

500 kV 智能变电站的程序化操作应用探讨

庄秋月, 李凡红

(国网四川省电力公司检修公司, 四川 绵阳 621000)

摘要: 随着 500 kV 智能变电站的陆续投产以及变电运维无人值守模式的推进, 程序化操作作为减少人力投入和提高倒闸效率带来了可观的效果, 同时也对管理工作提出了新的课题。基于此, 借助川内首座 500 kV 智能变电站, 结合程序化操作的概念、实现条件、控制策略、功能模块等方面的关键点进行分析探讨, 并从工程实际、运维管理等方面提出了思考与建议, 为今后此类应用研究提供一定的技术参考。

关键词: 500 kV 智能变电站; 程序化操作; 一键式操作模式; 实现条件; 控制策略; 运维管理

Abstract: With the continuous production of 500 kV smart substations and the promotion of unattended operating mode, the programmed operation brings a considerable effect to reduce human input and improve the efficiency of switching operation, but it also proposes a new topic on management. On this basis, taking the first 500 kV smart substation in Sichuan for example, the key points of the programmed operation are analyzed and discussed such as its concept, achievement conditions, control strategy and function modules and so on, and the thinking and practical advice are proposed as viewed from engineering, management, operation and maintenance, which provides a technical reference for the future research of such applications.

Key words: 500 kV smart substation; programmed operation; one-button operation mode; achievement condition; control strategy; operation and maintenance management

中图分类号: TM769 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2015)01-0040-04

0 引言

随着国家电网公司“三集五大”改革和 500 kV 变电站“无人值守”模式的快速推进, 使程序化操作逐步成为无人值守站安全运维的必然趋势。其最大优势在于提高倒闸操作的效率并在一定程度上减少人为因素导致的误操作事件, 有效提升变电运维自动化应用水平, 进而实现减员增效、简化操作流程、提高操作和管理效率的目标, 并能有效缩短突发事件下电网的恢复时间。以川内首座 500 kV 路平智能变电站为应用案例, 对程序化操作相关问题进行了分析和总结, 并对程序化操作在技术和管理等层面进行了深入探讨, 为今后程序化操作模式的实现提供必要的运维经验。

1 简介

安规明确“倒闸操作可以通过就地操作、遥控操作、程序操作来完成”^[1]。其中, 程序化操作借助

变电站自动化系统对操作票和操作程序进行合理的描述和编码, 并结合站内完善的五防闭锁逻辑, 通过变电站自动化系统、测控装置、通信装置完成对变电站相关电气一次设备的自动控制, 从而实现所需的倒闸操作。其可划分为间隔层设备和跨间隔设备两大类型, 差异在于前者为单间隔的操作, 后者需多间隔信息共同决策^[2]。其操作流程简图如图 1 所示。

从流程图中不难得出如下技术特点。

(1) 程序化操作的实质为顺控模式, 即以传统倒闸操作模式为基础, 将其进行合理的描述和编码, 结合传统倒闸规则定义出一系列的操作序列, 并将其分门别类, 为某一具体倒闸操作提供指令。以 220 kV 线路由“运行转冷备用”的操作为例, 其实施过程为“分线路开关→分线路侧隔离开关→分母线侧隔离开关”, 每一步操作都应包括操作前检查判断逻辑(防误闭锁逻辑)、操作内容、操作后确认条件(操作是否成功、位置及状态的确认)。

(2) 程序化操作执行过程与传统人工操作无区别, 差异仅在于执行元件由程序指令代替, 将传统人为操作序列进行集成和优化。以 500 kV 线路由“运

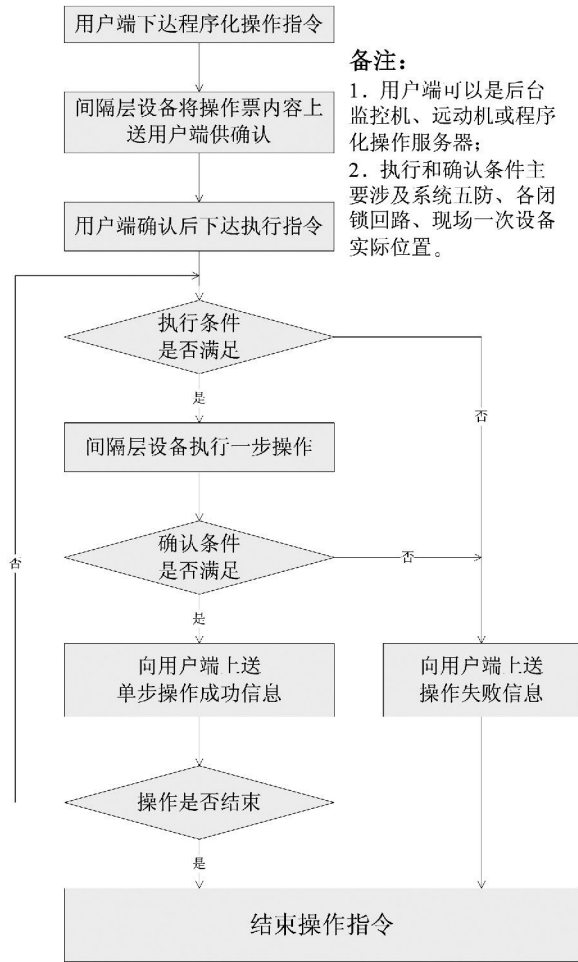


图 1 程序化流程简图

行转检修”的操作为例,传统人为操作至少需要四人进行,需多步、多张操作票来完成设备从初始状态到最终状态的实现,而程序化操作则整合了传统方式的步骤,优化其操作方式来实现。

(3) 程序化操作是将既定好的操作序列通过站内保护、通信以及自动化系统来实现。即一次设备运行状态的改变所涉及的控制、监视、测量、操作等工作全部通过一个程序包来完成,将原本人为多步完成的操作简化为“一键式”操作模式。

2 实现条件

要实现“一键式”程序化操作,变电站的一、二次设备以及监控系统必须满足以下主要技术指标。

(1) 参与程序化操作的一次设备均应满足电动操作条件和高可靠性的要求:即断路器、隔离开关、接地刀闸需配备电动操作机构,且操作机构本身及附属设备应可靠。若一次设备存在固有的缺陷或不适用于电气指示一次设备状态,则对此类设备进行

程序化设计将会导致一次设备的损坏和电网的安全运行,这在运维管理中是绝对不允许的。比如一次设备辅助触点位置需与一次设备实际位置的严格对应且辅助触点必须可靠耐用;再如 GIS 设备中的隔离开关操作往往通过机械连杆来实现三相“分-合”操作,其机械连杆的质量以及“分-合”行程的合理也是其保证程序化操作正确性和操作成功率的关键因素。在此需重点指出的是接地刀闸,它在目前的 GIS 设备中配备有电动操作机构,而以往的传统接地刀闸仅有手动操作机构,故在对这类设备进行程序化设计时需将其进行相应的改造使其具备电动操作功能。

(2) 参与程序化操作的二次设备要求稳定、可靠,带有一定的容错功能,并能正确执行和反馈程序化操作的各项指令:即一方面二次设备能够按照程序化操作指令正确发出控制信号,另一方面能将执行过程中一次设备的状态准确无误地得以反馈。比如将 220 kV 线路由“运行”转入“检修”,在执行开关分闸过程中二次设备既要接收并正确执行开关分闸指令,同时也应将开关的跳闸位置信号正确反馈给程序化控制系统以便于其决策;另外,程序化操作时能够自动识别一次设备的异常情况,并在异常情况下做出正确动作(提示告警或者终止程序)以避免误操作的发生。

(3) 变电站监控系统应能满足搭建程序化操作系统平台的要求^[3]:即具备搭载程序化操作系统平台,在此平台上可根据现场的一次设备或间隔来编制多套程序化操作票,并与站内微机五防系统构架相容以形成防误闭锁逻辑校验;同时,五防系统通过通信接口与监控系统进行通信,交换一次设备的实时位置状态信息,实现信息共享和设备状态参数的校验。比如线路接地刀闸的“分-合”操作时,程序化操作中能否执行其指令需与微机五防系统通信,若能通过其闭锁校验则可进行操作,否则将失败。

3 应用模式

程序化操作应用模式可归纳为:结合现场操作实际、站内五防系统和跨间隔联锁逻辑并采用站控层、间隔层或两者并用模式^[4](依赖于各站的程序化设计)来顺序执行和改变一次设备的运行工况,其目的在于实现“一键式”操作。

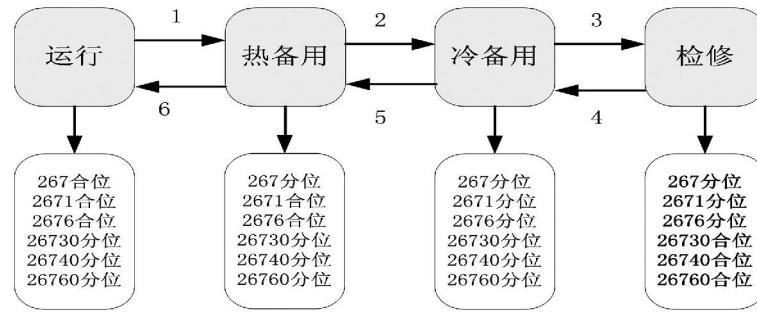


图 2 单间隔设备工况转换图

图 2 以 220 kV 线路间隔为例来详细阐述其运行工况的转换。从图中不难发现:要实现一个电气间隔的程序化操作,其控制方向仅两类:即“运行→热备用→冷备用→检修”和“检修→冷备用→热备用→运行”。设计时应保证系统具备自动识别某电气间隔当前状态的功能,且用户根据操作需要向上述 4 种状态中发一条程序化操作命令即可自动判别并实现。以某一电气间隔由“检修”转“热备用”的倒闸操作为例,采用程序化操作时系统应自动识别其初始状态为“检修”,然后系统接收“热备用”程序指令后,程序化操作能够自动按“检修→冷备用→热备用”的顺序来完成。

对于线路、主变压器停电或倒母线等复杂操作而言,其程序化操作都是基于上述单间隔设备状态的状态转换来实现其“一键式”操作的目标,它将其程序化指令按照电压等级、电气间隔为单位分门别类集成和优化,通过系统的自动识别待操作间隔设备的运行工况、用户的操作需要以及间隔间的电气闭锁来完成一系列程序指令。

4 应用案例

以 500 kV 路平智能变电站为例来分析程序化操作实现的关键点以及应具有的功能模块。由于站内的一次设备(500 kV 和 220 kV 部分)均采用户外 GIS 设备,各类执行机构均具备电动操作功能且采用其各自辅助接点来反映其状态变位,二次设备的保护、测控装置均采用“六统一”规范设计,监控系统采用国电南瑞 NSS300 信息一体化平台,可实现程序化系统的搭载。因此站内设备的硬件指标均能满足程序化操作的要求。

结合站内特点,该站程序化操作设计应包括以下 5 类功能模块,其结构简图如图 3 所示。

(1) 操作票编辑及生成模块。其实现原则是按

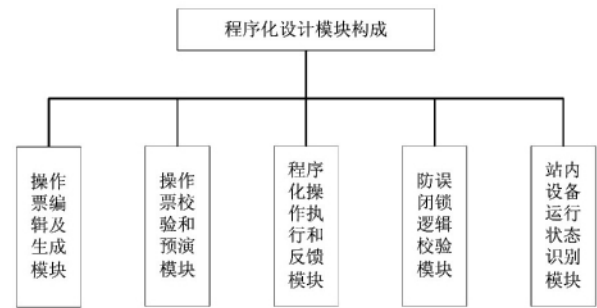


图 3 程序化设计功能简图

电网运行管理要求和常规操作流程来梳理、编制以及修改操作票使之形成适用于现场操作的指令,并将生成的操作票下装到程序化操作的执行器中(间隔装置或站控层设备),形成全站唯一的程序化操作票库。操作票的生成应根据站内的典型操作票人工编制,具备可编辑和修改的功能。

(2) 操作票校验和预演模块。运维人员可随时提取程序化操作执行器中的操作票,通过友善的人机界面进行核对和校验,并通过图形显示系统进行预演,校验程序化操作票步骤的正确性和合理性,进而确保其准确性。

(3) 程序化操作执行和反馈模块^[5]。其功能在于接收用户的操作指令,从程序化操作票库中查找并关联相应操作票,若成功则校验核对,得到确认命令后执行,并将每步操作结果返回给监控后台。

(4) 防误闭锁逻辑编辑及校验模块。根据站内各一次设备防误闭锁逻辑并结合站内五防进行编制。在执行每一步前均应进行相关的闭锁逻辑验证,通过后方可执行,否则将暂停或终止当前操作并给予用户告警提示^[6]。

(5) 设备运行状态的识别。通过站控层、间隔层的状态量的采集识别来确定一次设备的初始状态,为程序化操作提供基准,为系统选择合理的执行指令提供决策。

由于程序化操作的执行是自动进行,因此采取

一定的措施来保证操作的正确性就显得很有必要。例如操作票的每一步执行前必须有严格的检查和校验条件;采用不同源的测控手段;具备提供执行结果信息以便人为干预;紧急或异常情况下自动中断并预警。

5 运维管理

由于程序化操作的实现受制于一、二次设备的功能及可靠,因此它的发展和应用与传统的人工及遥控操作相比较为滞后,因此为相应的运维管理工作带来了新的研究课题。为此,结合现场的实际总结并梳理出相应运维管理的思考和经验以供借鉴。

(1) 需完善程序化相关运维管理规定。现阶段电力系统内规程及规定对程序化操作涉及较少,且无较为全面的规范规定来指导此类工作。《国家电网公司电力安全工作规程(变电部分)》中仅提及“程序化操作”可作为操作的一种方式。为此,建议所辖公司有关部门专门制定《变电站程序化操作运维管理规定》、《程序化操作技术指导规范》等,进一步明确《安规》所涉及的3种操作方式的操作任务划分和典型操作票的维护要求,并针对今后的“无人值守”运维模式明确省调监控、站端后台以及运维操作队间的工作界面,并针对性提出正常操作和事故处理等一系列标准化程序操作原则,为程序化操作提供强有力的技术支撑。

(2) 明确程序化操作系统的运行维护界面。由于变电站程序化操作系统是变电站自动化系统的组成部分,其运行维护责任与变电站自动化系统一致,因此,建议其建设和维护由自动化专业或二次专业负责,程序化操作功能的验收和运维工作由变电运维专业负责。

(3) 加强一、二次设备的运维管理。定期进行设备的巡视,及时发现其存在隐患,确保程序化操作的正确执行。同时智能站的二次设备大幅度缩减了其外部硬压板数量并增加了相应的软压板,因此,若变电站已具备程序化操作的功能时还应加强对软压板的管理,定期核对其软压板的投退情况,是否符合正常运行工况,为程序化操作的执行成功率以及设备的正常运行提供保障。

(4) 加强运维班组异常处理的培训。对于已实现程序化操作的变电站,运维班组要定期进行程序

化操作的技术培训,并就可能出现的异常进行分析:比如发生事故或异常告警信号,设备出现分、合不到位或未满足操作条件等。针对不同的异常情况总结和提炼出符合站内特色的应对措施,通过诸如此类的培训来强化运维人员对程序化操作的运行和紧急情况下处理。

(5) 由于变电站因远景规划会不断进行扩建,新增间隔的程序化操作设计往往会涉及已有带电间隔,如何将扩建对已运行间隔的影响降低到最小是有待于探索的方向。这也是今后程序化操作实施过程中亟待突破的瓶颈。

6 结 语

程序化操作因其操作效率高、节约人力等优势将会成为未来站内操作的首选方式,但就目前的程序化操作而言,由于出于安全运行考虑,其在国内高电压等级变电站的应用还不广泛,尤其在智能站应用中。因此,需在今后设计、调试、运行及后期维护中不断积累经验,将其技术进行规范以满足现场需求并提高可靠性和安全性,逐步将程序化操作得以科学管理和安全发展。

参考文献

- [1] 国家电网公司. 国家电网公司电力安全工作规程(变电部分) [M]. 北京: 中国电力出版社, 2009.
- [2] 王文龙, 胡绍谦, 汤震宇. 程序化操作在变电站中实现的几个关键问题 [J]. 电力系统自动化, 2008, 30(22): 66-68.
- [3] 肖亦, 杨昕. 试析如何实现变电站程序化操作及其控制条件 [J]. 中国电力教育, 2012(33): 142-143.
- [4] 丁泉, 朱来强, 胡道徐, 等. 变电站程序化操作及远动装置执行 [J]. 电力自动化设备, 2007, 27(8): 119-121.
- [5] 郑博明, 吴奕, 杨洪, 等. 变电程序化操作的设计与实现 [J]. 电力系统自动化, 2006, 30(9): 105-107.
- [6] 陈志峰. 程序化操作变电站的防误措施 [J]. 江苏电机工程, 2007, 26(增刊): 83-84.

作者简介:

庄秋月(1986), 硕士、工程师、技师, 现从事电力系统变电运维管理工作;

李凡红(1984), 硕士、工程师、技师, 现从事电力系统继电保护等二次调试方面的工作。

(收稿日期: 2014-10-15)