

计及多类约束的安控系统在线校核技术

李桐, 宁波, 苏明昕, 朱建军, 韩红卫, 田志浩

(国网宁夏电力有限公司调度控制中心, 宁夏 银川 750001)

摘要: 通过对安控装置运行状态进行实时监视与识别, 准确获取安控系统运行状态, 对分散的安控系统策略进行结构化统一建模, 实现了安控当值策略的快速识别, 为离线策略在线校核提供基础数据, 并进行了安控系统的静态安全、暂态安全和动态稳定的全面校核。研究结果表明一种计及多类安全稳定约束的安控系统在线校核技术对防止安控系统离线策略控制量不足或者不匹配等情况有很好的指导意义。

关键词: 安控系统; 离线策略; 运行状态; 结构化建模; 在线校核

中图分类号: TM734 **文献标志码:** B **文章编号:** 1672 - 3643(2018)06 - 0022 - 04

有效访问地址: <http://dx.doi.org/10.3969/j.issn.1672-3643.2018.06.005>

On - line verification technology for security control system considering multi - type constraints

LI Tong, NING Bo, SU Mingxin, ZHU Jianjun, HAN Hongwei, TIAN Zhihao

(Dispatching & Control Center of State Grid Ningxia Electric Power Co., Ltd., Yinchuan Ningxia 750001, China)

Abstract: Considering multi - type security and stability constraints, an on - line calibration technology for security control systems was proposed. The operation state of the safe control device can be accurately acquired by real - time monitoring and identification. The distributed safe control system strategy was made uniform model - built to realize the fast identification of on - duty strategy, which provide basic data for on - line verification with off - line strategy, and the fully verification of the static security, transient security and dynamic stability was performed. The results show that on - line verification technology for security control system considering multi - type constraints has a good guiding significance for preventing the lack of control or off line mismatch of the security control system.

Keywords: stability control system; off line strategy; operating status; structural modeling; on - line verification

DOI: 10.3969/j.issn.1672-3643.2018.06.005

收稿日期:2018 - 08 - 15

作者简介:李桐(1989),男,工程硕士,工程师,现从事电网调控运行方面的工作。

随着特高压直流和新能源的快速发展,送端电网呈现出高比例新能源接入、近电气距离多直流送出的新特征^[1]。安全稳定控制系统(以下简称“安控系统”)是保障电网安全稳定运行的重要二次设备之一,为保证大电网安全稳定和经济运行,受端电网需要配置大量的安控系统^[2]。安控系统的离线控制策略一般根据典型方式和人工经验进行制定,实际运行中由于定值整定不合理导致安控系统控制量不足或者与实际运行方式不匹配,导致电网极有可能失去安全稳定,甚至诱发大停电事故^[3]。

宁夏电网当前交直流混合情况较为严重,交直流混联电网中的跨区输电通道故障,容易引发潮流大范围转移导致的频率、电压稳定问题,以及电网设备运行电压越限问题。电压跌落可能引起并网风电大量脱网,进一步加重功率缺额带来的频率稳定问题,因此,迫切需要根据宁夏电网的实时运行方式对安控系统的离线策略进行校核。

针对以上问题,本文通过对宁夏电网安控装置运行状态进行实时监视与识别,准确获取安控系统运行状态;利用安控实测数据修正 SCADA 数据以提高全局运行方式辨识准确性;对分散的安控系统策略进行结构化统一建模,实现了安控当值策略的快速识别,并为离线策略在线校核提供基础数据,提出了一种考虑多种稳定约束条件的安控系统在线校核技术,并对安控系统的当值策略进行静态安全、暂态安全和动态稳定的全面校核,对离线策略控制量不足或者不匹配等情况进行告警,对于提升宁夏电网稳定、控制能力具有重要的意义。

1 电网运行状态识别

基于多源信息的电网全局运行状态识别与生成是以稳控数据的断面时刻为中心,获取前后一个周期内的 PMU 实测数据,同时获取最新的 SCADA 数据,并对每一类数据进行基于自身的数据检查及修正。

1.1 稳控数据检查及修正

首先判定稳控数据是否属于稳态,只取用稳

态的数据。针对具备 A、B 两套的稳控数据,先进行一致性检查,在此基础上再对支路量进行检查。

(1) 稳态数据判定。在取用稳控装置提供的实测信息之前,为了躲开故障后暂态过程的影响,需判断系统是否处于稳态:非对称故障可以通过三相量测量是否平衡来判断,对称故障可以通过三相量测量均值是否超出运行范围来判断。

(2) 基于一致性原则的判定。对于具备 A、B 两套的稳控数据,检查两套数据是否一致,根据两套数据的比较结果,分为正常、告警和错误三种类型,对于正常和告警的数据,都取用两套数据的均值,但告警数据需要给出提示,对于错误数据,则直接弃用。

(3) 基于母线电压和支路功率合理范围的检查。对于检查结果为告警的数据,采用边界值进行修正,对于检查结果为错误的的数据,则不取用。

1.2 多源数据融合

以稳控数据的断面时刻为中心,获取前后一个周期内的 PMU 实测数据,并预先通过滤波来消除高频噪声。在此基础上,以稳控数据的断面时刻为中心,取用前后一个较小周期内的平均值。针对 PMU 提供的节点注入、节点电压信息和支路量,基于已有模块检查其是否超出运行范围,对于检查结果为告警的数据,采用边界值进行修正,对于检查结果为错误的的数据,则不取用。对于 RTU 数据,首先检查节点注入量和节点电压幅值是否超出运行范围,检查结果可分为正常、告警和错误三种类型,正常的的数据直接取用,告警的数据按边界值修正后取用,错误的的数据则直接弃用;在此基础上按照遥测量可信度高于遥信量的原则,对于遥测量绝对值大于指定阈值值的节点注入或支路端子,其直接相连的开关及其两侧的刀闸必须为合位,据此来修正状态为分的开关和刀闸。

基于稳控数据和 PMU 数据的可信度高于 SCADA 数据的原则,进一步利用前者对后者进行修正。首先根据稳控装置上送的出入串信息来修正开关、刀闸状态;然后采用稳控和 PMU 提供的的数据替代 SCADA 数据,并在此基础上修正开关和刀闸状态。对于同一个量既有 PMU 数据又有安

控数据,则采用加权平均量来替代 SCADA 数据。根据修正后的开关、刀闸状态分合信息以及各个设备的物理连接关系,通过站内及全网拓扑分析,得出计算节点及拓扑岛信息。针对节点不平衡量为错误级别的情况,对于同一厂站按电压等级由高到低进行修正。

2 结构化建模及当值策略识别

结构化建模针对安控系统离线策略进行通用化描述,通过设计合理的数据结构,表达安控装置在不同条件下的动作逻辑,满足动作模拟的需要。在电网运行状态识别的基础上,当值策略识别基于建立通用化的安控装置模型,进行离线安控策略的在线识别、分析转化,以正确模拟安控装置的动作。

2.1 离线策略的结构化建模

安控策略可以归纳为以下四个基本要素:故障、运行方式、潮流水平、控制措施及控制量。

(1)故障。故障可以通过故障类型和故障元件进行定义。通过设计关键字表示相间故障、单相永久性故障、无故障跳闸、同名相永久故障、异名相永久故障、三相短路故障、母线故障、直流单极故障、直流双极故障、发电机故障等故障类型,通过元件名称(满足电网设备通用模型命名规范要求,通过关键字表示设备类型)来表示故障元件。通过元件类型和故障元件名称组合定义可以唯一描述某一具体故障。

(2)运行方式。运行方式可以通过压板投退状态、元件投停状态及接收信息状态进行定义。其中,通过关键字表示投退或者投停,通过压板名或者元件名表示具体设备信息,将关键字和设备名组合定义压板投退状态或者元件投退状态,两个装置间的接收信息状态直接使用通道进行定义。

(3)潮流水平。潮流水平可以通过先定义断面再用关系符界定上下限进行定义,也可以直接指定某个或若干个设备元件的上下限进行定义,限值可以通过关键字指定为功率、电流或者电压,

也可以通过关键字指定为故障前还是故障后。

(4)控制措施及控制量。控制措施及控制量可以通过控制策略、执行策略和控制措施表组合进行定义。可以满足切除发电机、切除负荷、直流调制、直流闭锁等控制措施类型,可以满足直接指定设备或者按优先级控制等控制措施选取逻辑,可以满足设定控制量属性为控制量还是保留量等,以上都是通过不同的域属性进行设定控制策略表、执行策略表。

2.2 安控当值策略识别

当值策略自动识别是根据已经建立的安控策略模型和安控装置属性模型,结合当前的电网实际运行工况,针对所有安控系统和所有安控策略,判断是否满足故障约束、方式约束和潮流约束等约束条件,如果满足条件,则进行控制策略、执行策略和控制措施的解析、进行控制量的分配,直到获取所有满足控制要求的控制措施,给出安控装置在当前电网运行工况下,设定预想故障下的动作情况。

对于“主站-子站-执行站”模式的控制策略,如果装置间的通道状态为异常,则认为该策略无法生效。在策略搜索所涉及的所有设备中,如果有设备异常,则认为该策略无法生效。对于所有控制措施,如果相关元件的允切或出口压板退出,则认为该措施无法生效。

3 离线策略在线校核

在电网运行控制中一般采用离线典型方式分析进行安控布点,构建控制系统,并制定离线策略。一方面典型方式覆盖范围存在局限性,另一方面控制策略和定值的制定不可避免地趋向保守。离线策略在线校核根据安控系统的当值策略分别进行静态安全、暂态安全和动态稳定的全面校核,对离线策略控制量不足或者不匹配的情况进行告警。

3.1 校核流程

(1)从安控系统运行数据实时采集与监视出发,通过装置上送的闭锁异常信号状态、总功能压

板、允切压板、出口压板的投退状态,在线识别安控装置运行状态,在此基础上,结合稳控装置数据交互通道及通信状态,进一步在线辨识区域安控系统运行状态;

(2)以安控数据的断面时刻为中心,获取前后一个周期内的 PMU 实测数据,同时获取最新的 SCADA 数据,并对每一类数据进行基于自身的数据检查及修正,基于多源信息识别电网全局运行状态,生成全局运行方式数据;

(3)基于安控系统离线策略的结构化建模,结合系统运行状态识别结果和电网当前方式,识别并搜索安控当值策略;

(4)基于全局运行方式数据,对安控覆盖的预想故障分别进行静态安全分析、暂态安全分析和动态稳定分析;

(5)根据各类安全稳定分析结论,确定离线策略不合理的原因并进行告警。

3.2 多类安全稳定约束交互影响及应对策略

故障、方式、潮流、控制措施和控制量是描述安控系统控制策略的四个要求,给定系统运行方式和安控系统状态后可以唯一确定当值的控制策略。特高压直流的控制保护系统和新能源的涉网保护系统则是根据本地的控制量测量确定无功控制策略和涉网保护的策略。因此,当电网中发生交直流系统耦合故障时无法直接确定故障后各节点的有功和无功注入,也就无法通过潮流计算进行静态安全分析。在现有的技术条件下,可以从暂态稳定分析得到仿真曲线提取系统过渡到稳态各节点的功率注入,在此基础上形成故障后的潮流方式并确定越限的元件。

当电网存在暂态功角问题时,振荡中心的母线电压可能低于安全稳定要求的门槛值;交流故障电压降低导致涉网保护动作切除新能源机组,从而引发频率稳定问题。因此,暂态功角、电压和频率三类稳定问题时常交织到一起,需要在仿真过程中对特高压直流控制保护、动态无功补偿设备、新能源涉网保护等二次设备模型进行准确模拟。

动态稳定分析可以根据暂态稳定分析的仿真曲线进行 PRONY 分析,提取低频振荡过程中的主

导模式信息,包括频率、阻尼、发电机参与因子信息和振荡中心的迁移情况。

4 工程应用情况

基于智能电网调度技术支持系统支撑平台一体化构建安控系统离线策略在线校核模块,完成中卫、贺兰山-大坝安控系统装置信息接入,实现安控系统运行数据集中接入、当值策略识别和校核等功能,提升安控专业运行管理水平,促进安控系统可靠运行,为提高电网安全稳定水平提供技术支持。系统架构如图 1 所示。

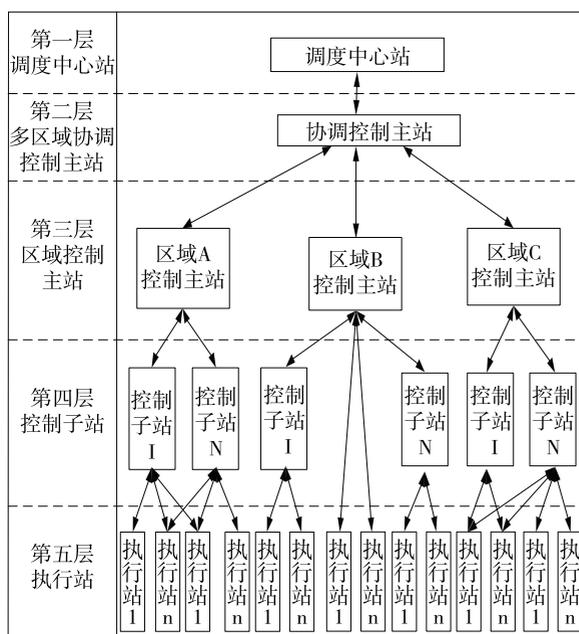


图 1 系统架构

以宁夏电网 2014-12-25 T 18:20:00 断面时刻数据为例,分析银东直流双极闭锁故障下安控策略。执行控制策略结果为:①切宁夏京能宁东电厂/20 kV 1 号机组,切除有功量 655.74 MW;②切宁夏鸳鸯湖电厂/20 kV 1 号机组,切除有功量 655.2 MW;③切宁夏灵武电厂/20 kV 1 号机,切除有功量 452.2 MW;④切宁夏大坝三期电厂/24 kV 5 号机组,切除有功量 534.5 MW;⑤切宁夏灵武二期电厂/27 kV 3 号机组,切除有功量 966.3 MW;总切机量(3 262.94 MW) > 目标量(2 348 MW),控制策略执行成功。

(下转第 30 页)