

变电站程序化操作的探索与实践

杨 洪

(苏州供电公司,江苏 苏州 215004)

摘要: 讨论了建设程序化操作变电站的基本条件和变电站自动化系统间隔层完成本间隔操作、站控层实现跨间隔操作的技术方案。分析了程序化操作过程中的安全保证机制,提出了在变电站自动化系统中保障操作安全的主要判别依据。关于全变电站范围程序化操作、程序化操作过程中需改变继电保护设备运行方式以及厂站与控制中心间通信规约的限制问题给出了建议。采用智能化的高压电气设备和控制系统及改进变电站运行操作方式是适应电力建设发展的需求。

关键词: 变电站; 自动化系统; 程序化操作

中图分类号: TM 734; TP 311.5 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-6047(2006)11-0104-03

电力行业在设备、生产技术等多方面都取得了迅速发展,大量性能优良的一次、二次设备投入运行,许多地区基本实现了变电站无人值班或少人值班^[1]。然而,变电站电气设备操作仍旧是依靠操作人员完成。因此,采用自动化技术,实现变电站操作程序化,由计算机按既定程序控制、操作,简化人工操作过程是从根本上消除人员因素造成误操作的重要手段;同时,可让操作人员远离电气间隔现场^[2-4],从而减少人员伤害事故。

根据参加某 110 kV 变电站的程序化操作建设工程实践中的一些经验,本文讨论了在建设程序化控制^①的变电站自动化系统时的一些基本问题以及解决方案。

1 建设程序化变电站的基本条件

实现变电站程序化操作的基本条件主要有 3 个方面:一是电网结构相对比较完善,二是具有可靠的一次设备和保护二次设备以及信息传输通道,三是具备功能强大、性能可靠的变电站自动化系统(SAS)。在坚强电网的支撑下,才有可能进行改变变电站操作传统的探索和实践;在可靠的一次、二次设备的配合下,变电站程序化操作才可能实现;毫无疑问,只有可靠的监控系统才能完成程序化操作的控制任务。

2 程序化控制变电站的技术方案

电力工业中,在发电领域较广泛地应用相当于程序化操作的自动控制技术,但是,在输变电领域,由于电力系统对可靠性的高要求和设备状况、管理传统等因素,通常只应用计算机监控系统对变电站开关设备分、合操作和继电保护的软压板投/退等单一操作,电网中极少应用计算机自动控制电气设备完成多步骤操作的工程实例。因此,建设程序化操作变电站首先必须确定实现程序化操作方案。

按目前的技术水平,可以选择的方案主要有 2 种:第 1 种方案是以监控中心主机或变电站自动化系统主机为主体,根据变电站的典型操作票编制对应的操作序列库,当变电运行人员选定计算机中的操作任务后,计算机根据预定的操作程序向相关电气间隔的测控保护设备发出操作指令,逐条检查执行结果,决定下一步的动作,可称此为基于主机的实现方案^①;第 2 种方案是以电气间隔为主体,在间隔单元对应的保护测控设备中建立对应程序化操作的动作序列表,监控中心主机或当地人机操作计算机以一条普通的遥控操作命令启动保护测控单元执行程序化操作,也可称为基于间隔的实现方案^②。

在基于主机的方案中,操作命令的动作序列表被预制在主机中,依靠集中变电站各间隔单元的状态信息和编程能力强大的主机实现程序化操作,无论是单一间隔的操作或者跨电气间隔的操作都较容易实现,但是,电气间隔的状态信息从间隔单元的测控保护设备采集后传送到主机的过程使基于主机的程序化操作的响应时效性能和可靠性有所下降。

在基于间隔的方案中,本间隔单元的状态信息则不必经过向主机的传送过程,明显改善了操作的响应性能和可靠性,然而,由于缺少相关电气间隔的状态信息,实现跨间隔的操作时困难较多。

在工程实践中,考虑兼顾安全性和功能性的因素,选择以间隔单元程序化操作为主,依靠变电站监控主机分解跨间隔操作命令的复合型程序化操作实现方案,程序化操作的实现主体仍然是电气间隔单元,主机只是将跨间隔的操作任务分解后,启动相应的间隔单元执行,并根据全站运行状态信息实现跨间隔操作中所需的特殊判断,这样能够较好地兼顾操作响应性能和可靠性要求间的冲突,但是也使得程序化操作稍有限制,当需要在多间隔间混合操作

① ABB 公司. MicroSCADA 系统介绍(Micro SCADA Technology).

② 国电南京自动化股份有限公司. PS 6000 系统技术说明书(PS 6000 System Technical Specifications).

时,只能采用主机控制方式,否则很难控制操作次序。

另外,根据对变电站典型操作票的分析结果,在程序化变电站工程实践中,并不一定要将变电站运行全部操作都预制程序,有些操作因为技术上或管理上的原因必须人工现场操作,例如:继电保护设备的硬件压板和交/直流电源设备上的一些电流开关是完全手动方式操作的,技术上难以由计算机控制,为保证工作的安全性亦不宜进行自动控制。并且,多间隔进行跳跃式操作的情况极少出现,可以认为上述限制可通过合理调整操作步骤予以解决,不影响程序化操作的实现。

采用上述方案,实现了程序化操作的本地化,监控主站系统仍然使用常规的远动规约中的遥控命令^[5-7]启动程序化操作的执行,仅需增加程序化操作所需的人机接口界面,不必进行复杂的操作程序编制和校核,可以减少对运行中的其他变电站的影响,具有较高的安全性。

3 程序化操作过程中的安全机制

在单一遥控操作过程中,检查操作命令执行的正确性和决定下一步操作的是变电运行人员。由于目前计算机尚难以达到以人工智能技术可靠地进行综合评判操作结果的正确性和下一步操作的安全性水平,自动化系统 SAS^[8-9]①一般是通过采集的遥测、遥信信息进行数学或逻辑计算的方式判断操作命令能否执行的,实际工程中,必须为变电站自动化系统建立一套合理的评判操作结果正确性和下一步操作安全性的准则,操作准则主要有 5 条。

a. 根据实时遥测、遥信,正确判断电气间隔的运行状态,电气间隔只应有运行、热备用、冷备用、检修 4 种状态,程序化控制的目的是完成这 4 种状态的转换。

b. 电气间隔只能按“运行→热备用→冷备用→检修”依次进行状态转换,当进行“运行转热备用”、“热备用转冷备用”、“冷备用转检修”、“检修转冷备用”、“冷备用转热备用”、“热备用转运行”的操作时,若某个基本操作单位的操作开始时和操作完成后如不符合上述 4 种状态,则立即报告错误,并中止操作。

c. 继电保护及二次设备的运行工况信息应列入操作过程中检查电气间隔设备状态条件中,并影响操作命令的执行。

d. 在评判电气间隔运行状态时,必须保证电气设备完成操作的过程时间。

e. 在执行特定操作时,相关的测量信息可以被用于辅助评判操作结果。

为了说明准则,首先简单描述变电站电气间隔的几种运行状态,对于一个单母线结线的馈线间隔,主要有运行、热备用、冷备用、检修 4 种运行状态。

状态的描述表达式如下(用 and 表示“与”;or 表示“或”):

运行 = DL_合.and.1G_合.and.2G_合.and.4G_分
热备用 = DL_分.and.1G_合.and.2G_合.and.4G_分
冷备用 = DL_分.and.1G_分.and.2G_分.and.4G_分
检修 = DL_分.and.1G_分.and.2G_分.and.4G_分

对于这个电气间隔而言,程序化操作的基本任务是安全可靠地实现这 4 种状态间转换,在此基础上,通过提供可靠的可编程操作命令生成手段完全可以实现全变电站的电气操作程序化。对于其他电气结线方式,电气间隔仍然仅存在上述 4 种状态,不过其描述应对照结线方式作出修改。

确定这些准则的主要依据是实际生产中变电站电气间隔是按运行-热备用-冷备用-检修或反向检修-冷备用-热备用-运行的顺序操作的,无论从什么状态开始,开关设备的操作顺序有严格的规定,通常不会改变这一次序。工程中预制的操作程序,只需实现相邻状态的转换,就可通过连续调用方式完成所有状态转换操作。这就是上述 **a** 评判准则的依据。

电气间隔的相关继电保护及二次设备的运行工况对变电运行操作时有影响,这种影响在工程中必须有所考虑。由此制定了 **b** 准则。

监控系统只能通过将开关设备的辅助结点接入测控单元采集状态信息,不可能直接采集高电压回路中的主结点信息,电气设备在操作过程中有可能出现一定时间内主结点与辅助结点状态不一致的情况(操作过程时间)。这种特性确定了准则 **c**。

电气设备在完成状态变化操作后,相应设备上的电流、电压等电气测量参数可能发生相应变化,可以被用于辅助评判操作结果。准则 **d** 即是如此。

在工程实例中,110 kV 侧是线路变压器组接线方式,35 kV/10 kV 本期为单母线,变电站自动化系统采用 ABB 公司的 Micro SCADA 系统,保护测控单元为 REF 54_ 系列。基于简单可靠的原则,为保证系统数据信息的一致性,由自动化系统的主机承担了系统站级平台的全部功能,变电站当地操作员工作站采用远程终端方式登录主机,使用软件的图形界面,变电站与监控中心之间采用 IEC 60870-5-101 规约^[6],使用由 SDH 通信网络提供的远动通道,根据实际监控需求,采用 1 200 bit/s 的传输速率^[10]。

在变电站进行操作时,操作人员通过后台机上的人机界面使用监控主机直接发操作命令,执行操作;在监控中心^[10]遥控时,操作人员从监控中心发出一条命令,变电站监控中心在收到操作命令后按命令执行操作。进行程序化操作时,自动化系统主机收到来自人机界面或监控中心的命令后,对于不跨间隔的操作即向相应测控保护单元发出操作指令,启动程序化操作;对于跨间隔的操作则进行分解,然后按预定流程执行。为保证操作的可靠性,所有的控制操作过程均采用“选择-返校-执行”的安全遥控模式。

① 南京南瑞继保电气有限公司. RCS-9700 系统技术说明书. (RCS-9700 System Technical Specifications)

对于一个电气间隔的程序化操作,首要任务是实现“运行→热备用→冷备用→检修”的4种状态的转换操作,即控制电气设备从4种状态的任意一种开始,完成到达另一种状态的操作。据此,将操作任务简化为4种状态,首先判别电气设备的运行状态,然后按操作流程运转的方向控制电气间隔向接近目标的下一状态操作,逐步完成操作任务,可以有效地简化操作程序,较好地控制操作过程,有利于防止不安全的操作。

对于跨间隔的程序化操作,变电站自动化系统主机按电气间隔将任务分解成几个间隔单元的程序化操作任务实现。主机分解操作任务后,首先按预定程序向操作程序中的第1个电气间隔发出相应操作命令,启动操作,当第1间隔的任务完成后,主机评判其执行操作结果,再向第2个间隔发出对应操作命令,以此类推,直至完成全部操作任务。

按上述方法,基本可以实现变电站运行中的多数操作的程序化,有效地简化了电气操作过程,大幅减少了操作时间。

在目前工程实践中,由于电气设备技术水平和运行管理要求,还存在以下尚难解决的问题。

a. 变电站有一些涉及相当多间隔的操作,如全站停电操作,理论上可以分解成每个电气间隔的操作实现,但是由于这种操作步骤极多,涉及太多的电气间隔,程序化操作时的过程太长,比较容易出现各种问题,从管理角度不建议采用程序化方式操作直接完成。

b. 操作过程中有时需要改变继电保护设备的运行状态,传统方式中通常是采用硬件压板的投、切处理。SAS很难对手动操作的压板控制,在程序化操作中一般通过改变保护设备的软件压板的方式处理。如果必须改变硬件压板,技术上可通过装设锁存继电器处理,但可能影响运行安全性,需要从安全运行的角度研究通过软件压板进行保护设备状态控制的可靠性和安全性。

c. 目前,变电站向监控中心传送信息采用的通信规约中,通常不使用远动信息传输通道传送继电保护设备的内部动作信息,当必须传送时,一般也只是将继电保护动作的状态转换成遥信方式传送,极少使用远动通信规约中的继电保护信息传送功能^[6](如IEC 60870-5-101规约中17-19功能报文等)。一般的变电站自动化系统和监控中心主站处理这部分信息功能相对不足,制约了变电站自动化系统功能实现,在本工程实例中,此问题亦未得到较好地解决。同样,因为技术上及管理上原因,保护设备或录波设备记录的故障波形信息文件也未被自动化系统传送给监控中心或调度中心。在适当加强通信规约处理能力的系统中,完全可通过在应用远动规约中的文件传输功能和利用规约中保留兼容的报文格式包装继电保护通用应用服务解决此问题,实现变电站系统与监控调度自动化系统一体化的通信接口。

4 结语

工程实践证明,在电气间隔设备的支持下,充分拓展变电站自动化系统的应用,实现变电站操作程序化是改进变电站自动化水平的有效途径,能够为电网运行提供良好的技术手段。运行实践证明有效地提高了变电站电气操作速度和正确性。

参考文献:

- [1] 王强,韩英铎. 电力系统厂站及调度自动化综述[J]. 电力系统自动化,2000,24(5):61-69.
WANG Qiang,HAN Ying-duo. Survey of power plant and substation automation and automation of power system dispatching[J]. Automation of Electric Power Systems,2000,24(5):61-69.
- [2] 谭文恕. 变电站通信网络和系统协议 IEC 61850 介绍[J]. 电网技术,2001,25(9):8-11.
TAN Wen-shu. An introduction to substation communication network and system-IEC 61850[J]. Power System Technology,2001,25(9):8-11.
- [3] 吴在军,胡敏强. 变电站通信网络和系统协议 IEC 61850 标准分析[J]. 电力自动化设备,2002,22(11):70-72.
WU Zai-jun,HU Min-qiang. Analysis of IEC 61850-communication networks and system in substations[J]. Electric Power Automation Equipment,2002,22(11):70-72.
- [4] 徐立子. 再论变电站自动化系统的分析和实施[J]. 电网技术,2001,25(9):12-15.
XU Li-zi. Re-discussion on analysis and implementation of substation automation system[J]. Power System Technology,2001,25(9):12-15.
- [5] 徐立子. 国际标准与电网调度自动化[J]. 中国电力,2003,36(7):27-30.
XU Li-zi. International standard and power network dispatching automation[J]. Electric Power,2003,36(7):27-30.
- [6] 全国电力系统控制及其通信标准化技术委员会(CSBTS/TC57). DL/T 634.5101-2002 远动设备及系统第5-101部分:传输规约基本远动任务配套标准[S]. 北京:中国电力出版社,2002.
- [7] 张惠刚. 变电站综合自动化原理与系统[M]. 北京:中国电力出版社,2004.
- [8] 陶晓农. DISA 系列变电站自动化系统[J]. 电力系统自动化,1996,20(1):40-43.
TAO Xiao-nong. DISA series substation automation system[J]. Automation of Electric Power Systems,1996,20(1):40-43.
- [9] 丁杰,赵金荣. 基于组件模型技术的变电站监控软件[J]. 电力系统自动化,2001,25(18):51-54.
DING Jie,ZHAO Jin-rong. Substation SCADA system based on component technology[J]. Automation of Electric Power Systems,2001,25(18):51-54.
- [10] 国家电力公司超高压变电站自动化技术考查组. 西欧、北美超高压变电站自动化技术现状[J]. 电网技术,2002,26(4):55-61.
Investigation Group of EHV Substation Automation Technology of State Power Corporation of China. Present situation of EHV substation automation in west Europe and north America[J]. Power System Technology,2002,26(4):55-61.

(责任编辑:汪仪珍)

作者简介:

杨洪(1962-),男,江苏常州人,工程师,主要从事变电站自动化和调度自动化方面工作(E-mail: yanghongsz_2817@hotmail.com)。

Research and practice of sequential operation in substation

YANG Hong

(Suzhou Power Supply Company, Suzhou 215004, China)

Abstract: Basic conditions for the sequential operation of substation are discussed, and a technical plan is presented for substation automation system to realize cell operation at cell level and cross-cell operation at station control level. The safety mechanism in sequential operation process is analyzed, and the main criteria for ensuring operational safety are put forward. Suggestions are given for the sequential operation of whole substation, the change of protection operation mode during sequential operation and the restriction in communication protocol between substation and control centre. The intelligent HV electrical equipment and control system and the improvement of operation mode of substation are required for the development of electrical network.

Key words: substation; automation system; sequential operation