

对电力调度数据整合的研究与实践

严亚勤¹, 陶洪铸², 李亚楼¹, 吴中习¹

(1. 中国电力科学研究院, 北京 100085; 2. 国家电力调度通信中心, 北京 100031)

摘要: 在电力系统调度中心内, 由于各个时期的技术水平不同、开发方法不同, 各个信息系统之间分散、隔离的情况普遍存在, 导致大量信息资源难以共享。分析了电力系统调度中心两个典型的数据源: 在线 EMS 数据与离线分析数据。研究并开发了在线 EMS 数据与离线分析数据整合技术。这项技术支持多套在线/离线数据同时整合, 能自动适应各种常见的电网变化情况, 在减少人工维护的同时, 可提供丰富的信息比对、校验功能, 以图形或者数据表格的方式输出。通过在国家电力调度中心的试运行证明本文提出的数据整合在技术上是可行的, 并取得了良好的应用效果。

关键词: 数据整合; 电力系统; 信息孤岛

Research and practice of integration of information in power dispatching center

YAN Ya-qin¹, TAO Hong-zhu², LI Ya-lou¹, WU Zhong-xi¹

(1. China Electric Power Research Institute, Beijing 100085, China;

2. China National Electric Power Dispatching and Communication Center, Beijing 100031, China)

Abstract: For different computer technology and development practice during periods, information systems are often isolated with each other in power dispatching center. Thus information resource sharing is usually difficult. The two typical data sources, online EMS data and offline data are analyzed. The technology of integration of the two data sources is researched and developed. Integration of several online/offline data at one time is supported. Normal variety of power grid data is adaptable. With simple manual maintenance, abundant output could be shown by graphics or data table. By applying in the State Power dispatching center, it is verified that the technology of data integration is feasible and make a good effect.

This project is supported by the National Basic Research Program(973 Program) (No.2004CB217900).

Key words: data integration; power system; information islands

中图分类号: TM76

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2007)17-0037-04

0 引言

我国电网的运行和管理具有典型的分层分区的特点, 而调度中心内又按专业职能分为若干部门。随着电力信息化的发展以及各类计算分析程序的应用和推广, 各级调度中心各部门积累了大量的电网数据资源, 这些数据资源一般都只是为解决本部门的特定应用而建立的, 可以看作是实际电力系统的特定视图, 由于各种原因这些资源一般只能以很低效的方式在调度中心以及部门之间共享, 形成了信息孤岛^[1]。

另一方面许多电网计算分析程序, 例如电力系统暂态稳定计算等, 需要基于相对完整的电网模型

信息才能给出合理、可信的计算结果。信息孤岛的出现使得这类计算分析一般只能依靠人工维护大量的计算数据, 在一定程度上限制了计算程序的应用范围, 同时也造成了人力的巨大浪费。

近年来, 标准电网模型、计算机网格等新技术的出现为建立调度中心统一数据平台提供了可能^[2,3]。各类应用程序有可能通过连接数据平台的方式接入系统中, 避免了大量多对多的私有数据接口。但是如何利用已有的大量数据资源, 将当前的电力系统多个视图合并为一个通用的数据实体, 却是应用标准模型或通用软件技术解决不了的问题。本文初步研究了目前电力系统调度中心的主要数据源及其应用情况, 分析并解决了若干个实际应用中出现的问题, 最终以 E 语言格式^[4]为载体初步实现了对在线/离线数据的整合。

基金项目: 国家重点基础研究专项经费资助项目
(2004CB217900)

1 现有数据资源

对于一个特定的调度中心，可以管辖若干个下属的子调度中心，同时其内部按职能划分为运行方式、调度、自动化、继电保护等部门，如图 1 所示。这种机构划分和管辖关系直接影响和决定了电网计算数据的分布、维护和使用。

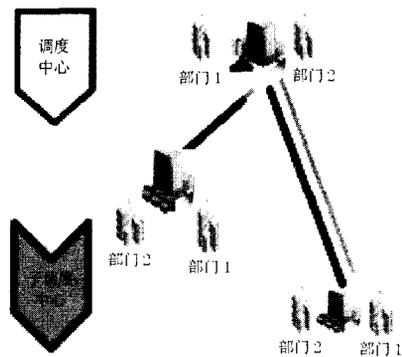


图 1 调度中心计算数据分布的示意

Fig.1 Distribution of power grid data in dispatching center

表 1 典型电网离线/在线数据特点对比
Tab.1 Typical comparison between offline/online power grid data

	离线数据	在线 EMS 数据
主要用途	对典型的历史、当前、规划、故障电网进行潮流、暂态稳定等计算分析。	SCADA 和 PAS 高级应用。
载体或格式	基于 PSASP 或 BPA 等电力系统离线分析软件，可导出多种通用格式。	基于 EMS 调度自动化系统，可导出多种通用格式。
维护和使用部门	主要由运方部门维护和使用。	主要由自动化部门维护，供调度、运方多个部门使用。
建模情况	较为详细、完整的电网模型。	一般仅有辖区内高压主网数据参与状态估计和在线潮流计算；是离线数据的一个子集。
参数情况	稳态参数、零序参数、发电机和负荷详细模型。	稳态参数。
维护情况	人工维护，电网参数较为完整准确。	人工维护网架结构和参数，部分参数可能误差较大。按 SCADA 测点配置自动刷新电网运行信息。
拓扑功能	无开关、刀闸模型。不支持一般意义上的拓扑功能。	支持拓扑功能，原始数据中有开关、刀闸；拓扑后可只保留计算模型。
变化情况	全年分为若干套离散的典型数据。建模一般超前实际电力系统。	实时/准实时连续变化，能反映当前系统运行情况，个别情况下建模滞后实际电力系统。

传统的电网计算数据主要是由运方和自动化部门维护的，其中运方维护离线分析使用的数据，自动化维护在线 EMS 数据，此外，继保部门维护的数据中还有部分一次、二次设备的参数。这些数据都是实际电力系统的不同视图。一般地，在线数据的特点是包含了电网的运行信息，能够相对准确地描述某时刻电力系统主网的运行状态；离线数据的特点是包含了相对完整的典型电网结构，以及电网设备的模型和参数，适合详细、深入地分析电网的物理特性。表 1 对比了典型的离线和在线数据的特点。

如前所述，电网的离线和在线数据描述的是同一个实际的电网，是真实电网的不同视图，但是由于建模的载体、目的不同，建模过程相对独立等原因，很难将两套数据直接进行简单的合并。为此，需要根据离线和在线数据的特点分析和设计数据整合的方案。

2 数据整合目标

电网数据整合的总体目标是充分利用现有数据资源，构建统一的数据平台，提高计算数据的质量，降低数据维护的难度和工作量，从而提高电网高级计算分析程序的应用水平。其中在线/离线数据整合的具体目标包括：

- 1) 整合后保持离线数据的完整性；
- 2) 整合后主网潮流运行方式与在线基本一致；
- 3) 采用智能分析的算法在一定程度上自动适应在线/离线数据的增加、删除和修改，减少人工维护的工作量；
- 4) 自动适应在线电网的拓扑变化；
- 5) 提供方便完善的数据查看、对比、校验、修正手段。

3 数据整合方案设计

电力调度中心的数据整合主要包括两方面内容，一方面是上下级调度中心之间的数据整合，由于电网分层分区运行管理的特点，各调度中心之间数据耦合较少，整合工作也较明确，一般只需确定管辖范围以及辖区联络线/联络变电站的信息即可。而特定调度中心内部的在线/离线数据一般耦合比较紧密，整合的难度较大，是调度中心数据整合的难点和关键。

3.1 数据整合方案

根据电力调度中心在线/离线数据整合的目标，结合数据资源的特点，本文提出两套数据整合方案。方案 1：用在线运行数据刷新离线数据

方案的主要思路是以离线数据为基础, 用在线运行数据更新或者参与控制离线数据, 从而调整离线数据中的设备运行状态及在电网中的拓扑位置。其中, 参与刷新和控制的基本运行数据包括: 各电气设备的投切状态、高压母线电压、电气设备的运行功率以及设备连接关系等。

这个方案的优点是保留了离线数据的网架结构和参数, 易于方式人员进行进一步的维护和使用。缺点是在离线和在线建模差异较大的时候, 可能需要加入平衡负荷对节点功率进行调整。

方案 2:

考虑到在线数据中一般将低电压等级电网和外网简化为等值网或等值负荷处理, 方案 2 通过以离线数据中的详细电网替换等值网或等值负荷的方式来实现数据整合。该方案的优点是较容易保证合并后的模型运行工况与在线数据一致。缺点是:

1) 整合依赖于等值网/负荷与详细电网的映射, 需要在在线数据中提供等值相关信息才能完成相应的替换;

2) 整合后的数据保留了在线数据中的主网连接方式和参数, 对在线数据的质量要求较高;

3) 等值电网的辨识和映射较为复杂。

3.2 方案小节

两个方案各有优缺点, 需要根据实际应用环境和需求进行取舍。方案 1 提供了数据整合的基本方法, 适应面较广, 但运行数据的刷新和控制算法较为复杂。方案 2 相对容易保证整合后数据的运行方式与在线基本一致, 但是对在线数据质量有较高的要求。

4 数据整合实践

两套数据整合方案在数据处理流程上有较大的差异, 但在实现过程中都需要解决若干基本问题, 其中包括形成电网设备映射表、在线数据的过滤与调整、离线数据的拓扑调整等。此外, 还需要一些辅助的对比和校验工具才能保证数据整合技术在实际应用中顺利实施。

4.1 形成电网设备映射表

建立设备名称映射表是数据整合的基础和关键。映射表是离线和在线数据之间最主要的连接桥梁。但在实际中, 直接形成所有电气设备的映射表有很大难度, 这是因为:

1) 两套电网数据基本是独立维护和使用的, 由于等值、T 接线路等建模的不同, 很难做到将所有电气设备一一映射;

2) 同一电气设备在两套数据中有不同的名称,

传统的离线数据中甚至没有设备名称;

3) 离线数据往往规模庞大, 人工维护设备映射表对于大的网省调是不切实际的。

实际上, 抽象的电网设备映射包含了分区、厂站、交流线路、直流线路、变压器、发电机、高抗、低抗、串补、负荷等设备的映射。这些映射关系中厂站映射是最基本的映射, 它限定或者在很大程度上限制了大量其它电气设备的映射, 并且厂站映射的数量较小, 易于建立和维护。基于以上分析, 映射表形成的主要流程如下:

1) 结合人工指定和智能匹配的方法生成厂站映射表;

2) 形成发电机、厂用电映射表;

3) 形成变压器映射表;

4) 形成交流线路(包括 T 接线路), 高抗映射表;

5) 形成串联电容、直流线路等其它电气设备映射表。

4.2 在线数据的过滤与调整

1) 在线坏数据过滤

由于量测误差、状态估计算法不完善以及 EMS 维护滞后等原因, EMS 状态估计中部分在线数据可能会与实际系统有较大的出入, 基于限值或节点/支路潮流公式的数据校验工具可以简单有效地发现并过滤掉大部分的在线坏数据。

2) 在线数据的调整

在线 EMS 可以给出全网的状态值, 包括节点复电压、节点注入功率和支路功率等。从全网角度来看, 电压相角量测很少或没有, 根据状态估计的原理, 对于参数误差较大的支路连接的节点的母线相角估计值误差也比较大, 特别是对于发电厂和末端负荷变电站的高压母线, 根据更可信的离线支路参数和在线支路功率对这类母线电压相角进行修正, 可以得到更准确的电压相角值。

另一方面, 在形成电网映射表之后, 就可进一步对比和修正在线/离线电网设备的建模情况以及稳态参数, 从而可能改善在线 EMS 的数据质量。

4.3 整合数据的电网拓扑

传统的电网离线分析软件一般不支持拓扑分析功能, 也没有开关、刀闸的建模, 因此不能以常规的方式通过分析开关、刀闸位置来直接形成全网拓扑。离线数据的拓扑改变一般只能通过人工改变设备连接的节点, 或者改变设备状态的方式进行。

为了在数据整合过程中实现对离线数据做动态的拓扑更改, 可以采用如下的方法:

1) 通过建立小支路合并多个计算节点;

2) 通过设置双端元件两侧小开关状态体现设备单端开断的情形;

3) 通过分裂计算节点实现分母独立运行。

4.4 整合数据的对比和校验

各种电网计算分析软件从功能上来看日益先进和丰富,但其应用水平往往在一定程度上受限于计算数据的质量和数量。通过调度中心的数据整合,有更多的机会对现有数据资源进行对比、校验,从而有可能尽早发现并解决在线/离线数据中的问题,一方面提高整合后的数据质量,另一方面也能促进提高在线/离线计算分析软件的应用水平。

在数据整合过程中进行校验和对比的数据包括特定调度中心及其下属调度中心的在线数据和离线数据。一般情况下,上下级离线数据是一致的,因此,可能有三套数据描述了局部电网的结构和参数,两套在线数据提供了局部电网在某时刻的运行信息。相应的数据统计项目包括:

- 1) 按厂站统计的电网建模情况;
- 2) 各类电气设备稳态参数对比;
- 3) 各类电气设备运行数据对比;
- 4) 运行时的拓扑关系对比。

5 应用实例

本文介绍的在线/离线数据整合的方法在国家电力调度通信中心得到了应用,其中在线/离线数据资源如表2所示。

表2 国家调度中心电网在线/离线数据资源

Tab.2 Online/offline data of State Grid

	离线数据	在线数据			
	PSASP6.2	E 格式			
电网范围	全网	东北、华北、华中	东北	华北	华中
数据维护	运方	自动化	子区自动化	子区自动化	子区自动化
电压等级	500 kV、220 kV	500 kV	500 kV、220 kV	500 kV、220 kV	500 kV、220 kV
厂站数	2233	198	337	657	482
节点数	7665	761	660	1385	1075
线路数	4287	354	640	1355	1066

通过在线/离线数据的自动映射,可以得到电气(虚拟)设备的映射表,其中厂站和线路的映射情况如表3所示。

表3 在线/离线数据映射统计

Tab.3 Online/offline data map statistic

区域	在线映射	比例	在线映射	比例
	厂站数	/ (%)	线路数	/ (%)
东北、华北、华中	198	100	317	97.5
东北	333	98.8	629	98.3
华北	635	96.7	1220	90.0
华中	469	97.3	966	90.6

6 结论

在电力调度中心建立数据平台是当前电力信息化发展的一个趋势,整合现有的各类计算数据则是建立统一数据平台过程中的一个重要环节。通过相互校验、互通有无、减少冗余,将原有的若干信息孤岛在一定程度上有机结合到一起,从数据完整性、准确性、可维护性等方面提高电网模型数据的质量,充分发挥电网计算数据的规模效应,为各种电网计算分析程序的应用提供可靠、优质的数据服务。

本文结合现场实际情况初步提出了两套基本的数据整合方案,并介绍了数据整合的一些实践经验。通过在国家电网调度中心的实践和应用,证明本文提出的在线/离线数据整合技术科学、实用,基本满足了现场对数据整合的需求,在一定程度上提高了原有在线/离线应用的水平,同时也减轻了相关人员的工作强度和工作量。

参考文献

- [1] 王继业,张崇见. 电力信息资源整合方法综述[J]. 电网技术,2006,30(9):83-87.
WANG Ji-ye, ZHANG Chong-jian. Survey on Power Information Resources Integration Methods[J]. Power System Technology, 2006,30(9):83-87.
- [2] 王继业. 基于网络技术的电力信息资源整合方案[J]. 电力系统自动化,2006,30(20):84-87.
WANG Ji-ye. An Integration Solution of Power Information Resources Based on Grid Technology[J]. Automation of Electric Power Systems,2006,30(20):84-87.
- [3] 石俊杰,李毅松,彭清卿,等. 国家电网公司调度系统数据整合总体方案的思考[J]. 电力信息化,2006,4(6):28-31.
- [4] 辛耀中,陶洪铸,李毅松,等. 电力系统数据模型描述语言 E[J]. 电力系统自动化,2006,30(10).
XIN Yao-zhong, TAO Hong-zhu, LI Yi-song, et al. E Language for Electric Power System Model Description[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006,30(10).

(下转第71页 continued on page 71)

4 问题的解决和改进措施

4.1 保护动作信号保持的问题

基于以上分析的基础上, 找到了问题的关键点, 查看开关本体的非全相保护图纸, 见图5所示。图中52a为转换开关闭合触点; 52b为转换开关闭断触点; 47T为开关本体非全相保护继电器; 47TX为配合47T的转换继电器。

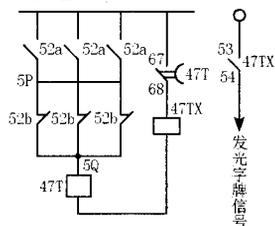


图5 非全相保护回路简图

Fig.5 Circuit of the non-three phase protection

根据图5发现, 当非全相保护动作跳开断路器, 经延时后47TX线圈励磁, 其动合触点(53-54)闭合。但当断路器跳开, 非全相状态消失后, 由于非全相启动回路断开(各相断路器动合辅助触点断开, 动断辅助触点闭合), 时间继电器47T线圈失磁, 47TX的动合触点(53-54)随即打开。即当非全相保护动作时, 中央信号系统的光字牌仅能在极短的时间内点亮一下, 然后就随着断路器的跳开、非全相状态的消失而熄灭。这种情况下, 根本无法确定是三相不一致保护动作跳开断路器。这与该次事例现场没有三相不一致动作的光字牌信号出现是吻合的。

解决这个问题^[2]可以通过将47TX继电器的信号回路动合触点(53-54)串接一信号继电器, 其目的将中央信号系统的非全相保护动作信号通过新增加的信号继电器触点发出, 并通过信号继电器的保持功能在主控室显示“断路器本体非全相保护动作”信息。

4.2 继电器精确度问题

断路器厂家配备的时间继电器的精确度是一个很重要的问题, 尽管这些设备在断路器机构箱内, 作为继电保护人员还应该对这些元件给予足够的重视。必须要求厂家提供的继电器的精确度满足要求。为了可靠起见, 47T的时间整定可以适当增加, 如

在非全相保护时间定值基础上增加500 ms, 以防止由于时间继电器的精度不够而造成单相单重失败, 从而造成断路器三跳。例如该次保护事例, 其开关本体的非全相保护继电器经过昂利保护测试仪试验, 其动作时间由整定的2 s缩短为0.3 s左右。

因此, 继电保护专业人员在做220 kV及以上线路定期检查时, 应当考虑把开关本体非全相保护继电器作为一个定期检查项目, 校验其保护动作时间。

5 结束语

断路器本体设置非全相跳闸回路有着明显的优点, 但有一些小的问题在设计制造过程中由于断路器专业与继电保护专业在认识上存在差异从而使其功能上存在不完善的地方, 需要我们在实际施工和运行维护中加以改进。

非全相保护不是电力系统的主保护, 但它在运行中的作用不容忽视。希望通过该次事例, 继电保护专业人员对非全相保护有足够的重视, 努力提高非全相保护的可靠性, 为系统的安全稳定运行做出应有的贡献。

参考文献

- [1] 常凤然, 张洪. 高压断路器的非全相保护 [M]. 电力系统自动化, 2000, 24(11): 62-64.
CHANG Feng-ran, ZHANG Hong. Non-three-phase Protection of High-Voltage Breaker[M]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(11): 62-64.
- [2] 甘景福. 断路器本体非全相保护技术[M]. 电工技术, 2006, (8): 84-85.
GAN Jing-fu. Non-Full Phase Protection Technology of Breaker Reality[M]. Electric Engineering, 2006, (8): 84-85.

收稿日期: 2007-03-07

作者简介:

金滇黔(1973-), 男, 工程师, 硕士研究生, 从事继电保护管理工作; E-mail: jdq242@sina.com

易淑智(1977-), 男, 工程师, 硕士, 从事继电保护管理工作;

庄泽宏(1978-), 男, 助理工程师, 本科, 从事继电保护管理工作。

(上接第40页 continued from page 40)

收稿日期: 2007-01-26; 修回日期: 2007-03-12

作者简介:

严亚勤(1978-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事电网调度自动化技术研究和软件开发工作; E-mail: yyq@epri.ac.

cn

陶洪铸(1973-), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事电网自动化工作;

李亚楼(1974-), 男, 博士, 高级工程师, 主要从事电力系统机电暂态稳定的研究和软件开发。