/۰۰۲۵ \text{ ps}/(\text{nm}.\text{km}.\text{c})$ در مورد ضریب dispersion
 $۰/۰۰۲۵ \text{ ps}/(\text{nm}^2.\text{km}.\text{c})$ در مورد شیب dispersion (SO)

تنها پارامتر خارجی که می تواند بر (CD) تاثیر بگذارد عبارت از نوع مودولاسیون سیگنال است (اغلب لیزرهای DFB در حال حاضر دارای مودولاسیون خارجی بوده و پدیده مزبور را محدود می کنند)
تحلیل گر (CD) مقادیر تاخیر گروه (group delay) فیبر نسبت به طول موج را ارائه می کند. از این تاخیر می توان ضریب dispersion و شیب dispersion و مقادیر خاصی مثل طول موج با dispersion صفروشیب مربوطه را محاسبه نمود.

اصول اندازه گیری (CD) Chromatic Dispersion در مدرک IEC60793-1-42 و همچنین توصیه های ITU-T G.650, G.652 تشریح شده و کالیبراسیون دستگاه در مدرک IEC 61744 تعریف شده است. شرکت Telcordia نیز الزامات G R-761-CORE را برای تحلیل گر Chromatic dispersion چاپ نموده است.

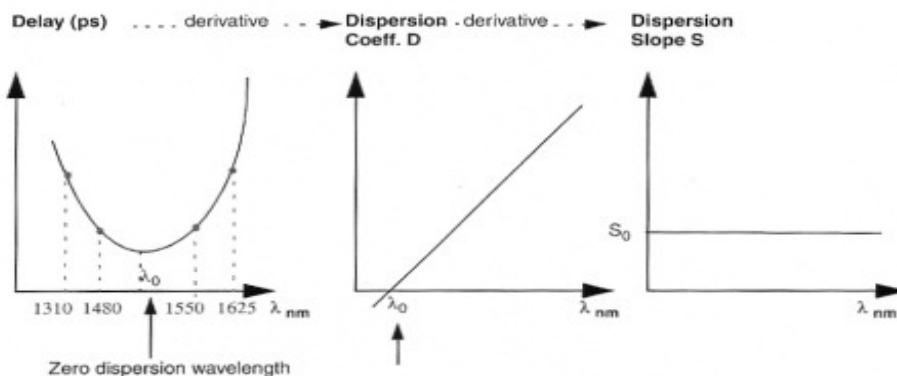
روش CD که توسط دستگاه MTS بکار برده می شود روشهای گوناگونی برای اندازه گیری CD وجود دارد. دستگاه MTS از روش تاخیر پالس استفاده می کند. در این روش تاخیر در طول فیبر و در رخدادهای انعکاسی خاصی مثل کانکتورها (Fresnel) برای چهار طول موج: ۱۶۲۵nm و ۱۵۵۰nm و ۱۴۸۰nm و ۱۳۱۰nm اندازه گیری می شود. یکی از چهار نتیجه بعنوان مرجع در محاسبه تاخیر مربوط به بقیه استفاده می شود.



دستگاه MTS مسیر مربوط به تاخیر را بصورت تابعی از طول موج و با استفاده از الگوریتم عددی مناسب تعریف می نماید :

- Quadratic : $A+B\lambda+C\lambda^2$ (parabolic trace).
- Sellmeier 3-term : $A+B\lambda^2+C\lambda^{-2}$
- Sellmeier 5-term : $A+B\lambda^2+C\lambda^{-2}+D\lambda^4+E\lambda^{-4}$

مشتق مسیر تاخیر ضریب D, dispersion را به صورت تابعی از طول موج نشان می دهد. مشتق مسیر dispersion نیز شیب dispersion را به صورت تابعی از طول موج ارائه می کند.



نمونه مسیرهائی که با استفاده از فرمول quadratic حاصل می شود

استانداردها و (Lambda zero) مربوط به انواع مختلف فیبر

Non zero dispersion shifted fiber or in homogeneous fiber	Dispersion shifted fiber	Dispersion unshifted fiber	
ITU-T G.655	ITU-T G.653	ITU-T G.652	ITU-T standard
IEC 60793-1-1 type B3	IEC 60793-1-1 type B2	type 60793-1-1 IECB1	IEC standard
IVb	IVb	Iva	TIA/EIA standard
Not too far from 1500 nm or undefined	Around 1550 nm	Around 1310 nm	Zero dispersion wavelength

فرمول تقریبی که نسبت به منطقه مسیر و نوع فیبر استفاده می شود.

Non zero dispersion shifted fiber or in homogeneous fiber	Dispersion shifted fiber	Dispersion unshifted fiber	
5-term Sellmeier	5-term Sellmeier	3-term Sellmeier	1310nm region
5-term Sellmeier	Quadratic	5-term Sellmeier	1550nm region
5-term Sellmeier	5-term Sellmeier	5-term Sellmeier	full range

منبع : www.samansanat.com

دوست گرامی جهت پربارتر شدن این مجله و تعامل علمی و آموزشی ، با ارسال مقالات و مطالب خود به فرمت DOC (نرم افزار word) ما را یاری فرمائید . در صورت تأیید ، مطالب شما به نام خودتان در نسخه های بعدی مجله قرار داده خواهند شد . همچنین در صورت مفید بودن مطالب ، با معرفی این مجله به دوستان خود زمینه آشنایی بیشتر را فراهم آورید . در صورت ثبت نام در پایگاه مجله ، به آدرس www.GEHamahang.com/magazine.html ، نسخه های آتی این مجله ، به آدرس پست الکترونیکی شما ارسال خواهند شد .

موفق باشید

مجله دیجیتالی ایران شماتیک

magazine@GEHamahang.com