

大型电力网络电气传动故障检测方法研究与仿真

电力网络作为一种新的分布式网络具有自修复、自管理的能力,在电力行业中具有广阔应用价值。目前应用的大型电力网络中电气传动节点受到资源限制,在使用中对环境要求较高,传动节点较为脆弱,故障节点甚至导致整个电力网络中断。提出一种优化的电力网络电气传动节点故障信号挖掘方法,在基于比较模型信号故障诊断方法基础上,提出分层的、自适应的和分布式的自诊断方案,建立两层最短电力网络路径树结构,使得传动信号故障能够在大型电力网络中被迅速挖掘。仿真实验表明,电力网络电气传动故障信号挖掘方法,针对大型电力网络,能够准确发现传动信号故障,提高网络可靠性。

宋 源/沈阳工程学院电力学院 高庆忠 曲延华/沈阳工程学院自动化学院
佟金锴/沈阳工程学院学报编辑部

20世纪以来,电力网络与通信技术飞跃发展,大型电力网络也得到了很快的发展^[1-3]。它与传统的网络不同,需要基础设施的支持,能够快速、自动组建一个大型具有差异性的信心网络,可以满足电力系统的应用。大型电力网络的出现,代表电力智能化技术又一次飞跃,具有很高的应用价值^[4-8]。

本文提出一种MESH大型电力网络电气传动节点故障信号挖掘方法,在基于比较模型信号故障诊断方法基础上,提出分层的、自适应的和分布式的自诊断方案,建立两层最短电力网络路径树结构,使得传动信号故障能够在大型电力网络中被迅速挖掘。仿真实验表明,电力网络电气传动故障信号挖掘方法,针对大型电力网络,能够准确发现传动信号故障,提高网络可靠性。



宋 源/助理工程师

关键词/Keywords

电力网络·
传动故障·
挖掘·

电力传动节点信号挖掘原理

大型电力网络传动节点故障可严重影响网络正常运行,导致整个大型电力网络寿命缩短,网络拓扑连通度降低。目前大部分故障传动节点信号挖掘都是针对有线网络,现有的一些针对大型电力网络的都存在着较大的问题,如通信代价大,故障挖掘时限较长,严重影响传感网络性能。

1. 大型电力网络通信模型的建立

电力网络是由 n 个传动节点构成的传感网络系统,路由设备传动节点数量为 n_1 ,系统终端传动节点数量为 n_2 ,则整个网络传动节点数为

$$n = n_1 + n_2 \quad (1)$$

在某时间点 T ,电力网络拓扑结构用公式 $G(t) = (V, L)$ 表示,其中, V 是整个电力网络中传动节点集合 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_N\}$, $|V| = N$, L 是某时间点 T 在整个电力网络中的逻辑链路集合。大型电力网络通信模型如图1所示。

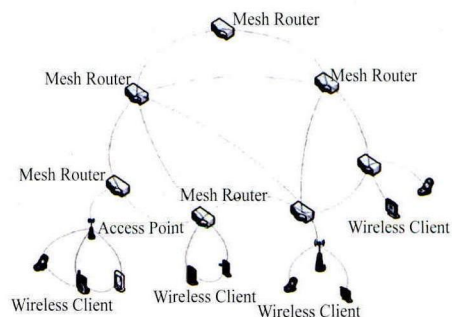


图1 大型电力网络通信模型

2. 故障信号挖掘方法

电力网络正常运行,确保两个传动

辽宁省教育厅资助项目(L2013496)。

节点通畅, 称在电力网络中的这两个传动节点为 one-hoppneighbors。设定每一传动节点均有唯一标志ID, 通过认证通信协议支持进行传感网络通信, 称为 $lrb(.)$ 。在某一时间点 T , 对于整个传感网络的任意一个传动节点 u , 在传动节点 u 的网络通信范围内的所有传动节点集合均被称为大型电力网络传动节点 u 的邻居集合, 用 $N(t, u)$ 表示。

在整个大型电力网络系统中，传动节点只有两种状态：故障状态（faulty）和无故障状态（fault-free）。网络中的任何一个传动节点发生故障，此状态会持续，直到被检测并修复。

基于优化的传动节点故障信号挖掘方法

为了减少传统方法故障传动节点信号检测时间,提出一种优化的故障传动节点信号挖掘方法,引入改进的比较模型挖掘方法。电力网络传动节点间不再重复检测,提出高效的两层故障传动节点信号挖掘协议,利用构造传感网络最短路径生成树进行挖掘信息传递,缩短了检测时间。

1. 基于MESH网络的比较模型

在大型电力网络中,当有新的移动传动节点加入网络请求服务时,网络传动节点将会发起故障挖掘过程。假设电力网络中某一路由设备为初始挖掘发起,且整个差异网络正常运行,则故障传动节点信号挖掘步骤如下。

首先, 执行传动节点故障信号检测产生阶段。电力网络中任一传动节点 x 均会产生测试消息, 用以下格式表示: (node-ID, seq-no, T_x , R_x , root-ID, parent-ID, parent-ID, root-distance, E)。其中, node-ID为初始挖掘任务传动节点标志; seq-no表示挖掘故障传动节点信号顺序号; T_x 表示传动节点信号产生的任务; R_x 表示对应于挖掘结果的任务 T_x ; root-ID表示传动节点最短路径生成树标志; parent-ID表示传动节点 x 顶端传动节点标志; root-distance表示网络路径生成树传动节点 x 到根传动节点距离。

初始对故障传动节点信号挖掘时, 设传动节点 u 为初始状态, 那么故障挖掘时间 $TR=(u, \text{seq-no}, T, R, u, \text{parent-9D}, \text{root-distance})$ 因为在传

动节点 u 发起, 所以传动节点就是生成树的根传动节点, 即 $\text{root-ID} = u$ 。

挖掘传动故障节点信号产生后, 执行测试消息进行接收阶段, 对于任意传动节点 $v \in N(u)$, 收到大型电力网络故障传动节点发来的信号 TR 后, 分别对 T 和 R 进行测试, 然后执行故障挖掘测试产生结果 R_{uv} 。这样, 在大型电力网络中基于比较模型, 传动节点 v 可以比较 R_{uv} 和 R_u , 若 R_{uv} 和 R_u 不相等, 则网络传动节点 u 为故障传动节点, 产生故障传动节点信号, 并将node-ID加入故障传动节点信号集 F 中。若 R_{uv} 和 R_u 相等, 则电力网络传动节点 u 无故障。

2. 第二层故障传动节点信号挖掘及生成树构造

在电力网络系统中, 传动节点具有较弱移动性, 在不考虑能量消耗的情况下, 第二层故障传动节点信号挖掘需要基于稳定的拓扑网络。

在大型电力网络传动节点 v 产生故障传动节点信号 TR ,则开始执行以下过程:当传动节点 v 收到从附近传动节点 u 发来的故障传动节点信号后,将寻找一条到根传动节点最短路径,将且更新它的父传动节点,如图2所示。

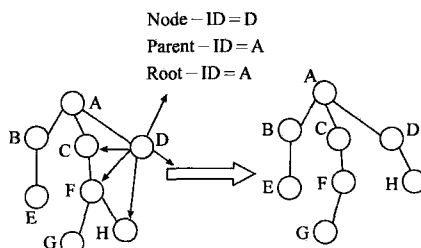


图2 最短路径生成树构造

3. 第一层故障传动节点信号挖掘及生成树构造

将level-2子网传动节点信号作为level-1子网故障传动节点信号挖掘的发起。电力网络中的传动节点 u 通过向下层的邻传动节点发送挖掘测试,来初始化此传动节点在所在簇的故障传动节点信号检测。

初始挖掘传动节点信号 u 发送挖掘检测信号 TR 到邻传动节点触发level-1子网传动节点挖掘,任意传动节点 v ,当收到故障挖掘信号后,系统产生信号结果 R 。基于比较模型,传动节点 v 通过比较对

整个差异网络故障传动节点信号做出判断，然后传动节点v产生检测信息发送到相邻传动节点，初始该传动节点故障诊断。

level-1与level-2生成树的故障信号传递，level-1生成树构造完成，大型电力网络叶子传动节点向父传动节点开始传递故障传动节点信号检测信息，当收到所有子传动节点发来的信号检测信息后，父传动节点加入自己的检测信息，产生一个新的信号检测信息，继续上传到上一级父传动节点，依次进行，完成对大型电力网络故障传动节点信号的全部挖掘。

level-1生成树与level-2生成树的故障传动节点信号传递阶段的算法代码如下：

```
1: if (y.receive (x.localDissemination Message) ) //
node y receives local dissemination from node x
2: if (x>children)
3: if (y = level-1 client node)
4: Fv = Fv ∪ {u};
5: if Ruv = Ru;
6: children = children ∪ {x};
7: end if
8: for each node i>N//all of y children have disseminated
their diagnostic messages to y
9: y.receiveMessage (i.localDissemination Message) ;
10: l_rb (local_Diagnostic, F)
11: end if
```

当故障传动节点信号挖掘完成后，整个大型电力网络挖掘周期也会结束。这样，整个电力网络拓扑结构是一个生成树，所有的故障传动节点信号都会连接在生成树上。

仿真分析

仿真系统采用Visual C++7.0开发，数据采用Matlab 8来检测各方法之间的性能差异^[9-11]。初始化大型电力网络在1 000×1 000的范围内自由生成N个故障传动节点信号。N的范围在50~200之间随机跳动，每个故障传动节点信号初始能量和通信半径RANGE=1 000 m，只有故障传动节点之间距离小于RANGE系统才可运行。传统方法和本文方

法的实验数据如表1和表2所示。

表1 传统方法的实验数据表

挖掘范围 (%)	耗时/ms	识别率 (%)	误判率 (%)
10	1 551	96.3	2.9
20	1 666	94.6	3.6
30	1 758	93.5	4.5
40	1 842	92.9	5.5
50	2 114	91.7	6.9
60	2 287	90.9	7.6
70	2 448	90.1	8.0
80	2 592	89.0	9.1
90	2 821	87.2	10.6
100	2 900	86.1	10.9

表2 本文方法的实验数据表

挖掘范围 (%)	耗时/ms	识别率 (%)	误判率 (%)
1	1 773	96.4	2.2
2	1 856	95.3	3.3
3	1 998	95.2	2.3
4	2 059	94.4	3.0
5	2 110	95.2	2.6
6	2 192	94.9	2.9
7	2 303	94.0	3.1
8	2 366	94.8	3.2
9	2 464	94.8	2.6
10	2 553	95.1	2.9

对比表1和表2实验数据可知，本文方法相对于传统方法故障传动节点信号识别的准确性和时效性都有效提升。

故障传动节点信号挖掘准确度比较图如图3所示。通过图3可以看出，当故障传动节点信号挖掘范围为99.5%时，本文方法比传统方法的正确率要高出5.5%；当故障传动节点信号挖掘范围降为99%

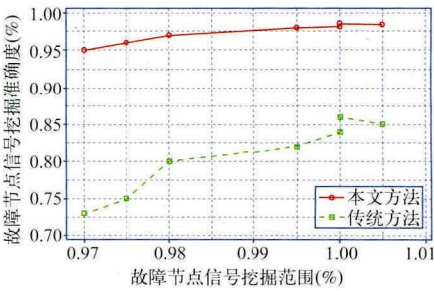


图3 故障传动节点信号挖掘准确度比较图

时,本文方法要比传统方法正确率高出10.3%;当故障传动节点信号挖掘范围降为98%时,本文方法要比传统方法正确率高出15.9%;当故障传动节点信号挖掘范围降为97%时,本文方法比传统方法正确率高出27.8%。结果显示,故障传动节点信号挖掘范围越低,越能体现出本文方法的优越性。

故障传动节点信号挖掘速度比较图如图4所示。通过图4可以看出,当故障传动节点信号挖掘范围为0.8%时,本文方法用时比传统方法节省75%,随着挖掘范围的不断扩大,本方法比传统方法的挖掘时间差距逐渐增大。

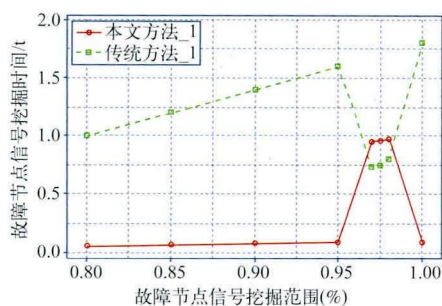


图4 故障传动节点信号挖掘速度比较图

结束语

大型电力网络故障传动节点信号挖掘方法,在基于比较模型的传动节点信号故障诊断方法基础上,提出分层的、自适应的和分布式的自诊断方案,建立最短电力网络路径树结构,使得传动节点信号故障能够在大型电力网络中被迅速挖掘。仿真实验表明,电力网络故障传动节点信号挖掘方法针对大型电力网络能够准确发现传动节点信号故障,提高网络可靠性。

参考文献

[1] Leclerc R F. P LAM ondon au tam atic signature verification [J]. The State of the Art International Journal of Patten Recognition and Artificial in Telligence, 2009 8 (3) : 643-660.

[2] Lee L L, Berger T. E A viczer reliable on-line hum an signature verification systers [J]. IEEE

Transaction on Patten Analysis and Machine Intelligence, 2007, 18 (6) : 643-647.

- [3] Reynders E, Teughels A, De Roeck G. Finite element model updating and structural damage identification using OMAX data [J]. Mechanical Systems and Signal Processing, 2010, 24 (5) : 1306-1323.
- [4] Casasanto D, Jasmin K. Good and bad in the hands of politicians: spontaneous gestures during positive and negative speech [J]. Plos One, 2010, 5 (7) : 1-5.
- [5] Paladini M, Bue A D, Stosic M. Factorization for non-rigid articulated structure using metric projections [C]. 2009: 2898-2905.
- [6] Niedenthal P, M, Winkelman P, Mondillon L, et al. Embodiment of emotion concepts [J]. Journal of Personality and Social Psychology, 2009, 96 (6) : 1120.
- [7] Jasmin K, Casasanto D. The QWERTY effect: howtyping shapes the meanings of words [J]. Psychonomic Bulletin&review, 2012, 19 (3) : 499-504.
- [8] Elhadeif M, Boukerche A, Elkadiki H. Self-diagnosing wireless mesh andad-hoc networks using an adaptable com parison based approach [J]. Proceedings of the 2th International Conference on Availability, Reliability and Security, 2007: 983-990.
- [9] Krishnamachari B, Iyengar S. Distributed bayesian algorithms for fault tolerantevent region detection in wireless sensor networks [J]. IEEE Transactions on Computers, 2008, 53 (3) : 241-250.
- [10] 秦裕斌, 陈建华, 黄晓. 无线Mesh网络技术及其应用 [J]. 通信技术, 2009 (12) : 144-146.
- [11] 李冬妮, 王光兴. 分级ad-hoc网络中的一种移动节点故障诊断算法 [J]. 小型微型计算机系统, 2005 (8) : 1306-1312.

(收稿日期: 2014-08-15) **EA**