

“物理分布、逻辑集中”架构下调度系统 一体化分析中心总体设计

冯树海,姚建国,杨胜春,於益军,庄卫金,张 鸿,汤必强

(中国电力科学研究院,江苏 南京 210003)

摘要: 特高压电网的建设使得电网运行特性呈现复杂性增加、一体化特征增强等特点,对调度系统的分析决策提出了一体化分析要求,而传统的调度系统无法适应这种新的需求。基于“物理分布、逻辑统一”的全网集散式调度与控制技术的总体思路,提出了一体化分析中心的总体架构,并基于该架构进行了模型中心、在线分析服务和离线分析服务的详细设计。结合未来电网发展趋势对电网分析决策的需求,指出了未来调度系统分析决策软件的发展方向,为电网在线调度决策的研发提供了参考。

关键词: 特高压输电; 物理分布; 逻辑统一; 模型中心; 一体化分析决策; 调度自动化系统; 软件设计

中图分类号: TM 862

文献标识码: A

DOI: 10.16081/j.issn.1006-6047.2015.12.021

0 引言

我国能源开发重心西移北移、负荷中心在东中部地区的基本格局长期不会改变,能源大规模、远距离输送和大范围优化配置是历史必然,始终存在大容量远距离输送电力的基本需求。未来电网将向着大电网、大市场方向发展,以适应大规模跨区输电的要求^[1-2]。

电网规模、装机容量、用电负荷快速增长导致电网运行特征发生深刻变化。特高压电网的构建,将从根本上改变电网的现有形态,使得电网运行特性呈现复杂性增加、一体化特征明显、电力平衡全局性需求增强等特征。

a. 电网运行复杂性增强。 电网规模不断扩大加剧了电网运行工况和潮流的多变性;交直流混联增加了协调控制的难度;风电等新能源大规模接入,给电网运行带来较大波动,安全风险增大;自然灾害呈多发、频发趋势,对大规模、远距离特高压输电系统安全运行造成很大威胁。

b. 电网运行状态呈现一体性。 电网将发展为以特高压主网架连接的巨型电网,交流电气联系紧密、直流交换容量巨大,各区域、各级电网相互影响、相互作用进一步增强,电网特性将由区域模式主导转向总体模式。

c. 电力平衡呈现全局性。 特高压电网的建设发展,改变了当地建厂就地平衡的电网发展方式,在

全局范围内实现总体资源优化配置将成为电网发展的必然选择。

伴随着调度自动化系统的发展,电网分析决策软件也不断地向着大规模、复杂化、在线化方向发展^[3-7],从未来电网的运行特性变化、计算机通信技术发展来看,目前基于分层调度系统架构的分析决策方法还有以下几个方面需要提升^[8-9]。

a. 模型处理方式: 自下而上的模型拼接方式存在着模型重复维护、拼接流程复杂、上下级对同一设备命名不一致、统一模型验证机制不完善、模型缺乏统一发布机制等问题。

b. 数据处理方式: 未来电网的时间尺度精细化调度需要系统架构具有较快的信息处理与交互速度。然而目前的分层系统增加了处理数据的开销和延迟,很难满足未来电网细时间尺度下全局调度的快速性要求。

c. 分析决策方式: 目前各级调度中心的分析决策还是不能相互配合,这导致分析决策的基础模型不合理或不准确、上下级调度之间的一体化支撑能力不足、分析决策结果不精细等问题。

d. 资源利用率: 未来电网调度自动化系统应当与未来电网运行一样需要其具有较高的经济性,主要表现在较高的计算资源和网络资源的利用效率。这需要调度自动化系统本身在感知所有服务器的完整信息的基础上充分利用闲置资源,实现计算资源的优化调度。

为了构建逻辑上高度一体化的电网调度自动化系统,考虑未来电网发展对调度技术支持系统的新需求,文献^[10]提出了“物理分布、逻辑统一”的全网集散式调度与控制技术支持系统的架构,并对该架构下如何实现电网基础模型、分析与控制决策的集中等功能提出了初步的构想。本文即是在此构想基础上,对

收稿日期:2014-12-10;修回日期:2015-10-12

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973计划)资助项目(2013CB228206);国家电网公司科技项目(dz71-13-044,dz71-14-044)

Project supported by the National Basic Research Program of China(973 Program)(2013CB228206) and Science & Technology Program of SGCC(dz71-13-044,dz71-14-044)

一体化分析中心总体架构、实现思路进行细化设计。

1 一体化分析中心总体架构

一体化分析中心总体架构如图 1 所示。由图 1 可见,一体化分析中心基于调度技术支持系统支撑平台,由基础服务层、服务定制层、应用分析层组成。

a. 基础服务层主要提供电网模型服务、数据断面服务以及基本服务。

b. 服务定制层基于基础服务层提供的底层服务,定制适合的电网模型、数据断面、分析计算类型,并分配相应的计算资源。

c. 应用分析层提供面向各类具体调度业务需求的高级应用,包括一体化计划编制、实时监控分析、预想分析、智能控制决策和智能评估等方面。

与传统分析决策软件不同,一体化分析中心将与数据采集与监视控制(SCADA)系统分离。这种分离不仅表现在逻辑上,更表现在物理上。该一体化分析中心的物理设备可能集中在某几个大城市,而 SCADA 系统则存在于各国省分调度监控中心。这种变化将导致一体化分析决策中心的对外数据接口、计算分析服务流程、网络负载需求等与传统模式相比有较大差异。

一体化分析中心总体数据流程如图 2 所示。由图 2 可见,一体化分析中心需要从模型发布中心获取模型,从国网省各级调度中心获取运行方式数据和控制决策数据等数据,从而构建分析决策的基础数据模型。同时,一体化分析中心为各级调度中心提供在线分析结果、离线分析结果、分析决策服务结果等数据。

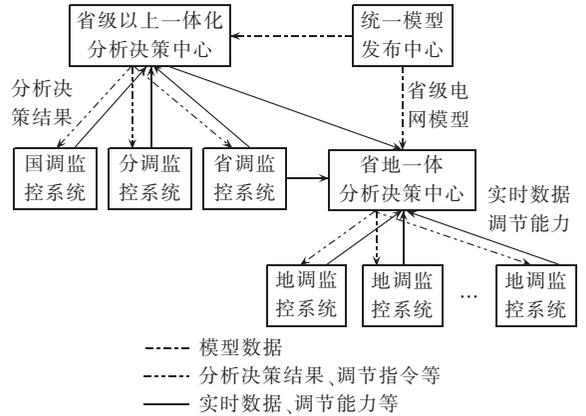


图 2 一体化分析中心总体数据流程

Fig.2 Overall data flow of integrated analysis centre

2 一体化分析中心详细设计

为了实现电网的一体化分析、计划、决策及控制等,系统从模型维护、验证、发布、存储与管理等方面对统一模型中心进行设计,以期解决传统的模型拼接方式带来的模型不匹配、参数不一致等问题;采用跨局域网的主备机管理模式对在线分析服务中心进行设计,即保证在线分析服务分析结果的唯一性和计算负载的均衡性,又不增加网络资源的消耗量;采用调度系统动态开辟空间进行离线计算分析服务的模式,提升一体化分析中心同时为多个用户提供离线分析服务的能力。具体设计方案如下。

2.1 模型中心设计

2.1.1 模型维护

模型维护验证发布流程如图 3 所示。由图 3 可见,10 kV 及以上一次设备模型全部进入统一模型维护中心,这样统一模型发布中心就形成了包含全系统

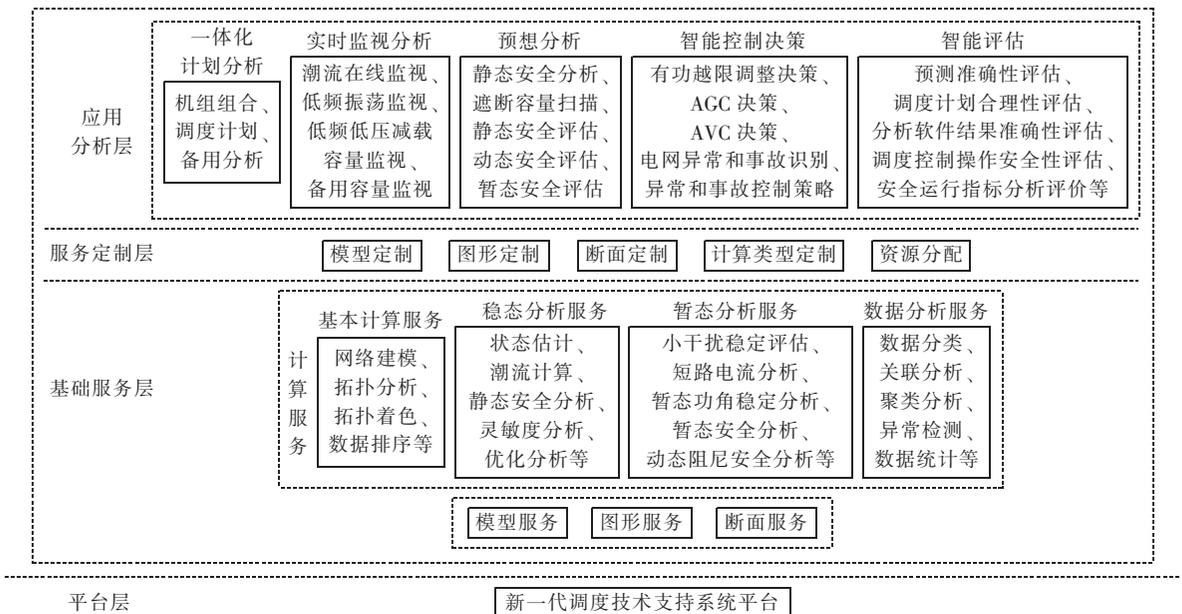


图 1 一体化分析中心总体架构

Fig.1 Overall structure of integrated analysis centre

所有 10kV 以上的一次设备模型库;国/分调、省调、省级模型发布中心直接从统一模型发布中心切割需要的模型即可。

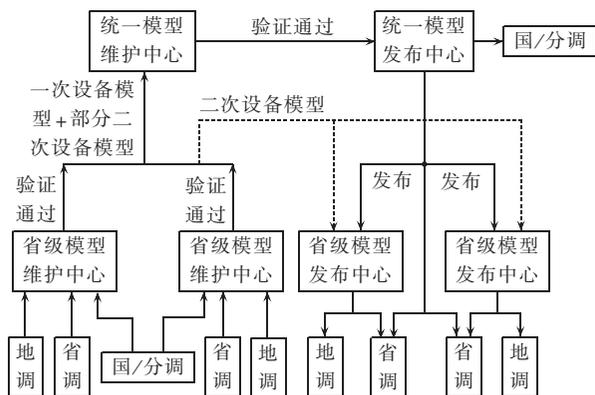


图 3 模型维护验证发布流程

Fig.3 Flowchart of model maintenance, verification and release

如果所有模型维护和验证都在统一模型维护中心进行,则受模型范围太大的影响,该系统大模型难以验证通过。因而,模型中心采用 2 级系统架构。

与一次设备模型相对,大多数二次模型不进入统一模型维护中心,只有与省级以上电网分析控制相关的二次模型信息(如安全稳定自动装置模型、AGC 模型、调度计划模型等)才进入统一模型维护中心。

2.1.2 模型验证

模型维护采用根据厂站地理位置确定厂站隶属于相应模型维护中心原则。该厂站模型在省级模型维护中心维护并验证通过后,将发送至统一模型维护中心。最终,统一模型维护中心对涉及省与省之间的边界联络线进行模型验证,验证通过后,提供给统一模型发布中心进行发布。

2.1.3 模型发布

各调度监控系统以及一体化分析中心的模型源头都是模型发布中心。不同的是,各监控系统根据其调度管辖范围,决定从统一模型发布重新获取相应范围的一次设备模型;而一体化分析中心需要获取的一次设备模型则相对较大,省级以上一体化分析决策中心需要获取所有 220 kV 以上厂站的电网模型,而省地一体化分析中心通常获取该省管辖范围的所有一次设备模型以及部分边界模型。模型的发布过程只有切割,没有拼接,即统一模型中心包含一个最大的一次设备模型,所有被发布对象只是从统一模型中心抽取部分模型。当然,特殊情形下也可以获取全部模型。

2.1.4 运行模型的存储与管理

分析中心要实现对电网分析决策,首先需要确定相应的分析决策电网模型,其次还需要获取与此模型相对应的运行方式数据。在该系统中,省级以上

应用分析中心涵盖了全网所有 220 kV 以上电网模型;同时,分析中心量测数据需要在更大范围内获取,而不是仅从某个调度中心就能得到。这些决定了其模型管理、数据获取流程相比传统模式要复杂得多。

电网运行方式数据是以具体的电网模型为基础的,离开与之匹配的电网模型数据,运行方式数据将变得毫无意义。而在实际电网运行过程中,电网模型是会经常发生变化的,因此,对电网的分析决策需要解决电网模型和方式数据的一致性匹配问题。此外,由于对电网分析决策的对象、范围和目标的不同,导致所需要的电网模型和方式数据的类型、覆盖范围、精细程度等存在着较大差异。

一体化分析中心的模型数据由运行模型库进行存储与管理,如图 4 所示。运行模型库是应用分析中心的模型数据源头,它为应用分析中心提供实时、历史以及未来的模型存储、修改以及获取服务,模型可以是全网模型,也可以是局部模型,提供的模型的类型、范围由应用分析中心提出的模型需求决定。

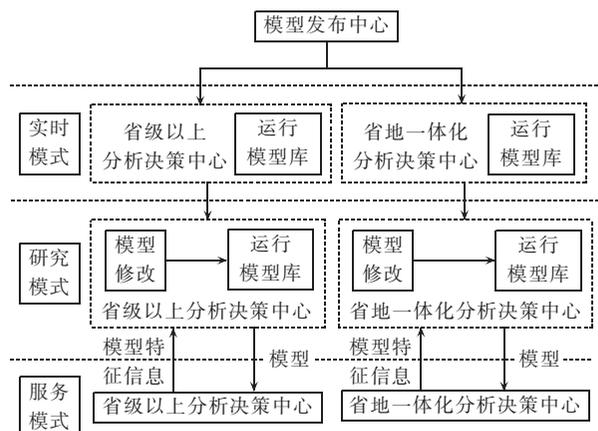


图 4 运行模型的存储与管理

Fig.4 Storage and management of operation model

2.2 在线分析服务

分析中心实时模式设计如图 5 所示。由图 5 可见,在一体化分析中心中,在线分析计算决策可考虑采用双中心异地互备的总体架构,在城市 A 和 B 分别建设 1 个一体化分析中心,2 个中心之间采用高速网络连接。在 2 个中心之上构建跨局域网的系统管理,以实现对 2 个中心的各应用的运行管理。

在实时模式下,所有省级以上调度系统集中在一起进行在线分析。分析需要从各调度中心获取准同步的遥测数据,基于此数据进行全网状态估计计算。状态估计结果数据作为其他分析决策软件的基础断面。状态估计采用主备机模式,但这种主备机模式不同于传统的局域网内部主备方式,而是跨局域系统的主备机模式。

跨局域系统的主备机模式将导致 2 个分析中心之间的数据交互量的大幅度上升,这需要采用一定

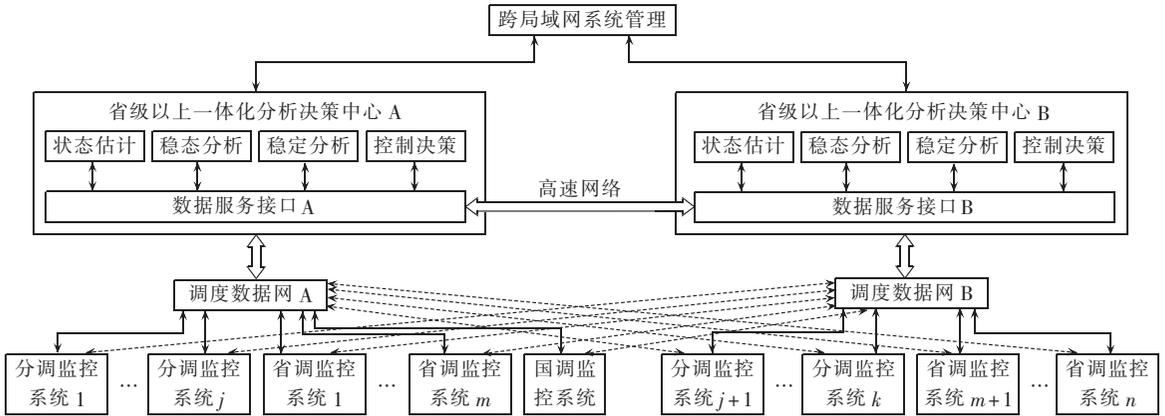


图 5 分析中心实时模式设计
Fig.5 Design of real-time mode for analysis centre

的机制来减少分析中心之间的数据交互频度和流量。比如状态估计计算结果需要在 2 个中心之间进行同步。如果不加控制地由各个软件独立去拷贝状态估计结果,将导致 2 个中心之间数据交互量的不合理上升。这时可以考虑在状态估计计算结束后,一次性将其结果传送给另一应用分析中心的数据接口,由此数据接口为该中心的各应用分析软件提供状态估计计算结果服务。这样既保证了状态估计结果的唯一性,又减少了应用分析中心之间的数据交互量。

同样,对于各调度系统,由于物理上与分析中心并不在同一地点,需要通过数据网对应用分析软件进行使用,这就需要分析中心同时为多达几十个调度系统提供在线数据查看服务。这些服务如果由一个中心提供,而另一个中心处于闲置状态,不仅对服务软件带来压力,网络资源也不能得到充分合理应用。因而,综合考虑网络负载、计算中心负载的均衡性以及系统的易实现性,各应用主机向对外数据接口提供实时应用分析结果数据,用于对外数据服务。

2.3 离线分析服务

在线分析服务的结果发布模式类似于广播模式,而离线计算服务的交互模式则和点对点模式类似。考虑到离线分析服务需要为多达几十个调度中心提供分析服务,而不同计算分析所需的计算类型、计算模型、运行方式、控制参数、计算目标差异更大,因而传统的按照静态配置设置研究模式的管理方法将无法满足不同需求,需要采用新的思路和方法来进行离线分析计算服务的管理。

分析中心研究模式设计如图 6 所示。由图 6 可见,用户进行研究分析时,需要向应用分析中心提出请求服务申请,提交申请的信息需要涵盖用户信息、计算类型信息、模型信息、运行方式信息、控制参数信息、操作调整信息、持续时间信息等。分析中心根据提交的申请,动态开辟计算空间,组织相应模型、

运行方式数据、计算序列,进行相应计算,并将分析计算结果返回给调用者或是直接刷新客户端画面等。

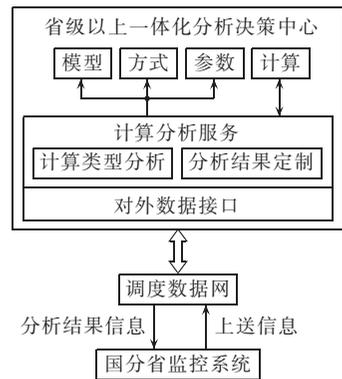


图 6 分析中心研究模式设计
Fig.6 Design of research mode for analysis centre

3 未来调度系统分析决策发展方向探讨

未来电网调度分析决策中心不仅在总体架构、模型管理方法、数据传输和处理流程上相对现有调度中心在线分析软件发生较大变化,在具体的功能实现方面,也将在现有功能基础上,向着更实用、更智能的方向发展。

3.1 “数据分析”技术将得到更多应用

未来调度系统将不仅采集和存储传统的电力、电量数据。随着变电站和输电线路中使用的在线监测装置数目的增多,调度系统收集了大量的视频、图像等数据,同时,调度中心还可能获得如气温、云图、暴雨、台风、地震等大量的气象实时和预测数据^[11]。另外,调度习惯、操作指令、事故处理案例等多种样式的数据也在调度系统中逐渐得到存储和应用。

综合运用知识推理、数据挖掘、大数据等数据分析技术,从这些种类繁多的数据中分析提取电网运行状态、发展趋势的重要信息,实现对电网的准确的感知和趋势辨识,将有利于提高调度运行人员对电网的掌控能力。随着这些数据分析技术的不断发展

和完善,以及调度系统数据信息的大量扩展,数据分析技术在调度系统分析应用中将有较好的应用前景。

3.2 离线分析软件在线化

由于历史原因,调度中心的许多部门目前依然采用离线分析计算的方法,进行电网规划、发电计划制定、运行方式安排等工作。由于担心实时调度过程中的系统状态与离线分析计算时的假想状态不一致,为了保证系统的安全运行,因此离线分析时,经常是在最大负荷和最恶劣运行条件情况下,进行电网运行方式安排。这些可能导致电网利用率偏低、对高渗透率再生能源带来的随机波动无法全覆盖等问题。

计算机计算能力的提升以及电网模型、运行方式等数据逐渐规范化给传统商业离线分析软件在线化提供了基础条件。通过扩展在线调度系统平台的支撑能力,构建传统离线分析软件(例如BPA、PSASP、PSS/E等)与在线调度系统之间的接口,利用在线调度系统为离线分析软件提供实时和预测的数据断面,逐步实现离线分析软件的在线化,将是未来分析软件的重要发展方向之一。

3.3 不确定性分析方法在调度系统得到应用

间歇性电源出力的随机性、分布式电源大量接入导致配电网架构的变化、电动汽车大量接入引起的集聚效应、复杂负荷响应单独及综合作用以及电网自身结构调整等都可能对电网潮流特性及分布规律发生变化,这将使得传统的确定性潮流分析方法难以满足新的需求。

对电网不确定性分析的方法目前主要有概率潮流^[12-15]、区间潮流^[16-17]、模糊潮流^[18]等方法。其中概率潮流包括蒙特卡洛、点估计、拉丁超立方、半不变量解析等方法^[19-21]。综合考虑计算量、计算精度等影响因素,半不变量法及其改进型算法将是未来调度系统实际应用的不确定性分析方法之一。

3.4 计划编制一体化

一体化调度计划基于全网统一基础模型,根据全网负荷的预测信息以及需求侧可控资源的相关信息,在满足电网和电厂约束的前提下,针对国、网、省电网所有发电机组统一进行发电计划数据收集、数据校验、优化计算、安全校核、评估分析等,将使得计算目标达到全局最优。

大规模可再生能源波动性强的特点,使得日前计划制定的发电机出力计划、联络线计划与实际运行情况偏差较大^[22],采用传统的区域之间、省级电网之间严格遵守日前关口联络线计划的模式对于可再生能源的最大限度消纳是不利的。应对这种情况,可以采用日内计划滚动修编的方法加以解决。传统的

多级调度计划交替迭代的编制模式,难以满足日内计划滚动修编的速度和精度要求。

一体化调度计划编制及安全校核避免了国、网、省多级调度系统的反复协调优化,将提高计划编制的效率,有利于合理安排全网范围内所有发用电资源,降低备用运行费用,提高系统运行经济性。

3.5 电网辅助决策超前化

辅助决策分析到目前为止主要属于事后调度决策范畴,随着对电网感知能力的提升和分析计算能力的提高,电网辅助决策将逐渐由事后决策向事前预防方向发展,从而提高决策的合理性和实用性。

未来,电网运行智能辅助决策将向基于多源信息融合的复杂故障自动诊断及恢复辅助决策、电网运行预防控制综合优化决策、输电网在线优化重构辅助决策、极端自然灾害情况下的互联大电网快速恢复控制在线优化决策等方向发展。

3.6 电网调度智能后评估

电网调度运行后评估是提升电网运行控制水平的重要环节,目前国内电网调度运行后评估还处于以人工经验评估为主,对历史数据的简单指标分析评价为辅的阶段。对电网调度运行的智能分析评估体系尚处于初步研究阶段。

未来电网调度运行智能评估需要涵盖“事前、事中、事后”全过程,能够系统、直观反映电网调度运行“安全、优质、经济”状况,实现对电网运行综合水平的科学定量评估,提出有效可行的优化建议,支撑电网安全生产的动态闭环管理和持续滚动优化,促进电网调度控制精益化水平的提升。

4 结语

为了适应未来电网运行特性复杂性增加、一体化特征明显、电力平衡全局性增强的需求,本文基于“物理分布、逻辑统一”的全网集散式调度与控制技术支持系统的架构,提出了一体化分析中心的总体架构,并对该架构下模型中心、在线分析服务和离线分析服务进行了详细设计。在此基础上,分析了未来电网调度系统分析决策发展方向,为调度系统分析决策软件的研发提供了参考。

参考文献:

- [1] 国家电网公司. 国家电网:2020年全面建成统一“坚强智能电网”[EB/OL]. [2009-05-21]. <http://www.sgcc.com.cn/>.
- [2] 杨德昌,李勇,REHTANZ C,等. 中国式智能电网的构成和发展规划研究[J]. 电网技术,2009,33(20):13-20.
YANG Dechang,LI Yong,REHTANZ C,et al. Study on the structure and the development planning of smart grid in China [J]. Power System Technology,2009,33(20):13-20.
- [3] 辛耀中. 新世纪电网调度自动化技术发展趋势[J]. 电网技术,2001,25(12):1-10.

- XIN Yaozhong. Development trend of power system dispatching automation in 21st century[J]. Power System Technology, 2001, 25(12):1-10.
- [4] 姚建国,杨胜春,高宗和,等. 电网调度自动化发展趋势展望[J]. 电力系统自动化, 2007, 31(13):7-11.
YAO Jianguo, YANG Shengchun, GAO Zonghe, et al. Development trend prospects of power dispatching automation system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31(13):7-11.
- [5] 姚建国,严胜,杨胜春,等. 中国特色智能调度的实践与展望[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(17):16-20, 48.
YAO Jianguo, YAN Sheng, YANG Shengchun, et al. Practice and prospects of intelligent dispatch with Chinese characteristics[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(17):16-20, 48.
- [6] 张伯明,孙宏斌,吴文传,等. 智能电网控制中心技术的未来发展[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(17):21-28.
ZHANG Boming, SUN Hongbin, WU Wenchuan, et al. Future development of control center technologies for smart grid[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(17):21-28.
- [7] 王正风,黄太贵,黄少雄,等. 电网调度运行新技术[M]. 北京:中国电力出版社, 2011.
- [8] WU F F, KHOSROW M, BOSE A. Power system control centers: past, present, and future[J]. Proceedings of the IEEE, 2005, 93(11):1890-1908.
- [9] 蒋宏图,袁越. 电力系统自动化综合应用信息平台设计与实现[J]. 电力自动化设备, 2009, 29(5):113-116.
JIANG Hongtu, YUAN Yue. Design and implementation of integrated application information platform for electric power system automation[J]. Electric Power Automation Equipment, 2009, 29(5):113-116.
- [10] 姚建国,杨胜春,单茂华,等. 面向未来互联电网的调度技术支持系统架构思考[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(21):52-59.
YAO Jianguo, YANG Shengchun, SHAN Maohua, et al. Reflections on operation supporting system architecture for future interconnected power grid[J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 37(21):52-59.
- [11] 杨胜春,汤必强,姚建国,等. 面向态势感知的电网自动智能调度架构及关键技术[J]. 电网技术, 2014, 38(1):33-39.
YANG Shengchun, TANG Biqiang, YAO Jianguo, et al. Architecture and key technologies for situational awareness based automatic intelligent dispatching of power grid[J]. Power System Technology, 2014, 38(1):33-39.
- [12] 董雷,程卫东,杨以涵. 含风电场的电力系统概率潮流计算[J]. 电网技术, 2009, 33(16):87-91.
DONG Lei, CHENG Weidong, YANG Yihan. Probabilistic load flow calculation for power grid containing wind farms[J]. Power System Technology, 2009, 33(16):87-91.
- [13] ZHANG P, LEE S T. Probabilistic load flow computation using the method of combined cumulants and Gram-Charlier expansion[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2004, 19(1):676-682.
- [14] 石东源,蔡德福,陈金富,等. 计及输入变量相关性的半不变量法概率潮流计算[J]. 中国电机工程学报, 2012, 32(28):104-113.
SHI Dongyuan, CAI Defu, CHEN Jinfu, et al. Probabilistic load flow calculation based on cumulant method considering correlation between input variables[J]. Proceedings of the CSEE, 2012, 32(28):104-113.
- [15] MORALES J M, BARINGO L, CONEJO A J, et al. Probabilistic power flow with correlated wind sources[J]. IET Generation, Transmission and Distribution, 2009, 4(5):641-651.
- [16] 王守相,徐群,张高磊,等. 风电场风速不确定性建模及区间潮流分析[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(21):82-86.
WANG Shouxiang, XU Qun, ZHANG Gaolei, et al. Modeling of wind speed uncertainty and interval power flow analysis for wind farm[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(21):82-86.
- [17] 丁涛,柏瑞,郭庆来,等. 一种非迭代仿射算法的输电网区间潮流计算方法[J]. 中国电机工程学报, 2013, 33(19):76-83.
DING Tao, BO Rui, GUO Qinglai, et al. A non-iterative affine arithmetic methodology for interval power flow analysis of transmission network[J]. Proceedings of the CSEE, 2013, 33(19):76-83.
- [18] 洪芦诚,石立宝,姚良忠,等. 计及风电场发电功率不确定性的电力系统模糊潮流[J]. 电工技术学报, 2010, 25(8):116-122.
HONG Lucheng, SHI Libao, YAO Liangzhong, et al. Fuzzy modelling and solution of load flow incorporating uncertainties of wind farm generation[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2010, 25(8):116-122.
- [19] 于晗,钟志勇,黄杰波,等. 采用拉丁超立方采样的电力系统概率潮流计算方法[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(21):32-35.
YU Han, CHUNG Chiyong, HUANG Jiebo, et al. A probabilistic load flow calculation method with latin hypercube sampling[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(21):32-35.
- [20] 丁明,王京景,李生虎. 基于扩展拉丁超立方采样的电力系统概率潮流计算[J]. 中国电机工程学报, 2013, 33(4):163-170.
DING Ming, WANG Jingjing, LI Shenghu. Probabilistic load flow evaluation with extended latin hypercube sampling[J]. Proceedings of the CSEE, 2013, 33(4):163-170.
- [21] 胡泽春,王锡凡. 基于半不变量法的随机潮流误差分析[J]. 电网技术, 2009, 33(18):32-37.
HU Zechun, WANG Xifan. Error analysis of the probabilistic load flow based on cumulant method[J]. Power System Technology, 2009, 33(18):32-37.
- [22] 赵晋泉,唐洁,罗卫华,等. 一种含风电电力系统的日前发电计划和旋转备用决策模型[J]. 电力自动化设备, 2014, 34(5):21-27.
ZHAO Jinquan, TANG Jie, LUO Weihua, et al. Day-ahead generation scheduling and spinning reserve decision-making model for power grid containing wind power[J]. Electric Power Automation Equipment, 2014, 34(5):21-27.

作者简介:



冯树海

冯树海(1973—),男,江苏连云港人,高级工程师,硕士,从事电力系统分析、智能调度等研究(E-mail:fengshuhai@epri.sgcc.com.cn);

姚建国(1963—),男,江苏南通人,研究员级高级工程师,硕士,从事电力系统自动化、智能电网方面的研究;

杨胜春(1973—),男,湖北黄冈人,研究员级高级工程师,硕士,从事智能电网及电网调度自动化方面的研究。

Overall design of integrated analysis centre for physically-distributed and logically-integrated dispatch system

FENG Shuhai, YAO Jianguo, YANG Shengchun, YU Yijun, ZHUANG Weijin,
ZHANG Hong, TANG Biqiang

(China Electric Power Research Institute, Nanjing 210003, China)

Abstract: Since the construction of UHV grid makes the operating characters of power grid more complicated and its integration feature more obvious, the analysis and decision-making of dispatch system needs an integrated analysis function, which can't be satisfied by the traditional dispatch system. Based on the overall concept of "physically-distributed and logically-integrated" dispatch & control technology for entire grid, an overall architecture of integrated analysis centre is proposed and its model center, online analysis service and offline analysis service are designed in detail. Combined with the demands of future power grid for the analysis and decision-making function, the development direction of analysis and decision-making software for future dispatch system is pointed out, providing a reference for the R&D of online power grid dispatch and decision-making.

Key words: UHV power transmission; physical distribution; logical integration; model centre; integrated analysis and decision-making; dispatch automation system; software design

.....
(上接第 131 页 continued from page 131)

Effect of DC bias on transient transferring characteristics of current transformer

GUO Yifei, GAO Houlei

(Key Laboratory of Power System Intelligent Dispatch and Control of Ministry of Education,
Shandong University, Ji'nan 250061, China)

Abstract: As the DC bias caused by HVDC power transmission and geomagnetic induction becomes more serious, its effect on the transient transferring characteristics of CT (Current Transformer) should be analyzed. An equivalent analysis model is built and the effects of DC bias and initial fault angle on the transient transferring characteristics of CT, especially the initial saturation time, are deduced and analyzed in detail. The transient transferring characteristic parameters of an operating CT in an actual power grid are calculated by MATLAB programs and the quantitative relations between the DC bias current and the initial saturation time, between the DC bias current and the fundamental of secondary current and between the DC bias current and the second-order harmonic of secondary current are obtained. The conclusions of analysis provide the references for understanding the working state of CT with DC bias and for the setting of relay protections.

Key words: DC bias; electric transformers; initial fault angle; initial saturation time; electric fault currents; fundamental wave; second-order harmonic current; transients