

无锡 220 kV 西泾智能变电站关键技术

兰金波,钱国明,季玮,王学超

(国网南京自动化股份有限公司,江苏南京 211100)

摘要:无锡 220 kV 西泾智能变电站按站控层、间隔层、过程层“三层两网”设计,220 kV 电压等级母线和变压器保护过程层采用“直采网跳”模式,线路及母联保护过程层采用“直采直跳”模式,过程层网络双重化配置;110 kV 电压等级保护过程层采用“网采网跳”模式,同时 SV 网、GOOSE 网、IEEE 1588 网三网合一,网络冗余配置。同一间隔的保护测控功能集成在一个装置内。站控层实现了基于主站再确认机制的顺序控制、分布式状态估计、智能告警及故障信息综合分析决策等智能变电站高级功能。配置了计量对比分析系统,在各种工况下对传统互感器和电子式互感器的长期运行特性进行对比分析。

关键词:智能变电站;直采网跳;网采网跳;扩展高级应用;计量对比

中图分类号: TM76

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2012)02-0026-04

2006 年伊始,云南 110 kV 翠峰变电站^[1]、内蒙古 220 kV 杜尔伯特^[2]等地区逐步试点数字化变电站工程,2010 年,国家电网公司正式地发布《智能变电站技术导则》。在此期间建设的数字化变电站均针对智能变电站保护控制系统技术做某一方面的试点;2008 年投运的青岛午山 220 kV 数字化变电站^[3],只使用了电子互感器,对模拟量进行数字化处理,保护跳闸、逻辑互锁等状态量信息依然采用电缆硬连接方式。2009 年投运的浙江兰溪 500 kV 数字化变电站^[4],全站均使用传统互感器,模拟量未进行数字化处理,但使用了智能终端和保护网络跳闸技术,对状态量进行数字化处理。2009 年投运的唐山郭家屯 220 kV 数字化变电站开始全面试点:采用电子互感器(ECT/EPT)和网络跳闸技术,采用光纤通信技术取代开关场到保护小室以及保护屏间的电缆硬连接,采用数字化电表,该变电站是国内第一个完整意义上的 220 kV 数字化变电站;2010 年完成的桂林 500 kV 数字化变电站^[5]是国内第一个采用电子式互感器 IEC 61850-9-2 传输协议的数字化变电站。

2010 年国家电网公司发布的一系列智能变电站相关技术标准,标志着国内智能变电站技术达到了一个新的阶段。220 kV 西泾变电站是国家电网公司首批智能化变电站试点项目,也是 2010 年国网公司智能变电站“四确保一争取”工程中惟一的 220 kV 变电站。工程于 2010 年 7 月开工建设,2010 年 12 月 29 日建成投运。

1 总体配置

220 kV 西泾智能变电站是一座完整意义上的智能化变电站,采用大量新技术、新设备、新材料,

收稿日期:2011-11-11;修回日期:2011-12-20

实现全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化,可完成智能告警与故障分析、顺序控制等变电站自动化系统高级应用功能。

变电站按站控层、间隔层、过程层“三层两网”设计,220 kV 电压等级母线保护和变压器保护过程层采用“直采网跳”模式,线路及母联保护过程层采用“直采直跳”模式,网络双重化配置;110 kV 电压等级保护过程层采用“网采网跳”模式,同时 SV 网、GOOSE 网、IEEE 1588 网三网合一,网络冗余配置。同一间隔的保护测控功能集成在一个装置内。变电站站控层采用基于一体化信息平台方案,完成监控、远动等应用。

2 站控层方案

站控层计算机监控系统虽然硬件结构上与常规变电站相仿,但是针对智能变电站的应用需求增加了大量的高级功能,其中部分典型的高级应用功能代表了智能变电站的技术发展方向。

2.1 基于主站再确认机制的顺序控制

可接收和执行调度/集控中心和本地后台系统发出的顺序控制命令,经安全校核正确后,自动完成相关运行方式变化要求的设备控制,可在站内和远端实现可视化操作^[6]。

在调度/集控中心选定了顺控操作内容后,西泾变电站利用远动通道,将存储在站内远动装置的顺序控制操作票内容以文本方式上送至调控中心,调控中心运行人员可以利用这些直观的信息对本次操作进行再确认,从而大大提高了控制操作的安全性和可靠性。在顺序控制过程中,变电站可及时向调度/集控中心反馈执行过程的信息,如当前执行步骤、执行结果、遥控是否超时、是否逻辑闭锁等,以便主站系统全面的掌控控制过程。

顺序控制不仅支持一次设备的操作,如遥控、遥调,也支持二次设备的操作,如保护软压板投退、定值区切换等控制方式。顺序控制功能支持急停和单步执行。可以根据典型操作票自动生成顺序控制步骤,可利用已有的顺序控制操作票组合生成顺控组合票。

2.2 智能告警及故障信息综合分析决策

在实际电网调度运行中,在异常或故障的情况下,大量监控与数据采集报警信息涌入调度控制中心,调度人员被大量数据淹没,很难决策。错失处理事故的良机^[7]。而且告警方式比较单一,功能也比较有限,基本上信息按照时间顺序全部显示,未作筛选和推理判断处理。一旦发生事故后,值班人员很难从大量的信息中获取到重要告警信息,影响对事故的正确判断。西泾变电站实现了智能告警及故障信息综合分析决策。

(1) 对告警信息进行了分层分类处理,对于不同层级的告警或事故信息采用不同的展示区域,可灵活独立配置多种属性,如入库不显示、确认后保留、自动确认、颜色、语音等。

(2) 对同单元(间隔)设备的告警对象赋予关联属性,把同单元(间隔)设备在一段时间内发生的告警信息作为综合告警组织在一起展示,便于值班人员直观地分析原因。

(3) 对于在一段时间内反复出现低等级提示信息,将产生等级更高的告警信息,以引起运行人员的重视。

(4) 对于单个元件故障或系统综合故障,系统中建立了专家知识库,当故障发生后,进行故障分析并提示下一步处理措施,得出的推理结论及故障简报可以上送到主站用于事故分析。

2.3 分布式状态估计

通过面向对象的实时网络拓扑数据库及图模库一体化技术,西泾变电站实现了分布式状态估计功能。采用一次设备模型参数辨识技术及快速分解法,分布式状态估计能辨识出开关状态错误及测量量中的坏数据,给出站内正确的拓扑结构及更精确的母线电压值和功率值。状态估计值与实测值同时上送主站,供主站进行不同应用时自主选择,进行辅助调度分析。

2.4 计量对比分析系统

西泾变电站大规模采用了电子式互感器,虽然电子式互感器与传统互感器相比具备诸多的优点,如输出量线性度好、无铁磁谐振及畸变、体积小、重量轻等,但毕竟比起传统互感器,其长时间运行特性还有待进一步研究。西泾变电站在 2 条 220 kV 线路

上同时设置了电子式互感器及传统互感器,利用长时间运行的历史数据来准确评估两者的特性差异。西泾变电站计量对比分析系统的原理如图 1 所示。通过预设的间隔时间同时采集需进行对比分析的数据,如电流、电压、功率及累计电量值等,采集的数据记录在计量对比分析服务器的历史数据库中。

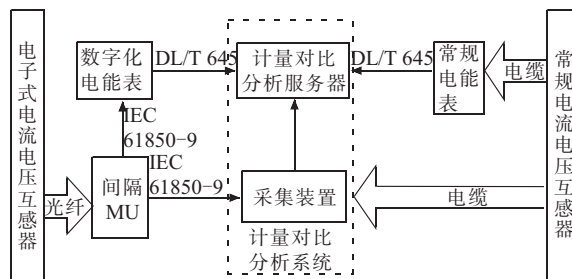


图 1 电量对比分析系统示意图

对比分析时以传统互感器模拟量输出为基准,分析出各种工况下电子式互感器数字量输出数据的偏离率。数字式计量与传统计量系统对比验证采用以下的分析方法来对比:

- (1) 以日、周、月、年作为单位时段分析偏离率;
- (2) 以峰、谷、平时段作为单位时段分析偏离率(峰、谷、平时段可配置);
- (3) 以不同负荷率为单位时段分析偏离率;
- (4) 以不同温度为参照量分析偏离率;
- (5) 累计计量差率对比分析。

从 2010 年 12 月 29 日西泾变电站正式投运到 2011 年 4 月 6 日,系统对 220 kV 利港一线和利港二线的电压、电流及电量等数据进行了分析对比,电量数据比较采用 2011 年 4 月 6 日 24 时上送的累计值,电流、电压比较采用计算公式如下:

$$\varepsilon = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |(A_i - B_i) / B_i| \quad (1)$$

式(1)中: A_i 为电子式互感器测量值; B_i 为同一时刻传统互感器测量值; n 为测量值记录的条目数。结果如表 1 所示。

比较内容	利港一线	利港二线	%
电流误差	0.683	0.532	
电压误差	0.330	0.236	
正向有功总电能误差	0.016	0.023	
反向有功总电能误差	0.078	0.062	

2.5 测控双重化处理

西泾变电站各电压等级采用保护测控一体装置,由于继电保护设计规范要求 220 kV 以上电压等级的保护装置需双重化配置,因此带来了测控“被双重化”。测控双重化处理有以下技术难点:如何选择数据源;数据源不一致时如何处理;数据源切换时如

何保证信息不丢不重;如何保证控制操作时的安全性和准确性;如何既保证量测系统的可靠性,又不增加运行维护的复杂度。

为解决测控信息双重化的问题,文献[8]提出了虚点映射法,但是并没有给出多数据源切换的判据。西泾变电站在处理双重化测控时,提出了“二次设备健康状态”判据,利用装置的健康状态来自动选择最可靠的测控上送实时数据,接收控制命令。装置的健康状态包括装置的自检信息、通信状态及检修品质位等。对于上行的公共信息,系统采用多源数据模式来处理,同时接受同一间隔不同保护测控装置的上行数据,根据数据源的健康程度来判断采用哪个装置的数据源,健康程度判据包括装置的通信状态及装置的检修压板状态,数据源预设优先等级,在健康程度相同的情况下,采用优先等级高的数据源反映一次设备运行信息。

对于装置上行的私有数据,不采用多源数据模式处理。对于下行的控制命令,控制命令只发送到其中的一个数据源执行,首先根据数据源的健康程度来判断控制命令采用哪个装置来执行,健康程度判据包括装置的通信状态及装置的检修压板状态,数据源预设优先等级,在健康程度相同的情况下,采用优先等级高的数据源执行。

3 间隔层及过程层方案

间隔层采用保护测控一体装置,220 kV 电压等级线路保护、母联保护、母线保护以及主变保护,包括合并单元、智能终端、交换机设备采用双重化冗余配置,随着保护测控一体,测控功能也实现双重化配置。110 kV 电压等级线路保护、母联保护、母线保护单套配置,但合并单元、智能终端配置双套。

在过程层组网方案上,同时采用了“直采直跳”、“直采网跳”和“网采网跳”3种方式,全站过程层网络双重化配置。

3.1 直采直跳

“直采直跳”方式如图2所示。“直采直跳”要求保护应直接采样,对于单间隔的保护应直接跳闸。直接采样最大的优点在于无需考虑合并单元的采样是否同步,采用插值法实现采样同步;其次减少了经交换机转发的中间环节,提高了可靠性,避免了传输延时抖动对保护的影响。

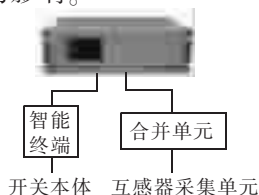


图2 直采直跳

220 kV 线路、母联保护采用“直采直跳”方式,分别与合并单元和智能终端相连。保护测控装置分别接入过程层和站控层。

3.2 直采网跳

“直采网跳”方式如图3所示。“直采网跳”方式下,保护直接采样,跳闸则直接通过GOOSE网络实现。而直跳相比网络跳闸方式可以减少光纤数量,同时减少装置光纤口的数量,降低工程实施及后期维护的工作量,在针对多间隔的保护装置中采用这种方式优势更为明显。但可靠性相对直跳方式较低。220 kV 母线和变压器保护装置采用了“直采网跳”的方式。

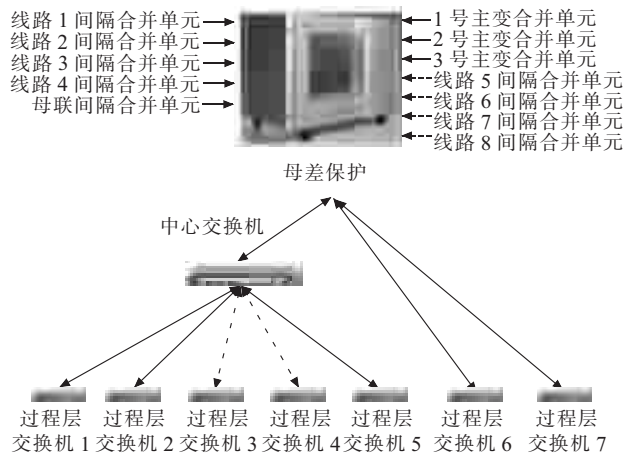


图3 直采网跳

3.3 网采网跳

“网采网跳”方式如图4所示。“网采网跳”方式下,采样数据和GOOSE跳闸数据均通过网络传输。合并单元需要全站同步,保护装置收到采样数据后通过序号方式进行同步,完成保护计算。110 kV 线路提供双网口分别接入B网络中的采样及GOOSE数据。110 kV 母差保护考虑远期规划,装置接入间隔数则较多,达到15个。每个间隔合并单元的流量按照国网版 IEC 61850-9-2 标准,约为7.8 Mb/s。而装置的单网口带宽为100 Mb/s,按照不大于40%以太网带宽计算^[9],装置提供了4个以太网口接入15个间隔的采样数据。而过程层网络双重化,因此110 kV 母差装置使用了8个以太网口来用于接收采样值数据。

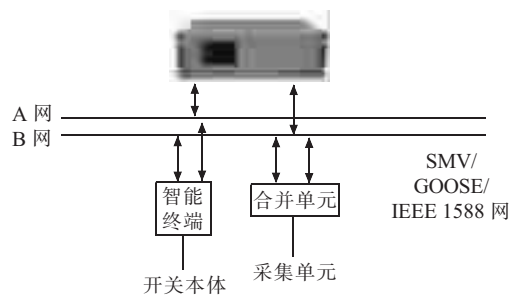


图4 网采网跳

值得注意的是,单装置跨接双网的情况下,需要确保双网的采样数据源相同。否则由于网络传输原因造成采样点异常时,不能保证切换过程中采样数据的连续,会造成保护短时闭锁,这是不允许出现的。对于多间隔的保护,数据的切换有按间隔切换和按网络切换 2 种方式。在不考虑复故障的原则下,西泾变电站的 110 kV 母差保护装置双网数据采用按网络整体切换方式,切换逻辑如图 5 所示。

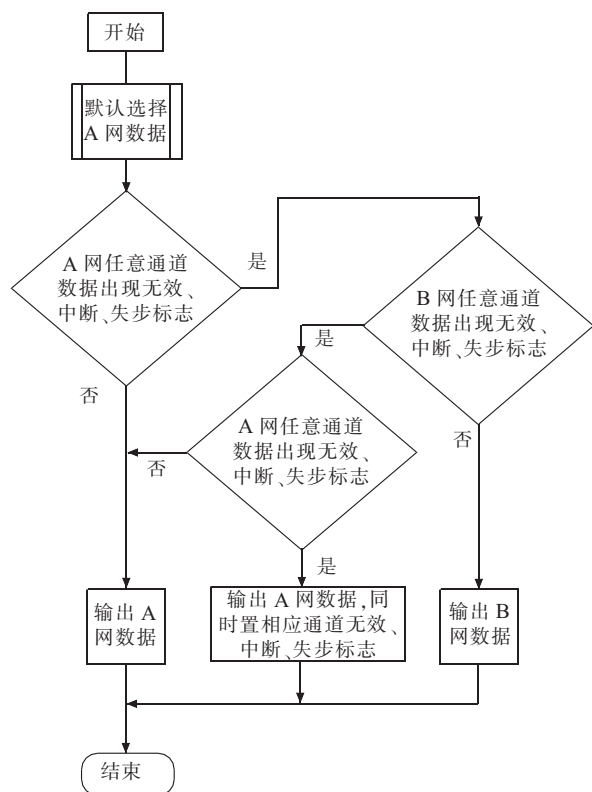


图 5 双网采样数据切换逻辑图

4 结束语

江苏省无锡 220 kV 西泾智能变电站作为国网公司的智能变电站试点工程之一,采用了多种创新

技术,220 kV 电压等级采用“直采直跳”、“直采网跳”2 种方式,110 kV 电压等级采用“网采网跳”+“SV,GOOSE,IEEE 1588 对时三网合一”模式,在一个变电站内试验了多种过程层组网技术,为今后的新技术应用提供参考。西泾变电站的运行经验为智能变电站的进一步发展提供了基础。

参考文献:

- [1] 文建辉. 110 kV 翠峰变电站的数字化改造[J]. 电工技术, 2010(9):26-27.
- [2] 赵丽君,席向东. 数字化变电站技术应用[J]. 电力自动化设备,2008,28(5):118-121.
- [3] 崔和瑞,于立涛,张屹. 220 kV 午山数字化变电站应用研究[J]. 电力自动化设备,2009,29(3):149-152.
- [4] 王志勇,郑海,杨卫星. 基于 IEC 61850 标准的 500 kV 兰溪数字化变电站建设[J]. 电力建设,2009,30(10):30-32.
- [5] 韦明邑. IEC 61850 在 500 kV 桂林变电站的应用及分析[J]. 广西电力,2008,32(5):41-43.
- [6] 李孟超,王允平,李献伟,等. 智能变电站及技术特点分析[J]. 电力系统保护与控制,2010,38(18):59-62,79.
- [7] 刘莹,刘俊勇,张建明,等. 电网调度中的智能告警分类[J]. 电力自动化设备,2009,29(12):48-54.
- [8] 钟华兵,王志林,房萍,等. 变电站自动化系统支持双测控的实现方法[J]. 现代电力,2010,27(3):13-15.
- [9] 沈青,桂卫华,杨铁军. 基于工业以太网的实时控制性能分析[J]. 计算机工程,2007,33(1):233-235.

作者简介:

兰金波(1977),男,江西吉安人,工程师,从事电力系统继电保护研发工作;
 钱国明(1973),男,江苏南通人,高级工程师,研究方向为电力系统继电保护与自动装置研发;
 季玮(1971),男,江苏常熟人,高级工程师,研究方向为电力系统自动化;
 王学超(1978),男,河北枣阳人,工程师,研究方向为电力系统自动化。

Key Technology of Wuxi 220 kV Xi Jin Smart Substation

LAN Jin-bo, QIAN Guo-ming, JI Wei, WANG Xue-cao

(Guodian Nanjing Automation Co. Ltd., Nanjing 211100, China)

Abstract: Wuxi 220 kV Xi Jin smart substation will be designed as two networks and three layer which includes control layer, interval layer and process layer. In 220 kV voltage level, bus and transformer protection use 'direct sampling network trip' mode, while line and bus connection protection use 'direct sampling network trip' mode, and process layer network use double configuration. In 110 kV voltage, all protection use 'network sampling network trip' mode, thus we realize network redundancy configuration through unification of three nets: SV sampling GOOSE, IEEE 1588. Protection and control function is integrated in a unit. Station level realize sequence control which is based on master station re-confirmation mechanism, distributed state estimation, intelligent alarm, fault information comprehensive analysis and decision-making intelligent substation advanced feature Etc. Substation is equipped with measurement comparative analysis system, which can realize long-running characteristic comparative analysis of traditional transformer and various electronic transformer under kinds of working conditions.

Key words: smart Substation; direct sampling network trip; network sampling network trip; expansion of advanced applications; measurement contrast