

「电网」

电网运行安全隐患预警措施研究

文/国网山西省电力公司长治供电公司 韩佳佳

电网调度系统的安全可靠运行，确保了稳定的电力供应，一旦电网发生故障，将会造成重大的损失。因此，应针对电网运行中的安全隐患，建立长效预警机制。从电网运行过程中潜在的安全风险入手，明确了主要的隐患类型，分析了建立电网安全运行预警机制的主要推动力，给出了具备较强适用性的预警策略。

电力安全供应是保障民生的基础，服务于国民经济的整个工业体系，电网的安全、稳定运行，成为国民经济持续、健康发展的重要推动力量。电网运行过程中的任何一个小故障，都可能引发大面积停电事故，并给电力企业带来重大的经济损失，同时也影响了居民的正常生活。调控中心是整个电网系统的指挥中枢，通过国调、网调、省调、地调和县调5层架构，集中监控、状态检修等模式的运行，以及在发电端、变端智能化设备不断投入使用，加之不断完善的调度管理制度和操作规程，确保了电网的有序、稳定运行。为了进一步提高电网运行的安全性，运维人员将安全隐患预警措施引入了电力调度系统，从管理制度和技术手段两方面入手，对电网运行过程中，可能出现的安全隐患及时预警，采取主动有效的解决措施，降低电力供应故障的发生率，最大限度地确保电网安全运行。

电网安全运行中潜在的隐患类型

1. 电力系统自身的技术特殊性

电力系统最大的特点在于它的实时性，电能的生产与消费是同步进行的，因此，电力调度也必须是实时的，加之电力系统自身网架结构的复杂性，进一步增加了调度工作的难度。电网运行过程中出现的任何事故都不可能是单一的，必然会引起连锁反应，扩大事故范围。如果是电厂发

电机或变压器等主设备发生故障，甚至可能导致整个局部系统瘫痪。

在我国电力系统发展过程中，由于一次设备质量难以在短时间内获得突破，二次设备发展迅速，自动化、信息化设备相继得到大面积应用，这些设备在提高调度中心管理效率的同时，也增加了调度工作的难度和工作量，故障隐患点的数量也随之增加了，每一个新增设备都是一个潜在的安全隐患点。另一方面，电网运行过程中时刻面临着雨雪、雷电和台风等自然灾害的威胁，如何尽量减少此类灾害造成的损失，并在灾害发生后采取最快的应急抢修措施，一直是电网运行中关注的重点。

2. 操作过程中引入的人为安全因素

在电网调度实际工作过程中，部分调度员由于未严格执行调度规程，加之安全意识不足，实际操作过程中的人为失误时有发生，这构成了电网运行中最大的主观安全隐患。调度工作另一个重要环节就是调度命令的下达，确保调度命令准确、高效地下达给相关单位是一件看上去简单实际上并不简单的工作。调度交接班工作是调度工作中另一个事故高发的隐患点，由交接班过程中未明确一些细节而引发的调度事故时有发生，而這些事故本来是不应该发生的。还有一些隐患是由于调度员业务水平不高，在对现场情况进行判断时，常常忽略客观情况，凭借自己的个人经验和主观思想对故障类型定性，造成下达命令不够

准确和科学。

3. 延迟送电、误送电引入的运行风险

在电力系统工作管理规程中，对调控、运维、检修等各单位的工作范围和 workflows 做出了明确规定。但在实际执行过程中，由于部分工作人员未严格执行相关规定，常常出现多个工作组同时工作，工作结束时，并未及时、规范地填写相关工作票，存在延迟送电、误送电隐患。在进行调度操作前，未对涉及的安全措施进行全面落实，最终造成安全运行事故。在面对突发事件时，部分调度员由于业务素质不过硬、心理素质不强，加之对管理体制运作情况理解不够深入，难以在第一时间下发准确的调度命令，最终延迟了给客户的送电时间。

4. 调度运行管理体制中的风险因素

为了使调度人员在实际操作过程中有规程可循、有标准可依，在电网运行和调度部门不断发展的过程中，逐步建立了对应的管理体系。这个管理体系伴随着实践工作的开展逐步丰富和完善，这是一个持续不断的过程，但现行的管理制度中仍存在着一些漏洞和不足，成为调度管理体系中的潜在风险。另一方面，部分电力管理部门的队伍建设不足，管理者自身安全意识淡薄，成为调度运行管理体制落实的潜在风险点。

预警技术不断升级迭代的主要推动力

1. 电网量级逐步增大，电网结构趋于复杂

近年来，全社会用电量逐年攀升，原有供电容量难以满足日益增长的需求，区域电网的增容改造成为近些年基建的重要内容。另一方面，电源结构发生变化，新能源占比增加，电力供应的区域不平衡性凸显，大容量、远距离跨区输电，分布式电源的大量接入，使电网的拓扑结构变得更加复杂。原有的单向潮流，控制逻辑比较简单；潮流变成双向后，调控逻辑难度倍增，不再是固定的控制逻辑，而是随着电网负载变动情况进行动态调控。

电网拓扑结构的延伸、输电容量的增加，对电力调度工作的安全性和可靠性提出了新的要求，原有的电力调度形式难以适应新的电网形态。

2. 电网经济、可靠运行需求更加坚强的调度系统

国家电网公司提出的坚强智能电网包含两层

含义：一是主干网架要坚强；二是电网运行的智能化，智能配电网成为了智能电网建设工作中最重要的环节，它同时也是与居民生活息息相关的环节。

无人值守变电站的运行模式，要求电子技术、信息技术与电力系统深入结合，同时电子技术自身的进步提高了无人值守变电站的可靠性。电网整体自动化运行水平的提高，成为电网经济、可靠运行的一个重要保障。

同时，新设备新技术以及新的网架拓扑结构的引入，随之带来许多异常信号，并且呈现出逐步增加的趋势，现有预警处理技术对大量出现的异常信号难以进行准确判断，调度中心的运行安全预警机制以及突发事件预警处理能力需要得到进一步增强。

电网安全运行预警策略

1. 事故类型的准确判定

在电力调度自动化系统中，断路器、负荷开关的故障预警是基于开关跳闸变位和保护动作等事故信息。近年来，信息技术取得了较大进步，尤其无线通信技术大量应用于电力工业，电网运行故障的预警和事故处理方式发生了较大变化。

目前，对事故判别主要采取两种方式：基于厂站性质和根据保护信息定位开关状态。在基于厂站性质判别时，若跳闸开关属于无人值守变电站，且跳闸动作未由本系统进行遥控操作，需依据开关状态、遥测值等2个及以上的非同样原理、非同源指示信号同时发生变化来判别事故类型。当根据保护信息定位开关状态时，应首先观察故障开关的合分闸状态，确定是否存在变位、综合事故、异常变位信息和SOE报文判定故障类型，对异常数据应进行记录，做进一步分析。

2. 事故的实时处理原则

电能的生产和消费是在同一时间进行的，电力供应的实时性，决定了电力事故处理的实时性，否则电力供应将会暂时中断。

变电站发生事故跳闸时会发送事故总信号、保护动作信号以及开关跳闸信号，调度自动化系统通过接收变电站的相关信号并根据这些信号之间的关联来判定是否事故跳闸。其中调度自动化系统通过自身数据库中的开关和保护信号的关联关系表，以开关分闸时的前后一段时间为搜索条件，

(下转第104页)

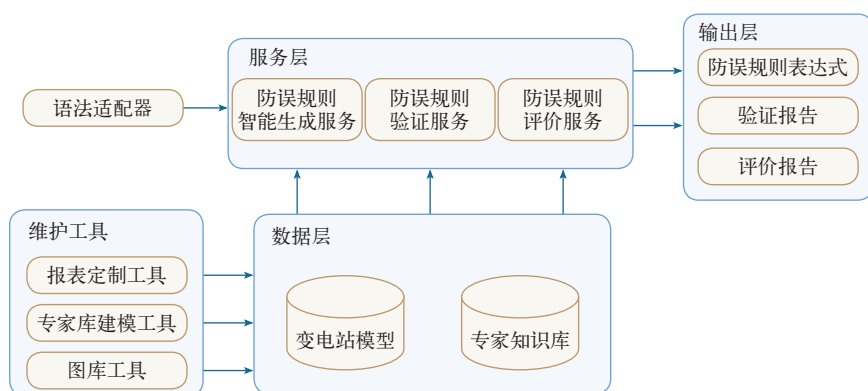


图3 变电站五防规则智能验证与评价技术软件架构示意图

变电站五防规则智能验证与评价技术应用效果

现阶段，通过在一些变电站、应用服务器以及数据库服务器的检修班机房中的实践应用研究发现，变电站五防规则智能验证与评价系统得到良好应用，而且取得了一种高效的运行状态。该技术的应用，有效集合了专家知识库技术、计算机技术以及软件技术。通过多种技术的有效融

合，成功研制出一套智能型的变电站五防验证系统。该系统的成功实施，在变电站正式投入运行之前，能对电站的防误规则进行快速的验证，充分保证变电站的运行效率，同时该系统作为第三方验证系统，在促使变电站相关操作安全性不断提高方面发挥重要的作用。EA

（收稿日期：2017.11.11）

（编辑：刘群焱）

（上接第100页）

查询是否有与此开关相关联的保护信号动作，若有，则判为事故跳闸，并在事项窗显示事故跳闸信号，鸣事故音，提醒监控人员注意，转入事故处理工作；若无，则在事项窗显示为该开关正常拉闸。

3. 综合信息监控平台下的预警机制创新

电力电子测量、监控技术以及信息处理传输技术的低成本化和高可靠化，为电力设备的在线状态监测、故障识别定位和远程操作提供了更加多样化的实现手段。借助故障指示器，调度中心可以更全面地掌握整个网络的实时负荷参数和电压、电流信息。凭借环网柜和柱上断路器，其重合闸功能可以对某些突发故障进行自恢复供电，如果为永久性故障，可以实现自动跳闸，同时将故障信息通过光纤、无线途径传输至调控中心主站，便于进行下一步的故障识别和处理工作。

现代调度自动化系统中的大量保护信号和异常信息可以经由逻辑运算生成综合保护信号，即常说的合并信号，它可被认为是一个虚拟的事故

总信号，可以对应着整个变电站，也可以对应某一间隔内的设备。综合保护信息概念的引入，可以极大地提升运维人员的工作水平，缩短事故信号定位时间，提升预警处理效率。

结论与展望

电力调度系统是整个电网安全运行的神经中枢，技术性强，运行管理制度严密，科学调度是电力供应的重要保障。针对电网运行中的安全隐患，应采取针对性、适用性强的预警措施。面对电网的升级改造、新设备新技术的大量应用，预警措施也要做出相应调整。一方面要做好现有调度管理制度的完善工作；另一方面要加强调度员队伍建设，提升对新型故障和应急故障的处置能力；同时，还要充分借助现代电力电子技术、信息技术的设备状态监测和故障识别能力，形成行之有效的电网运行安全隐患预警机制。EA

（收稿日期：2017.11.14）

（编辑：刘群焱）