



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106407275 A

(43)申请公布日 2017.02.15

(21)申请号 201610736465.2

(22)申请日 2016.08.26

(71)申请人 国家电网公司

地址 100031 北京市西城区西长安街86号

申请人 国网湖南省电力公司

国网湖南省电力公司电力科学研究院

(72)发明人 宁志毫 周冠东 王灿 张斌

张可人 罗潇

(74)专利代理机构 湖南兆弘专利事务所(普通合伙) 43008

代理人 赵洪 谭武艺

(51)Int.Cl.

G06F 17/30(2006.01)

G06Q 50/06(2012.01)

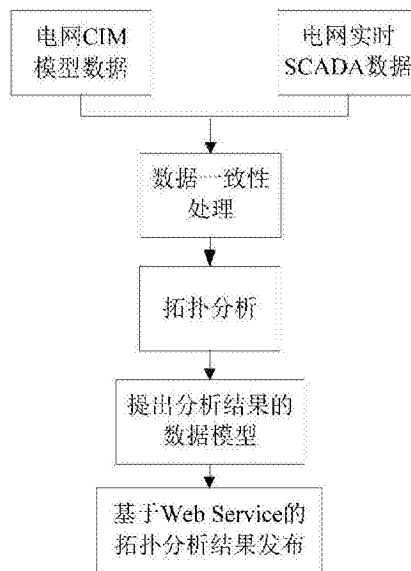
权利要求书2页 说明书16页 附图4页

(54)发明名称

一种基于数据融合的电网拓扑分析方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于数据融合的电网拓扑分析方法,步骤包括:获取电网的CIM数据和SCADA数据;对CIM数据和SCADA数据进行数据一致性处理;对CIM数据和SCADA数据进行拓扑分析;针对拓扑分析结果提取数据模型,数据模型包括拓扑节点、电气元件、电气岛三个模块,电气岛包括同一个电气岛的所有电气元件的电气元件ID;拓扑节点为拓扑分析结果的逻辑节点;电气元件包括该电气元件端点的拓扑节点号以及逻辑相连的电气元件;将数据模型发布。本发明整合了电网CIM模型与SCADA系统数据,能够实时进行电网的拓扑分析且将分析的结果根据IEC61970的格式提出了具体的数据模型,通过该数据模型能够将数据提供给多个厂商共同使用,实现了数据“大粒度”的共享、节约了大量资源。



1. 一种基于数据融合的电网拓扑分析方法,其特征在于步骤包括:

1) 从电网的CIM模型中取出CIM数据,将CIM数据按照IEC61970标准解析得到各电气元件的信息;从电网的SCADA系统中取出包含各电气元件在指定时刻的运行信息的SCADA数据,所述CIM数据和SCADA数据之间通过各电气元件的ID相互对应;

2) 对CIM数据和SCADA数据进行数据一致性处理,使得CIM数据和SCADA数据中的同一电气元件具有相同的ID;

3) 对CIM数据和SCADA数据进行拓扑分析;

4) 针对拓扑分析结果提取基于IEC61970标准的数据模型,所述基于IEC61970标准的数据模型包括拓扑节点、电气元件、电气岛三个模块,电气岛包括属于同一个电气岛的所有电气元件的电气元件ID;拓扑节点为拓扑分析结果的逻辑节点,拓扑节点直接与一个或多个电气元件相连,拓扑节点具有的属性包括拓扑节点号、电压等级、所属电气岛;电气元件包括该电气元件端点的拓扑节点号以及电网中与该电气元件逻辑上直接相连在一起的电气元件;

5) 将所述基于IEC61970标准的数据模型通过指定的数据交换方式发布。

2. 根据权利要求1所述的基于数据融合的电网拓扑分析方法,其特征在于,所述步骤3)的详细步骤包括:

3.1) 将CIM数据中取出各电气元件的信息存入指定的表格DataTable1中,将SCADA数据中取出各电气元件的信息存入指定的表格DataTable2中;

3.2) 表格DataTable1中开关和断路器在表格DataTable2中都有该时刻的开闭状态,根据表格DataTable2中的信息,将表格DataTable1中所有断开的开关和断路器的信息删除;

3.3) 建立列表List与列表ListCNTN,将从表格DataTable1中删除的开关与断路器的节点信息<firstCN, rearCN>信息加入到列表ListCNCN中,其中firstCN表示节点的首端CN, rearCN表示节点的末端CN;

3.4) 使用预设的搜索算法将直接相连的开关和断路器节点CN全部用同一个TN替换,并且将对应的<CN, TN>加入到列表ListCNTN中;

3.5) 针对线路节点信息<firstCN, rearCN>、绕组节点信息<firstCN, rearCN>、电抗器节点信息<firstCN, rearCN>、母线节点信息CN、发电机节点信息CN、电容器节点信息CN,如果有CN节点有对应的TN则用对应的TN替代,否则为该CN节点生成新的TN', 并且将关系<CN, TN' >加入到列表ListCNTN中;

3.6) 得到记录了电网中所有电气元件CN节点和新生成的TN之间对应关系的列表ListCNTN,判定对应同样的TN的所有CN节点属于同一个逻辑节点且等效于直接相连;

3.7) 将所有双节点电气元件的节点信息<firstCN, rearCN>全部用ListCNTN中对应的TN替换,将替换后的结果用<firstTN, rearTN>表示,并存入列表ListTNTN。

3.8) 编辑列表ListTNTN,将整个电网分成一个或多个电气岛,对各个电气岛内的TN进行统一编号;

3.9) 拓扑分析结束,得到包括了各电气岛以及各电气元件的属性信息、SCADA数据以及连接关系的拓扑分析结果。

3. 根据权利要求2所述的基于数据融合的电网拓扑分析方法,其特征在于,所述步骤3.4)的详细步骤包括:

3.4.1) 建立列表List<StringList>和类型变量ListResult,建立列表ListCN和列表ListTemp,建立列表ListCNTN;

3.4.2) 判断列表ListCNCN是否为空,如果列表ListCNCN非空,则跳转执行步骤3.4.3),否则跳转执行步骤3.4.8);

3.4.3) 清空列表ListCN与列表ListTemp;

3.4.4) 将列表ListCNCN中第一条记录中的firstCN、rearCN分别加入到列表ListCN中,将列表ListCNCN中第一条记录加入到列表ListTemp中并从列表ListCNCN中删除;

3.4.5) 判断列表ListCNCN中是否存在符合条件的记录<firstCN,rearCN>,该记录中的firstCN或rearCN出现在列表ListCN中,如果存在符合条件的记录则跳转执行步骤3.4.6),否则跳转执行步骤3.4.7);

3.4.6) 针对符合条件的记录<firstCN,rearCN>,若符合条件的记录中的firstCN出现在列表ListCN中,则将该记录的rearCN加入到列表ListCN;若符合条件的记录中的rearCN出现在列表ListCN中,则将该记录的firstCN加入到列表ListCN;将符合条件的记录<firstCN,rearCN>加入列表ListTemp中并从列表ListCNCN中删除,跳转执行步骤3.4.5);

3.4.7) 将列表ListTemp加入ListResult中,跳转执行步骤3.4.2);

3.4.8) 取出ListResult中的每一个列表,并且将每个列表赋予唯一的标识TN,将列表内的所有CN与该列表对应的TN产生的对应关系<CN,TN>加入到列表ListCNTN中,使得列表ListCNTN中的每一条记录则表示电网中所有的连接节点CN与逻辑节点TN的对应关系。

## 一种基于数据融合的电网拓扑分析方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电力系统高级分析所需的电网拓扑分析方法,具体涉及一种基于数据融合的电网拓扑分析方法。

### 背景技术

[0002] 拓扑分析是电力仿真和电力系统所有网络分析应用的基础。电网的状态估计、潮流计算、电压凹陷域分析、电网扰动源识别等高级应用,全部都基于电网拓扑分析的结果。只有准确、快速地对整个电网进行分析,才能更加高效地进行高级应用与分析。

[0003] 在许多高级分析中,都需要进行拓扑分析,而大多数的做法都是在各系统内部进行拓扑分析,而不是采用统一的数据模型或仅由某一个系统进行拓扑分析,将拓扑分析的结果提供给其他各高级分析所用。此外,各厂商所得拓扑分析的结果,对于其他厂商来说,并不能直接使用。因此,上述问题给数据集成、系统集成与系统升级均带来诸多不便,造成大量的重复计算与资源浪费。

[0004] 为了实现资源的共享,国际电工委员会提出了IEC61970标准,这样可以便于集成来自不同厂商的能量管理系统(EMS),便于将EMS与调度中心内的其他系统互联,以及便于实现不同调度中心EMS之间的模型交换。因此,基于IEC61970标准的数据模型,可以方便各系统间的数据集成,实现电网拓扑分析结果的共享。

[0005] 电网拓扑分析需要电网的公用信息模型(CIM)数据以及电网实时SCADA数据。电网CIM模型数据描述了整个电网的各电气元件的静态连接关系以及各电气元件的参数属性。SCADA系统中记录了实时的电网运行参数,包括电气元件的电压、电流等属性。将CIM模型数据与SCADA数据相结合,进行拓扑分析,则可以分析出电网的实时结构,从而为高级分析应用提供服务。

[0006] CIM数据只描述了网络的静态信息,即各电器元件的属性参数以及连接关系,不能反映网络的实时拓扑状态;而SCADA数据则只是描述了各时间片段中各电气元件的运行参数,不能体现网络中各电气元件的连接情况等。所以,只有将CIM数据与SCADA数据进行有效的结合,然后进行拓扑分析,得到的拓扑分析结果不仅能够体现各电器元件的属性参数以及连接关系,而且还能反映各时间片段中各电气元件的运行参数,进而全部了解整个电网的运行情况。

[0007] 目前,大部分区域电网都建立了各自的电网静态CIM模型,但是该CIM模型与外部系统的交互很少,并没有真正实现资源共享。同时,建立的电网静态CIM模型数据规模过大,电气元件与变电站的所属关系、电气元件的连接关系等并不能直接体现。因此,在应用时需要将原始的静态CIM模型数据进行一定的处理。

[0008] SCADA系统应用已经十分普及。该系统用于监测电网中各主要电气元件实时运行的数据,实现电网的监控管理。同时,SCADA系统的监测数据可以用于电网拓扑分析,为电力系统高级分析应用提供支持。目前,SCADA系统更多是供电网调度部门使用,随着信息技术的发展和智能电网建设的深入,SCADA监测数据可以发挥更大的作用。

[0009] 实现电网拓扑分析需要电网静态CIM模型与SCADA系统的数据融合。然而,在实际应用中,这两个系统往往是由不同厂商开发的,对于同一个电气元件的唯一标示ID却是不同的,给分析造成了很大的不便。若要综合两个系统的数据统一进行拓扑分析和高级应用则需要将两个系统进行标志的统一。

[0010] 综上所述,电网拓扑分析的数据一致性非常重要。它体现在两个方面:一是拓扑分析的源数据的一致性,即不同的SCADA之间、不同的CIM数据之间以及SCADA与CIM之间的数据一致性;另一个就是拓扑分析结果一致性,提供统一的、标准的分析结果数据,为所有的应用提供一致的分析结果数据。要实现电网拓扑分析数据一致性,采用IEC61970标准是最好的选择。

## 发明内容

[0011] 本发明要解决的技术问题:针对现有技术的上述问题,提供一种整合了电网CIM模型与SCADA系统数据,能够实时进行电网的拓扑分析且将分析的结果根据IEC61970的格式提出了具体的数据模型,通过该数据模型能够将数据提供给多个厂商共同使用,实现了数据“大粒度”的共享、节约了大量资源的基于数据融合的电网拓扑分析方法。

[0012] 为了解决上述技术问题,本发明采用的技术方案为:

[0013] 一种基于数据融合的电网拓扑分析方法,步骤包括:

[0014] 1) 从电网的CIM模型中取出CIM数据,将CIM数据按照IEC61970标准解析得到各电气元件的信息;从电网的SCADA系统中取出包含各电气元件在指定时刻的运行信息的SCADA数据,所述CIM数据和SCADA数据之间通过各电气元件的ID相互对应;

[0015] 2) 对CIM数据和SCADA数据进行数据一致性处理,使得CIM数据和SCADA数据中的同一电气元件具有相同的ID;

[0016] 3) 对CIM数据和SCADA数据进行拓扑分析;

[0017] 4) 针对拓扑分析结果提取基于IEC61970标准的数据模型,所述基于IEC61970标准的数据模型包括拓扑节点、电气元件、电气岛三个模块,电气岛包括属于同一个电气岛的所有电气元件的电气元件ID;拓扑节点为拓扑分析结果的逻辑节点,拓扑节点直接与一个或多个电气元件相连,拓扑节点具有的属性包括拓扑节点号、电压等级、所属电气岛;电气元件包括该电气元件端点的拓扑节点号以及电网中与该电气元件逻辑上直接相连在一起的电气元件;

[0018] 5) 将所述基于IEC61970标准的数据模型通过指定的数据交换方式发布。

[0019] 优选地,所述步骤3)的详细步骤包括:

[0020] 3.1) 将CIM数据中取出各电气元件的信息存入指定的表格DataTable1中,将SCADA数据中取出各电气元件的信息存入指定的表格DataTable2中;

[0021] 3.2) 表格DataTable1中开关和断路器在表格DataTable2中都有该时刻的开闭状态,根据表格DataTable2中的信息,将表格DataTable1中所有断开的开关和断路器的信息删除;

[0022] 3.3) 建立列表List与列表ListCNTN,将从表格DataTable1中删除的开关与断路器的节点信息<firstCN,rearCN>信息加入到列表ListCNCN中,其中firstCN表示节点的首端CN,rearCN表示节点的末端CN;

[0023] 3.4) 使用预设的搜索算法将直接相连的开关和断路器节点CN全部用同一个TN替换,并且将对应的<CN,TN>加入到列表ListCNTN中;

[0024] 3.5) 针对线路节点信息<firstCN,rearCN>、绕组节点信息<firstCN,rearCN>、电抗器节点信息<firstCN,rearCN>、母线节点信息CN、发电机节点信息CN、电容器节点信息CN,如果有CN节点有对应的TN则用对应的TN替代,否则为该CN节点生成新的TN',并且将关系<CN,TN'>加入到列表ListCNTN中;

[0025] 3.6) 得到记录了电网中所有电气元件CN节点和新生成的TN之间对应关系的列表ListCNTN,判定对应同样的TN的所有CN节点属于同一个逻辑节点且等效于直接相连;

[0026] 3.7) 将所有双节点电气元件的节点信息<firstCN,rearCN>全部用ListCNTN中对应的TN替换,将替换后的结果用<firstTN,rearTN>表示,并存入列表ListTNTN。

[0027] 3.8) 编辑列表ListTNTN,将整个电网分成一个或多个电气岛,对各个电气岛内的TN进行统一编号;

[0028] 3.9) 拓扑分析结束,得到包括了各电气岛以及各电气元件的属性信息、SCADA数据以及连接关系的拓扑分析结果。

[0029] 优选地,所述步骤3.4)的详细步骤包括:

[0030] 3.4.1) 建立列表List<StringList>和类型变量ListResult,建立列表ListCN和列表ListTemp,建立列表ListCNTN;

[0031] 3.4.2) 判断列表ListCNCN是否为空,如果列表ListCNCN非空,则跳转执行步骤3.4.3),否则跳转执行步骤3.4.8);

[0032] 3.4.3) 清空列表ListCN与列表ListTemp;

[0033] 3.4.4) 将列表ListCNCN中第一条记录中的firstCN、rearCN分别加入到列表ListCN中,将列表ListCNCN中第一条记录加入到列表ListTemp中并从列表ListCNCN中删除;

[0034] 3.4.5) 判断列表ListCNCN中是否存在符合条件的记录<firstCN,rearCN>,该记录中的firstCN或rearCN出现在列表ListCN中,如果存在符合条件的记录则跳转执行步骤3.4.6),否则跳转执行步骤3.4.7);

[0035] 3.4.6) 针对符合条件的记录<firstCN,rearCN>,若符合条件的记录中的firstCN出现在列表ListCN中,则将该记录的rearCN加入到列表ListCN;若符合条件的记录中的rearCN出现在列表ListCN中,则将该记录的firstCN加入到列表ListCN;将符合条件的记录<firstCN,rearCN>加入列表ListTemp中并从列表ListCNCN中删除,跳转执行步骤3.4.5);

[0036] 3.4.7) 将列表ListTemp加入ListResult中,跳转执行步骤3.4.2);

[0037] 3.4.8) 取出ListResult中的每一个列表,并且将每个列表赋予唯一的标识TN,将列表内的所有CN与该列表对应的TN产生的对应关系<CN,TN>加入到列表ListCNTN中,使得列表ListCNTN中的每一条记录则表示电网中所有的连接节点CN与逻辑节点TN的对应关系。

[0038] 本发明基于数据融合的电网拓扑分析方法具有下述优点:针对当前电网CIM模型数据和SCADA数据不一致或者多个系统同时进行拓扑分析而没有统一的标准和规范导致大量重复计算、资源浪费、系统不易集成与维护等多种问题,本发明基于数据融合的电网拓扑分析方法首先解析电网的CIM模型数据,在解析CIM模型数据时,若遇到该CIM模型数据与SCADA系统数据不一致时,根据电气元件的所属厂站与名称,修改解析后的CIM模型数据,统

一各电气元件的ID。不是每一次进行拓扑分析的时候都对大量的CIM数据进行解析与修正，而仅仅是在电网的CIM模型发生了改变时才进行解析，因此节省了大量的时间。对某一时刻进行拓扑分析时，取出解析好的CIM模型数据与该时刻的SCADA数据，进行拓扑分析。针对拓扑分析的结果，提出基于IEC61970的数据模型，实现数据的共享，方便系统的维护、集成与升级。同时，数据模型中的各电气元件及其属性具有伸缩性，即若有其他的电气元件或者属性在本专利中没有列出，可以很方便的进行扩展；若某些电气元件或者属性没有，则可以省略，具有较强的扩展性。根据该数据模型，将拓扑分析的结果对外发布出去，供其他的系统使用，因而节省了大量的资源。

### 附图说明

- [0039] 图1为应用本发明实施例方法的某地区的电网示意图。
- [0040] 图2为本发明实施例方法的基本流程示意图。
- [0041] 图3是本发明实施例中电网拓扑分析数据模型的拓扑分析流程示意图。
- [0042] 图4是本发明实施例中电网拓扑分析数据模型所用到搜索算法的流程示意图。
- [0043] 图5为本发明实施例中拓扑分析结果的数据模型的示意图。

### 具体实施方式

[0044] 为了实现融合电网CIM模型数据与SCADA监测数据进行拓扑分析，满足更大粒度的数据共享，本发明提供了一种基于数据融合的电网拓扑分析方法以实现拓扑分析结果共享。下文将以图1所示某地区的电网为例，对本发明基于数据融合的电网拓扑分析方法进行详细说明，母线1M与母线2M为均220kV母线，母线I、母线IIA、母线IIB均为10kV母线。

[0045] 如图2所示，本实施例基于数据融合的电网拓扑分析方法的步骤包括：

[0046] 1) 提取电网CIM模型数据集电网实时SCADA数据：从电网的CIM模型中取出CIM数据，将CIM数据按照IEC61970标准解析得到各电气元件的信息；从电网的SCADA系统中取出包含各电气元件在指定时刻的运行信息的SCADA数据，CIM数据和SCADA数据之间通过各电气元件的ID相互对应。

[0047] 本实施例中，取得电网CIM模型数据，按照IEC61970的格式与说明，解析各电气元件的属性参数、连接关系等信息，存入本地。利用服务从SCADA系统中取出各元件的某时刻运行数据存入本地。CIM数据与SCADA数据通过各电气元件的ID相对应。本实施例中，提取得到的开关信息如表1所示，刀闸信息如表2所示，母线信息如表3所示，变压器信息如表4所示，负载信息如表5所示，母线的SCADA数据如表6所示，变电器的SCADA数据如表7所示，负荷SCADA数据如表8所示。

[0048] 表1：开关信息表。

ID	名称	首端 CN	末端 CN	开闭状态
101	101 开关	CN3	CN4	1
102	102 开关	CN7	CN8	1
103	103 开关	CN14	CN15	1
104	104 开关	CN17	CN18	1
[0049] 105	105 开关	CN20	CN21	1
106	106 开关	CN27	CN28	1
107	107 开关	CN30	CN31	1
108	108 开关	CN36	CN37	1
109	109 开关	CN39	CN40	1
201	201 开关	CN11	CN12	1
[0050] 202	202 开关	CN24	CN25	1
203	203 开关	CN33	CN34	1

[0051] 表1中,首端CN即firstCN,末端CN即rearCN,开闭状态1为闭合,0为断开,所属变电站全部为A变电站,开闭状态为SCADA系统中的数据。

[0052] 表2:刀闸信息表。



ID	名称	首端 CN	末端 CN	开闭状态
1011	1011 刀闸	CN1	CN2	0
1012	1012 刀闸	CN2	CN3	1
1013	1013 刀闸	CN4	CN5	1
1021	1021 刀闸	CN1	CN6	1
1022	1022 刀闸	CN6	CN7	0
1023	1023 刀闸	CN8	CN9	1
1031	1031 刀闸	CN13	CN14	1
1032	1032 刀闸	CN15	CN16	1
1041	1041 刀闸	CN13	CN17	1
1042	1042 刀闸	CN18	CN19	1
1051	1051 刀闸	CN13	CN20	1
[0053] 1052	1052 刀闸	CN21	CN22	1
1061	1061 刀闸	CN26	CN27	1
1062	1062 刀闸	CN29	CN29	1
1071	1071 刀闸	CN26	CN30	1
1072	1072 刀闸	CN31	CN32	1
1081	1081 刀闸	CN35	CN36	1
1082	1082 刀闸	CN37	CN38	1
1091	1091 刀闸	CN35	CN39	1
1092	1092 刀闸	CN40	CN41	1
2011	2011 刀闸	CN10	CN11	1
2012	2012 刀闸	CN12	CN13	1
2021	2021 刀闸	CN23	CN24	1
2022	2022 刀闸	CN25	CN26	1
[0054] 2031	2031 刀闸	CN23	CN33	1
2032	2032 刀闸	CN34	CN35	1

[0055] 表2中,首端CN即firstCN,末端CN即rearCN,开闭状态1为闭合、0为断开,所属变电站全部为A变电站开闭。开闭状态为SCADA系统中的数据。

[0056] 表3:母线信息表。

[0057]

ID	母线名称	CN号	额定电压 (kV)
0001	220kV1母线	CN5	220
0002	220kV2母线	CN1	220
0003	10kVI母线	CN13	10
0004	10kVIIA母线	CN26	10
0005	10kVIIB母线	CN35	10

[0058] 表3所属变电站为A变电站。

[0059] 表4:变压器信息表。

[0060]

ID	变 压 器 名 称	高 压 侧 CN 号	低 压 侧 CN 号	高 压 侧 额 定 电 压 ( kV )	低 压 侧 额 定 电 压 ( kV )	漏 电 阻 ( $\Omega$ )	漏 电 抗 ( $\Omega$ )	高 压 侧 分 接 头 中 间 档 位	高 压 侧 分 接 头 每 档 调 压 比
1001	#1 变 压 器	CN2	CN10	110	10	0.9	42	9	1.25
1002	#2 变 压 器	CN6	CN23	110	10	0.6	39	9	1.25

[0061] 表4所属变电站为A变电站。

[0062] 表5:负载信息表。

[0063]

ID	CN 号	负载名称
2001	CN16	F1
2002	CN19	F2
2003	CN22	F3
2004	CN29	F4
2005	CN32	F5

[0064]

2006	CN38	F6
2007	CN41	F7

[0065] 表5所属变电站为A变电站。

[0066] 表6:母线的SCADA数据表。

[0067]

ID	母线名称	电压值 (kV)	相角 (°)	A相电压 (kV)	B相电压 (kV)	C相电压 (kV)
0001	220kV1 母线	228.363	5.92	132.66	132.85	132.88
0002	220kV2 母线	228.452	5.22	133.03	132.89	132.89
0003	10kVI 母线	10.125	229.52	5.91	5.95	5.78
0004	10kVIIA 母 线	10.215	228.56	5.96	5.97	5.86
0005	10kVIIB 母 线	10.256	230.82	5.99	6.02	5.96

[0068] 表6所属变电站为A变电站。

[0069] 表7: 变电器的SCADA数据表。

[0070]

绕组ID	变压器卷名	有功 (Mvar)	无功 (Mvar)	电流 (A)	档位
1001-1	#1byq变高	12.319	-3.434	63.56	2
1001-2	#1byq变低	-12.329	3.454	56.52	1
1002-1	#2byq变高	12.129	-3.523	58.26	2
1002-2	#2byq变低	-12.008	3.584	61.26	1

[0071] 表7所属变电站为A变电站。

[0072] 表8: 负荷的SCADA数据表。

[0073]

ID	负荷名	有功 (Mvar)	无功 (Mvar)	电流 (A)
2001	F1	1.2356	0.2231	36.23
2002	F2	1.2354	0.2369	36.25
2003	F3	1.1256	0.1563	32.36
2004	F4	1.3258	0.2478	35.26
2005	F5	1.2486	0.3145	34.98
2006	F6	1.3698	0.2896	37.56
2007	F7	1.2323	0.3021	35.63

[0074] 表8所属变电站为A变电站。

[0075] 本实施例的步骤1) 包括子步骤1.1): 从CIM模型中取出CIM数据, 将CIM数据按照IEC61970标准解析得到各电气元件的信息。本实施例中, 按照IEC61970的格式与说明, 各电气元件的解析结果的格式如下:

[0076] ●母线: 母线ID 母线名称 所属变电站 CN号 额定电压

[0077] ●开关: 开关ID 开关名称 所属变电站 首节点CN号 末节点CN号

[0078] ●断路器: 断路器ID 断路器名称 所属变电站 首节点CN号 末节点CN号

[0079] ●线路:线路ID 线路名称 首节点CN号 末节点CN号 额定电压 架空线路长度 电缆线路长度 正序电阻 正序电抗 正序并联电导 正序并联电纳 零序电阻 零序电抗 零序并联电导 零序并联电纳

[0080] ●双绕组变压器:变压器ID 电压器名称 高压侧绕组名称 低压侧绕组名称 所属变电站 高压侧绕组CN号 低压侧绕组CN号 高压侧额定电压 低压侧额定电压 漏电阻漏电抗 高压侧分接头中间档位 高压侧分接头每当调压比

[0081] ●三绕组变压器高压侧:变压器ID 变压器名称 高压侧绕组名称 所属变电站 高压侧绕组CN号 虚拟CN号 高压侧额定电压 漏电阻 漏电抗 高压侧分接头中间档位高压侧分接头每档调压比

[0082] ●三绕组变压器中压侧:变压器ID 变压器名称 中压侧绕组名称 所属变电站 中压侧绕组CN号 虚拟CN号 中压侧额定电压 漏电阻 漏电抗 中压侧分接头中间档位中压侧分接头每档调压比

[0083] ●三绕组变压器低压侧:变压器ID 变压器名称 低压侧绕组名称 所属变电站 低压侧绕组CN号 虚拟CN号 低压侧额定电压 漏电阻 漏电抗

[0084] ●发电机:发电机ID 发电机名称 所属变压器 发电机CN号 额定电压 额定功率 正序电阻 正序电抗 负序电阻 负序电抗 零序电阻 零序电抗

[0085] ●电抗器:电抗器ID 电抗器名称 所属变电站 首节点CN号 末节点CN号 额定电压 电抗值

[0086] ●电容器:电容器ID 电容器名称 所属变电站 节点CN号 额定电压 电抗值

[0087] ●负载:负载ID CN号 负载名称 所属变电站

[0088] 根据上述的各电气元件的统一的数据结构对获取的CIM静态数据文件进行解析,将解析结果存入本地数据库中,形成电网静态数据统一数据源。

[0089] 需要说明的是,本实施例只有当电网的CIM模型数据改变时,才需要将CIM数据按照IEC61970标准解析得到各电气元件的信息,数据结构保持不变,因此大大降低了处理的次数。

[0090] 本实施例的步骤1)包括子步骤1.2):从SCADA系统中取出包含各电气元件在指定时刻的运行信息的SCADA数据。

[0091] 从SCADA系统中取出各元件的某时刻运行数据存入本地。由于各个电网的SCADA数据可能不一致,但是本实施例需要适应多种情况,因此在去服务获取SCADA数据时,需要规定一定的标准,从而直接从服务取数据,而不用考虑各个厂商不同的数据格式。

[0092] 本实施例中,从电网的SCADA系统中取出包含各电气元件在指定时刻的运行信息的SCADA数据的格式如下:

[0093] ●开关:开关ID 开关名 厂站名 闭合状态

[0094] ●刀闸:刀闸ID 刀闸名 厂站名 闭合状态

[0095] ●母线:母线ID 母线名 厂站名 电压值 相角 A相电压 B相电压 C相电压

[0096] ●线路:线路ID 线路名称 厂站名 有功 无功 电流

[0097] ●发电机:发电机ID 发电机名 厂站名 有功 无功 电流

[0098] ●负荷:负荷ID 负荷名 厂站名 有功 无功 电流

[0099] ●电容器:电容器ID 电容器名 厂站名 有功 无功 电流 A相电流 B相电流 C相

电流

[0100] ●电抗器:电抗器ID 电抗器名 厂站名 有功 无功 电流 A相电流 B相电流 C相电流

[0101] ●绕组:绕组ID 变压器卷名 厂站名 有功 无功 电流 档位

[0102] 2) 数据一致性处理:对CIM数据和SCADA数据进行数据一致性处理,使得CIM数据和SCADA数据中的同一电气元件具有相同的ID。

[0103] 虽然CIM模型数据和SCADA系统都有相关元件的数据,但是由于两个系统有时并不是由同一个厂商开发的,导致同一个元件在两个系统中的ID不相同,因此需要将两个系统的ID对应上。CIM模型数据与SCADA系统中都具有变电站名称与电气元件的名称,因此将两者字符串相加,若结果相同则表示同一个电气元件,因而可以将CIM模型数据中的唯一标识ID替换成SCADA系统中的相应的元件ID,对于线路来说,则可以直接根据线路的名称来寻找对应关系。这样做的好处是,由于CIM模型数据一般不会发生经常性变化,因此不需要经常性地调整。多个厂商的SCADA数据可能不一致,因此可以按照步骤1)中步骤1.2)规定各电气元件的信息格式,直接使用服务的数据格式而不用考虑各SCADA厂商的数据格式,解决了数据源不一致的问题。根据IEC61970标准,提出了步骤1)中步骤1.2)的开关、刀闸、母线、线路、发电机、负荷、电容器、电抗器和绕组的SCADA数据服务接口,从该服务接口中取得各类电气元件相应的实时数据,供后面的拓扑分析使用。而本实施例在数据源和数据结果中都是基于IEC61970标准的,数据源中按照IEC61970标准解析电网CIM模型数据以及提出SCADA数据服务接口,而本实施例的拓扑分析结果数据模型也是基于IEC61970提出的。毫无疑问,本实施例只有当电网CIM模型数据与SCADA系统的电气元件数据不一致时,才需要进行相应的匹配工作。

[0104] 3) 拓扑分析:对CIM数据和SCADA数据进行拓扑分析。

[0105] 针对电网的CIM模型数据和某一个时刻的SCADA数据,对整个地区的网络进行拓扑分析。剔除所有断开的开关和刀闸,剩下的电气元件若直接相连或通过闭合的开关、闭合的刀闸相连,则将连接在一起的多个端点用同一个编号编码,闭合的开关或刀闸两侧编号一样。由于开关或者刀闸断开的缘故,整个电网可能被分成多个电气岛。

[0106] 如图3所示,本实施例步骤3)的详细步骤包括:

[0107] 3.1) 将CIM数据中取出各电气元件的信息存入指定的表格DataTable1中,将SCADA数据中取出各电气元件的信息存入指定的表格DataTable2中;

[0108] 3.2) 表格DataTable1中开关和断路器在表格DataTable2中都有该时刻的开闭状态,根据表格DataTable2中的信息,将表格DataTable1中所有断开的开关和断路器(刀闸节点,下同)的信息删除;

[0109] 3.3) 建立列表List与列表ListCNTN,将从表格DataTable1中删除的开关与断路器的节点信息<firstCN,rearCN>信息加入到列表ListCNTN中,其中firstCN表示节点的首端CN,rearCN表示节点的末端CN;

[0110] 3.4) 使用预设的搜索算法将直接相连的开关和断路器节点CN全部用同一个TN替换,并且将对应的<CN,TN>加入到列表ListCNTN中;

[0111] 3.5) 针对线路节点信息<firstCN,rearCN>、绕组节点信息<firstCN,rearCN>、电抗器节点信息<firstCN,rearCN>、母线节点信息CN、发电机节点信息CN、电容器节点信息

CN,如果有CN节点有对应的TN则用对应的TN替代,否则为该CN节点生成新的TN',并且将关系<CN,TN'>加入到列表ListCNTN中;

[0112] 3.6) 得到记录了电网中所有电气元件CN节点和新生成的TN之间对应关系的列表ListCNTN,判定对应同样的TN的所有CN节点属于同一个逻辑节点且等效于直接相连;

[0113] 3.7) 将所有双节点电气元件的节点信息<firstCN,rearCN>全部用ListCNTN中对应的TN替换,将替换后的结果用<firstTN,rearTN>表示,并存入列表ListTNTN。

[0114] 3.8) 遍历列表ListTNTN,将整个电网分成一个或多个电气岛,对各个电气岛内的TN进行统一编号;

[0115] 3.9) 拓扑分析结束,得到包括了各电气岛以及各电气元件的属性信息、SCADA数据以及连接关系的拓扑分析结果。

[0116] 如图4所示,本实施例步骤3.4)的详细步骤包括:

[0117] 3.4.1) 建立列表List<StringList>和类型变量ListResult,建立列表ListCN和列表ListTemp,建立列表ListCNTN;

[0118] 3.4.2) 判断列表ListCNCN是否为空,如果列表ListCNCN非空,则跳转执行步骤3.4.3),否则跳转执行步骤3.4.8);

[0119] 3.4.3) 清空列表ListCN与列表ListTemp;

[0120] 3.4.4) 将列表ListCNCN中第一条记录中的firstCN、rearCN分别加入到列表ListCN中,将列表ListCNCN中第一条记录加入到列表ListTemp中并从列表ListCNCN中删除;

[0121] 3.4.5) 判断列表ListCNCN中是否存在符合条件的记录<firstCN,rearCN>,该记录中的firstCN或rearCN出现在列表ListCN中,如果存在符合条件的记录则跳转执行步骤3.4.6),否则跳转执行步骤3.4.7);

[0122] 3.4.6) 针对符合条件的记录<firstCN,rearCN>,若符合条件的记录中的firstCN出现在列表ListCN中,则将该记录的rearCN加入到列表ListCN;若符合条件的记录中的rearCN出现在列表ListCN中,则将该记录的firstCN加入到列表ListCN;将符合条件的记录<firstCN,rearCN>加入列表ListTemp中并从列表ListCNCN中删除,跳转执行步骤3.4.5);

[0123] 3.4.7) 将列表ListTemp加入ListResult中,跳转执行步骤3.4.2);

[0124] 3.4.8) 取出ListResult中的每一个列表,并且将每个列表赋予唯一的标识TN,将列表内的所有CN与该列表对应的TN产生的对应关系<CN,TN>加入到列表ListCNTN中,使得列表ListCNTN中的每一条记录则表示电网中所有的连接节点CN与逻辑节点TN的对应关系。

[0125] 4) 提取拓扑分析结果的数据模型:针对拓扑分析结果提取基于IEC61970标准的数据模型,基于IEC61970标准的数据模型包括拓扑节点、电气元件、电气岛三个模块,电气岛包括属于同一个电气岛的所有电气元件的电气元件ID;拓扑节点为拓扑分析结果的逻辑节点,拓扑节点直接与一个或多个电气元件相连,拓扑节点具有的属性包括拓扑节点号、电压等级、所属电气岛;电气元件包括该电气元件端点的拓扑节点号以及电网中与该电气元件逻辑上直接相连在一起的电气元件。

[0126] 根据IEC61970标准,提出针对拓扑分析阶段的拓扑分析结果的数据模型。本实施例中,针对拓扑分析阶段的拓扑分析结果的数据模型如图5所示,主要包括电气岛、拓扑节点和电气元件三大类。电气元件又分为母线、线路、变压器、阻抗设备和无阻抗设备五大类。

每一类对应一种或多种电气元件,每种电气元件包括不同的属性值。

[0127] 针对拓扑分析结果提取基于IEC61970标准的数据模型,各电气元件具有包括但是不仅仅包括所写的属性,若SCADA中或CIM数据中包括其他的属性,可以进行扩展;若属性没有,则可以省略或者可以用0补充值。

[0128] 拓扑分析结果的数据模型主要包括电气岛、拓扑节点和电气元件三大类。拓扑节点是拓扑分析结果的逻辑节点,该节点可能直接与一个或多个电气元件相连。拓扑节点具有拓扑节点号、电压等级、所属电气岛等属性。电气元件是各类高级分析的基础,经过拓扑分析,可以将电气元件的各端点的CN号全部替换成拓扑节点号,这样就可以判断出,在实际运行的电网中哪些电气元件在逻辑上是直接相连在一起的。经过拓扑分析后,并不一定所有的电气元件全部都在同一电气岛中,某些分析是针对某个具体的电气岛而言的。因此,拓扑分析结构的数据模型还提供电气岛的具体信息,其中包括电气岛内包括的电气元件的ID,通过ID就可以在电气元件模块中找到该电气元件的详细信息。

[0129] 本实施例经过拓扑分析,将所有闭合的开关和刀闸看作无阻抗设备,将两端的电气元件直接相连,参见图1,由于1011刀闸(断路器)和1022刀闸(断路器)断开,因此该电网分成两个电气岛,两个电气岛的TN为重新编号后的结果,并且两个电气岛的编号相互独立,没有直接关系。

[0130] 本实施例中,拓扑分析结果的数据模型中,电气岛信息包括电气岛#1和电气岛#2,电气岛#1的详细信息如表9所示,电气岛#2的详细信息如表10所示。

[0131] 表9:电气岛#1信息表。

[0132]

电气元件	元件ID	首端TN	末端TN
220kV1M母线	0001	TN1	
#1变压器	1001	TN1	TN2
10kVI母线	0003	TN2	
F1负荷	2001	TN2	
F2负荷	2002	TN2	
F3负荷	2003	TN2	

[0133] 表10:电气岛#2信息表。

[0134]

电气元件	元件ID	首端TN	末端TN
220kV2M 母线	0002	TN1	
#2 变压器	1002	TN1	TN2
10kVIIA 母线	0004	TN2	
10kVIIA 母线	0005	TN2	
F4 负荷	2004	TN2	

[0135]

F5 负荷	2005	TN2	
F6 负荷	2006	TN2	
F7 负荷	2007	TN2	

[0136] 本实施例中,拓扑分析结果的数据模型中,节点信息包括电气岛#1和电气岛#2两个节点信息,电气岛#1节点信息如表11所示,电气岛#2节点信息如表12所示。

[0137] 表10:电气岛#1节点信息表。

[0138]

TN号	电压等级 (kV)	所属变电站
TN1	220	A变电站
TN2	10	A变电站

[0139] 表11:电气岛#2节点信息表。

[0140]

TN号	电压等级 (kV)	所属变电站
TN1	220	A变电站
TN2	10	A变电站

[0141] 本实施例中,拓扑分析结果的数据模型中各电气元件的信息格式如下:

[0142] ●母线:母线ID 母线名称 所属变电站 TN号 额定电压 实时电压值 实时相角值 实时A相电压 实时B相电压 实时C相电压

[0143] ●开关:开关ID 开关名称 所属变电站 首节点TN号 末节点TN号 实时开闭状态

[0144] ●断路器:断路器ID 断路器名称 所属变电站 首节点TN号 末节点TN号 实时开闭状态

[0145] ●线路:线路ID 线路名称 首节点TN号 末节点TN号 额定电压 架空线路长度 电缆线路长度 正序电阻 正序电抗 正序并联电导 正序并联电纳 零序电阻 零序电抗 零序并联电导 零序并联电纳 实时有功值 实时无功值 实时电流值

[0146] ●双绕组变压器:变压器ID 电压器名称 高压侧绕组名称 低压侧绕组名称 所属变电站 高压侧绕组TN号 低压侧绕组TN号 高压侧额定电压 低压侧额定电压 漏电阻 漏电抗 高压侧分接头中间档位 高压侧分接头每当调压比 高压侧实时有功值 高压侧实时无功值 高压侧实时电流值 高压侧实时档位 低压侧实时有功值 低压侧实时无功值 低压侧实时电流值 低压侧实时档位

[0147] ●三绕组变压器高压侧:变压器ID 变压器名称 高压侧绕组名称 所属变电站 高压侧绕组TN号 虚拟TN号 高压侧额定电压 漏电阻 漏电抗 高压侧分接头中间档位 高压侧分接头每档调压比 实时有功值 实时无功值 实时电流值 实时档位

[0148] ●三绕组变压器中压侧:变压器ID 变压器名称 中压侧绕组名称 所属变电站 中压侧绕组TN号 虚拟TN号 中压侧额定电压 漏电阻 漏电抗 中压侧分接头中间档位 中压侧分接头每档调压比 实时有功值 实时无功值 实时电流值 实时档位

[0149] ●三绕组变压器低压侧:变压器ID 变压器名称 低压侧绕组名称 所属变电站 低压侧绕组TN号 虚拟TN号 低压侧额定电压 漏电阻 漏电抗 实时有功值 实时无功值 实时



电流值 实时档位

[0150] ●发电机:发电机ID 发电机名称 所示变压器 发电机TN号 额定电压 额定功率 正序电阻 正序电抗 负序电阻 负序电抗 零序电阻 零序电抗 实时有功值 实时无功值 实时电流值

[0151] ●电抗器:电抗器ID 电抗器名称 所属变电站 首节点TN号 末节点TN号 额定电压 电抗值 实时有功值 实时电流值 实时A相电流值 实时B相电流值 实时C相电流值

[0152] ●电容器:电容器ID 电容器名称 所属变电站 节点TN号 额定电压 电抗值 实时有功值 实时电流值 实时A相电流值 实时B相电流值 实时C相电流值

[0153] ●负载:负载ID TN号 负载名称 所属变电站 实时有功值 实时无功值 实时电流值

[0154] 本实施例中,拓扑分析结果的数据模型中各电气元件的信息如下:

[0155] I) 电气岛#1:

[0156] 母线信息:

[0157]

母线ID	母线名称	所属变电站	TN号	额定电压	实时电压值	实时相角值	实时A相电压	实时B相电压	实时C相电压
------	------	-------	-----	------	-------	-------	--------	--------	--------

0001	220kV1 母线	A 变电站	TN1	220kV	228.363kV	5.92°	132.66kV	132.85kV	132.88kV
------	-----------	-------	-----	-------	-----------	-------	----------	----------	----------

0003	10kV1 母线	A 变电站	TN2	10kV	10.125kV	229.52°	5.91kV	5.95kV	5.78kV
------	----------	-------	-----	------	----------	---------	--------	--------	--------

[0158] 变压器信息:

[0159] 变压器ID 电压器名称 高压侧绕组名称 低压侧绕组名称 所属变电站 高压侧绕组TN号 低压侧绕组TN号 高压侧额定电压 低压侧额定电压 漏电阻 漏电抗 高压侧分接头中间档位 高压侧分接头每当调压比 高压侧实时有功值 高压侧实时无功值 高压侧实时电流值 高压侧实时档位 低压侧实时有功值 低压侧实时无功值 低压侧实时电流值 低压侧实时档位

[0160] 1001 #1变压器 #1byq变高 #1byq变低 A变电站 TN1 TN2 220kV 10kV 0.9Ω 42Ω 9 1.25 12.319Mvar -3.434Mvar 63.56A 2 -12.329Mvar 3.454Mvar 56.52A 1

[0161] 负荷信息:

[0162]

负载ID	TN号	负载名称	所属变电站	实时有功值	实时无功值	实时电流值
------	-----	------	-------	-------	-------	-------

2001	TN2	F1	A 变电站	1.2356MVar	0.2231MVar	36.23A
------	-----	----	-------	------------	------------	--------

2002	TN2	F2	A 变电站	1.2354MVar	0.2369MVar	36.25A
------	-----	----	-------	------------	------------	--------

2003	TN2	F3	A 变电站	1.1256MVar	0.1563MVar	32.36A
------	-----	----	-------	------------	------------	--------

[0163] II) 电气岛#2:

[0164] 母线信息:

[0165]

母线ID 母线名称 所属变电站 TN号 额定电压 实时电压值 实时相角值 实时A相电压 实时B相电压 实时C相电压

0002 220kV I 母线 A 变电站 TN1 220kV 228.452kV 5.22° 133.03kV  
132.89kV 132.89kV

0004 10kV VI 母线 A 变电站 TN2 10kV 10.215kV 228.56° 5.96kV 5.97kV  
5.86kV

0005 10kV VII 母线 A 变电站 TN2 10kV 10.256kV 230.82° 5.99kV 6.02kV  
5.96kV

[0166] 变压器信息:

[0167] 变压器ID 电压器名称 高压侧绕组名称 低压侧绕组名称 所属变电站 高压侧绕组TN号 低压侧绕组TN号 高压侧额定电压 低压侧额定电压 漏电阻 漏电抗 高压侧分接头中间档位 高压侧分接头每当调压比 高压侧实时有功值 高压侧实时无功值 高压侧实时电流值 高压侧实时档位 低压侧实时有功值 低压侧实时无功值 低压侧实时电流值 低压侧实时档位

[0168] 1001 #2变压器 #2byq变高 #2byq变低 A变电站 TN1 TN2 220kV 10kV 0.6Ω 39Ω 9 1.25 12.129Mvar -3.523Mvar 58.26A 2 -12.008Mvar 3.584Mvar 61.26A 1

[0169] 负荷信息:

负载ID TN号 负载名称 所属变电站 实时有功值 实时无功值 实时电流值

[0170] 2004 TN2 F4 A 变电站 1.3258MVar 0.2478MVar 35.26A

2005 TN2 F5 A 变电站 1.2486MVar 0.3145MVar 37.56A

2006 TN2 F6 A 变电站 1.3698MVar 0.2896MVar 32.36A

[0171] 2007 TN2 F7 A 变电站 1.2323MVar 0.3021MVar 35.63A

[0172] 5) 发布拓扑分析结果:将基于IEC61970标准的数据模型(各电气元件的属性值及其实时监测值)通过指定的数据交换方式发布。

[0173] 本实施例中,建立专门的软件系统进行电网拓扑分析,根据步骤S4提出的统一拓扑分析结果数据模型,采用IEC61970标准CIS中的Web Service的形式,将该拓扑分析结果数据发布出去,各电力系统高级分析应用系统厂商可以根据该模型获取电网拓扑分析结果,进行应用开发,从而方便了系统的集成与维护。本实施例基于IEC61970标准的数据模型来发布拓扑分析结果,通过该数据模型实现“大粒度”的数据共享,节约资源,方便了各厂商的开发与系统的集成。IEC61970中CIS描述的接口主要用于信息交换以及访问公共数据,从而实现数据的共享。实现IEC61970中CIS部分有CORBA和Web Service等多种选择,而本发明是由统一的系统进行拓扑分析,根据步骤S4提出了统一的拓扑分析结果的数据模型,将该数据模型中各类电气元件的属性值及其实时监测值以XML Web Service形式发布出去,各厂商可以根据该模型进行开发,从而达到IEC61970中信息交换的目的,最终方便了系统的集成与维护。

[0174] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,本发明的保护范围并不局限于上述实施

例,凡属于本发明思路下的技术方案均属于本发明的保护范围。应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理前提下的若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

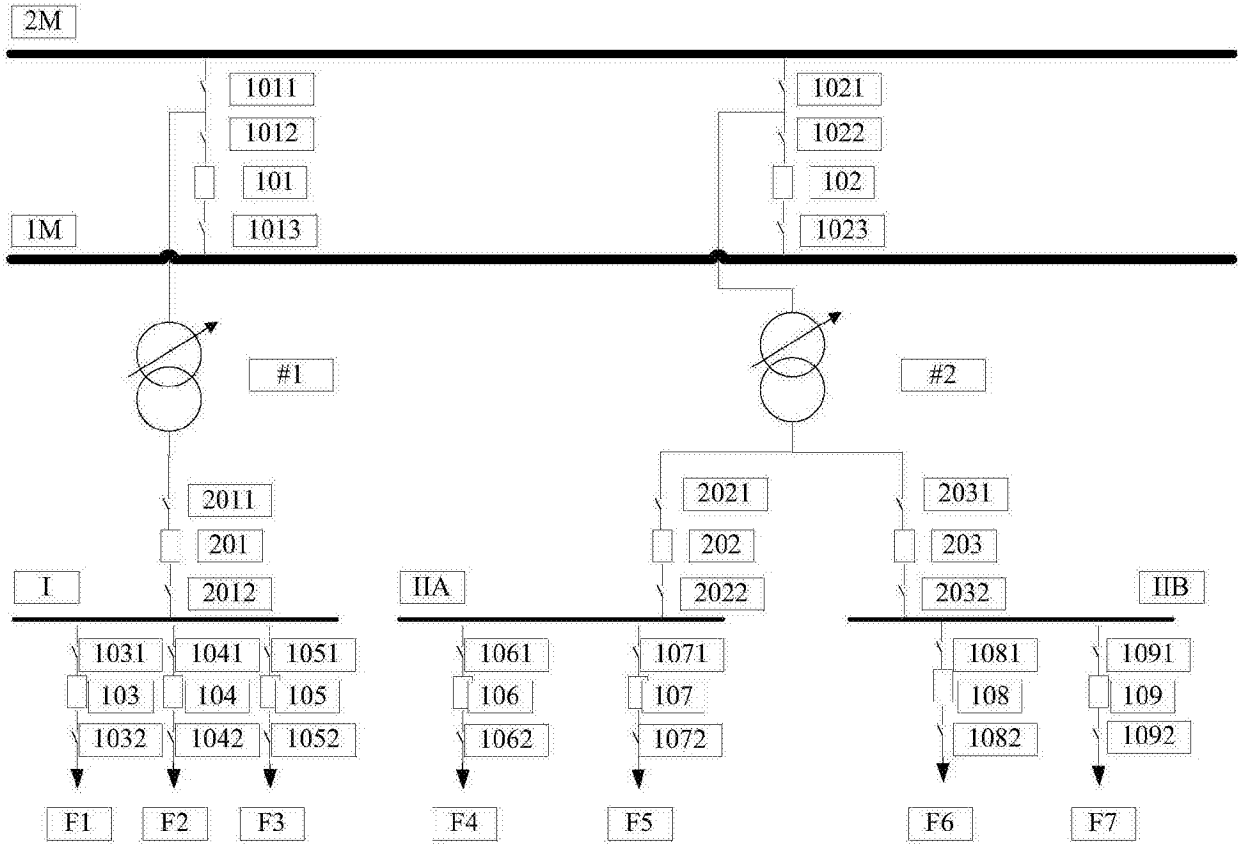


图1

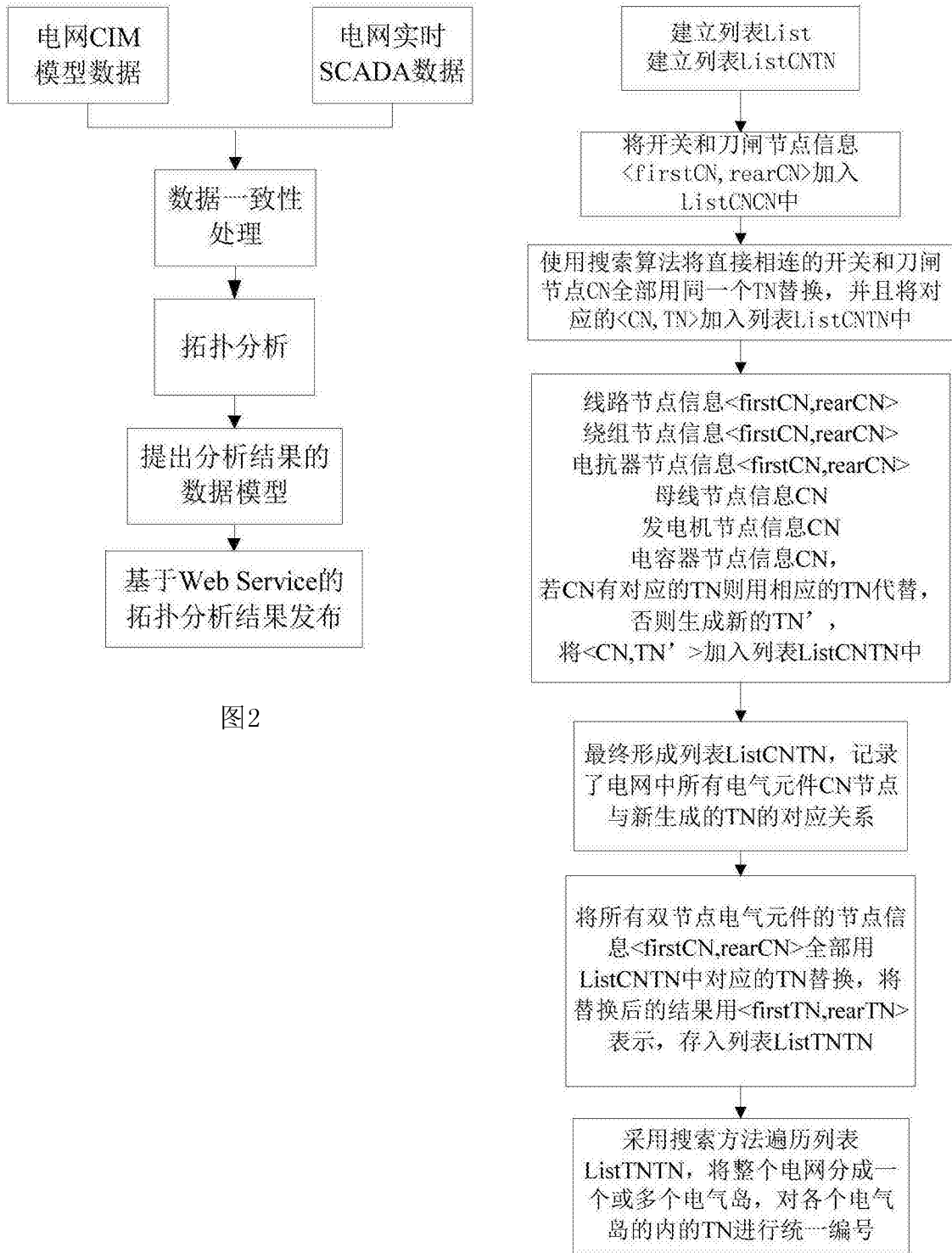


图2

图3

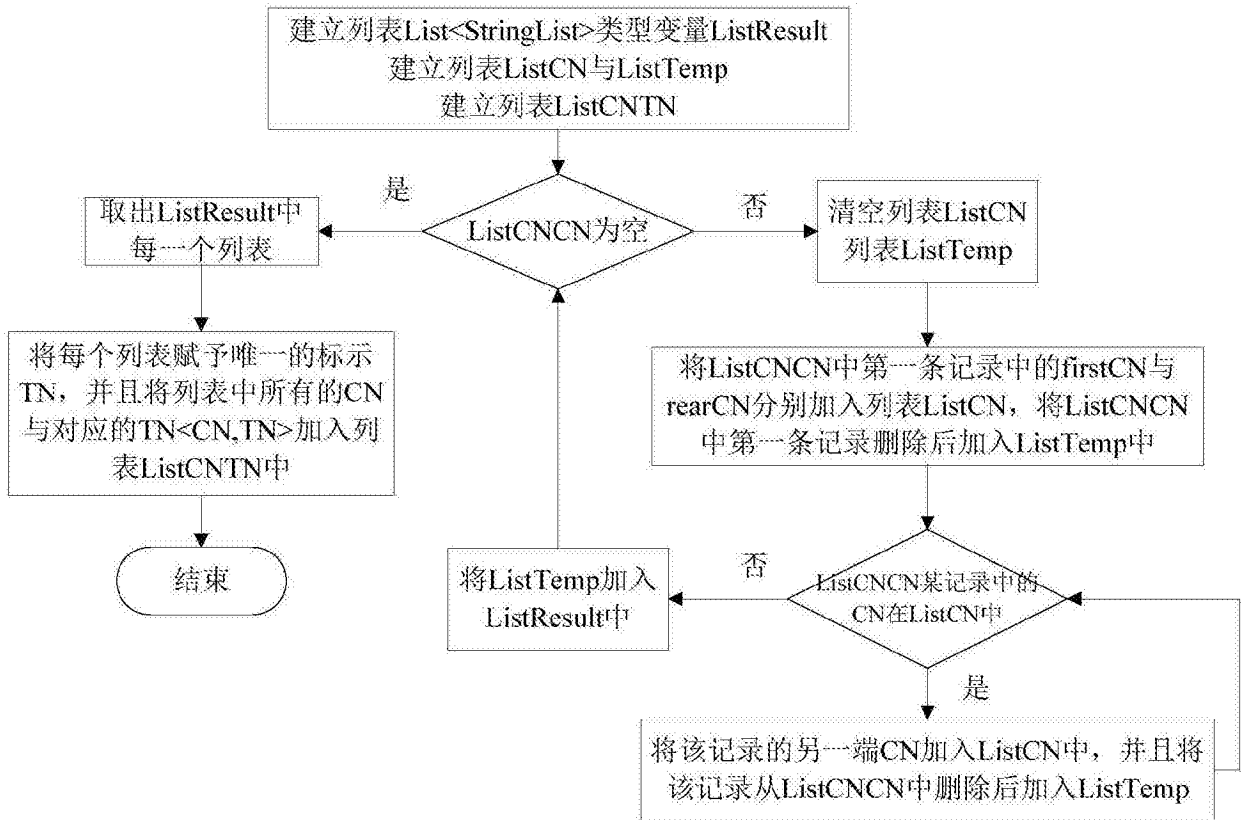


图4

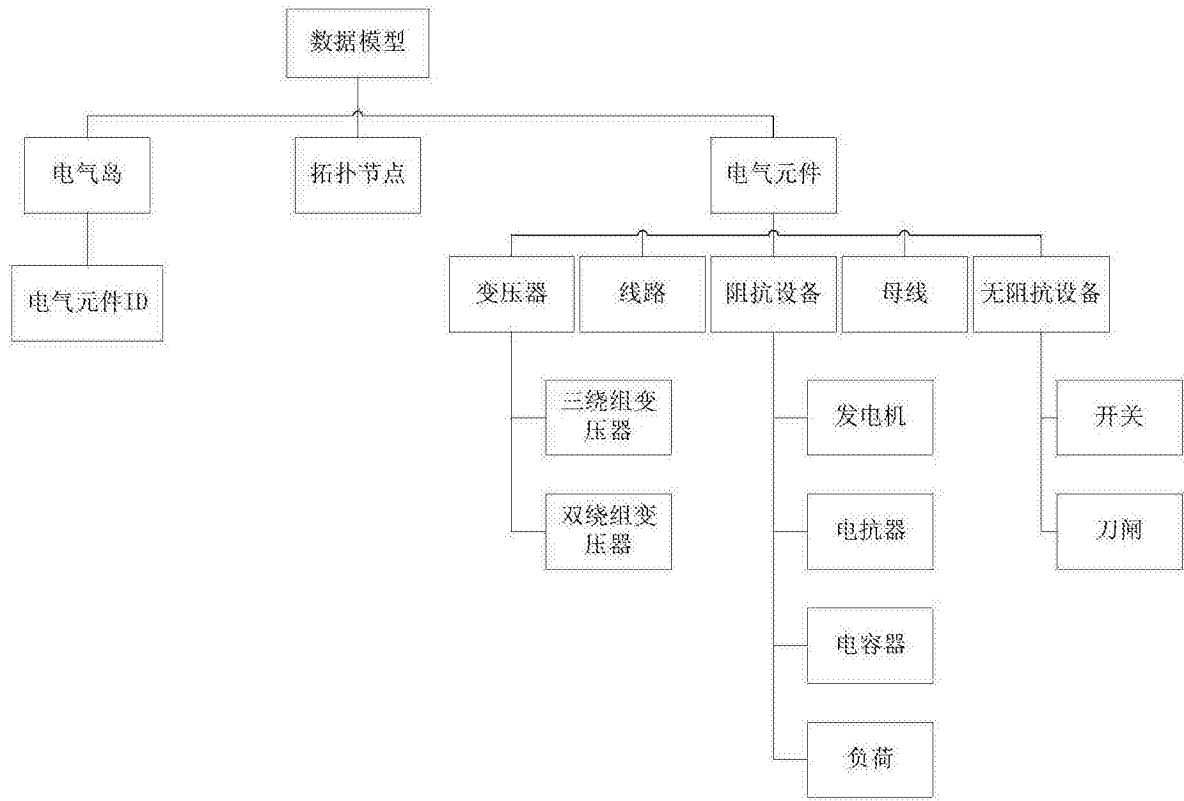


图5