

文章编号:1001-9081(2008)08-2160-03

一种面向故障诊断的接地网拓扑快速建模方法

张仲康, 刘 健, 王树奇, 李志忠

(西安科技大学 通信与信息工程学院, 西安 710054)

(zhongkang0924@163.com)

摘要:为了给接地网故障诊断软件提供方便的人机界面,提出了一种简便灵活的接地网拓扑编辑录入方法。采用具有 4 列元素的边编辑表和具有 3 列元素的节点编辑表记录录入过程,论述了添加操作、变更节点类型操作和删除操作的处理方法,建议了由删除冗余记录、压缩节点和边的编号及生成节点支路关联矩阵 A 这 3 个步骤构成的编辑操作过程。以一个接地网为例进行了详细说明,结果表明提出的方法是可行的。

关键词:接地网;网络拓扑;建模

中图分类号: TP311.5 **文献标志码:** A

Fast modeling approach of grounding grids for corrosion diagnosis

ZHANG Zhong-kang, LIU Jian, WANG Shu-qi, LI Zhi-zhong

(School of Communication and Information Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an Shaanxi 710054, China)

Abstract: In order to achieve a convenient man-machine interface for grounding grids corrosion diagnosis software, a grounding grids topology input edition approach was proposed. An edge edition table with four columns and a node edition table with three columns were introduced to record the processes of input. The operations of adding, eliminating and changing the types of nodes were detailed. The approaches of eliminating redundancy records, compression the sequence numbers of nodes and edges and establishing the relevancy matrix of nodes to branches were described. A grounding grids was used as an example to show the proposed methodologies, the results of which show the feasibility of the proposed approaches.

Key words: grounding grids; network topology; modeling

0 引言

接地网对电气设备的安全运行至关重要,在接地网存在缺陷的情况下,就会危及电气设备以及人身安全^[1-2]。接地网是深埋地下的,因此利用地面可及节点施加激励并进行测量,经过计算诊断出各条导体的实际电阻,进而可以得到接地网的腐蚀情况,有目的的对其进行开挖修复。

在接地网故障诊断领域已经取得了许多成就。文献[3-4]采用电磁场的方法研究了导体断裂的探测,文献[5-8]采用电路理论研究了接地网各条导体的实际电阻的测量。由于电磁场方法只能得到导体断裂信息,因此电路理论方法得到的诊断结果更加丰富。文献[9]论述了基于电路方法的接地网腐蚀与断点诊断软件系统的开发。

接地网拓扑建模是接地网故障诊断软件的基础,大量的文献对接地网拓扑分析和建模进行了研究,早期的方法主要通过特定的数据结构来记录节点和线路的关联关系^[10],这种方法的通用性和可扩充性差。后来发展到先基于矢量图自动生成网络的原始拓扑^[11],再转化为适合电力应用的拓扑数据。这些处理方法在生成接地网接线关系后还要进行第二次的搜索才能生成接地网的模型。文献[12]提出了一种配电网拓扑编辑方法,具有结构简明和便于实现后悔操作的优点。

在接地网的诊断中往往需要频繁地对接地网进行局部的修改,并重新进行接地网拓扑分析,如果每次修改和变动都采

用全局拓扑分析和建模,则比较烦琐而且占用时间较长,影响人机响应速度造成工作效率低下。

本文探讨在接地网局部发生变化时,如何对变更的部分采用增量建模的方法来快速生成接地网的模型。

1 基本原理

1.1 接地网的模型

将接地网看作图,将各金属导体之间的焊接点看作是节点(对有外接引线的节点看作是可及节点),而将节点间的支路导体看作是边。

对于一个具有 N 个节点、 B 条支路的接地网,采用 N 行 B 列的关联矩阵 A 反映节点与支路的关联关系。为了统一起见,规定一条支路的参考方向为从该支路的序号大的端节点指向序号小的端节点。若 $A_{i,j} = 1$ 则表明支路 j 的参考方向为从节点 i 流出,若 $A_{i,j} = -1$ 则表明支路 j 的参考方向为向节点 i 流入;若 $A_{i,j} = 0$ 则表明节点 i 不是支路 j 的端节点。

1.2 接地网拓扑编辑

1.2.1 拓扑编辑表

为了更方便地实现接地网建模,分别建立边和节点编辑表,同步记录每一步编辑过程中边与节点的连接关系。边编辑表 L 有 4 列,分别记录边的序号、边的端节点序号及删除标志(1 为添加, -1 为删除)。节点编辑表 T 有 3 列,记录节点的序号、类型(-1 为不可及节点,1 为可及节点)及删除标志(1 为添加, -1 为删除)。边编辑表 L 和节点编辑表 T 清楚地记录了

收稿日期:2008-03-07;修回日期:2008-05-06。

作者简介:张仲康(1979-),男,陕西韩城人,硕士研究生,主要研究方向:信号与信息处理; 刘健(1967-),男,北京人,教授,博士生导师,博士,主要研究方向:电气工程及其自动化; 王树奇(1974-),男,陕西大荔人,讲师,博士研究生,主要研究方向:信号处理、安全技术与工程; 李志忠(1977-),男,陕西渭南人,硕士研究生,主要研究方向:信号处理。

每次编辑对边和节点的操作,通过后台顺序记录每步编辑所涉及的边与节点号,可以较容易实现后悔操作。当撤消上一次编辑操作时,只需将相关边和节点的删除标志由 -1 变为 1,或由 1 变为 -1;将所有删除的边与节点清除,压缩并保存边编辑表 L 与节点编辑表 T 。追加每次编辑操作,可以实现快速增量建模。用 $L_{m,j}$ 和 $T_{k,j}$ 分别表示边编辑表第 m 行、第 j 列和节点编辑表第 k 行、第 j 列的值。

1.2.2 添加操作

新添加节点或边的编号是在当前最大节点或边的编号基础上依次顺序生成。

1) 添加一条与已有部分无连接的新边。

假设该边的序号为 C_n ,其端节点为 V_e 和 V_f , V_e 可及、 V_f 不可及,则有:

$$L_{m,1} = C_n, L_{m,2} = V_e, L_{m,3} = V_f, L_{m,4} = 1 \quad (1)$$

$$T_{k,1} = V_e, T_{k,2} = 1, T_{k,3} = 1 \quad (2)$$

$$T_{k+1,1} = V_f, T_{k+1,2} = -1, T_{k+1,3} = 1 \quad (3)$$

2) 添加一条与已有部分相连的新边。

假设该边的序号为 C_n ,与已有节点 V_e 相连,新添加节点序号为 V_f , V_e 可及、 V_f 不可及,则有:

$$L_{m,1} = C_n, L_{m,2} = V_e, L_{m,3} = V_f, L_{m,4} = 1 \quad (4)$$

$$T_{k,1} = V_f, T_{k,2} = -1, T_{k,3} = 1 \quad (5)$$

假设该边的序号为 C_n ,与已有节点 V_e 和 V_f 相连(连接两个节点的一条边), V_e 可及、 V_f 不可及,则有:

$$L_{m,1} = C_n, L_{m,2} = V_e, L_{m,3} = V_f, L_{m,4} = 1 \quad (6)$$

3) 在由 (V_m, V_n) 构成的边 C_n 中间添加节点 V_e 。

除了添加节点 V_e (假设其可及) 外,还要将由 (V_m, V_n) 构成的边 C_n 删去,并添加由 (V_m, V_e) 和 (V_e, V_n) 构成的两条新边 C_h 和 C_{h+1} ,即:

$$L_{m,1} = C_n, L_{m,2} = V_m, L_{m,3} = V_n, L_{m,4} = -1 \quad (7)$$

$$L_{m+1,1} = C_{h+1}, L_{m+1,2} = V_m, L_{m+1,3} = V_e, L_{m+1,4} = 1 \quad (8)$$

$$L_{m+2,1} = C_{h+2}, L_{m+2,2} = V_e, L_{m+2,3} = V_n, L_{m+2,4} = 1 \quad (9)$$

$$T_{k,1} = V_e, T_{k,2} = 1, T_{k,3} = 1 \quad (10)$$

1.2.3 变更节点类型操作

将不可及节点变更为可及节点或将可及节点变更为不可及节点。例如,将不可及节点 V_e 变更为可及节点,则直接在 T 表中找到包含节点 V_e 的行,将其第 2 列元素由 -1 变更为 1 即可。

1.2.4 删除操作

若要删除一个节点,则同时要删掉与其相连的所有边;若要删除一条边,则要同时删掉因删除该边后形成的不与任何边相连的孤立节点。

例如,对于图 1(a) 所示的接地网,数字为节点序号,括号内数字为边的序号。若要删除节点 4,则同时要删除边(1)、(2)、(7)和(8),一旦删除了边(1),则节点 1 成为孤立节点,也要删掉。

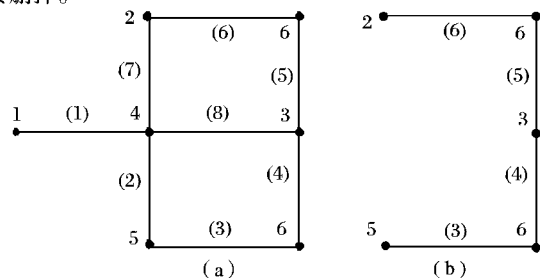


图 1 一个删除的例子

上述删除操作分别如表 1 和表 2 所示。

表 1 节点编辑表

编辑序号	$T_{*,1}$	$T_{*,2}$	$T_{*,3}$
k	4	1	-1
$k+1$	1	1	-1

表 2 边编辑表

编辑序号	$L_{*,1}$	$L_{*,2}$	$L_{*,3}$	$L_{*,4}$
m	1	1	4	-1
$m+1$	2	4	5	-1
$m+2$	7	2	4	-1
$m+3$	8	3	4	-1

1.3 编辑操作的确认

边编辑表 L 与节点编辑表 T 较好地记录了对接地网拓扑的录入操作,当录入完成后,在检测到操作员按下一个“确认”键后,软件将根据边编辑表 L 与节点编辑表 T 的内容进行建模,主要包括:删除冗余记录、压缩节点和边的编号、生成节点支路关联矩阵 A 。

1) 删除冗余记录。按照操作序号从大到小的顺序查阅边编辑表各项记录的第 4 列元素,若某条记录的第 4 列元素为 -1,则将按照操作序号从大到小的顺序搜索到的与其第 1 列元素相同且第 4 列元素为 1 的记录删除。

反复进行上述处理,直至边编辑表中不存在第 4 列元素为 -1 的记录,就实现了冗余边记录的删除。

按照操作序号从大到小的顺序查阅节点编辑表各项记录的第 3 列元素,若某条记录的第 3 列元素为 -1,则将按照操作序号从大到小的顺序搜索到的与其第 1 列元素相同且第 3 列元素为 1 的记录删除。

反复进行上述处理,直至节点编辑表中不存在第 3 列元素为 -1 的记录,就实现了冗余节点记录的删除。

2) 压缩节点和边的编号。将删除冗余操作后的边编辑表中各条记录的第 1 列元素按照从小到大的顺序排列,分别将其排列序号作为相应边的序号,并据此修正边编辑表中各条记录的第 1 列元素,实现了边的编号的压缩,使各条边具有连续的编号。

节点编号的压缩与边的编号的压缩方法类似,不再赘述。

3) 生成节点支路关联矩阵 A 。根据执行 1) 和 2) 后的边编辑表和节点编辑表,可以生成生成节点支路关联矩阵 A ,具体步骤为:

第 1 步 根据边编辑表和节点编辑表中记录个数,得到 A 的维数,并将 A 中的元素全部清零。

第 2 步 从边编辑表中取出一条记录,若边的序号为 j ,其端节点序号为 m 和 n ,且 $m > n$,则: $A_{m,j} = 1, A_{n,j} = -1$ 。

第 3 步 判断边编辑表中的记录是否已经全部取完?若是则结束,节点支路关联矩阵 A 生成完毕;否则返回第 2 步。

2 实例

对于图 2(a) 所示的例子,假设最初按照图 2(a) 中边的序号的顺序进行编辑(3,4,6,8,10,11,14,15,16,17 为可及节点),后来删除了一部分,得到如图 2(b) 所示的结果,在录入工作中,节点和边编辑表分别如表 3 和表 4 所示。(表 4 中边的添加编辑部分完全类似,故未全部给出)。

获取邮件信息后,调用 Release 函数释放 COM 组件各个接口的使用。

6)解析结束后,释放 COM 对象,终止 COM 库,并将注册表中“Store Root”键值还原成原来的默认值。

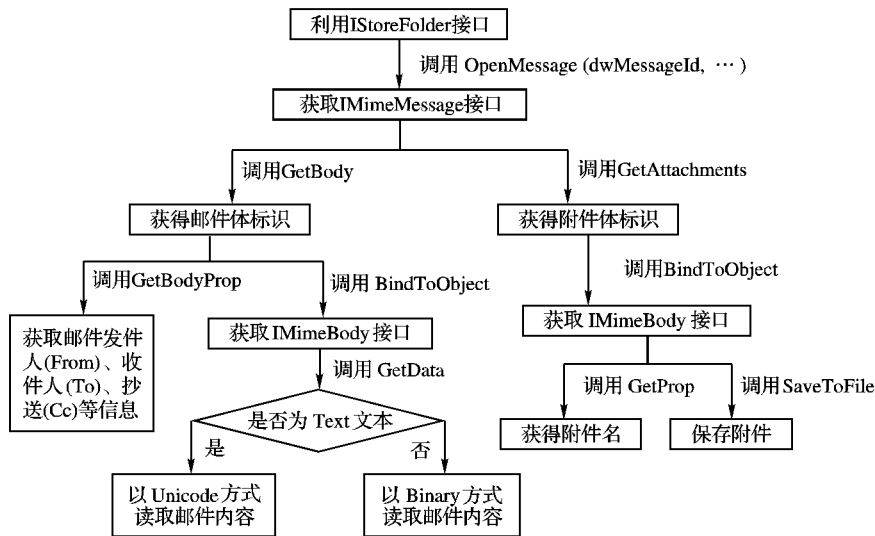


图 4 获取 OE 邮件信息程序流程

3 实例验证

本文研究中,采用 Windows XP + SP2 操作系统,在 VC++ 6.0 开发环境下编程实现了上述方法。在默认安装 OE 的前提下,通过在 Windows 2000/XP/2003 和 Vista 四个不同版本的操作系统下,更换多组数据反复进行验证,均能得到正确的解析结果,运行界面如图 5 所示,结果表明,基于 COM 技术的 DBX 邮件文件解析方法是可行的,具有较高的稳定性。

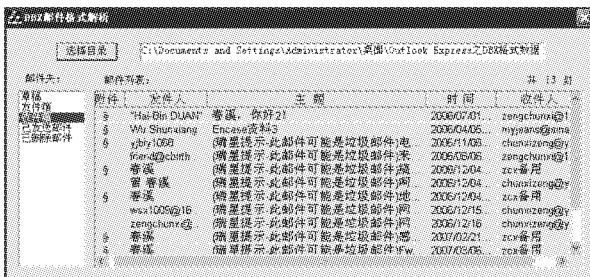


图 5 DBX 邮件数据文件的解析界面

4 结语

本文针对直接解析 DBX 邮件数据文件难度较大的问题,提出了基于 COM 技术的解析方法,即利用 OE 提供的 COM 组件接口,调用相关 API 函数直接获取文件中的邮件信息,避免了研究分析复杂的 DBX 邮件文件格式,为该数据文件的解析找到一种新的解决方法,对电子邮件调查分析软件的研究开发具有较好的参考价值。

参考文献:

- [1] 杨泽明,刘宝旭,许榕生. 电子邮件取证技术[J]. 信息安全学报, 2002(6): 33-34.
- [2] 刘浩阳. 电子邮件的调查与取证[J]. 辽宁警专学报, 2007(5): 27-31.
- [3] 潘爱民. COM 原理与应用[M]. 北京:清华大学出版社, 2001.
- [4] 梁忠杰,思敏,李婷. COM 技术和动态链接库技术的应用研究[J]. 微计算机应用, 2006, 27(6): 702-705.
- [5] Microsoft Corporation. IStoreNamespace interface [EB/OL]. [2007-10-23]. <http://msdn2.microsoft.com/en-us/library/ms710214.aspx>.
- [6] Microsoft Corporation. IStoreFolder interface [EB/OL]. [2007-10-24]. <http://msdn2.microsoft.com/en-us/library/ms710250.aspx>.
- [7] Microsoft Corporation. IMimeMessage interface [EB/OL]. [2007-10-25]. <http://msdn2.microsoft.com/en-us/library/ms711861.aspx>.
- [8] Microsoft Corporation. IMimeBody interface [EB/OL]. [2007-10-27]. <http://msdn2.microsoft.com/en-us/library/ms712525.aspx>.
- [9] 李美满,夏汉铸. 基于 COM 技术的通用题库系统的研究与实现[J]. 计算机工程与设计, 2006, 27(15): 2770-2773.
- [10] Microsoft Corporation. Windows Mail programming examples [EB/OL]. [2007-10-30]. <http://msdn2.microsoft.com/en-us/library/ms715241.aspx>.
- [11] YABO P. Reading and writing messages in outlook express [EB/OL]. [2007-11-13]. http://www.codeproject.com/com/Outlook_Express_Messages.asp.

(上接第 2162 页)

- [4] HU JUN, ZHANG RONG, HE JIN-LIANG. Novel method of corrosion diagnosis for grounding grid [C]// International Conference on Power System Technology. New York: IEEE, 2000, 3: 1365-1370.
- [5] 张晓玲,黄青阳. 电力系统接地网故障诊断[J]. 电力系统及其自动化学报, 2002, 14(1): 48-51.
- [6] 刘健,王建新,王森. 一种改进的接地网故障诊断算法及测试方案评价[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(3): 71-77.
- [7] 刘健,王树奇,李志忠,等. 接地网故障诊断的可测性研究[J]. 高电压技术, 2008, 34(1): 64-69.
- [8] 刘健,王树奇,李志忠,等. 基于网络拓扑分层约简的接地网腐蚀故障诊断[J]. 中国电机工程学报, 2008, 28(3): 60-65.
- [9] 黄文武,文习山,朱正国. 接地网腐蚀与断点诊断软件系统的开发[J]. 高电压技术, 2005, 31(7): 42-44.
- [10] 王湘中,黎晓兰. 基于关联矩阵的电网拓扑辨识[J]. 电网技术, 2001, 25(2): 10-13.
- [11] 陈竟成,张学松,汪峰,等. 接地网络建模与网络结线分析[J]. 电网技术, 1999, 23(5): 52-54.
- [12] 宋久旭,刘健,刘现权. 一种接地网络拓扑快速增量建模方法[J]. 继电器, 2005, 33(5): 21-26.