

# 基于元件整合的拓扑分析算法

张兴波, 李炳祥

(北京国际系统控制有限公司, 北京 100083)

**摘要:** 拓扑分析是电网分析的基础。本文主要讨论了电网拓扑分析算法及流程。在图形建模的基础上, 提出了通过元件整合预处理过程减少参与拓扑计算的电气元件的数量, 从而提高计算速度的方法, 最后介绍了算法的实现。

**关键词:** 电网; 拓扑分析; 算法

中图分类号: TM711

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2012)23-0087-02

## A method for power system topology analysis based on component combination

Zhang Xingbo, Li Bingxiang

(Beijing System Control International, Inc, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Topology analysis is the basis of power system analysis. The methods for power system topology analysis are discussed. Based on graphic modeling for power system, a method, called power component combination, is described, which is used to reduce the components number in analysis and then improve analysis speed. At last, the realization of the algorithm is introduced.

**Key words:** power system; topology analysis; algorithm

电力系统的网络拓扑分析主要用来处理开关状态的变化对电网结构产生的影响, 是各种电网分析软件的基础。因此, 电网拓扑分析的快速性和准确性就显得尤为重要<sup>[1]</sup>。

目前, 网络拓扑分析方法主要有树搜索法和矩阵法两种。树搜索法分为深度优先搜索法和广度优先搜索法, 矩阵法分为邻接矩阵法和关联矩阵法。

### 1 不同拓扑分析算法的比较

在参考文献[1]中对不同拓扑分析算法进行了分析和比较, 并得出以下结论: 对环型电网, 矩阵法比深度优先法有优势; 而对发散型电网, 两者则相差无几。起始节点的选择对矩阵法和深度优先法的拓扑速度影响很大, 而对节点融合法和广度优先法则影响不大。

在拓扑分析算法的具体实现上, 深度优先法原理简单, 编程易于实现, 但运行时占用系统资源较多; 而广度优先法则能够节省系统资源, 但原理复杂, 对编程技巧要求较高。

### 2 提高拓扑分析速度的方法

在实际应用中发现, 不论采用那一种拓扑算法, 随着电网规模的扩大, 网络的节点数和支路数的增减, 拓扑计算量都会迅速增加, 从而降低拓扑计算的速度。因此减少参与拓扑计算的电力元件数量, 将有效提高拓扑

计算的速度。

考虑到只有开关状态的变化才会改变电网设备的带电状态, 在拓扑分析计算之前, 对电网模型进行元件整合后, 再进行具体的拓扑分析计算, 具体的处理流程如图1所示。

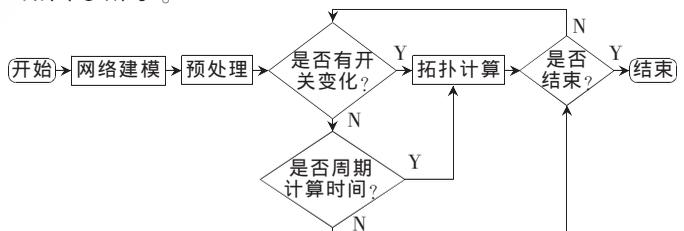


图1 拓扑计算处理流程

### 2.1 电网建模

本文采用方便实用的图形建模系统<sup>[2]</sup>。系统将表示实际设备的图形元件定义为图形和端口的集合, 以不同图形表示元件的不同类型, 以端口来建立元件之间的连接。每个电力元件都拥有单个或多个端口, 当不同元件的两个端口重合时, 即表示两者连接。在绘制接线图时就自动生成相应的拓扑关系, 并作为连接属性存放在元件中。另外, 每个元件均设置如下属性, 以便在元件整合

和后续的拓扑分析计算时使用:

State: 带电状态, 0 为不带电(缺省), 1 为带电;

SearchNo: 遍历途径的序号, 0 为尚未遍历(缺省);

NetNo: 所在子网号, 0 为尚未分配子网号(缺省)。

## 2.2 元件整合

元件整合的目的是减少参与拓扑计算的电力元件的数量。其基本原理是以开关等能够改变电力元件带电状态的设备为分界点, 将其他电力元件整合为一个虚拟的电力元件。该虚拟元件具有与实际的电力元件相同的属性, 并拥有一个或多个端点, 用于与开关元件的连接。具体整合过程如图 2 所示。当对电网模型中的元件进行遍历时, 如果该元件是开关, 则不做任何处理; 否则, 如果已存在的虚拟元件中不包括该元件, 则创建新虚拟元件; 同时如果该元件与开关连接, 则创建虚拟元件与开关的连接关系, 否则将这两个元件整合到一个虚拟元件。

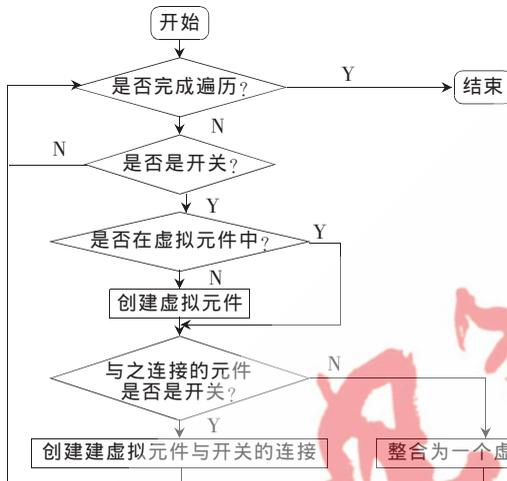


图2 元件整合过程流程图

整合后, 形成一个只有虚拟元件和开关元件的新的电网模型, 其中的电力元件数量只有原来的  $\frac{3}{5} \sim \frac{4}{5}$ 。以

图 3 为例, 左侧的电网中有 2 条母线(M1、M2)、2 个电流互感器(CT1、CT2)、1 个变压器(T1)、2 个开关(K1、K2), 共计 7 个元件; 在整合过程中, 将 M1 整合为 N1, CT1、CT2 和 T1 整合为 N2, M2 整合为 N3, K1 和 K2 不变, 整合后的电网只有 5 个元件, 比原电网减少了 2 个。

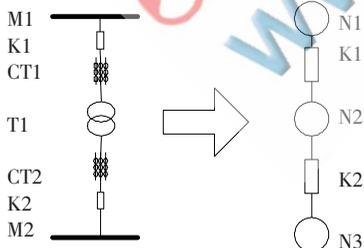


图3 整合实例

## 2.3 拓扑计算

本文参与拓扑计算的是通过整合后的只有虚拟元件和开关的电网模型, 而计算的主要任务是处理由于开关变化所引起的电网元件带电状态的变化, 因此对参考文献[3]的算法流程进行了优化。具体计算流程如图 4 所示。

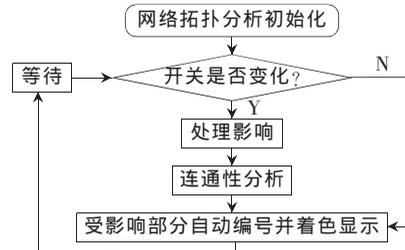


图4 拓扑计算流程

其中网络拓扑初始分析包括初始厂站分析、自动节点编号(形成节点-支路关联表)、初始连通性分析(得到电气岛号)。当开关状态发生变化的时候, 根据支路-节点关联表, 进行连通性分析, 相当于电气岛分析。分析的结果按照带电与否在电力元件上进行着色, 显示在电网接线图上, 使拓扑的结果一目了然。

## 3 算法实现

本算法采用 C++ 语言, 在 Window 操作系统平台上得到了实现。算法软件由 4 个模块组成, 各模块的具体功能如下。

**图形建模模块:** 用于绘制电网接线图, 同时完成电网建模的功能。接线图以文件的形式存储在计算机中, 电网模型存储在商用数据库中。

**元件整合模块:** 分析图形建模模块生成的电网模型, 并将其转换为由虚拟元件和开关元件组成的新的电网模型, 新的电网模型存储在商用数据库中。该模块可以在图形建模模块中调用, 也可以在分析算法模块初始化时调用。

**分析算法模块:** 按照整合后的电网模型, 根据当前开关的状态, 分析电网元件的带电状态, 分析结果存放在元件的带电状态(State)字段中, 供显示模块使用。

**显示模块:** 根据元件的带电状态(State)字段的内容, 在电网接线图上显示各电网元件的带电状态。当元件带电时, 以绘制图形时的颜色显示; 否则, 以灰色显示。

本文主要讨论了电网拓扑分析算法及流程。在图形建模的基础上, 提出了通过元件整合预处理过程减少参与拓扑计算的电气元件的数量, 从而提高计算速度的方法。

## 参考文献

- [1] 李冰剑, 张学军. 电力系统网络拓扑的分析与比较[J]. 科技情报开发与经济, 2011, 21(1): 184-187.
- [2] 林济铿, 覃岭, 罗萍萍. 基于图形建模的电力系统拓扑分析新方法[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(22): 54-59.
- [3] 向德军, 杨银国. 基于地理信息系统的电力网络拓扑分析[J]. 继电器, 2006, 34(20): 20-23.

(收稿日期: 2012-09-05)

## 作者简介:

张兴波, 男, 1964 年生, 高级工程师, 主要研究方向: 计算机应用及自动化。

李炳祥, 男, 1963 年生, 工程师, 主要研究方向: 计算机应用。