

Research and Application of Relay Protection Setting Calculation Based on Model Splicing Technology

Yi Wang¹, Jianmin Chen¹, Xuedong Li², Lin Zhang²

¹East China Electric Power Control Center of State Grid, Shanghai

²Beijing Join Bright Digital Power Technology Company, Beijing

Email: linlinhaoyou@163.com

Received: Nov. 25th, 2015; accepted: Dec. 15th, 2015; published: Dec. 18th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

In order to realize the integration of relay protection calculation and solve the problem of distinction between the boundary contour and the network, full network model based on model splicing is proposed in this paper, which can be used in the setting calculation work. First, problems in the setting calculation of relay protection and the conception of model splicing are introduced; then, the flow of model splicing based on boundary station and branch identification is presented; at last, an example is used to verify the feasibility of this method.

Keywords

Relay Protection, Model Splicing, Full Network Model

基于模型拼接技术的继电保护整定计算的研究与应用

王 毅¹, 陈建民¹, 李雪冬², 张 琳²

¹国家电网华东电力调控分中心, 上海

²北京中恒博瑞数字电力科技有限公司, 北京

Email: linlinhaoyou@163.com

收稿日期：2015年11月25日；录用日期：2015年12月15日；发布日期：2015年12月18日

摘要

为了满足电力系统继电保护联合整定计算的需求，同时解决我国继电保护整定计算年度边界等值不满足实际电网变化的问题，本文提出了基于模型拼接的全电网模型作为继电保护整定计算的基础数据，采用全模型应用于电力系统继电保护整定计算工作。本文首先介绍了现阶段继电保护整定计算中存在的问题以及模型拼接的理念；然后介绍了基于边界厂站、支路识别的模型拼接流程；最后通过算例验证了该方法的实用性和有效性。

关键词

继电保护，模型拼接，全电网模型

1. 前言

我国电网实行五级调度：国调、网调、省调、地调、县调，电网采用分层、分级管理制度。一般各调度系统维护本调度范围内的电网模型，相邻外电网以简化的等值方式代替其实际网络，如某网调调管其 500 kV 电网，则其上级为国调，下级为各省调，国调和各省调的模型在网调自身的整定计算程序中以等值的形式进行体现。电网的调度部门采用此种模式的继电保护定值整定计算方法完成继电保护定值的计算和定值单的编制。

在此种应用模式下存在以下几方面问题：

- 1) 各级调度的继电保护专业整定计算使用的软件平台采用的开发环境、数据建模标准及数据库结构的不同，使得不同系统间难以实现信息共享，导致“信息孤岛”，不利于整定计算工作的协同进行；
- 2) 各级调度进行继电保护整定计算工作时，由于模型中只建立了本级调度的电网，无法实现与上级或下级电网设备的直接配合，只能通过相互交互的定值限额进行整定计算，存在保护失配的安全隐患；
- 3) 相邻外电网对本级调度的影响采用等值模型来反映，年度的等值上报或下发，无法反映电网的实时变化，当外部电网变化较大时，可能会对继电保护定值整定计算结果的准确性产生影响。

在此背景下，国家电网公司提出了各级电网一体化的概念，通过模型拼接将各级电网模型拼接为一个完整全模型用于整定计算[1]-[3]。

基于上述问题，为了满足继电保护定值整定计算的一体化应用、各级调度机构的协同计算、避免继电保护定值失配及定值计算精度不足等问题，本文提出了基于模型拼接技术的全电网模型在继电保护定值整定计算中的应用方法。本文的方法以符合 IEC61970 标准的公共信息模型(CIM)为数据格式基础，将与本级调度电网相关的其他电网以 CIM 模型描述并上传或下载到本级调度，通过识别边界厂站、设备及其管辖单位，自动实现各级调度数据的拼接，得到完整的数据模型。另一方面，基于相同的可缩放矢量图形(SVG)格式标准，识别厂站、设备坐标，智能生成本级调度整定计算的全数据模型。

全数据模型的应用，解决了不同调度间定值的配合问题，采用定期与不定期结合的拼接周期，可将电网的变化实时反映到各级调度单位，解决了原有等值模式的诸多问题。

2. 模型拼接的概念与原理

模型拼接，顾名思义，指将各级调度单位分布维护的电网通过一定规则生成完整电网模型的过程，

模型拼接包含数据的拼接和图形的拼接两个部分,其实质是将外部系统还原成实际电网。文献[4]基于 CIM 模型和 SVG 图形,通过上、下级调度机构之间关口设备的定义,建立了一个分散维度、合并建模、统一监视的模型拼接系统。文献[5]给出了 CIM 模型拆分与合并的方法。文献[6]从地区电网能量管理系统(EMS)系统获取 CIM 模型,并对其解析合并,生成适合于电力系统仿真计算的地区电网模型。文献[7]通过边界设备定义和内外网切分技术解决相邻调度区域的模型重叠问题。

继电保护一体化数据中心作为模型拼接的基础数据平台,承担了模型拼接数据存储、拼接、版本校验及管理的工作。其结构如图 1 所示。

数据中心的的核心功能为数据拼接,主要包含数据的导入、边界的智能识别、边界支路的处理、运行方式的拼接、物理拓扑的生成几个主要部分。参数管理、图形拼接、版本管理是数据中心的必备功能。

数据中心保存各个模型拼接的历史版本,为各级调度提供整定计算的基础数据模型。由于数据中心存储各个区域电网导入的数据,数据拼接应用采用分区存储的方式保证大批量数据读取的效率,保证继电保护整定计算工作的顺利开展。

3. 模型拼接功能体系

由于上级调度单位与下级调度单位或下级调度单位采购的整定计算程序不同,导致上下级调度之间可能使用的数据格式不同,因此要规范成统一格式的数据导入数据中心服务器。数据中心支持电力系统广泛认可的公共信息模型,其中数据模型支持电力数据交互规范格式(CIM-E),图形模型支持电力图形描述语言规范格式(CIM-G)。

数据中心服务器存储各个区域电网导入的基础数据,包括厂站名称、调度公司、设备元件参数、图形数据、运行方式信息以及保护信息等数据。公司信息导入后,可生成该公司的数据信息版本号。

3.1. 边界支路识别

首先加载各个待拼接电网的模型信息,然后根据统一的命名规则识别相同命名的厂站,即确认为边界厂站。

在边界图形绘制相同的前提下,找出所有重复的边界支路,通过“谁调度,谁维护”的原则,删除命名相同设备的一条记录,最终只保留一份边界数据。对于规则无法处理的情况,提供用户确定界面供用户选择。

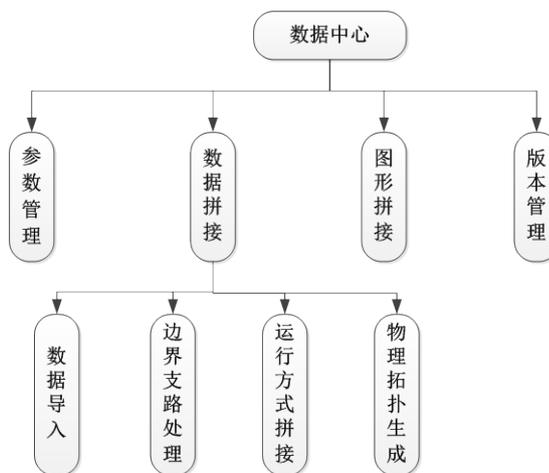


Figure 1. Function diagram of data center

图 1. 数据中心功能图

为避免常规模型拼接方法的不足,本文提出以母线为边界的模型拼接原则:在需要拼接的两套数据模型中,以“电压等级-所属区域-厂站名称-母线”为匹配条件,获取边界后,删除非本调度范围的设备、将需拼接的调度单位的数据进行拼接。

3.2. 运行方式拼接

获取各个待拼接电网中的所有运行方式,大方式按照设备全投运考虑,各个单位的大方式组合即为全模型的大方式,小方式由各个待拼接的调度单位人工设置本单位的基础小方式进行拼接,含有多个小方式的电网允许人工干预组合生成全模型的小方式。运行方式数据在拼接的过程中和基础参数一样保存在数据中心的服务器中。

3.3. 物理拓扑更新

电网网络拓扑是节点导纳矩阵的依据,是全模型整定计算的基础,因此物理拓扑的生成与更新是模型拼接的总要环节。其流程如下:

- 1) 以主拼接电网的物理拓扑为基准,并寻找其最大拓扑节点号 X ;
- 2) 查找当前电网物理拓扑中最大节点号;
- 3) 获取从拼接电网的物理拓扑,该拓扑的所有节点号 Y 更改为 $X + Y$;
- 4) 将从拼接电网中与主拼接电网重复的母线修正为主拼接电网的节点号;
- 5) 去除等值系统、等值联络线及重复支路;
- 6) 查询是否存在下一个待拼接电网;
- 7) 若存在,导入步骤 2; 否则,结束。

4. 模型拼接的详细流程

1) 数据建模。按照调度范围,各级调度机构的继电保护专业人员根据设备命名规范,在本地的整定计算软件中建立本单位的电网模型,存储在本地服务器的数据库中。在数据中心发起拼接流程后,各待拼接电网将本地模型数据以 CIM 模型的格式导入数据中心。

2) 识别边界。分析电网模型,以设备的调度管辖权为依据,采用命名相同的厂站作为边界厂站的规则,识别出拼接边界;

3) 边界匹配。以“电压等级-所属区域-厂站名称-母线”为匹配条件,若一致则为拼接边界,否则放弃;

4) 模型拆分。针对某一具体待拼接电网,将非本调度范围的设备、各待拼接电网间相互的外部等值、等值联络线拆除,避免数据的重复,保证模型的正确性;

5) 模型拼接。在边界处理和模型拆分后,将各个待拼接电网进行组合形成完整模型,包括一次、二次设备参数、保护信息、运行方式信息、电网的物理拓扑等。

流程示意图如图 2 所示。

5. 算例分析

为验证该拼接过程的正确性,本文以某网调管辖区域电网和某省调管辖区域电网为例进行拼接。网调负责 500 kV 电网的整定计算,省调负责 220 kV 电网及 500 kV 主变的整定计算工作。以往建立模型时,网调只建立 500 kV 电网(含 500 kV 主变)模型,根据工作需要省调上报等值给网调;省调只建立 220 kV 电网(含 500 kV 主变)模型,根据工作需要网调下发等值给省调。

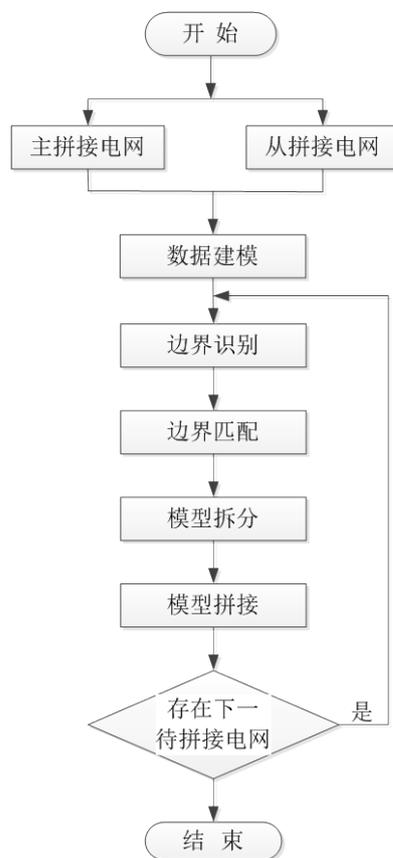


Figure 2. Diagram of model splicing
图 2. 模型拼接流程图

以网、省边界厂站 A 站为例进行说明：拼接前的网调整定计算模型中 A 厂站的站内接线图如图 3 所示。

拼接前，省调整定计算模型中 A 厂站的站内接线图如图 4 所示。

由图 3 可见，网调由于直接调管 500 kV 电网，其电网接线图中的 500 kV 母线及出线部分采用详细的二分之三接线的复杂接线建模，但对其不关注的 220 kV 侧采用简单建模。实际上，如图 4 可知，省调在其整定计算软件中同样建立了相同的厂站，但因为其更关注 220 kV 电网，所以简化了 500 kV 部分的接线，但 220 kV 部分采用的实际双母接线。

模型拼接后，本厂站因为命名相同，模型拼接程序以此站作为边界厂站，在网调和省调的两个站中识别边界设备的属性，遵循调度管辖权对此站进行拼接，由于 500 kV 部分归网调调管，220 kV 部分归省调调管，因而可见拼接后的图形中，此 500 kV 变电站为一个完整的全接线模型，如图 5 所示。

为了验证拼接的优越性，本文比较了网调模型中，边界站内与非边界内拼接前后短路电流的差异，程序采用模型拼接程序和各自的整定计算程序对拼接前后的短路电流进行了计算，计算结果如表 1 所示。

由表 1 可以看出：离边界点越近，拼接前后故障电流的差异越大。在边界站内变压器中压侧母线处短路电流的差异达到 6.9%，远大于非边界站处的短路电流。

由该算例可以看出：利用全模型能够更精确的反映电网的变化，有利于边界支路整定，可为定值的整定计算提供配合支路的准确信息(电流最值、分支系数等)，提高电力系统继电保护整定计算工作的准确性及可靠性。

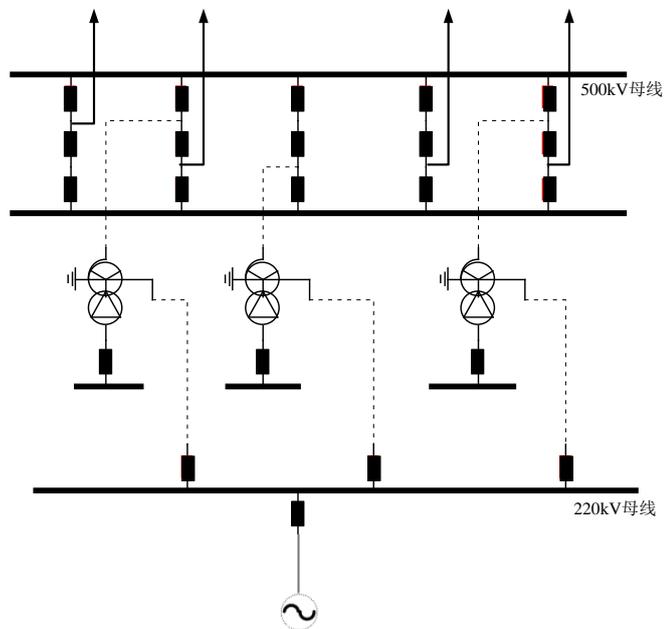


Figure 3. Diagram of station A in area model before splicing
图 3. 拼接前网调 A 厂站模型图

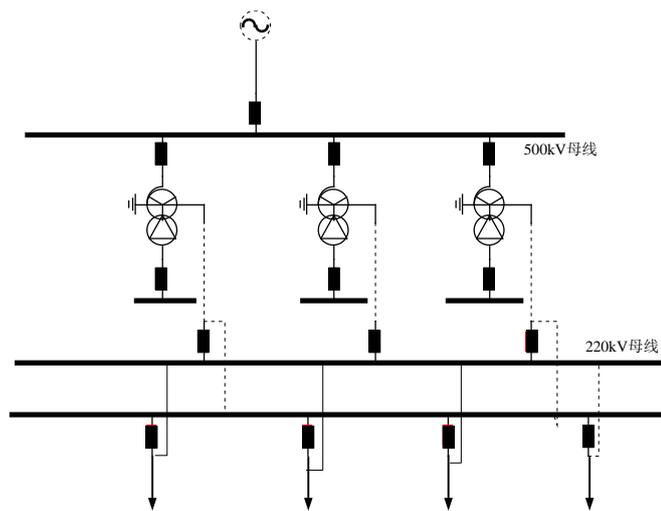


Figure 4. Diagram of station A in province model before splicing
图 4. 拼接前省调 A 厂站模型图

Table 1. Calculation results of short-circuit current before and after splicing (standard value)
表 1. 拼接前后短路电流计算结果(标么值)

故障点位置	A厂站4#变中压侧母线	B厂站1#变中压侧母线
拼接前正序电流最小值	15.208	13.151
拼接后正序电流最大值	16.327	14.11
拼接前后差异(%)	6.9	6.8
拼接前正序电流最小值	7.604	6.682
拼接后正序电流最小值	7.376	6.465
拼接前后差异(%)	2.9	3.2

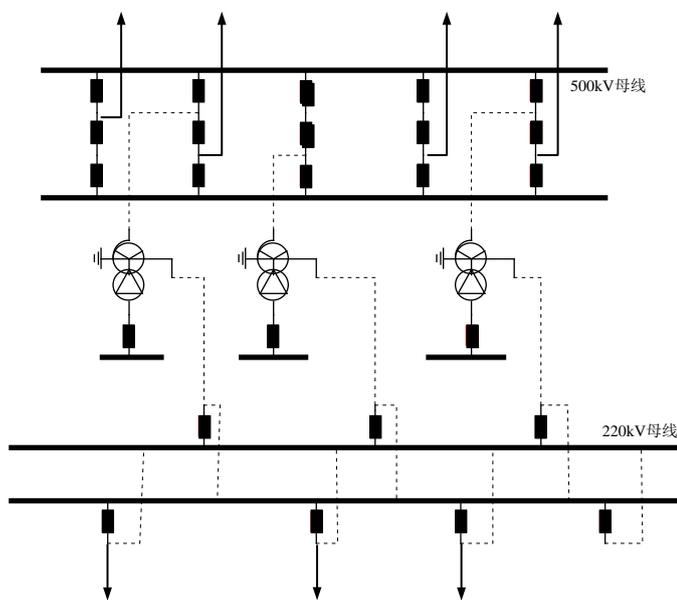


Figure 5. Diagram of station A in full network model after splicing
图 5. 拼接后 A 厂站模型图

6. 结论

在国家电网公司提出一体化的背景下，为了满足继电保护一体化、解决继电保护工作的保护失配及计算精度不足等问题，本文提出了基于模型拼接的全电网模型。基于一体化全网模型进行继电保护整定计算工作，有效解决“信息孤岛”、边界配合困难等问题。本文首先介绍了模型拼接的概念；然后介绍了模型拼接的方案，从数据建模、边界识别、边界匹配、模型拼接等几个方面介绍了模型拼接应用的实用化功能及其拼接流程；最后通过实际算例验证了基于模型拼接的全模型在整定计算中的可行性。算例表明：利用基于模型拼接的全模型有利于边界支路整定计算，可提供配合支路的故障信息，具备更精确的故障电流计算能力，全模型的应用对于提高电力系统继电保护整定计算工作的准确性及可靠性具有重要的意义。

参考文献 (References)

- [1] 熊小伏, 陈星田, 郑昌圣, 等. 继电保护系统状态评价研究综述[J]. 电力系统保护与控制, 2014(42): 51-58.
- [2] 钱科军, 袁越. 分布式发电技术及其对电力系统的影响[J]. 继电器, 2007(35): 25-29.
- [3] 王成山, 肖朝霞, 王守相. 微网综合控制与分析[J]. 电力系统自动化, 2007(32): 98-103.
- [4] 前锋, 唐庆国, 顾全. 基于 CIM 标准和 SVG 的分散式图模合并[J]. 电力系统自动化, 2007(31): 84-89.
- [5] 刘崇茹, 孙宏斌, 张伯明. 公共信息模型拆分与合并应用研究[J]. 电力系统自动化, 2004(28): 51-55.
- [6] 秦川, 赵智成, 赵树法. 地区电网模型与升级电网模型的拼接[J]. 河海大学学报, 2013(41): 354-359.
- [7] 米为民, 韦凌霄, 钱静. 基于 CIM XML 的电网模型合并方法在北京电力公司调度系统中的应用[J]. 电网技术, 2008(32): 33-37.