

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04M 3/22 (2006.01)

H04M 3/30 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01821069.4

[45] 授权公告日 2008 年 10 月 15 日

[11] 授权公告号 CN 100426820C

[22] 申请日 2001.12.17 [21] 申请号 01821069.4
[30] 优先权

[32] 2000.12.22 [33] GB [31] 0031531.7

[86] 国际申请 PCT/GB2001/005564 2001.12.17

[87] 国际公布 WO2002/052822 英 2002.7.4

[85] 进入国家阶段日期 2003.6.20

[73] 专利权人 英国电讯有限公司

地址 英国伦敦

[72] 发明人 理查德·麦克斯维尔

补赖恩·亚瑟·弗莱彻

[56] 参考文献

CN1203000A 1998.12.23

CN1237303A 1999.12.1

审查员 张蔚

[74] 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

代理人 李辉

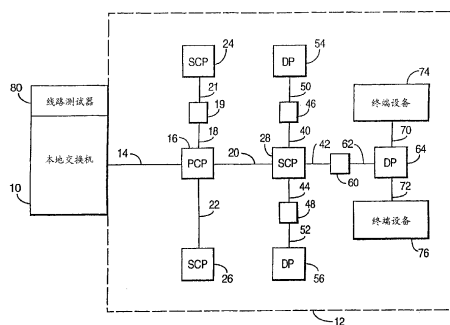
权利要求书 2 页 说明书 20 页 附图 19 页

[54] 发明名称

通信网故障管理系统的操作方法和通信网故障管理设备

[57] 摘要

本发明公开了一种用于操作构成通信网的一部分的接入网的故障管理系统的方法。在该接入网中，一对铜线形式的终接线通过一系列节点从本地交换机(10)延伸到为网络用户提供的终端设备。该故障管理系统包括测试头(104)和接入网管理系统(102)。测试头(104)在每个夜间对每条终接线进行一系列测试。将测试结果传送到接入网管理系统(102)。然后，根据一组参数对该测试结果进行分析，以识别可能表示在例如 1 年的预定期间内在相关联线路上可能发生故障的特性。然后，可以做进一步分析以确定在网络的地下部分或地上部分实际发生故障和/或是否将发生潜在故障的概率。



1. 一种操作通信网的故障管理系统的方法，所述通信网包括交换机和将所述交换机连接到为通信网用户提供的终端设备的一个或者多个终接电路的接入网，每个所述终接电路通过位于所述交换机与其相应终端设备之间的一个或者多个节点，所述方法包括以下步骤：

对至少一个子集的所述终接电路中的每个电路进行电路测试，并对这样测试的每个电路产生测试结果，每个测试结果包括测试数据的一个或者多个元素；

把每个电路的测试数据的一个或多个元素与一组参数进行比较，其中该组参数定义了可能在预定时段内发生故障的电路的特性；

如果每个元素落入所述参数的范围内，把相关联的电路分类为可能在预定时段内发生故障；以及

确定每个被分类的电路在预定时间段内发生故障的概率；

其中电路发生故障的概率包括一个表示在网络的地下部分发生故障的概率的元素和一个表示在网络的地上部分发生故障的概率的元素；

其中把两个概率组合以计算故障最可能在网络的空中部分还是地下部分发生。

2. 根据权利要求1所述的方法，其中一个网络单元中的每个电路的发生故障的概率和/或分类被组合以在总体上提供该网络单元的概率和/或分类。

3. 一种用于通信网的故障管理设备，该通信网包括交换机和将所述交换机连接到为通信网的用户提供的终端设备的终接电路接入网，每个所述终接电路通过位于所述交换机与其相应终端设备之间的一系列节点，所述故障管理设备包括：

电路测试设备，对其进行设置以对所述终接电路进行电路测试以产生测试结果；

存储器，含有与所述终接电路有关的数据；

用于把每个电路的测试结果的一个或多个元素与一组参数进行比较的装置，其中该组参数定义了可能在预定时段内发生故障的电路的特性；

用于在每个元素落入所述参数范围内的情况下、把相关联的电路分类为可能在预定时段内发生故障的装置；以及

用于确定每个被分类的电路在预定时间段内发生故障的概率的装置；

其中电路发生故障的概率包括一个表示在网络的地下部分发生故障的概率的元素和一个表示在网络的地上部分发生故障的概率的元素；

其中把两个概率组合以计算故障最可能在网络的空中部分还是地下部分发生。

4. 根据权利要求3所述的设备，其中一个网络单元中的每个电路的发生故障的概率和/或分类被组合以在总体上提供该网络单元的概率和/或分类。

通信网故障管理系统的操作方法和通信网故障管理设备

技术领域

本发明涉及一种在通信网的终接电路中管理故障的故障管理系统，而且还涉及一种操作这种故障管理系统的方法。

背景技术

传统的通信网包括较少数量的互连主交换机和大量分别连接到一个或者两个主交换机的本地交换机。本地交换机连接到网络的终接电路，而这些电路的远端连接到为网络用户提供的、诸如电话装置的终端设备。由主交换机和本地交换机构成的网络被称为核心网，而由终接电路构成的网络被称为接入网或本地环路。在本说明书中，将其称为接入网。某些终接电路连接到远程集线器，该远程集线器可以具有也可以不具有交换能力。然后，该远程集线器连接到本地交换机。在本说明书中，可以认为术语“本地交换机”涵盖了本地交换机和远程集线器。

在传统的接入网中，每个终接电路均由一对铜线构成。通常，每对铜线通过位于本地交换机与终端设备之间的一系列节点（或网络单元）。这种节点的例子有：初级交接点、次级交接点、分配点（DP）、电缆节点以及接头。

最近，光纤已经用于承载接入网中的终接电路。在现代接入网中，铜线对和光纤均用于承载终接电路。如果终接电路由光纤承载，则该电路通常通过位于本地交换机与终端设备之间的几个节点。在每个节点，来自本地交换机的引入光纤被分离为一组分路到各方向的引出光纤。如果终接电路由来自本地交换机的光纤承载，则该电路的末端部分可以由一对铜线承载。不幸的是，终接电路易出故障。在终接电路由一对铜线承载的情况下，这种故障的例子有：断路、在一对导线的两条导线之间发生短路以及在其中一条导线与地之间发生短路。在传统接入网由导线

对构成的情况下，发生故障的原因包括水进入节点以及对节点造成的物理损伤。

在客户报告发生故障时，可以测试终接电路，以识别故障原因。然后，可以对故障进行维修。然而，在修复故障之前，用户不能使用。

已经知道，例如在晚上如何对接入网内的每个终接电路进行一系列例行电路测试。这种例行测试可以检测终接电路上的故障。然后，就有可能在终接电路的用户注意到服务不能使用之前修复故障。我们还知道，测量接入网各节点的操作质量。如果节点的操作质量糟糕，则有可能在通过该节点的终接电路中发生故障。然而，尽管可以测量节点的操作质量，但是当前系统不对网络管理员提供信息以指出何时操作质量有可能变得不能接受地差。

发明内容

根据本发明的一个方面，提供了一种操作通信网的故障管理系统的方法，所述通信网包括交换机和将所述交换机连接到为通信网用户提供的终端设备的一个或者多个终接电路的接入网，每个所述终接电路通过位于所述交换机与其相应终端设备之间的一个或者多个节点，所述方法包括以下步骤：

对至少一个子集的所述终接电路中的每个电路进行电路测试，并对这样测试的每个电路产生测试结果，每个测试结果包括测试数据的一个或者多个元素；

把每个电路的测试数据的一个或多个元素与一组参数进行比较，其中该组参数定义了可能在预定时段内发生故障的电路的特性；

如果每个元素落入所述参数的范围内，把相关联的电路分类为可能在预定时段内发生故障；以及

确定每个被分类的电路在预定时间段内发生故障的概率；

其中电路发生故障的概率包括一个表示在网络的地下部分发生故障的概率的元素和一个表示在网络的地上部分发生故障的概率的元素；

其中把两个概率组合以计算故障最可能在网络的空中部分还是地下部分发生。

通过提供电路何时可能发生故障的指示，可以在先地（即，在潜在故障实际发生之前）维修网络。该方法还有助于指定网络维护计划。

根据本发明的另一个方面，提供了一种用于通信网的故障管理设备，该通信网包括交换机和将所述交换机连接到为通信网的用户提供的终端设备的终接电路接入网，每个所述终接电路通过位于所述交换机与其相应终端设备之间的一系列节点，所述故障管理设备包括：

电路测试设备，对其进行设置以对所述终接电路进行电路测试以产生测试结果；

存储器，含有与所述终接电路有关的数据；

用于把每个电路的测试结果的一个或多个元素与一组参数进行比较的装置，其中该组参数定义了可能在预定时段内发生故障的电路的特性；

用于在每个元素落入所述参数范围内的情况下、把相关联的电路分类为可能在预定时段内发生故障的装置；以及

用于确定每个被分类的电路在预定时间段内发生故障的概率的装置；

其中电路发生故障的概率包括一个表示在网络的地下部分发生故障的概率的元素和一个表示在网络的地上部分发生故障的概率的元素；

其中把两个概率组合以计算故障最可能在网络的空中部分还是地下部分发生。

附图说明

现在将参考附图作为例子更详细说明本发明，附图包括：

图1是构成可以采用本发明的通信网的一部分的接入网和相关联的本地交换机的方框图；

图2是示出用于为图1所示的接入网提供实现本发明的故障管理系统的通信网的各部件的方框图；

图3是示出在测试终接电路时所做的一些测量的电路图；

图4是示出在识别网络上的故障的过程中故障管理系统中执行的处理过程的流程图；

图5至图10是图4所示处理过程使用的数据表以及数据和参数；

图11是为了获得关于网络上的故障的参考数据，故障管理系统所执行的各步骤的流程图；

图12至图18是图11所示处理过程使用的数据表以及参数和数据；以及

图19是示出在通信系统内使用本发明获得的数据的曲线图。

具体实施方式

现在，参考图1，图1示出本地交换机10和与本地交换机10相连的传统接入网12。本地交换机10和接入网12构成通信网的一部分。本地交换机10连接到接入网12的终接电路或线路。通常，本地交换机连接到几千个终接电路。每个终接电路或线路通过几个节点，然后达到其相应终端设备。这些节点包括初级交接点、次级交接点、分配点（DP）以及中继点（junction），以下将说明这些节点的例子。

在图1所示的传统接入网12中，每个终接电路或线路均由一对铜线构成。铜线以一条或者多条电缆的形式离开本地交换机10。图1示出这些电缆之一，并利用参考编号14表示该电缆。从交换机10引出的电缆14的远端连接到初级交接点16，可以将该初级交接点16设置到街道接线箱或地下分线盒内。从初级交接点16引出的终接线作为电缆分路到几个方向。为了简洁起见，在图1中仅示出3条电缆18、20和22。电缆18的远端连接到接头19。接头19通过电缆21连接到次级交接点24。电缆20和22的远端分别连接到次级交接点26和28。为了简洁起见，未示出延伸到次级交接点24和26以外的终接线。将次级交接点24、26和28设置在分线盒内，分线盒可以位于地上也可以位于地下。

从次级交接点28引出的终接线再一次以电缆形式分路为几个方向。作为示例，图1示出电缆40、42和44离开次级交接点28。电缆40和44分别连接到接头46和48。接头46和48分别连接到其远端连接到分配点54和56的电缆50和52。电缆42的远端连接到接头60。接头60通过电缆62连接到分配点64。为了简洁起见，未示出分配点54和56以外的终接线。

分配点被实现为分线盒，分线盒通常位于电话线杆上。从每个分配点引出的终接线被分路为单铜线对，连接到为网络用户设置的终端设备。作为示例，图1示出两条单铜线对70、72离开分配点64。铜线对70和72的远端分别连接到终端设备74、76。众所周知，终端设备可以取各种形式。例如，终端设备可以是位于电话间内的电话机、位于家里或者办公室里的电话装置，或者位于客户房屋里的传真机或计算机。在图1所示的例子中，每个接头19、46、48和60均用于将两条电缆连接在一起。各接头还可以用于将两条或者更多条小电缆连接到一条大电缆。

在每条终接线上，每对中的两条导线被指定为A导线和B导线。为了将电流送到该终接线，在本地交换机10上，在A导线与B导线之间施加50V的偏压。由于在早期的交换机中利用电池施加偏压，所以还将偏压称为电池电压。在终端设备中，利用电容器连接A导线和B导线，在不使用终端设备时，可以检测到电容器的存在。

接入网10内的终接线容易出故障。这些故障的主要原因是，水进入在本地交换机10与终端设备之间终接线通过的节点以及对节点的物理损伤。因为节点的原因造成的主要故障有5种。这些故障是：断路、短路、故障电池电压、接地故障以及低绝缘电阻。在终接线在本地交换机与终端设备之间发生中断的位置发生断路。在终接线的A导线与B导线连接在一起的位置发生短路。在终接线的A导线或B导线与另一条终接线的B导线发生短路连接的位置出现故障电池电压。在A导线或B导线连接到地线或另一条终接线的A导线的时候发生接地故障。在A导线与B导线之间或这两个导线之一与地线之间或这两个导线之一与另一条终接线的一条导线之间的电阻低于容许值的位置出现低绝缘电阻。

为了检测接入网12的终接线上的故障，对本地交换机10提供线路测试器80。线路测试器80可以由本地交换机10管理，也可以由远程位置管理（以下做更详细说明）。线路测试器80能够进行各种测试，以下将对其几个例子进行说明。市售的本地交换机线路测试器有多种型号。在本例中，线路测试器80是Teradyne和Vanderhoff测试设备之一。在某些情况下，可以使用两种测试设备。除了产生线路的电阻、电容以及电压的

测量数据外,这些设备还产生被称为终接语句(Termination Statements)的其它数据,诸如“振铃环路”(Bell Loop)、“主插孔环路”(Master Jack Loop)以及“桥接”。这些终接语句是该设备所要检测的特殊线路条件。

现在参考图2,图2示出本地交换机10以及为接入网12提供故障管理系统的通信网的各部件。这些部件包括:线路测试器80、通信网的客户服务系统100以及接入网管理系统102。线路测试器80包括:测试头104,含有利用物理方法进行线路测试的电子设备;以及控制器106,用于控制测试头104。控制器106采取计算机形式。控制器106可以由与其相连的工作站108操作,并设置在本地交换机10上。控制器106还连接到客户服务系统100和接入网管理系统102,而且可以由连接到客户服务系统100或接入网管理系统102的工作站操作。

客户服务系统100也是计算机,而且可以由与其相连的多个工作站中的任何一个操作。在图3中示出一个这种工作站,并利用参考编号110表示该工作站。接触该网络的客户的通信网操作员使用客户服务系统100。这些操作员和客户服务系统一起为客户提供各种服务。

接入网管理系统102也是计算机,而且它可以由多个工作站之一操作。图3示出其中一个工作站,并利用参考编号112表示该工作站。接入网管理系统102负责管理接入网12以及与接入网12位于同一个广义地理区域内的多个其它接入网。接入网管理系统管理它所管理的每个接入网的各种操作。这些操作包括:提供新设备,记录关于工程师在网络上执行的工作的数据、对关于每次接入网的故障检测和管理过程的终接线和节点的数据进行维护。与接入网管理系统102相连的各工作站还连接到客户服务系统100。如图3所示,客户服务系统100与接入网管理系统102连接在一起。

客户服务系统100和接入网管理系统102执行的、与检测和管理接入网12内的故障无关的操作不属于本发明范围,因此不做进一步详细说明。

尽管在本例中,接入网12的故障管理系统由线路测试器10、客户服务系统100以及接入网管理系统102构成,但是也可以仅仅由线路测试器

80本身实现故障管理系统。为此，需要对构成控制器106的计算机附加适当软件。在小型网络中，这可能是实现故障管理系统的合适方式。然而，在大型网络中，将故障管理系统集成到客户服务系统100和接入网管理系统102内是有利的。

对控制器106进行编程以使测试头104每晚对接入网12的每条终接线进行一系列例行测试。将参考图3所示的电路对这些测试进行说明。

为了测试一条线路，使线路与交换机10断开，并将其连接到测试头104。图3示出被测试的线路300。线路300具有A导线302和B导线304。线路300远离交换机10的一端连接到终端设备306。线路302和304的电阻分别取决于其直径和从本地交换机到终端设备306的距离。导线302和304均喷涂了绝缘材料。绝缘材料的作用是在每条导线与相邻导线之间提供绝缘。损坏绝缘材料或者导线金属发生氧化均可能使两条相邻导线之间的电阻降低。

通过测量A导线302与B导线304之间的电阻 R_1 以及B导线304与A导线302之间的电阻 R_2 ，可以确定导线302、304之间的绝缘效力。因为二极管D1和D2的整流，所以电阻 R_1 与 R_2 可能不同。对于良好条件下的电路，电阻 R_1 和 R_2 高，大于1兆欧。损坏绝缘材料或发生氧化会使电阻 R_1 和 R_2 降低，降低量取决于损坏或氧化的严重性。如果绝缘材料完全被破坏，以致A导线与B导线互相物理接触在一起，则电阻 R_1 、 R_2 的值取决于测试头80与损坏点之间的距离，但是通常在0至1500欧姆范围内。氧化会导致各导线互相实际接触。

只有被测试的线路300的A导线302和B导线304被断开。在其它线路上，将50伏的偏压施加到A导线与B导线之间。在图3中，利用在交换机10内接地的导线310集总地示出其它线路的A导线。利用在交换机内连接到-50伏电势的导线312集总地示出其它线路的B导线。

如果用于将A导线302或B导线304与相邻A导线或B导线隔离开的绝缘材料损坏，或者如果导线之一被氧化，则会出现电流。通过测量A导线302与相邻A导线310之间的电阻 R_3 、A导线302与相邻B导线312之间的电阻 R_4 、B导线304与相邻A导线310之间的电阻 R_5 以及B导线304与相邻B导线312之

间的电阻R6，可以确定A导线302和B导线304与相邻A导线和B导线之间的绝缘效力。

对于良好电路，电阻R3、R4、R5、R6高，大于1兆欧。损坏绝缘材料会使一个或者多个电阻R3、R4、R5、R6降低，降低量取决于损坏严重性。如果A导线302或B导线304与相邻导线之间的绝缘材料全部被破坏，以致两条导线互相物理接触，则两条接触导线之间的电阻取决于测试头80与损坏点之间的距离，但是通常在0至1500欧姆之间。氧化也会导致两条导线互相实际接触。

A导线302和B导线304以及它们之间的绝缘材料起到电容器的作用。在图3中，所示的A导线与B导线之间的电容具有电容值C1。一个线路的A导线与B导线之间的电容值取决于线路的长度。断开线路300将降低从测试头80测量的电容值C1。图3还示出位于A导线302与地线之间的电容C2以及位于B地线与地线之间的电容C3。

每天晚上，控制器106使测试头80测量接入网12的每条终接线的电阻R1、R2、R3、R4、R5、R6以及电容C1、C2、C3。控制器106还使测试头80检查是否存在终端设备连接到该线路的末端。终端设备具有标准电容值。在连接终端设备时，从测试头测量的电容中减去其电容值以获得电容C1。对于每条终接线，根据其在接入网管理系统102内的目录号码存储测试结果。

控制器106将测试结果发送到接入网管理系统102。接入网管理系统102检验每条终接线的一系列测试的测试结果，以确定是否存在可疑故障。可能的故障包括断路、短路、故障电池电压、接地故障以及低绝缘电阻。在怀疑存在故障时，根据其在与该线路相关联的交换机内的目录号码或标识符，将该线路的故障名称和测试结果存储到接入网管理系统102内。接入网管理系统102的操作员可以重新检查每天晚上发现的可疑故障细节。适当时，操作员可以发出维修故障的指示。

还对接入网管理系统102进行设置以对从夜间测试中采集的数据做一些进一步处理。该进一步处理用于测试潜在故障，而非实际故障，以便在适当时，可以在客户检测到故障前，做补救工作。这些测试利用上

述电阻测量值和电容测量值来提供一个给定线路在给定时段内有可能发生故障的指示。该测试还发出指出是位于地下的网络部分可能发生故障，还是位于空中的网络部分可能发生故障的指示。故障是发生在地下还是发生在空中对该故障的维修成本具有显著影响，因此，它是确定首先应该处理许多潜在故障中的哪个故障的重要因素。

现在将参考图4概述接入网管理系统102所执行的处理，并在以下详细说明该处理过程的例子。在步骤401，或者响应于收到的适当数据自动开始该处理过程或者由操作员人工开始该处理过程，然后，处理过程进入步骤403。在步骤403，利用已知方法（以下将做详细说明），分析上述所有线路的测试数据以识别存在的故障。这些故障被称为“硬故障”，而且将这些故障分为两类，即断路故障和整流环路故障，这些故障具有可识别的电特性，该可识别电特性可以将它们识别为上述类型的故障。

一旦识别了这些硬故障，处理过程进入步骤405，在步骤405，进一步分析剩余测试数据。该分析需要进一步检验测试数据以识别其特性指出在预定时段内有可能发生硬故障的线路。从历史数据中导出用于确定此情况的参数。

在步骤407，对被识别为具有预期硬故障的线路的数据做进一步分析以评估在规定周期（在本实施例中为一年）内发生故障的可能性。正如在步骤405中那样，根据历史数据和用于被测试的每条线路的得分结果，对每条线路进行这种分析。然后，在步骤409，进一步分析该数据以发出该故障可能发生在网络的空中（OH）部分、或者地下（UG）部分的指示，给出在其中每个区域发生故障的得分或者概率。然后，在步骤411，将UG得分和OH得分组合在一起以提供总得分，利用总得分判定最可能在UG还是在OH发生预期故障。

最后，在步骤413，将通过诸如DP或电缆节点的网络单元的每条线路的得分累加在一起以得出该单元的得分，即给出该单元下一年发生硬故障的概率。然后，可以根据其UG得分、其OH得分和/或其组合得分对该网络单元进行计分。然后，可以对一组网络单元，例如位于给定地理区域内的那些网络单元进行评定，以确定最需要进行预防性维护的那些单元。

现在，将利用用于说明以上参考图4概括说明的方式处理的、从通过公共DP的一组线路获得的测试数据的工作实例进一步描述本发明。图5示出通过DP的9条线路中每条线路的测试数据。对于每条线路，测试数据包括位于A导线与地线之间的、位于A导线与B导线（当前测量值和先前测量值）以及B导线与地线之间的4个电容测量值。该数据还包括每条线路的距离测量值以及A导线、B导线、电池以及地线的每种组合之间的电阻测量值。这些测量值相当于上述参考图3说明的电容C1、C2、C3以及电阻R1、R2、R3、R4、R5、R6。此外，Vanderhoff设备和/或Terradyne设备还提供导线A与导线B之间的先前电容读数和—个终接标记（Term）。

如上所述，该处理过程的第一步是识别硬故障。这是通过依次分析每条线路的测试数据并确定该测试数据是否落入下面的图6列出的一组参数内实现的。对于图5所示测试数据的每个元素，图6定义一个阈值，如果该元素超过该阈值，则可能表示该线路存在断路硬故障。根据一个规则，针对图6所示参数，对图5的线路测试数据的每个元素进行比较。以下是该规则：

```

IF resistance A to Earth>=VD3
AND    resistance B to Earth>=VD4
AND    resistance A to Battery>=VD5
AND    resistance B to Battery>=VD6
AND    resistance A to B>=VD7
AND    resistance A to B>=VD8
AND ((A-B Capacitance drop>VD1 from previous value) AND
      (A-B Capacitance<VD2))
      OR (Capacitance Balance>VD9)
      OR (MIN(Capacitance A-Earth, Capacitance B-Earth)<VD10))
AND ((termination statement to “No termination”)
      OR (from Vanderhoff “Bell Loop”)
      OR (from Vanderhoff “Master Jack-loop”)
      OR (from Teradyne “Bridged”))

```

THEN the circuit has a HARD FAULT.

取上述图5所示的线路1的数据并利用上述图6中的参数，可以看出所有电阻测量值都大于参数（即，700,000欧姆的所有电阻测量值大于1兆欧的阈值），3个电容测量值中的2个电容测量值落入给定范围内，满足Teradyne“桥接”标记。因此，满足该规则中的每个子句，表示在线路1上存在断路硬故障。

以上说明的处理过程的下一步是分析测试数据以识别任何整流环路硬故障。图7示出用于识别整流环路硬故障的测试数据参数，再次利用一个规则以把参数应用于数据。以下是用于整流环路检测的规则：

Where the B leg to A leg MIN=MIN (B leg to A leg resistance, A leg to B leg resistance) AND

the B leg to A leg MAX=MAX (B leg to A leg resistance, A leg to B leg resistance)

Then IF B-leg to A-leg MIN $\leq$ TR1 Ohms

AND B-leg to A-leg MIN $>$ TR2

AND B-leg to A-leg MIN is NOT between TR4 and TR3

AND B-leg to A-leg MAX $>$ TR5 x B-leg to A-leg MIN

AND (resistance A to Battery $\leq$ TR7

OR resistance B to Battery $\leq$ TR8

OR resistance B to Earth $\leq$ TR9

OR resistance B to Earth $\leq$ TR10

THEN the circuit has a Rectified Loop Hard Fault.

对于图5所示测试数据的每个元素，图7定义一个阈值，如果元素超过该阈值，则可能表示该线路存在整流环路硬故障。根据一个公式（以下列出），针对图7所示参数，对图5所示的线路的测试数据的每个元素进行比较。从上述图5中取线路2的数据并应用该规则，可以看出，满足该规则的每个子句，即B到A支线最小电阻在10与30k欧姆之间，而不在700至5000欧姆范围内，B到A支线最大电阻不大于B到A支线最小电阻的两倍，

而且至少到地线或电池的A或B的电阻之一小于或者等于400k欧姆。因此，认为线路2具有整流环路硬故障。

一旦为了识别硬故障而对所有线路的测试数据进行了分析，则处理测试数据的过程转移到上述下一阶段，对该数据做进一步分析。做进一步分析的目的是识别其特性暗示出在规定的时段内有可能发生故障，但是还未发生硬故障的这些线路。再次根据一个规则，针对图8列出的一组阈值，分析该数据。

用于识别预期硬故障的规则依次检查测试数据的每个元素并确定它是否在图8定义的每个元素的两个阈值范围内。对落入该阈值范围内的元素的数量进行计数，而且如果它超过另一个阈值，则认为该线路具有预期硬故障。以下是该规则：

```
FOR N=AHF 1 to AHF 19
  IF Threshold 1 (N)<Test-Read (N)<Threshold2 (N)
    THEN Anticipated Hard Faults = Anticipated Hard Faults +1
  (Count)
END IF AHF 2<= Anticipated Hard Faults
THEN the circuit has an Anticipated Hard Fault.
```

除了电阻测量值和电容测量值之外，还可以设置该测试设备产生一组电压测量值。在线路B为负以及在它为正时，包括线路A与负地线/正地线、线路B与负地线/正地线以及线路A与线路B之间的6个DC电压测量值。电压测量值还包括线路A与线路B之间以及它们分别与地线之间的3个AC电压测量值。在处理过程中，这些电压测量值可以用于识别预期硬故障，并据此说明详细的例子。然而，使用电压测量值是可选的，而且可以利用它们进行处理。在本例中，线路2的电压测量值示于图8所示表中的“实际”列中。未示出其它线路的电压测量值。

取图5中的线路2的测试数据，可以看出A到B和B到A的电阻测量值均在规定的限制内，与电压测量值AHF 8、9和12一样。因此，5个参数是总得分超过阈值参数的原因，所以认为线路2具有预期硬故障。

现在，已经指定线路2具有预期硬故障，即，预期在1年的规定时段内，线路2显示硬故障，处理过程的下一个阶段是确定事件发生的概率。即，该线路的电特性的劣化延续到一个可能使线路质量受影响的范围的概率。此外，处理过程再次结合下面的一对规则使用图9所列的一组参数：

那么，电特性故障的概率如下

FOR n=PB1 to PB19

A-IF Lower Limit (n) < Upper Limit (n)

AND Upper Limit (n) > Test Read (n) => Lower Limit (n) THEN

Prob.of Failure (n) = Minimum $\left(1, \frac{(Upper.Limit.(n) - Test.Read.(n))}{(Upper.Limit.(n) - Lower.Limit.(n))} \right)$

ELSE Probability of Failure (n)=0.0

B-IF Lower Limit. (n) > Upper Limit. (n)

AND Upper Limit (n) <= Test Read (n) < Lower Limit (n) THEN

Prob.of Failure (n) = Minimum $\left(1, \frac{(Test.Read.(n) - Upper.Limit.(n))}{(Lower.Limit.(n) - Upper.Limit.(n))} \right)$

ELSE Probability of Failure (n)=0.0

IF none of the above satisfied default the probability of Failure =0.0

对于测试数据的每个元素，图9所示的参数包括一组极限，上述规则利用这组极限确定测试数据的特定元素是否在在1年内将发生硬故障的范围内。如果该元素不在该范围内，则赋予它的故障概率为0。如果该元素在该范围内，则表示在1年内有可能发生硬故障。在这种情况下，上述规则基于测试数据的元素与图9定义的该元素的上限和下限之间的相对差值。换句话说，由于上限是在1年内有可能发生硬故障的程度，下限是临近发生硬故障的程度，所以利用测试数据的元素相对于上限多么接近下限来确定概率。

上述两个规则，即规则A和规则B用于进行同样的计算，但是规则A是为了在参数范围为正时使用而设计的，而规则B是为了在参数范围为负时使用设计的。在图9所示的“类型”列中标注为类型A或类型B时，就应该采用哪个规则。

取线路2的测试数据的第一元素—PB1, 22700欧姆的电阻测量值在上阈值和下阈值范围内, 所产生的概率为0.98。同样, PB6—351, 656欧姆的电阻测量值产生的概率为0.64。

一旦对测试数据的每个元素计算了概率, 则在处理过程的下一个阶段, 根据是否该元素被预期表示故障发生在网络的地上部分还是地下部分, 来修改每个概率。这是可能的, 因为特定某些电特性可以与归因于电缆的特定物理环境的、电缆的特定退化类型相关。通过利用地下(UG)的权重和地上(OH)的权重修改乘以每个概率, 进行该修改过程, 从而对每个事件数据元素获得两个修订概率。然后, 将所有UG概率累加在一起, 并将所有OH概率累加在一起, 以给出该线路的OH得分和该线路的UG得分。以下是计算这些得分的公式:

$$\text{OH得分} = \sum_{\text{对于所有测试 (从PB1到PB19)}} (\text{故障概率}(n) \times \text{OH.权重}(n))$$

$$\text{UG得分} = \sum_{\text{对于所有测试 (从PB1到PB19)}} (\text{故障概率}(n) \times \text{UG.权重}(n))$$

图10示出UG得分为38.85而OH得分为49.39的线路2的测试数据的计算值。根据上述规则, 将UG加权系数和OH加权系数应用于累加在一起的测试数据的每个元素的概率后累加在一起, 获得这些得分。从图10中可以看出, 对于电阻测量值, 其中一个加权系数的电阻测量值为0。这意味着, 有关元素不明显表示该种类型(OH或UG)的故障, 因此其概率的权重为0。根据经验数据, 即根据已经发生的实际故障的数据, 应用加权程度。

处理过程的下一阶段根据该线路的总UG和OH得分确定一个组合得分, 将该组合得分与一个阈值进行比较以给出最可能发生预期硬故障的地方的指示, 即给出在OH网络或UG网络上是否将发生故障的指示。利用如下规则将线路的OH和UG得分组合在一起。

$$\text{角度} = \frac{ANG1 \times OH.\text{得分}}{\sqrt{ANG1 \times (OH.\text{得分})^2 + (ANG2 \times (UG.\text{得分}))^2}}$$

然后，利用如下规则将组合的OH与UG得分的“角度（angle）”与一个阈值角度进行比较。如果组合得分角度大于阈值，则预期该预期故障发生在空中，而如果小于阈值角度，则预期该故障发生在地下。以下列出确定此情况的规则。

If ANGLE $\geq$ Sine(ANG3)

THEN anticipated fault is located in the OVERHEAD NETWORK

If ANGLE $<$ Sine (ANG3)

THEN anticipated fault is located in the UNDERGROUND NETWORK

（ANG1、ANG2和ANG3是变量，在此例中，ANG1和ANG2被设置为整数1而ANG3被设置为45度。可以利用这些变量修改上述算法的特性。）

继续该例子，根据上述公式将38.85的OH得分和49.39的UG得分组合在一起以给出62.86的组合得分。然后，利用其计算角度，该角度为0.7867，它大于Sine(45)=0.7071，表示可以预期在空中网络上发生预期故障。

继续该测试数据的处理，直到以上述方式对被调查的所有线路进行了处理并且这些线路或者被识别为硬故障、预期硬故障或者被识别为没有故障。可以根据其空中得分、地下得分或者组合得分对预期具有硬故障的线路进行评定或排序。因此，这样可以按照那些最可能最早变为硬故障的预期硬故障以及按照故障的位置对预期硬故障的在先修理进行优先级化。故障的位置是安排修理所需的一个重要内容，因为修理工的技术和修理成本通常对于地下故障和空中故障明显不同。

如上所述，网络线路通过诸如DP或电缆节点的互连点。通常，在这些点发生故障，因为这些点是各电缆互相实现物理连接的地方，因此这些点是连接或绝缘最有可能发生断裂并导致故障的地方。因此，如果如上所述对通过给定DP或其它网络单元的所有线路的测试数据进行处理，则可以将其组合在一起以给出网络单元的得分。将通过网络单元的每条线路的UG得分、OH得分以及组合得分累加在一起以给出该单元的总得分。

在进行或计划在先网络维护时，具有各单元本身的得分具有进一步优点。例如，可以利用其OH得分或其UG得分评定所有DP，这样可以正确识别将修理给定故障的工程师所需的技术组。此外，得分（UH，OH和组合得分）可以用于判定应该首先修理具有硬故障的许多单元中的哪个单元。例如，两个DP分别具有两个硬故障，而且其中一个还具有非常高的UG得分、OH得分或组合得分，这样使得该DP最有可能在不久的将来显示其它硬故障，该DP更急需修理。

可以进一步对网络管理系统102进行设置以对从夜间测试中采集的数据进行处理，所提供的结果指出在预定时段内修理网络的可能的未来成本。该处理过程考虑到了已经识别到的硬故障以及预期硬故障。现在，将参考图11概括说明该处理过程，而且还在以下更详细说明其例子。在步骤1101，或者响应于收到的适当数据自动开始该处理过程，或者由操作员人工开始该处理过程，然后，该处理过程进入步骤1103。在步骤1103，以上述参考图4的步骤403说明的同样方式识别并分类硬故障（为断路还是整流环路），并以步骤405的同样方式识别预期硬故障。此外，根据上述参考图4所示的步骤407描述的步骤对测试数据的每个参数计算故障概率。

在步骤1105，在计算与有关线路的最终得分过程中，根据其重要性对每个概率加权，然后，将每个单元的概率（被加权之后）与一些其它系数累加在一起以给出线路的总得分，被称为AFS得分。在步骤1103，进一步根据线路是否被识别为具有硬故障和/或预期故障，对该得分加权。对已经采集了测试数据的每条线路执行步骤1103和1105。在下一步骤1107，如果缺少1条或者多条线路的数据，则应用平滑算法，其作用是补偿丢失数据，以使处理结果不出现偏差。

接着，在步骤1109，以上述图4所示的步骤409和411的同样方式对存在数据的网络单元的每条线路计算UG概率、OH概率和组合概率。与上述步骤411相同，也进行计算以确定预期故障是UG故障还是OH故障。接着，在步骤1113，根据3个单独公式将累加数据组合在一起以给出DP的总得分。这3个公式考虑了修理特定类型故障的相对成本，因此，AFS得分可

以用于估计或者预测在预定周期内维护网络单元的成本。在步骤1115, 根据其它DP和网络单元的等效得分, 利用UG得分、OH得分以及组合得分评定当前DP。因为可以估计来年的维修成本, 所以根据相对成本评定网络单元有助于网络管理员做预算。评定的数据还使网络上应该进行预防性维护努力的点表现得醒目。

现在, 将利用工作实例说明本发明, 该工作实例说明以参考图11概括说明的方式处理的、通过DP的一组线路的测试数据。使用的图5中的测试数据的例子与参考图4说明的处理过程使用的测试数据相同。该处理过程的第一步骤是以上述参考图4中的步骤403、405和407描述的同样方式, 识别硬故障、预期硬故障以及它们的概率。然后, 如图12所示, 概率乘以加权系数, 这样有效选择电阻测量值AFS1—6用于进行后续处理。然后, 根据如下公式, 累加所得概率:

$$\begin{aligned} \text{AFS. 得分} = & \left\{ \sum_{\text{对于所有测试(AFS1至AFS19)}} \text{故障概率}(n) \times \text{AFS. 权重}(n) \right. \\ & + \text{AFS20 (如果是硬故障电路)} \\ & \left. + \text{AFS21 (如果是预期硬故障电路)} \right\} \end{aligned}$$

从上述公式中可以看出, 除了对数据的每个元素的概率求和外, 还增加两个其它权重。如果在步骤1103识别该线路具有硬故障, 则增加第一个权重, 如果在步骤1103还识别该线路具有预期硬故障, 则增加第二权重。然后, 将AFS得分与图13所示的表中的各值进行比较以给出AFS值, 该AFS值对应于如果立即进行修理在该线路上可以避免的故障的数量。对被调查的每条线路计算AFS得分。以图12所示的线路2为例, 可以看出, 加权概率之和为4.51, 那么, 其硬故障权重为5, 预期故障权重为3, 与其相加获得12.51的总概率。根据如下规则, 将该AFS得分与图13所示的表进行比较, 结果是实际AFS值为1。

For n=SC1 to SC12 (see the table of figure 13)

IF Lower Interval . (n) <= AFS Score < Upper Interval. (n)

THEN Actual AFS=Circuit AFS.

ELSE AFS=0.

在对被调查的每条线路计算了AFS得分时，处理过程的下一阶段是应用平滑算法以对不能获得一条或者多条线路的测试数据的情况进行补偿。在利用图5中的数据的本例中，DP的所有数据存在。然而，如果缺少线路3和7的数据，则可以应用平滑算法。设计平滑算法，以使将丢失数据的DP的AFS得分与其它DP的AFS得分相比具有意义。以下是平滑算法：

$$SMV.DP = \min(1 + SMV1, \frac{(\text{构成DP的唯一电路}DN / \text{线路号组合的数量})}{(\text{在DP上测试的唯一}DN / \text{线路号组合的数量})})$$

上述规则从平滑参数加1中，或者从被调查的所有线路与实际获得测试数据的线路的比值中取最小值。将平滑参数设置为0.6，并且提供平滑参数，以便可以调节平滑参数的上限。继续说明该例子，如果9条可能线路中仅7条线路的测试数据可用，则计算平滑系数作为1.6（1+0.6）和1.28（7/9）的最小值，最小值为1.28。然后，在后续计算，例如DP或电缆节点的网络单元的AFS得分计算过程中使用该平滑系数。

图14示出根据迄今描述的各步骤处理图5所示数据的结果。通过检查这些结果可以看出，线路1以及6至9没有故障。上述线路2被分类为具有空中网络硬故障和预期硬故障。线路2的AFS得分为1。线路3至5均具有一些指示可能故障，但是它们又不是硬故障，而且也不足以将它们看作预期硬故障的特性。然而，此指示足以说明在发生这种故障时，它处于地下网络中。仍然存在发生故障的可能的事实也反映在其AFS得分分别为0.3、0.3和0.4的每条线路的AFS得分中。换句话说，在这些线路上未识别到实际故障，而且预期它们在一年内不发生故障，但是在这一年内仍有机会发生故障。

在图14所示表的下半部分总结了每条线路的得分，这样就给出了DP的总OH得分、UG得分和组合得分以及地下网络的总硬故障和预期硬故障。此外，还存在可能故障的总数，并且AFS得分总数再次在地下网络和空中网络之间分开。

处理过程的下一步骤是利用图14所示表中的数据计算DP的总得分（UG得分、OH得分和组合得分）。这是根据3个公式进行的。图15示出用于计算DP的空中得分的公式。对于已经被指定在空中网络上具有潜在故障或实际故障的每条数据线路，该公式将总OH得分、总预期硬故障数、总硬故障数以及总电路数累加在一起。从中减去DP中的总电路数与属于OH的电路数之间的差值。利用平滑系数（在本例中是1，因为存在通过DP的每条线路的数据）乘以数据中的每个元素。还利用列于图15下半部分的表中的评定值乘以每个元素。评定值用于调节上述累加的5个值中之任一个对DP的总OH得分的作用。图15所列的这些计算结果是DP的总OH得分，为181.04。

图16和17示出用于计算DP的UG得分和DP的组合得分的等效公式和评定参数。UG公式中的差值是，OH公式取OH得分和OH电路以及UG公式取UG得分和UG电路的位置。组合得分公式取DP中的所有电路、所有硬故障、预期硬故障以及可疑电路的组合得分。

根据图15至17所示3个公式处理的结果是DP的181.04的UG得分、209.10的OH得分以及261.10的组合得分。本技术领域内的熟练技术人员明白，为了为可能有更多条线路通过它们的其它网络单元（例如可能有100条线路通过其的电缆节点）提供得分，可以修改图15、16和17所示的公式。

数据处理过程的最后步骤是计算DP的总年度故障无损失（AFS）得分（与上述单个电路相对）。图18示出用于此目的的公式。对于UG AFS，将DP中每个电路的AFS累加在一起，在本例中，这样给出DP的UG AFS，它为1.0（来自线路3、4和5，即 $0.3+0.3+0.4$ ）。DP的OH AFS也为1.0（来自线路2的AFS）。组合AFS得分为2.0。

可以对一条线路（或者电路）也可以对诸如DP或电缆节点的网络单元确定AFS得分。AFS得分将在给定时段内发生故障的概率与在发生故障情况下的维修成本组合在一起。此外，维修成本计入了预期故障发生在地下还是发生在空中网络上。AFS可以使网络管理员逐条线路地或者根据网络单元评定网络的测试数据。如果根据网络单元进行评定，则以这样

的方式计算AFS得分，使得，即使在丢失数据时和/或在所比较的单元具有不同数量的线路通过时，也可以有意义地比较各单元。因为AFS得分具有UG元素、OH元素以及组合元素，所以AFS得分可以用于评定各地下网络或地上网络（以及所有）的，测试数据。所有这些特性使得网络管理员更容易对测试数据进行分析 and 处理，而且有助于降低网络维修成本并提高效率。

参考图6至10、12、13和15至17描述的各参数均取决于所测试和监测的网络的特性。可以修改参数以调节对测试数据所做的处理，从而更精确测量网络性能。通过结合故障历史或记录分析历史电特性，可以获得大多数阈值。这可以用于确定阈值的初始值，然后，可以将该阈值的初始值与网络的后续性能进行比较并在必要时进行调整。

图19示出在构成通信网的一部分的接入网中的各节点所做的一些实验工作的实验结果。对大量节点估计节点得分。然后，对于后续3个月内，监测每个节点的客户报告故障。在图11中，对于这些节点，根据在估计节点得分之后，在3个月内接收的故障报告，绘制节点得分曲线。这些实验结果显示，所设想的节点得分与故障报告数之间的强相关。

尽管参考其内的每个电路均由一条铜线承载的接入网，对本发明进行了描述，但是本发明还可以应用于由光纤承载的终接电路。

本技术领域内的熟练技术人员明白，实现本发明的设备可以是通用计算机，该通用计算机具有被设置用于分析和/或处理测试数据的软件。该计算机可以是单个计算机或一组计算机，该软件可以是单个程序或一组程序。此外，可以将用于实现本发明的任何一个或者所有的软件存储到各种传输和/或存储介质上，例如软磁盘、CD-ROM或磁带，因此可以将该程序装载到一个或者多个通用计算机上，或者利用适当传输介质通过计算机网络下载该程序。

除非在上下文中明确说明，否则在整个说明书和权利要求中，可以认为单词“包括（comprise）”、“包括（comprising）”等不是排他性的或者全部意义的包括；也就是说，是“包括，但并不局限于”的意思。

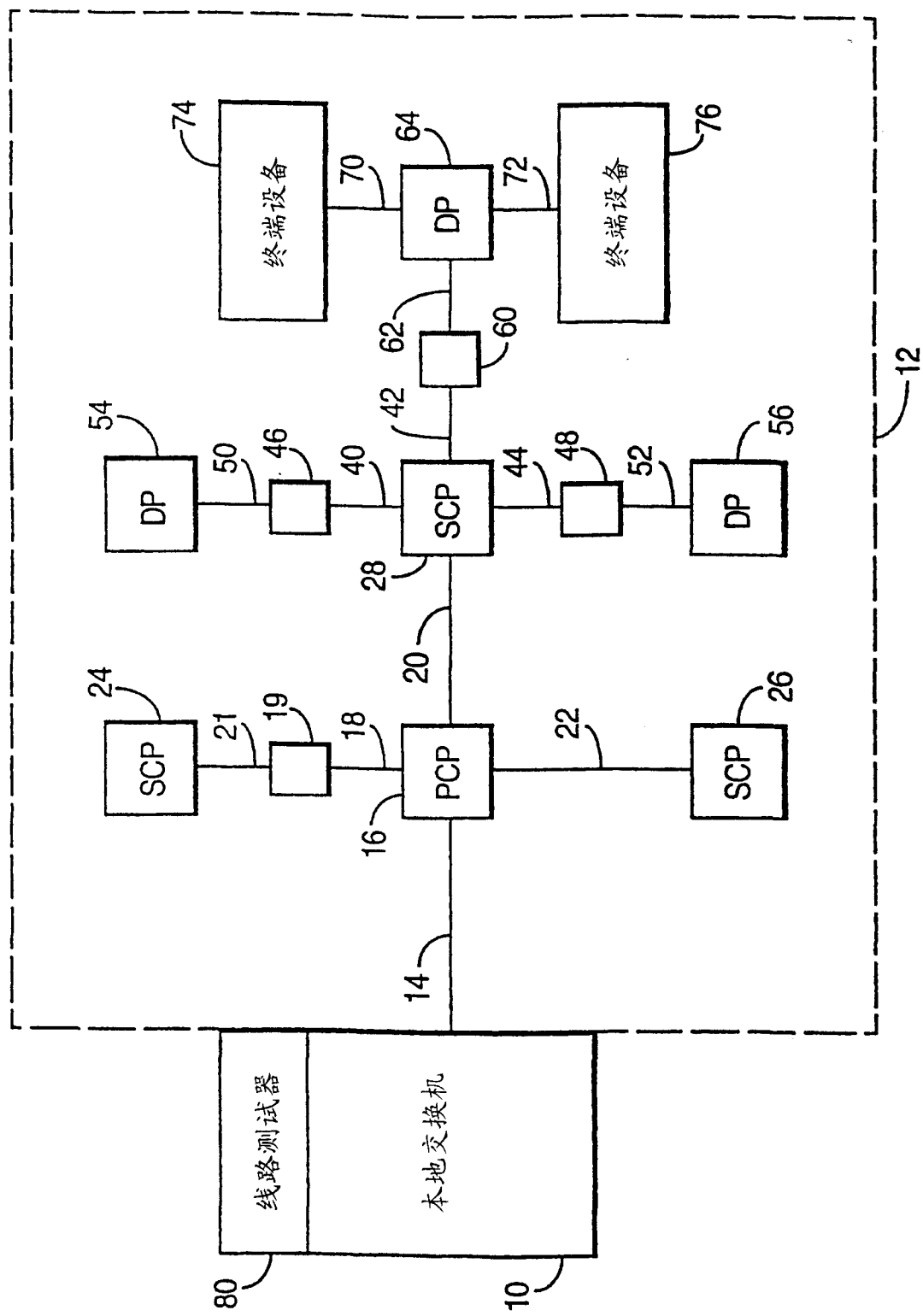


图 1

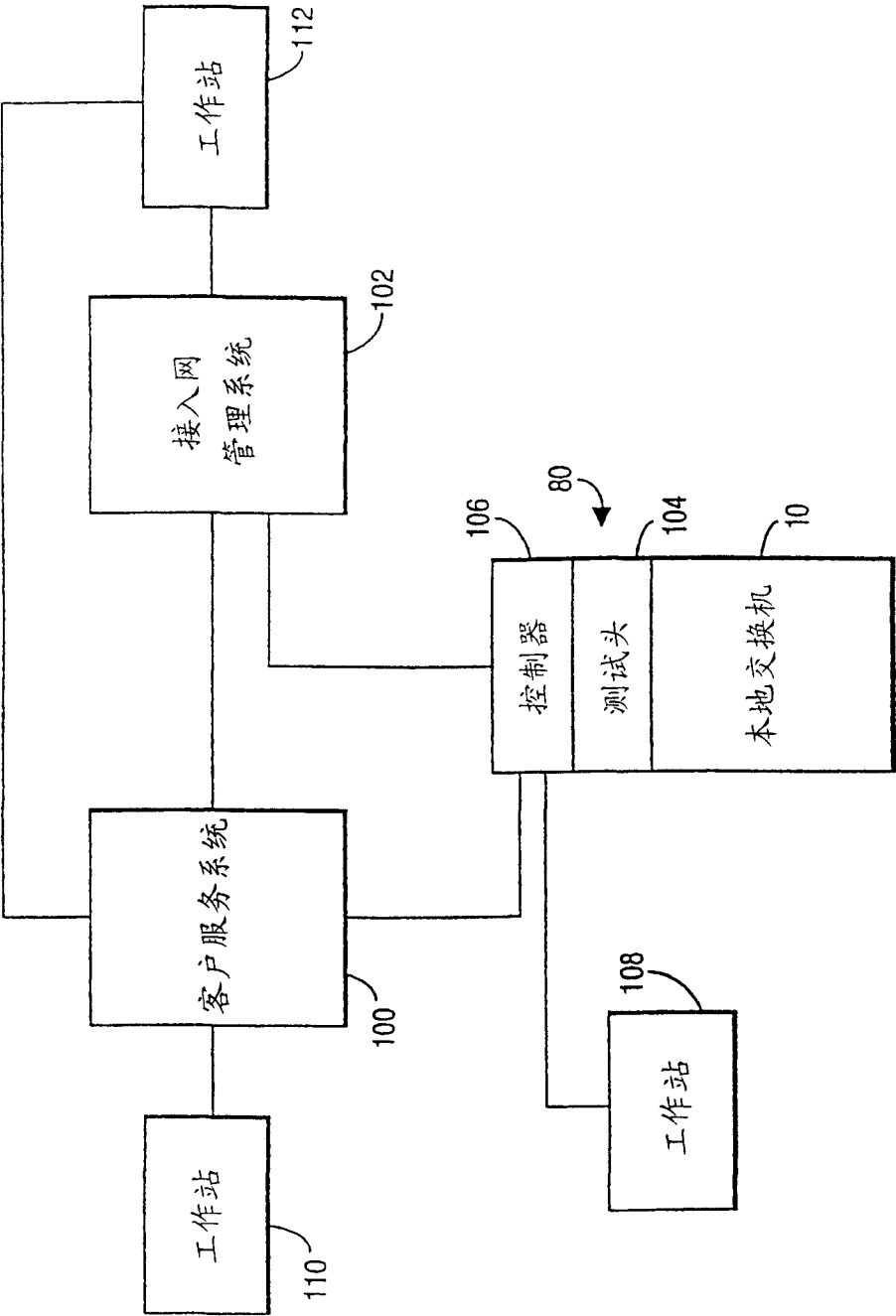


图 2

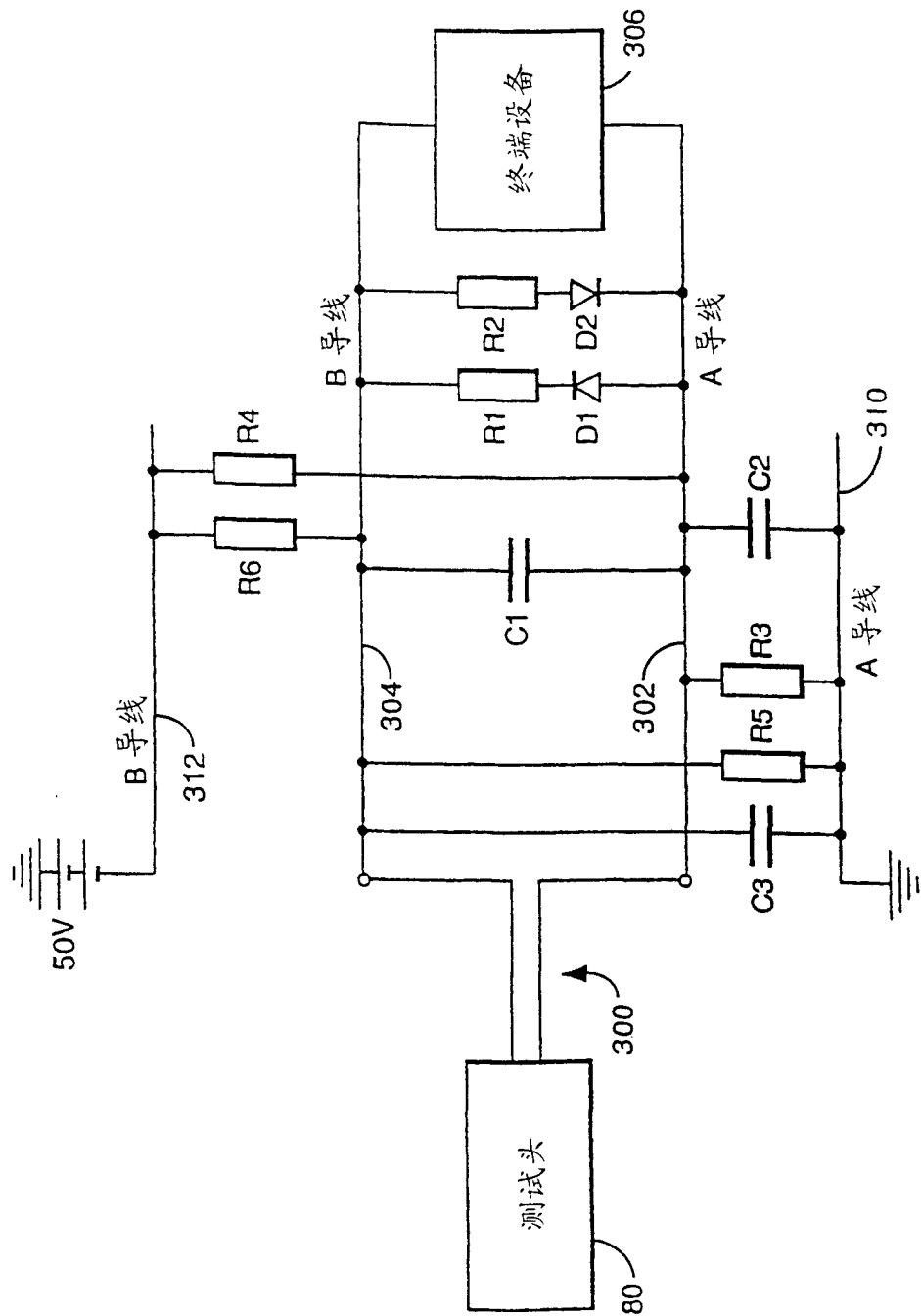


图 3

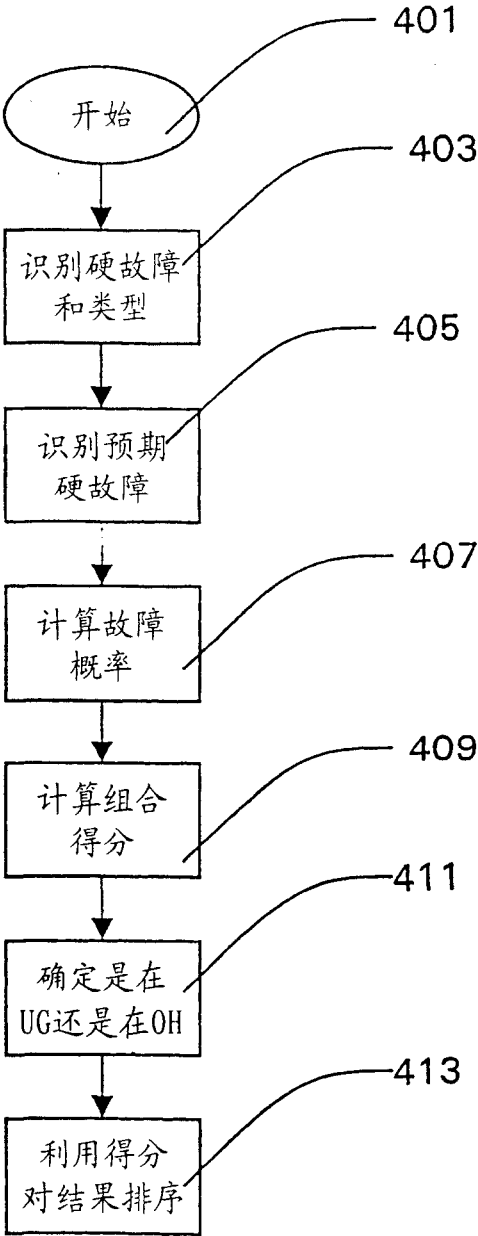


图 4

DP 的可疑数据样本

编号.	电容 A_E	电容 A_B	电容 A_B Prev	电容 B_E	Dist	AB_Res	ABt_Res	AE_Res	BA_Res	BBT_Res	BE_Res	终端标记
线路号.1	84	16	32	85	1400	>1M 欧姆	>1M 欧姆	>1M 欧姆	>1M 欧姆	>1M 欧姆	>1M 欧姆	桥接
线路号.2	89	193	188	86	1432	22700	350200	350100	10100	390656	361656	桥接
线路号.3	81	31	29	86	1348	>1M 欧姆	>1M 欧姆	>1M 欧姆	>1M 欧姆	42528	>1M 欧姆	桥接
线路号.4	68	44	36	124	1132	>1M 欧姆	>1M 欧姆	>1M 欧姆	>1M 欧姆	392704	659456	桥接
线路号.5	86	40	39	92	1432	247808	>1M 欧姆	>1M 欧姆	>1M 欧姆	390656	>1M 欧姆	没有终端标记
线路号.6	88	622	666	83	1382	>1M 欧姆	>1M 欧姆	>1M 欧姆	>1M 欧姆	>1M 欧姆	>1M 欧姆	没有终端标记
线路号.7	80	30	30	81	1334	>1M 欧姆	>1M 欧姆	>1M 欧姆	>1M 欧姆	>1M 欧姆	>1M 欧姆	没有终端标记
线路号.8	89	700	694	83	1382	>1M 欧姆	>1M 欧姆	>1M 欧姆	>1M 欧姆	>1M 欧姆	>1M 欧姆	没有终端标记
线路号.9	84	29	29	84	1400	>1M 欧姆	>1M 欧姆	>1M 欧姆	>1M 欧姆	>1M 欧姆	>1M 欧姆	没有终端标记

图 5

参数设置 代码	阈值参数设置	字段字符	单位	类型	缺省设置	范围
VD1	A-B 电容下降	3	%	整数	15	0 - 999
VD2	A - B 电容	5	10 ⁻⁹ 法拉	整数	100	0 - 9,999
VD3	电阻 A- 地线	7	欧姆	整数	700,000	0 - 9,999,999
VD4	电阻 B- 地线	7	欧姆	整数	700,000	0 - 9,999,999
VD5	电阻 A- 电池	7	欧姆	整数	700,000	0 - 9,999,999
VD6	电阻 B- 电池	7	欧姆	整数	700,000	0 - 9,999,999
VD7	电阻 A-B	7	欧姆	整数	700,000	0 - 9,999,999
VD8	电阻 B-A	7	欧姆	整数	700,000	0 - 9,999,999
VD9	电容平衡	3	%	整数	20	0 - 999
VD10	电容 A,B - 地线	5	10 ⁻⁹ 法拉	整数	50	0 - 9,999

图 6

参数设置 代码	阈值参数设置	字段字符	单位	类型	缺省设置	范围
TR1	B-A 支部 (上部)	7	欧姆	整数	30,000	0 - 9,999,999
TR2	B-A 支部 (下部)	7	欧姆	整数	10	0 - 9,999,999
TR3	B-A (上部中心)	7	欧姆	整数	5000	0 - 9,999,999
TR4	B-A (下部中心)	7	欧姆	整数	700	0 - 9,999,999
TR5	A-B 乘法器	5	号码	浮点	2.00	0.00 - 999.9
TR7	电阻 A - 电池	7	欧姆	整数	400,000	0 - 9,999,999
TR8	电阻 B - 电池	7	欧姆	整数	400,000	0 - 9,999,999
TR9	电阻 A - 地线	7	欧姆	整数	400,000	0 - 9,999,999
TR10	电阻 B - 地线	7	欧姆	整数	400,000	0 - 9,999,999

图 7

序号	读出参数	测试读数 (N)	阈值 1	阈值 2	单位	实际	预期
AHF1	电阻 A-B	电阻 A-B	7000	100,000	欧姆	22700	是
AHF2	电阻 B-A	电阻 B-A	7000	100,000	欧姆	10100	是
AHF3	电阻 A-电池	电阻 A-电池	500	100,000	欧姆	350200	否
AHF4	电阻 B-电池	电阻 B-电池	500	100,000	欧姆	390656	否
AHF5	电阻 A-地线	电阻 A-地线	500	100,000	欧姆	350100	否
AHF6	电阻 B-地线	电阻 B-地线	500	100,000	欧姆	361656	否
AHF7	DC 电压 A-地线负	DC 电压 A-地线	-50	-30	伏	+48	否
AHF8	DC 电压 A-地线正	DC 电压 A-地线	+5	+50	伏	+48	是
AHF9	DC 电压 B-地线负	DC 电压 B-地线	-50	-30	伏	-48	是
AHF10	DC 电压 B-地线正	DC 电压 B-地线	+5	+50	伏	-48	否
AHF11	DC 电压 A-B 负	DC 电压 A-B	-50	-30	伏	10	否
AHF12	DC 电压 A-B 正	DC 电压 A-B	+5	+50	伏	10	是
AHF13	电容 A-地线	电容 A-地线	0	20	10 ⁻⁹ 法拉	89	否
AHF14	电容 B-地线	电容 B-地线	0	20	10 ⁻⁹ 法拉	86	否
AHF15	电容 A-B	电容 A-B	0	20	10 ⁻⁹ 法拉	193	否
AHF16	电容平衡	电容平衡	20	100	百分比	(89-86)/86 3%	否
AHF17	AC 电压 A-地线	AC 电压 A-地线	0	0	伏	5	否
AHF18	AC 电压 B-地线	AC 电压 B-地线	0	0	伏	6	否
AHF19	AC 电压 A-B	AC 电压 A-B	0	0	伏	6	否
AHF20	AHF 阈值参数	2	序号				

“是”值的数量是 5 大于阈值参数 2, 这可以被分类为预期硬故障

图 8

代码 编号	L, U		UG 权重	OH 权重	实际	类型		计算	概率
	下限	上限				L<U A	L>U B		
PB1	7000	1,000,000	0	15	22700	A		$\min(1, (1,000,000-22700)/(1,000,000-7,000)) = \min(1, 0.98)$	0.98
PB	7000	1,000,000	0	15	10100	A		$\min(1, (1,000,000-10700)/(1,000,000-7,000)) = \min(1, 0.99)$	0.99
PB3	500	1,000,000	30	0	350200	A		$\min(1, (1,000,000-350200)/(1,000,000-7,000)) = \min(1, 0.65)$	0.65
PB4	500	1,000,000	30	0	390656	A		$\min(1, (1,000,000-390656)/(1,000,000-7,000)) = \min(1, 0.60)$	0.60
PB5	500	1,000,000	0	15	350100	A		$\min(1, (1,000,000-350100)/(1,000,000-7,000)) = \min(1, 0.65)$	0.65
PB6	500	1,000,000	0	15	351656	A		$\min(1, (1,000,000-351656)/(1,000,000-7,000)) = \min(1, 0.64)$	0.64
PB7	-50	-0	0.5	0.1	+48	A		范围外	0.0
PB8	+50	+0.1	0.5	0.1	+48	B		$\min(1, (48-0.1)/(50-0.1)) = \min(1, 0.96)$	0.96
PB9	-50	-0	0.5	0.1	-48	A		$\min(1, (0-(-48))/(0-(-50))) = \min(1, 0.96)$	0.96
PB10	+50	+0.1	0.5	0.1	-48	B		范围外	0.0
PB11	-50	-0	0.5	0.1	+10	A		范围外	0.0
PB12	+50	+0.1	0.5	0.1	+10	B		$\min(1, (10-0.1)/(50-0.1)) = \min(1, 0.20)$	0.20
PB13	0	20	0	0	89	A		范围外	0.0
PB14	0	20	0	0	86	A		范围外	0.0
PB15	0	20	0	0	193	A		范围外	0.0
PB16	0	20	0	0	89-86/89=3%B	B		$\min(1, (20-3)/(20-0)) = \min(1, 0.85)$	0.85
PB17	0	1	0	0	5	A		范围外	0.0
PB18	0	1	0	0	6	A		范围外	0.0
PB19	0	1	0	0	6	A		范围外	0.0

图 9

代码 编号	L U		UG 权重	OH 权重	类型		概率	概率 x UG.	概率 x OH.
	下限	上限			实际	L<U A I>U B			
PB1	7000	1,000,000	0	15	22700	A	0.98	0.0	14.76
PB2	7000	1,000,000	0	15	10100	A	0.99	0.0	14.95
PB3	500	1,000,000	30	0	350200	A	0.65	19.50	0.0
PB4	500	1,000,000	30	0	390656	A	0.60	18.28	0.0
PB5	500	1,000,000	0	15	350100	A	0.65	0.0	9.75
PB6	500	1,000,000	0	15	351656	A	0.64	0.0	9.73
PB7	-50	-0	0.5	0.1	+48	A	0.0	0.0	0.0
PB8	+50	+0.1	0.5	0.1	+48	B	0.96	0.48	0.10
PB9	-50	-0	0.5	0.1	-48	A	0.96	0.48	0.10
PB10	+50	+0.1	0.5	0.1	-48	B	0.0	0.0	0.0
PB11	-50	-0	0.5	0.1	+10	A	0.0	0.0	0.0
PB12	+50	+0.1	0.5	0.1	+10	B	0.20	0.10	0.02
PB13	0	20	0	0	89	A	0.0	0.0	0.0
PB14	0	20	0	0	86	A	0.0	0.0	0.0
PB15	0	20	0	0	193	A	0.0	0.0	0.0
PB16	0	20	0	0	(89-86)/89 =3% B		0.85	0.0	0.0
PB17	0	1	0	0	5	A	0.0	0.0	0.0
PB18	0	1	0	0	6	A	0.0	0.0	0.0
PB19	0	1	0	0	6	A	0.0	0.0	0.0
总数								38.85	49.39

图 10

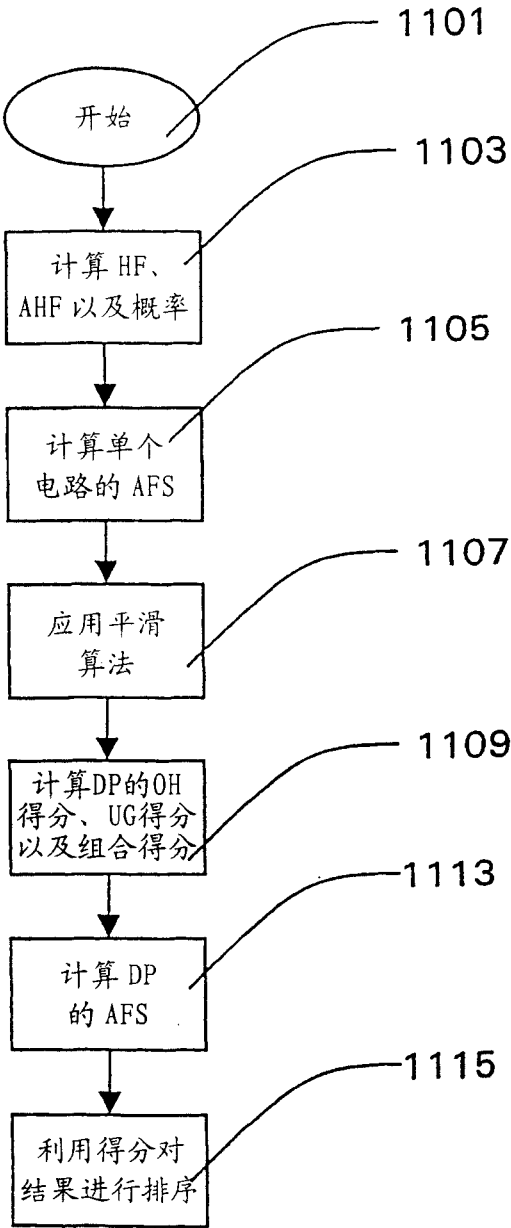
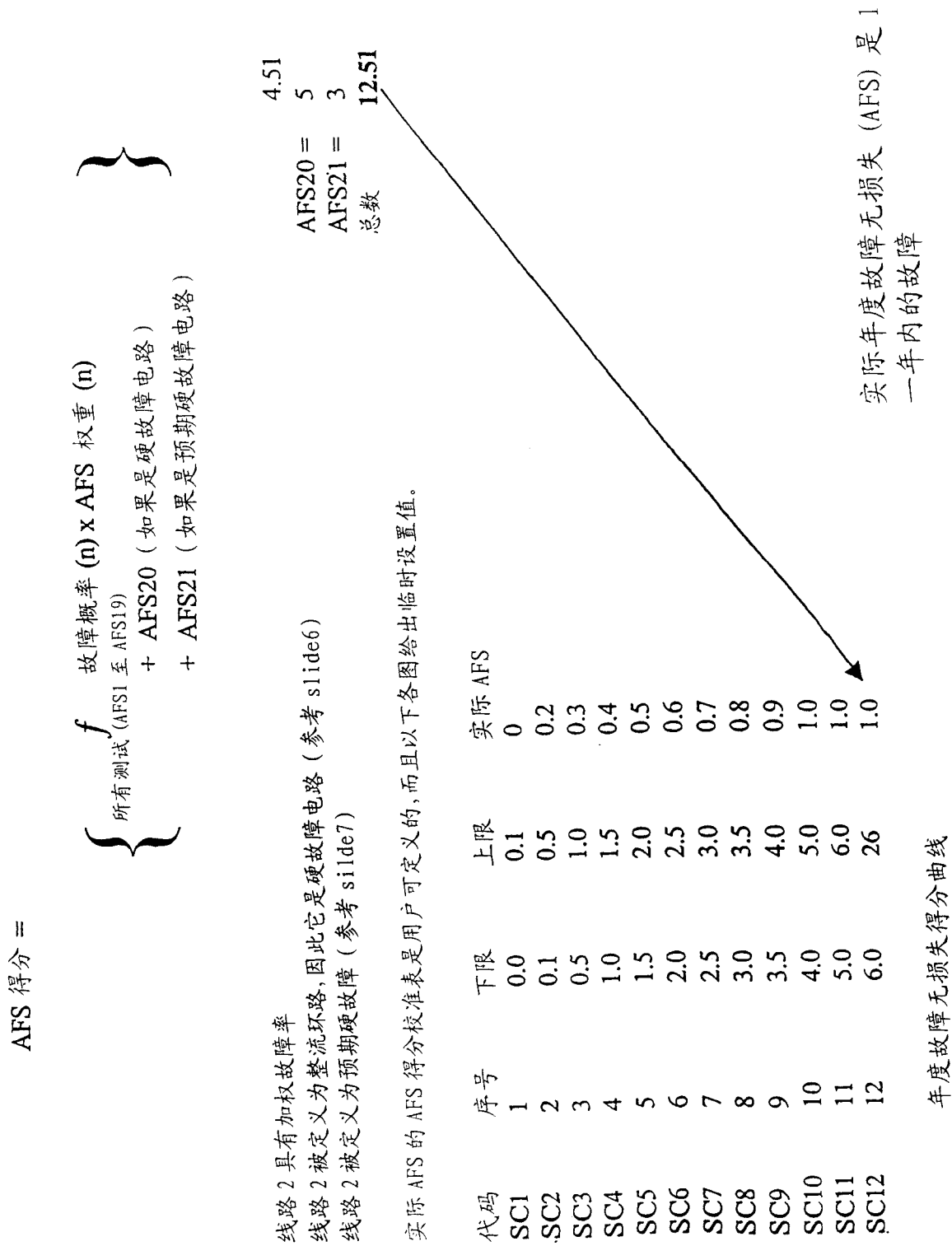


图 11

代码 编号	读出参数	测试读数 (n)	AFS. 权重 (n)	单位	概率	概率 x 权重
AFS 1	电阻 A - B	电阻 A - B	1	0 - 100	0.98	0.98
AFS 2	电阻 B - A	电阻 B - A	1	0 - 100	0.99	0.99
AFS 3	电阻 A - 电池	电阻 A - 电池	1	0 - 100	0.65	0.65
AFS 4	电阻 B - 电池	电阻 B - 电池	1	0 - 100	0.60	0.60
AFS 5	电阻 A - 地线	电阻 A - 地线	1	0 - 100	0.65	0.65
AFS 6	电阻 B - 地线	电阻 B - 地线	1	0 - 100	0.64	0.64
AFS 7	DC 电压 A - 地线负	DC 电压 A - 地线	0	0 - 100	0.0	0.0
AFS 8	DC 电压 A - 地线正	DC 电压 A - 地线	0	0 - 100	0.96	0.0
AFS 9	DC 电压 B - 地线负	DC 电压 B - 地线	0	0 - 100	0.96	0.0
AFS 10	DC 电压 B - 地线正	DC 电压 B - 地线	0	0 - 100	0.0	0.0
AFS 11	DC 电压 A - B 负	DC 电压 A - B	0	0 - 100	0.0	0.0
AFS 12	DC 电压 A - B 正	DC 电压 A - B	0	0 - 100	0.20	0.0
AFS 13	电容 A - 地线	电容 A - 地线	0	0 - 100	0.0	0.0
AFS 14	电容 B - 地线	电容 B - 地线	0	0 - 100	0.0	0.0
AFS 15	电容 A - B	电容 A - B	0	0 - 100	0.0	0.0
AFS 16	电容平衡	电容平衡	0	0 - 100	0.0	0.0
AFS 17	AC 电压 A - 地线	AC 电压 A - 地线	0	0 - 100	0.0	0.0
AFS 18	AC 电压 B - 地线	AC 电压 B - 地线	0	0 - 100	0.0	0.0
AFS 19	AC 电压 A - B	AC 电压 A - B	0	0 - 100	0.0	0.0
					总数	4.51

图 12



DP 数据概述

线路号	OH	UG	预期	HF	组合得分	类型	AFS
1	0	0			0	0	0
2	49.05	37.79	1	1	61.92	OH	1
3	0	28.74			28.74	UG	0.3
4	5.11	18.23			18.93	UG	0.3
5	11.36	18.29			21.53	UG	0.4
6	0	0			0	0	0
7	0	0			0	0	0
8	0	0			0	0	0
9	0	0			0	0	0
总数	65.52	103.05	1	1	131.12	1	1.0
		空中	0	0		3	1.0
		地下					

图 14

评定空中得分					
Rank.OH.DP =					
ROK1 x SMV.DP x (空中网络的所有 OH 得分之和) +					
ROK2 x SMV.DP x (空中网络的预期硬故障数量)					
+ ROK3 x (空中网络的硬故障数量)					
+ ROK4 x SMV.DP x (空中网络的电路数量)					
- ROK5 x (DP 的线路数量 - (SMV. DP x (空中网络的电路数量)))					
假定 SMV.DP 是平滑值 = 1					
缺省设置					
代码	名称	空中	数值	单位	范围
ROK1	Rank1. (故障概率)		2	整数	0 - 100
ROK2	Rank2. (预期硬故障)		15	整数	0 - 100
ROK3	Rank3. (硬故障)		30	整数	0 - 100
ROK4	Rank4. (电路数量)		5	整数	0 - 100
ROK5	Rank5. (DP 的良好电路)		0	整数	0 - 100
DP 空中评定参数					
总 OH 得分 = 181.04					

图 15

评定地下				
Rank.UG.DP = RUK1 x SMV.DP x (地下网络的所有 0H 得分之和)				
+ RUK2 x SMV.DP x (地下网络的预期硬故障数量)				
+ RUK3 x (地下网络的硬故障数量)				
+ RUK4 x SMV.DP x (地下网络的电路数量)				
- RUK5 x (DP 的线路数量 - (SMV. DP x (地下网络的电路数量)))				
假定 SMV.DP 是平滑值 = 1				
DP 地下评定参数				
代码	名称	空中	数值	单位
RUK1	Rank1. (故障概率)		2	整数
RUK2	Rank2. (预期硬故障)		15	整数
RUK3	Rank3. (硬故障)		30	整数
RUK4	Rank4. (电路数量)		5	整数
RUK5	Rank5. (DP 的良好电路)		2	整数
		范围	计算	
		0 - 100	2x1x103.05	= 206.10
		0 - 100	15x1x0	= 0.0
		0 - 100	30x0	= 0.0
		0 - 100	5x3	= 15.0
		0 - 100	-2x(9-(1x3))	= -12.0
				总 UG 得分 = 209.10

图 16

评定 DP 的组合得分									
Rank.CM.DP = RCK1 x SMV.DP x (所有 DP 电路得分之和) +									
+ RCK2 x SMV.DP x (预期硬故障数量)									
+ RCK3 x (硬故障数量)									
+ RCK4 x SMV.DP x (可疑电路数量)									
- RCK5 x (DP 的线路数量 - (SMV.DP x (可疑电路数量)))									
假定 SMV.DP 是平滑值 = 1									
DP 组合评定参数									
代码	名称	空中	数值	单位	范围	计算			
RCK1	Rank1. (故障概率)		2	整数	0 - 100	2x1x131.12	=	206.10	
RCK2	Rank2. (预期硬故障)		15	整数	0 - 100	15x1x1	=	15.0	
RCK3	Rank3. (硬故障)		30	整数	0 - 100	30x1	=	30.0	
RCK4	Rank4. (电路数量)		5	整数	0 - 100	5x1x4	=	20.0	
RCK5	Rank5. (DP 的良好电路)		2	整数	0 - 100	-2x(9-(1x4))	=	-10.0	
								总组合得分 =261.10	

图 17

空中 DP AFS	DP.AFS.OH = f DP 上的 AFS 电路, 当是空中网络时				
地下 DP AFS	DP.AFS.UG = f DP 上的 AFS 电路, 当是地下网络时				
组合 AFS	DP.AFS = DP.AFS.UG + DP.AFS.OH.				
	OH	UG	预期故障	HS	组合得分
					类型
总数	65.52	103.05		131.12	
		空中	1	1	1
		地下	0	0	3
					AFS
					1.0
					1.0

在 DP 空中 DP AFS = 1, 地下 DP AFS = 1 情况下, DP 的总组合 AFS = 2.0

图 18

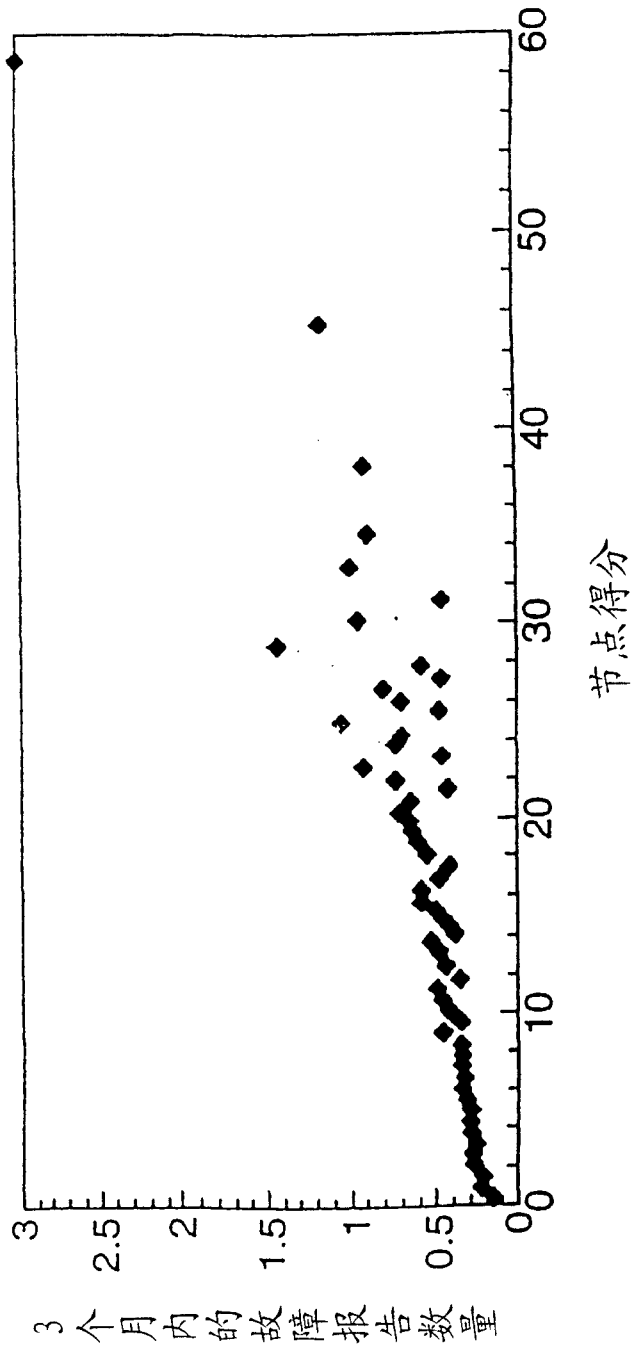


图 19