

电力调度中的网架拓扑及多岛连接设备识别

钱 锋^{1,2}, 顾 全^{1,2}

(1. 南京南瑞继保电气有限公司, 江苏省 南京市 211100;

2. 东南大学电气工程系, 江苏省 南京市 210096)

The Network Frame Topology and the Judgement of Connecting Equipments Between Islands in the Electrical Dispatching System

QIAN Feng^{1,2}, GU Quan^{1,2}

(1. NARI-Relays Electric Co.Ltd, Nanjing 211100, China

2. Department of Electrical Engineering, South East University, Nanjing 210096, China)

ABSTRACT: In the dispatching of power system, because of the accident of power network and the wrong status of breaker and switch, the power system appears to run in the split state. This paper presents the concept of power network frame topology, its model and method. Based on the network frame topology, the paper presents the method of judging the connecting equipments between electrical islands. Combined with the result of network frame topology and the state of power network, the method divided the power network into electrical-network frame islands and locate the split point in the system automatically. Practice shows it fast, veracious and effective.

KEY WORDS: network frame topology; network frame node; electrical-network frame island; connection equipment

摘要: 在电力系统调度中, 电网事故、开关刀闸的错误状态等会引起电网在拓扑结构上呈现分裂运行状态。本文提出了电力网架拓扑的概念、模型和方法。在此基础上, 提出了识别多电气岛之间连接设备的方法。该方法结合网架拓扑的结果及当前电网的运行状态, 划分电气-网架岛, 自动定位系统解列点的位置。实践证明该处理方法快速、准确、有效。

关键词: 网架拓扑; 网架点; 电气-网架岛; 连接设备

0 引言

通常情况下, 各省市级地区电网运行在一个电气连通区域内, 在拓扑结构上体现为一个电气岛^[1]。当发生电网事故、开关遥信采集错误、刀闸状态维护失误等情况时, 电网在拓扑结构上可能会显示为分裂运行的状态, 体现为多电气岛运行方式。对于电网事故引起的系统真实分裂, 调度员需要迅速判

断系统解列点位置, 进行并网操作。对于开关刀闸的错误状态引起的系统分裂假象, 调度员也需要判断解列点位置, 对错误的开关刀闸状态重新维护, 使得电网在调度自动化系统中显示的拓扑结构与实际状态保持一致, 运行在一个电气连通区域内。通常, 调度员通过调度系统中系统接线图进行解列点的排查定位。如果该地区电网规模较大、厂站较多, 这种人工排查显得非常困难, 给调度系统的维护和操作带来不便。

本文从电力网络结构的特点出发, 提出了网架拓扑的概念、模型和方法, 利用网架拓扑对电网的连通关系进行分析。并基于网架拓扑的结果和当前电网的开关刀闸状态, 划分“电气-网架岛”, 根据划分结果进行多电气岛连接设备识别判断。该方法可以正确选择出电气连接设备, 为调度员定位系统解列点的位置提供了快速可靠的依据。

1 网架拓扑

1.1 网架拓扑概念

传统的调度系统提供网络拓扑来进行电网结构分析。这种网络拓扑分析, 注重分析设备之间的电气连通关系, 将网络模型化简成由逻辑结点和元件组成的网络形式^[2]。网络拓扑分析通过两步来实现: (1) 将物理结点归并形成逻辑结点 (2) 将逻辑结点归并形成拓扑电气岛。

网架拓扑, 则是根据网络模型中定义的网络元件连接关系, 对整个网络的网架结构进行分析拓扑, 而不考虑开关和刀闸的开合状态。网架拓扑分

析的是电力设备在网架结构上的连接,而非设备之间的电气连通,它注重网络运行时可能连接上运行的设备。因此,网架拓扑的结果与开关刀闸的状态完全无关。只要地区电网不进行改造,它的网架拓扑结果总是一样的。基于网架拓扑的结果,可以进行多电气岛连接设备识别、设备供电路径优化选择、事故恢复中恢复路径计算等。

1.2 网架拓扑模型

1.2.1 电气设备模型

电气设备指的是电力网络中的一次元件,例如线路、开关、母线等。电气设备模型统一采用 IEC61970 定义的共用信息模型 CIM^[3,4] 进行描述。目前,绝大多数的调度自动化系统都采用 CIM 模型为基础进行电网分析和应用功能的开发^[5,6]。

1.2.2 连接关系模型

连接关系模型采用 CIM 模型中定义得端点 (Terminal) 和连接点 (ConnectivityNode) 模型来表示。其中,端点是导电设备的电气点。连接点是导电设备端点的无电阻融合点^[3,4]。

CIM 模型中,一个导电设备包含几个端点 (Terminal)。例如,一个开关刀闸 (Switch 及其子类) 有两个端点、一个线路段 (ACLineSegment) 有两个端点。每个端点属于某个连接点,如果几个端点指向的连接点相同,表示这些端点融合在一起,CIM 模型定义了这种导电设备类与端点、端点与连接点之间的关联关系。这样,端点和连接点共同建立起设备之间的电气连接关系。图 1 显示是基于 CIM 模型建立的电网一次接线图,端点 Terminal 编号从 1-18,连接点 ConnectivityNode 编号从 CA-CG。

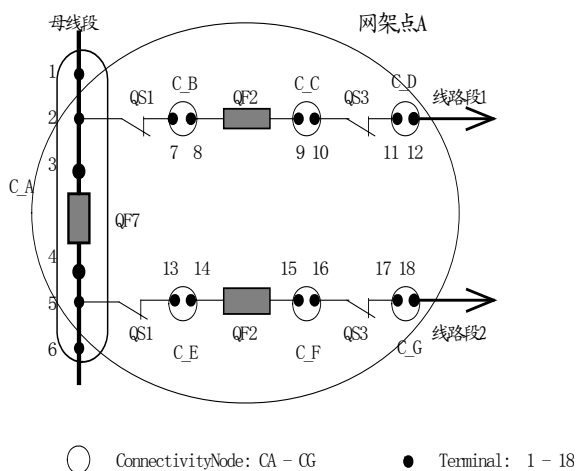


图1 基于CIM模型的网络接线示意图
Fig.1 Diagram of connection network base on CIM

1.2.3 网架拓扑结果模型

CIM 模型中定义了网络拓扑的结果模型: 拓扑点和拓扑岛。拓扑点是通过闭合开关合并的一组连接节点, 拓扑岛是系统网络的一个电气连接的子系统^[3,4]。模型间的关联关系如图 2 所示。

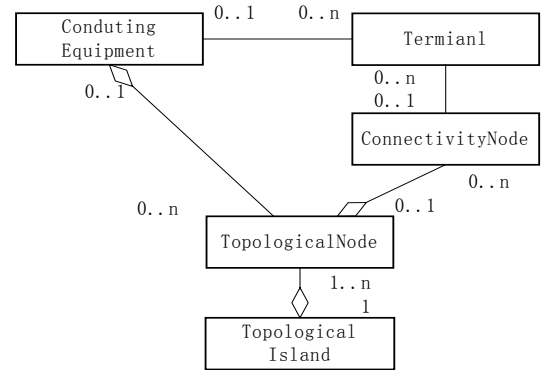


图2 网络拓扑模型的关联关系图

Fig.2 The relationship diagram of network topological models

与拓扑点相似, 可以定义网架拓扑的结果模型: 网架点。网架点也是通过开关和刀闸合并的一组连接节点。但是, 这种合并与开关刀闸的开合状态无关。图 1 中的连接点 CA-CG, 无论网络的运行方式和运行状态如何, 网架拓扑的结果都是合并成一个网架点 A。对上述的 CIM 网络拓扑模型进行扩展, 扩展模型如图 3 所示。

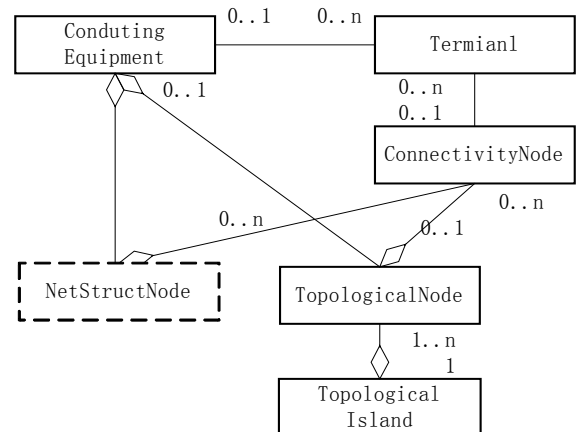


图3 扩展网络拓扑模型

Fig.3 The expended network topological models

在扩展模型中, 电气设备与网架点、网架点与连接节点之间存在整体一部分的聚集关系^[4], 这些关系充分表达了电网的网架结构。以图1为例, 开关刀闸、母线、线路段1和线路段2包含该网架点 A, 网架点 A 包含连接点 CA-CG。图1所示网络的网架拓扑结果如图4所示:

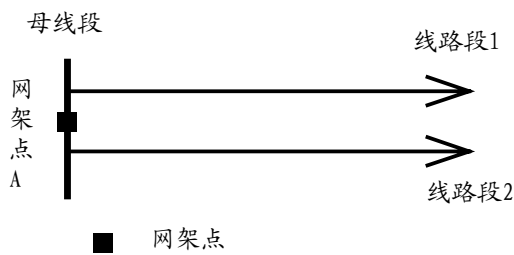


图4 网架拓扑结果图

Fig.4 The result of network frame topology

1.3 网架拓扑方法

与网络拓扑的处理过程相似,网架拓扑也需要合并连接点,形成网架点。因此,可以采用传统的深度优先或广度优先的搜索策略^[7],进行网架点的拓扑处理。与网络拓扑不同的是,网架拓扑不需要考虑开关刀闸的开合状态。同时,网架分析也不需要合并网架点形成“网架岛”。这是因为,实际地区电网在网架结构上总是处处连通的,不可能存在毫无结构连通的多分区电网。

网架拓扑侧重分析的是电网在结构上的连接,只要电网不进行改造,无论处于何种运行方式,网架拓扑结果总是一样的。以广度优先作为搜索策略,网架拓扑的流程图如图5所示。

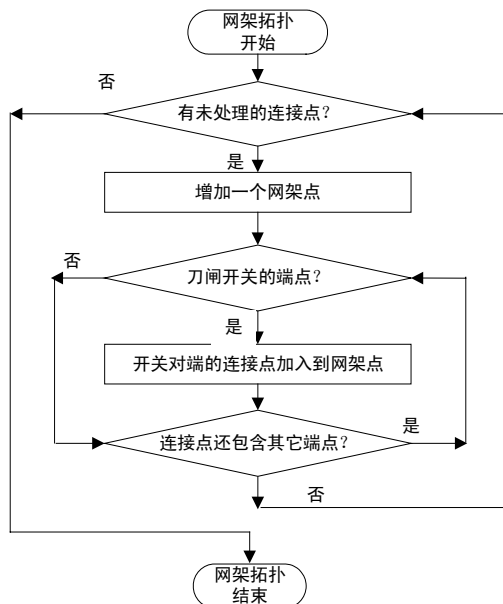


图5 网架拓扑流程图

Fig.5 Flow chart of network frame topology

2 多岛连接设备识别

2.1 分裂运行分析

从网络的结构上看,当系统发生分裂运行时,必定是电网中某些连接设备(如线路、变压器)

的开关或刀闸打开,其分裂点处的网络接线主要有以下两种形式,如图6所示:

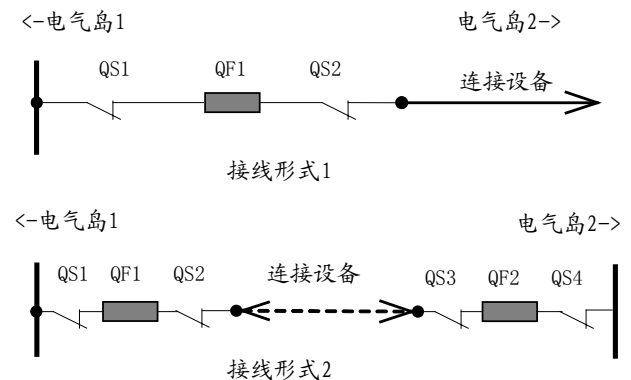


图6 网络接线形式

Fig.6 The connection patterns of network

接线形式1中的系统分裂是由连接设备单侧的开关/刀闸打开引起的。出现这种情况,是因为调度员对刀闸的状态维护失误或开关量测错误引起的。实际运行的网络仍然是一个电气岛。这时, QS1、QS2、QF1中任意一个的状态都有可能发生错误。

接线形式2中,连接设备发生故障等异常情况,导致系统出现分裂运行,此时设备两端的开关QF1、QF2打开。这种情况下的连接设备,需要同正常的检修设备区别开。正常检修的设备,两端开关同样处于打开状态,但并不会引起系统分裂。

2.2 连接设备识别

从图6的接线形式可知,如果对网络中所有打开的开关/刀闸进行常规的电气连通搜索,根据搜索路径是否跨越两个电气岛做为分裂点的定位判据,这种判断方法将会非常耗时,效率低下。

从网架结构上看分裂点的作用,如果将分裂点处的开关刀闸闭合,分裂的系统将重新组成一个电气连通区域运行。因此,可以对所有可能连接上运行的设备进行分析,如果设备位于两个电气岛之间,那么该设备即电气岛之间的连接设备。根据连接设备再定位分裂点,这样处理,将大大缩小搜索分裂点的范围。因此,可以利用网架拓扑的结果,结合当前的电网运行状态,对多电气岛之间的连接设备进行识别。

首先,分析同一个电气岛运行的起电气连接作用的设备(如线路、变压器)。利用网架拓扑的结果,根据图3所示的扩展模型,获得这些设备包含的网架点,这些网架点组成了一个电气—网架岛。

其次,分析系统内所有电气岛。按照上述的方

法处理连接设备的网架点, 划分得到 N 个电气—网架岛。

再次, 分析各网架点和系统内所有的连接设备。如果某网架点同时处于2个或2个以上的电气—网架岛, 则该网架点所在的位置为系统分裂处, 网络结构为图6所示的接线形式1。如果某连接设备包含的网架点不属于同一个电气—网架岛, 则该设备为多电气岛之间的连接设备, 所处位置即系统分裂处, 网络结构为图6所示的接线形式2。对于正常的检修设备, 各端的网架点必定属于同一个电气—网架岛, 可以有效的进行区别。

最后, 对分裂处的接线结构进行简单处理。对于接线形式1的结构, 找出母线与连接设备之间的开关刀闸。对于接线形式2的结构, 找出该连接设备各端的开关刀闸。这些打开的开关刀闸即引起系统分裂运行的原因。

2.3 处理流程图

根据上述分析, 将网架点划分电气—网架岛, 可以有效识别多岛连接设备和系统解列点。该方法的完整处理流程如图7所示:

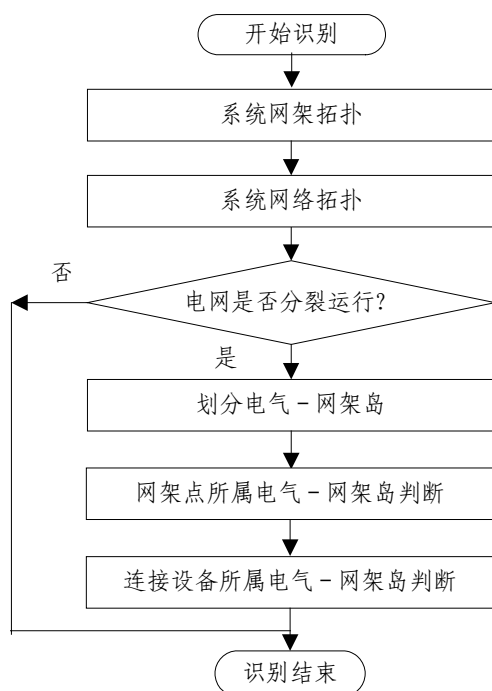


图7 连接设备识别流程图

Fig.7 Flow chart of judging connection equipment

3 结语

本文提出了网架拓扑的概念、模型和处理方

法。网架拓扑侧重于分析电力网络的结构连通关系, 可用于设备供电路径优化选择、事故恢复中恢复路径计算等。结合网架拓扑结果及电网实时运行状态, 对网架点进行“电气—网架岛”的划分。根据划分结果迅速识别电网中各电气岛之间的连接设备, 定位系统的解列点, 避免了复杂的搜索过程。本文提出的网架拓扑及连接设备识别方法已应用于新一代能量管理系统中, 实践证明该处理方法快速、准确、有效。

参考文献

- [1] 于尔铿. 电力系统状态估计[M]. 北京: 水利电力出版社, 1985.
- [2] 吴文传, 张伯明. 基于图形数据库的网络拓扑及其应用[J]. 电网技术, 2002, 26(2): 14-18.
Wu Wenchuan, Zhang Boming. A graphic database based network topology and its application[J]. Power System Technology, 2002, 26(2): 14-18.
- [3] IEC 61970-401:EMS-API-Part 1 401:Component Interface Specification (CIS) Framework[S].
- [4] IEC 61970-301:EMS-API-Part 1 301:Common Information Model[CIS] Base[S].
- [5] 张慎明, 黄海峰. 基于IEC 61970标准的电网调度自动化系统体系结构[J]. 电力系统自动化, 2002, 26(10): 45-47.
Zhang Shenming, Huang Haifeng. Architecture of power dispatching automation system based on IEC61970 standard[J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(10): 45-47.
- [6] 邵立冬, 吴文传, 张伯明. 基于CIM的EMS/DMS图形支撑平台的设计和实现[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(20): 11-15.
Shao Lidong, Wu Wenzhuan, Zhang Boming. A CIM-based interactive graphics system for EMS/DMS[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(20): 11-15.
- [7] 邓佑满, 张伯明, 汤磊. 网络拓扑着色算法在电力系统中的应用[J]. 电力系统自动化, 1998, 22(10): 7-9.
Deng Youman, Zhang Boming, Tang Lei. The application of a topology coloring algorithm to power system[J]. Automation of Electric Power Systems, 1998, 22(10): 7-9.

收稿日期: 2006-09-08。

作者简介:

钱 锋 (1978—), 男, 江苏南通人, 硕士研究生, 从事电力系统调度高级应用软件研究和开发。

顾 全 (1970—), 男, 江苏溧水人, 高级工程师, 从事电力系统调度高级应用软件研究和开发。