



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101895339 B

(45) 授权公告日 2013. 07. 17

(21) 申请号 201010232898. 7

CN 101256102 A, 2008. 09. 03,

(22) 申请日 2010. 07. 21

CN 101630972 A, 2010. 01. 20,

CN 101217313 A, 2008. 07. 09,

(73) 专利权人 国网电力科学研究院

地址 210003 江苏省南京市鼓楼区南瑞路 8 号

审查员 叶坚

(72) 发明人 张刚 黄在朝 张增华 陶帮胜
吴军民 李炳林 张浩

(74) 专利代理机构 南京知识律师事务所 32207
代理人 汪旭东

(51) Int. Cl.

H04B 10/07(2013. 01)

(56) 对比文件

CN 1089414 A, 1994. 07. 13,

CN 1115380 A, 1996. 01. 24,

CN 2691021 Y, 2005. 04. 06,

WO 2007088976 A1, 2007. 08. 09,

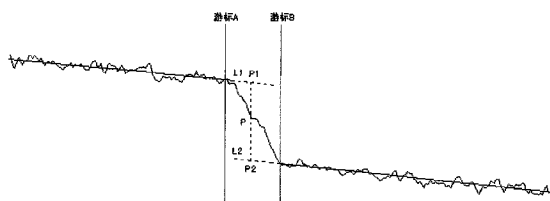
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

电力光缆网故障预警和定位的实现方法

(57) 摘要

本发明公开了电力光缆网故障预警和定位的实现方法,通过手动或自动方式启动光时域反射仪(OTDR)对指定光纤进行测试,获取光缆测试数据,所有取样点的连线构成了该光纤链路的 OTDR 曲线。光纤连接器、断裂、终点会引起光的反射,形成向上突变的反射事件;光纤的弯曲、熔接会增加光纤的衰耗,引起向下的突变,形成非反射事件。通过数据分析找到曲线的突变点,确定光纤头端、尾端、接头、熔接等光纤事件点。通过与参考数据比对,衰耗数据的变化,确定光缆的运行状态,当数据变化超过预警门限时,发出预警信息。在光缆网劣化,遇到险情时,本发明可以进行险情预警和定位,从而大幅度增强通信网络的防毁能力,降低光缆阻断的发生率。



1. 电力光缆网故障预警和定位的实现方法,其特征在于,包括以下步骤:

1) 在光缆投运正常状态时启动光时域反射仪 OTDR 对指定光缆链路进行测试,获取光缆测试数据,绘制光时域反射仪 OTDR 曲线;

2) 计算出噪声数据最小值,将曲线末端噪声前的第一个向上突变的反射点 E 确定为光缆终点;

3) 从曲线起始点到终点 E,采用最小二乘法拟合直线 L;

4) 根据测试数据点 P 与该点在直线 L 上的投影 P1 的纵坐标差,计算回损,进行门限判断,找出所有大于门限的点,确定从起始点到终点 E 之间所有反射事件点;

5) 根据反射事件点将所测光缆分为若干段,在每段光缆内分别确定非反射事件点;

6) 分别在所分光缆段内进行第二次直线拟合,由于非反射事件点必然引起光缆的衰耗,曲线在该点会产生向下的突变,在拟合线的上方会产生若干连续点,然后再突然下降到直线 L 之下,这与受噪声影响的数据波动不同,根据该特性可以找出非反射事件点;

7) 若非反射事件点衰耗较小,附近数据全部在拟合线的下方,步骤 6) 所述直线拟合不能全部检出段内所有非反射事件,则需进一步分段查找;根据所找出的非反射事件点,对光缆段再进行细分,划分为更短的光缆段,在该段内再进行直线拟合,进一步查找新的非反射事件点,直到没有再找到新的非反射事件点;

8) 根据找到的非反射事件,计算该非反射事件点在前段拟合直线 L1 的投影、并将 OTDR 测试数据中在该非反射事件点之前且距离该非反射事件点在前段拟合直线 L1 的投影直线距离最短的点确定为该非反射事件的起始点;并根据找到的非反射事件,计算该非反射事件点在后段拟合直线 L2 的投影、并将 OTDR 测试数据中在该非反射事件点之后且距离该非反射事件点在后段拟合直线 L2 的投影直线距离最短的点确定为该非反射事件的结束点;再通过周期性地对该指定光缆自动测试,判断是否产生新的事件,或已有事件点衰耗、光缆段衰耗或全程衰耗是否超出预警门限的范围,产生相应的预警报告,并根据所测距离信息,进行故障定位。

电力光缆网故障预警和定位的实现方法

技术领域

[0001] 本方法主要用于电力通信系统的光缆网络,同时也可用于电信、联通、网通和移动等电信运营企业,以及所有使用光缆作为传输线路的企业,提供针对光缆网络的网络故障诊断、性能监测、资源调度管理、网管等各项服务。

背景技术

[0002] 近些年来,电力系统对通信设备的监测和管理有各种专业应用系统,其自动化、智能化水平相对较高,对线路监测和管理也进行了自动化的尝试,越来越多的光缆线路在线监测系统投入到线路中,对提高线路运行维护管理水平、及时发现和解决线路中的故障问题,提高线路安全运行水平起到了一定的作用。但是系统建设主要围绕静态光缆资源管理与光缆故障定位开展,当光缆故障发生后,通过系统集成的光纤监测设备进行测试,获得故障点的光学距离,通过地理标识的属性数据(光学距离、地理距离、盘留)计算出地理距离,通过系统的地理信息平台实现故障定位,但对光缆网潜在的故障难以给出预警信息,缺乏针对性的解决方案。本方法通过对光缆监测系统或光缆测试仪表获得测试数据进行分析,发现光纤线路的奇异变化,发现潜在隐患,并给出故障隐患位置,实现光缆网监测的预警功能。

发明内容

[0003] 发明目的

[0004] 为了实现光缆潜在故障预警和定位功能,把光缆维护从传统的事后抢修模式改变成事先预防模式,实现电力光缆网预测性运维,提高应对突发时间的能力。

[0005] 技术方案

[0006] 本方法可以对光缆接头事件点、光缆段、光纤链路以及光缆网不同层次进行预警分析,通过手动或自动方式启动光时域反射仪(OTDR)对指定光纤进行测试,获取光缆测试数据,即沿光缆数万个均匀分布点的散射和反射功率电平值,所有取样点的连线构成了该光纤链路的OTDR曲线,如图1,纵轴表示功率电平(dB),横轴表示距离(km)。光纤连接器、断裂、终点会引起光的反射,形成向上突变的反射事件;光纤的弯曲、熔接会增加光纤的衰减,引起向下的突变,形成非反射事件。通过分析找到曲线的突变点,确定光纤头端、尾端、接头、熔接等光纤事件点。通过与参考数据比对,分析事件点、光缆段、光纤链路衰耗数据的变化,确定光缆的运行状态,当数据变化超过预警门限时,发出预警信息。

[0007] 为了实现上述发明目的,本发明采用如下技术方案:

[0008] 电力光缆网故障预警和定位的实现方法,包括以下步骤:

[0009] 1) 启动光时域反射仪 OTDR 对指定光缆链路进行测试,获取光缆测试数据,绘制光时域反射仪 OTDR 曲线;

[0010] 2) 通过曲线末端噪声确定光缆终点,即噪声前的第一个向上突变的反射点 E;

[0011] 3) 从曲线起始点到终点 E,采用最小二乘法拟合直线 L;

[0012] 4) 根据测试数据点 P 与该点在直线 L 上的投影 P1 的纵坐标差, 计算回损, 进行门限判断, 找出所有大于门限的点, 确定从起始点到终点 E 之间所有反射事件点;

[0013] 5) 根据反射事件点将所测光缆分为若干段, 在每段光缆内分别确定非反射事件点;

[0014] 6) 分别在所分光缆段内进行第二次直线拟合, 由于非反射事件点必然引起光缆的衰耗, 曲线在该点会产生向下的突变, 在拟合线的上方会产生若干连续点, 然后再突然下降到直线 L 之下, 这与受噪声影响的数据波动不同, 根据该特性可以找出非反射事件点;

[0015] 7) 若非反射事件点衰耗较小, 附近数据全部在拟合线的下方, 步骤 6) 所述直线拟合不能全部检出段内所有非反射事件, 则需进一步分段查找; 根据所找出的非反射事件点, 对光缆段再进行细分, 划分为更短的光缆段, 在该段内再进行直线拟合, 进一步查找新的非反射事件点, 直到没有再找到新的非反射事件点;

[0016] 8) 确定非反射事件点的起始点和结束点。

[0017] 有益效果

[0018] 电力通信网是电力系统不可缺少的重要组成部分, 是电网调度自动化和生产管理现代化的基础, 是确保电网安全、经济、稳定运行的重要技术手段。经过多年建设, 电力通信网形成了以光纤通信为主的通信传输系统。光缆作为光纤通信的基础设施, 它的安全可靠运行已成为支撑电网安全运行的重要因素之一。在光缆网劣化, 遇到险情时, 本发明可以进行险情预警和定位, 从而大幅度增强通信网络的防毁能力, 降低光缆阻断的发生率, 这将避免或减少损失, 带来巨大的经济效益和社会效益, 对建设电力系统坚强通信网工作, 尤其是对光通信专业管理智能化工作, 具有非常重要的现实意义。

附图说明

[0019] 图 1 是 OTDR 光缆测试图;

[0020] 图 2 是 LSA 直线拟合图;

[0021] 图 3 是熔接点拟合图;

[0022] 图 4 是全部事件拟合图;

[0023] 图 5 是事件点头尾图;

[0024] 图 6 是 RTU 实施图。

具体实施方式

[0025] 以下结合附图对本发明作进一步描述:

[0026] 1) 启动光时域反射仪 OTDR 对指定光纤链路进行测试, 获取光缆测试数据, 绘制光时域反射仪 OTDR 曲线, 如图 1。

[0027] 2) 通过曲线末端噪声确定光纤终点, 噪声前的第一个向上突变的反射点, 如图 1 的 E 点, S 点到 E 点为光纤链路测试数据分布, E 点之后为噪声数据, 不含信号数据, 不需要进行分析。

[0028] 3) 从曲线第一个点到尾端 E 点, 采用最小二乘法 (LSA) 拟合直线 L, 如图 2。

[0029] 4) 根据测试数据点 P 与该点在直线 L 上的投影 P1 的纵坐标差, 如图 2, 计算回损, 进行门限判断, 找出所有大于门限的点, 确定从起始点到尾端 E 之间所有反射事件点 R。

[0030] 5) 根据反射事件 R 点将所测光纤分为若干段,图 2 分为 3 段,在每段光纤内分别确定非反射事件点 N。

[0031] 6) 分别在所分光缆段内进行第二次直线拟合,由于熔接点必然引起光缆的衰耗,曲线在该点会产生向下的突变,在拟合线的上方会产生若干连续点,然后再突然下降到直线 L 之下,这与受噪声影响的数据波动不同,根据该特性可以找出非反射事件,如图 3 的 P 点。

[0032] 7) 第一次拟合不能全部检出段内所有非反射事件,可能有的事件点衰耗较小,附近数据全部在拟合线的下方,需进一步分段查找。根据所找出的熔接点 N,对光缆段再进行细分,划分为更短的光缆段,在该段内再进行直线拟合,进一步查找新的熔接点。这样一直重复,直到没有再找到新的熔接点 N,说明该段已没有超过门限的突变点,基本是一条直线,如图 4 中 3 个非反射事件点 N1、N2、N3,4 段直线拟合 L1、L2、L3、L4。

[0033] 8) 确定事件的起始和结束点,如图 5 游标 A 和游标 B 位置。例如求图 4 事件 N1 的起始和结束点,根据第 (6) 步计算的 P 点值,计算 P 在前段拟合直线 L1 的投影 P1,OTDR 测试数据点在 P 之前,距离 P1 直线距离最短的点,即为事件的起始点。同理求出 P 点在后段拟合直线 L2 的投影 P2,测试点在 P 之后,距离 P2 直线距离最短的点,即为事件的结束点,如图 5 所示。结束点与起始点横坐标的差值为事件盲区,事件起始点与其在 L2 上投影的高度差为事件的衰耗 (dB),事件起始点与光缆头端事件结束点横坐标的差值为该事件点的位置 (km)。同理可以算出测试链路的全程衰耗和距离,以及每段光纤的衰耗和距离。

[0034] 9) 光缆投运正常状态时,光时域反射仪 OTDR 测出的值作为参考数据。以后周期性地对光缆自动测试,并与参考数据进行比对,判断是否产生新的事件,或已有事件点衰耗、光缆段衰耗或全程衰耗与参考数据值之差是否超出预警门限的范围,产生相应的预警报告,并根据所测距离信息,进行故障定位

[0035] 集成 OTDR 模块构建光缆数据采集单元 (RTU),在该设备中通过软件模块实现上述方法,将该设备部署在光缆汇接点,通过设备的外部接口将预警信息发送到中心站 (CO),如图 6。

[0036] 以 VC++ 为例的软件实现方法如下:

[0037] (1) 确定终点

[0038] 计算噪声数据最小值,并查找达到该值最左边的点 leftpts_noisefloor,该点之前的反射事件就是光纤终点。

[0039] int noisefloor = 40 ;// 曲线噪声部分最小值,初始化为 40dB

[0040] int leftpts_noisefloor = 10 ;// 初始化为第 10 个点,因为 OTDR 测试数据前几个点可能小于噪声数据最小值,应排除。

[0041] 从后往前判断测试数据值,如果小于或等于 noisefloor,将 noisefloor 置为该点的值,同时将 leftpts_noisefloor 设为该点,循环结束即可准确找到。

[0042] for(int i = nMaxSamples ;i > 10 ;i--)//nMaxSamples 为 OTDR 测试点数,最前面 10 点不需要判断

[0043] {

[0044] if((WorkTrace[i] <= noisefloor)//WorkTrace[i] 测试数据,如果小于等于 noisefloor

```
[0045]      {
[0046]          noisefloor = WorkTrace[i]; // 置新值
[0047]          leftpts_noisefloor = i; // 置新点
[0048]      }
[0049]  }
[0050]  找噪声前第一个反射点,确定终点。比前两个点的值大,并且大于终点门限。
[0051]  int EndRefTopValue = noisetop+3; //EndRefTopValue 终点反射峰值 (dB),初始
化为比噪声峰值 noisetop 高 3dB,因为 OTDR 测试数据末端有 3dB 的不确定区。
[0052]  for(int j = leftpts_noisefloor ;j > 10 ;j--) // 在点 leftpts_noisefloor 之
前循环查找
[0053]  {
[0054]      if(WorkTrace[j] >= EndRefTopValue) // 找到更大的值
[0055]      {
[0056]          EndRefTopValue = WorkTrace[j]; // 用新值取代
[0057]      }
[0058]      if(WorkTrace[j] > WorkTrace[j-1] && WorkTrace[j] > WorkTrace[j-2]) //
比前两个点的值都大
[0059]      {
[0060]          if(bFindEndReftop == false && WorkTrace[j] > EndRefThres) // 大于终点
反射门限
[0061]          {
[0062]              bFindEndReftop = true; // 找到了
[0063]              EndReftopDot = j; // 保存该点,这就是 E 点
[0064]              bFindEnd = true;
[0065]          }
[0066]      }
[0067]  (2) 分析反射事件
[0068]  从曲线第一个点到尾端 E 点,采用最小二乘法拟合直线 L。
[0069]  LSALine(0, EndReftopDot, kk, bb); //kk 直线 L 斜率, bb 截距
[0070]  确定从光纤起始点到尾端 E 之间所有反射事件 R,查找在直线 L 上方,测试数据点
与该点在 L 上投影的差值,超过反射门限的点。
[0071]  for(i = 0 ;i < EndReftopDot ;i++) // 开始到 E 点
[0072]  {
[0073]      LSASValue = kk*i*DotToKm+bb; //L 上投影值
[0074]      if(! bFind && (WorkTrace[i]-LSASValue > Refthres)) // 差值大于反射门限
[0075]      {
[0076]          Refevtlink.lt_entry[evtcount].nFlag = i; // 保存该点
[0077]          Refevtlink.lt_entry[evtcount].nType = 3; // 事件类型为反射事件
[0078]          bFind = true;
```

```
[0079]     evtcount++; // 事件数加 1
[0080]     }
[0081] }
[0082] (3) 分析非反射事件点 N
[0083] 根据接头 R 将所测光纤分为若干段, 分别在所分光缆区间段再作直线拟合, 在每
段光纤内分别确定非反射事件点 N。
[0084] LSALine(startpts, endpts, kk, bb) ; // startpts 前一个事件点, 即光缆段起点,
endpts 后一个事件点, 即光缆段终点。
[0085] 至少连续 10 个点在 L 上方, 且与投影差的最大值大于事件计算门限, 作为疑似非
反射事件, 再根据最后一次拟合的直线判断该点衰耗是否大于门限, 进行确认。
[0086] double maxdis = 0 ; // 测试值与投影差的最大值
[0087] for(int i = startpts ; i < endpts ; i++) // 在光缆段内查找
[0088] {
[0089]     double ds = kk*i*DotToKm+bb ; // 点 i 投影值, DotToKm 为横坐标点换算为公里
的系数, 即采样分辨率
[0090]     if(WorkTrace[i] > ds) // 测试点在拟合线上方
[0091]     {
[0092]         counter++ ; // 连续点计数
[0093]         if(maxdis < WorkTrace[i]-ds) // 找差值最大的点
[0094]         {
[0095]             maxdis = WorkTrace[i]-ds ; // 点 i 测试值与投影的差值
[0096]             n2Dot = i ; // 保存差值最大的点
[0097]         }
[0098]     }
[0099]     if(WorkTrace[i] <= ds) // 测试点在拟合线下方, 有从直线 L 上方到下方的突变
[0100]     {
[0101]         if(counter >= 10 && maxdis > threshold) // 至少连续 10 个点在拟合线上,
且最大值大于门限, 疑似事件
[0102]         {
[0103]             nonevt.no_of_entries+ = 1 ; // 事件计数加 1
[0104]             nonevt..nFlag = i ; // 保存该事件点
[0105]             nonevt.nType = 2 ; // 事件类型为非反射事件
[0106]         }
[0107]         counter = 0 ; // 复位, 继续循环查找
[0108]         maxdis = 0 ;
[0109]     }
[0110] }
[0111] (4) 分析事件的起始和结束点
[0112] LSALine(Points[evtnum-1], Points[evtnum], kk, bb) ; // 事件 evtnum 前拟合线
```

```
L1,  
[0113] 求事件起始点 n2dot  
[0114] dd = 100000 ;// 两点之间距离  
[0115] for(int k = Points[evtnum]k >= Points[evtnum-1] ;k--)// 事件点之前  
[0116] {  
[0117] // 求两点之间的距离最小值  
[0118] double disxx = (Points[evtnum]-k)*DotToKm*(j-k)*DotToKm ;// (x1-x2) 的平方  
[0119] double disyy = (kk*Points[evtnum]*DotToKm+bb-WorkTrace[k])*  
[0120] (kk*Points[evtnum]*DotToKm+bb-WorkTrace[k]) ;// (y1-y2) 的平方  
[0121] double dis = sqrt(disxx+disyy) ;// 两点之间的距离  
[0122] if(dis < dd)// 如果距离更小  
[0123] {  
[0124] dd = dis ;// 用新值取代  
[0125] nonevt.lt_entry[evtnum].n2Dot = k ;// 保存事件起始点  
[0126] }  
[0127] }  
[0128] LSAline(Points[evtnum],Points[evtnum+1],kk,bb) ;// 事件点 evtnum 之后拟合线 L2,同样的方法求事件结束点 nYdot,代码略。  
[0129] (5) 预警判断  
[0130] 仅以事件点衰耗数据比对为例：  
[0131] if(fabs(mLossTable.lt_entry[i].lLoss-mRefLossTable.lt_entry[i].  
[0132] lLoss)// 与参考数据比对  
[0133] > mFaultThresh.EventLossThresh)// 差值大于事件预警门限  
[0134] {  
[0135] mFInfo.FaultStatus = EVT_FAULT ;// 事件预警  
[0136] mFInfo.FEntry[0].FaultType = EVENT_LOSS ;// 预警类型为事件衰耗预警  
[0137] mFInfo.FEntry[0].Location = mLossTable.lt_entry[i].lLocation ;// 预警位置  
[0138] mFInfo.FEntry[0].Loss = mLossTable.lt_entry[i].lLoss ;// 新的事件衰耗  
[0139] 值  
[0140] mFInfo.LinkInfo = m_curChannelInfo ;// 测试链路信息  
[0140] }  
[0140] 通过 RTU 外部接口发送预警信息 mFInfo,代码略。
```

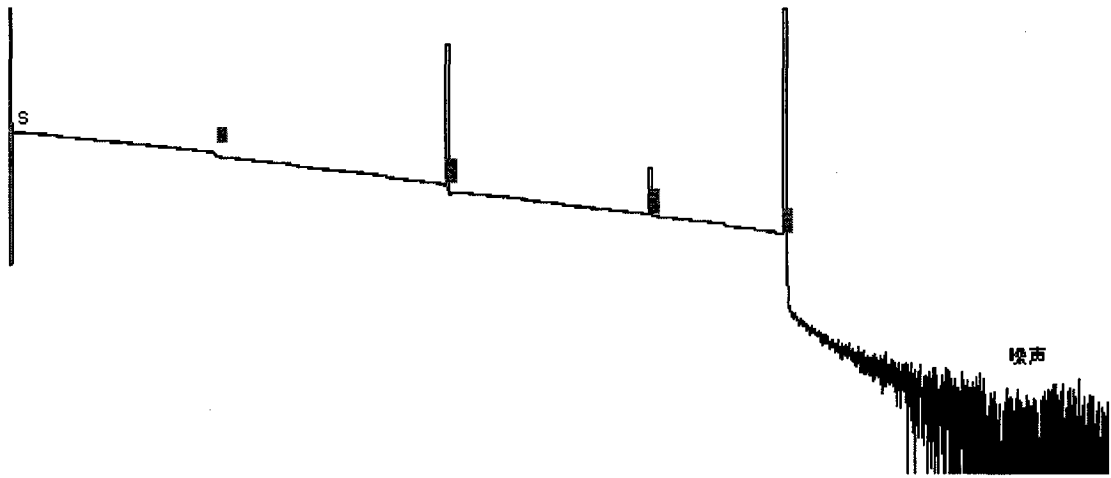



图 1

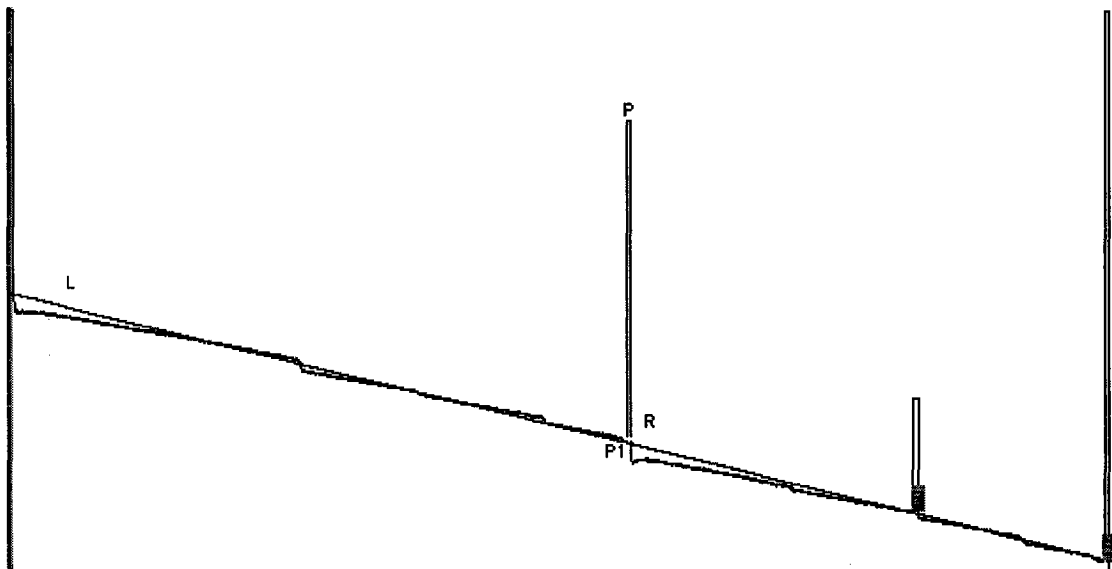


图 2

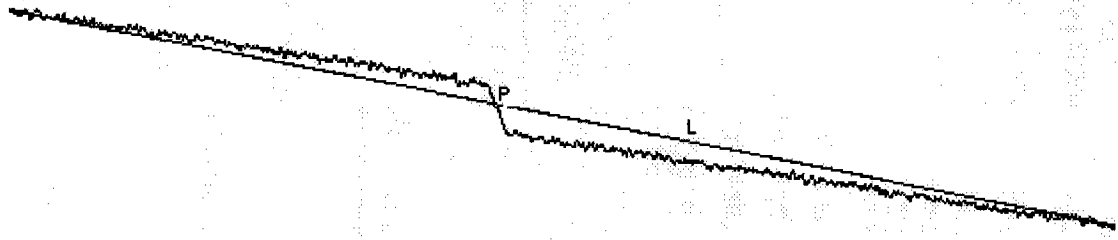


图 3

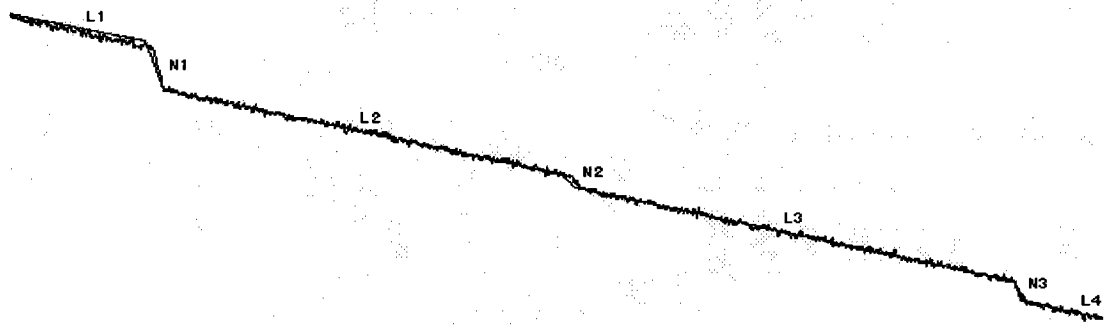


图 4

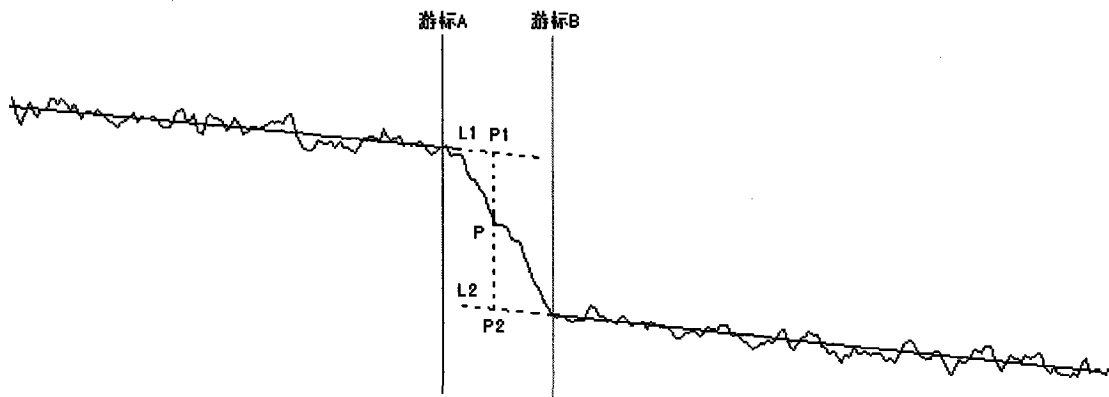


图 5

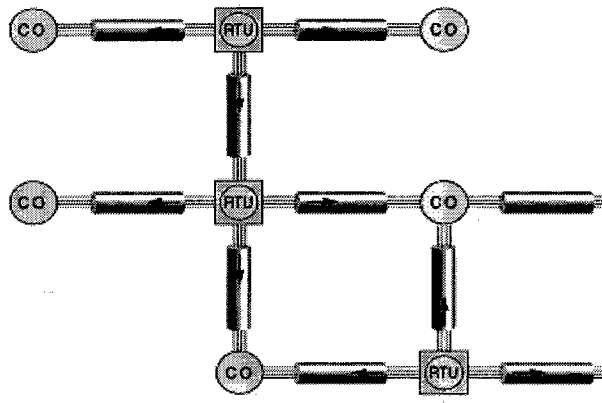


图 6