

江苏电网 500 kV 智能变电站建设技术综述

吴威¹, 宋亮亮²

(1.江苏省电力公司, 江苏 南京 210024; 2.江苏省电力公司电力科学研究院, 江苏 南京 211103)

摘要:随着智能变电站技术的不断发展以及建设方案的日益复杂,智能变电站长期的运行性能对其建设模式提出了要求。文中在国网公司现有智能变电站典型建设方案的基础上,介绍了江苏电网已投运的500 kV天目湖智能变电站二次系统中的新技术应用,在满足运行可靠性的前提下,提出了进一步推广一、二次设备结合程度,提高智能变电站信息融合水平,实现二次设备功能优化。

关键词:智能变电站;建设技术;智能组件

中图分类号: TM63

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2013)06-0051-04

我国智能电网建设进入了快速发展阶段,其中“十二五”期间国网公司将建设110 kV及以上智能变电站6100座。基于IEC 61850标准的智能变电站将变革传统变电站的一、二次设备,设备高度集成化、智能化的变电站将简化运行人员操作,缩短设备停电维护时间,促进电网向调控集中化,设备维护向集约化发展。

根据国网公司智能变电站建设“统一规划、统一标准、统一建设”的原则要求,目前江苏电网先后建成投运220 kV西泾智能变电站,500 kV常熟智能变电站、220 kV广汇智能变电站、500 kV天目湖智能变电站等。和常规变电站相比,智能变电站采用了众多新技术,如一、二次设备状态监测、电子式互感器、一体化监控系统、1588网络对时技术、一体化保护测控装置等。光纤传输方式相比传统电缆具有抗干扰强、占用空间少、数据信息量大的优点;同时对监控系统的统一建模和网络通信传输方式为实现设备互联互通以及开展智能变电站高级应用打下基础。由于500 kV变电站在电网中的地位重要性,其对一、二次设备的可靠性要求更高。在当前智能变电站技术方案不断优化的条件下,综合考虑其运行可靠性、技术性、经济性指标显得尤为重要^[1]。

1 天目湖变电站简介

天目湖变电站是江苏电网按智能化要求设计建设的500 kV变电站,由原当涂-惠泉双线开断环入形成当涂-溧阳双回线、溧阳-惠泉双回线,该站是“皖电东送”通道的江苏落点站。

天目湖变电站本期建设规模:500 kV采用二分之三接线方式,为敞开式结构,4串共10组断路器,为北京ABB产SF₆断路器;2台1000 MV·A主变均为中电装备东芝生产;220 kV部分采用双母双分段

接线方式,采用GIS结构,为河南平高东芝生产,共12个出线间隔;35 kV部分主要用于无功补偿及站用电,2台主变各带一条母线,2台站用变,4台电容器。

根据现有智能变电站建设标准的规定^[2],天目湖变电站的主变压器配置油中含水、油中气体和铁心接地电流等在线监测装置,并埋置局放传感器。500 kV断路器配置SF₆气体压力等在线监测装置,220 kV GIS设备配置SF₆气体压力等在线监测装置,并埋设局放传感器。500 kV和220 kV避雷器配置泄漏电流和动作次数在线监测装置。

天目湖变电站二次系统采用传统互感器+合并单元就地数字化的接口方案,实现电流电压模拟量采集数字量输出;二次设备采用一体化技术方案,包括合并单元和智能终端一体化,保护和测控装置一体化,所有过程层设备均采用就地按断路器布置,减少了就地柜的数量;继电保护系统采用“直采直跳”模式,除失灵联跳其他开关和主变跳母联、分段采用网络方式跳闸外,其余保护功能都是采用点对点的直跳方式,保证跳闸回路的可靠性。采用一体化监控系统集成SCADA数据采集、视频监控、二次安防、状态监测系统等功能。

2 天目湖变电站二次系统结构

天目湖变电站间隔层和过程层设备及网络系统搭建依据国网相关技术标准^[3,4]建设。该站网络结构采用典型的三层两网设计,过程层设备主要包括模拟量输入合并单元加智能终端和独立的电压互感器合并单元,间隔层设备主要包括保护测控一体化装置、保护装置、独立测控装置以及故障录波器等,站控层设备主要包括监控后台、远动装置、一体化信息平台等。

站控层配置全站统一的双重化星型网络,各电压等级的间隔层保护装置、保护测控装置、测控装置、故障录波器和站控层监控后台、远动装置、一体化平台都同时接入双重化的站控层网络中,双网络冗余工作,保

证网络的可靠性^[5,6]。

500 kV 过程层网络按 GOOSE 网、SV 网独立双重化设计,220 kV 过程层网络按 GOOSE、SV 共网双重化设计,站控层网络采用 MMS、GOOSE、SNTP 时间同步三网合一、双网设计。全站二次系统结构关系图如图 1 所示。

3 天目湖变电站二次系统功能分析

3.1 保护测控功能合一

天目湖变电站 500 kV 开关和 220 kV 线路、母联、分段采用保护测控一体化装置。由于 500 kV 开关保护和 220 kV 线路保护、母联保护、分段保护都是双重化配置,因此该站的测控功能也随着保护实现了双重化。装置的保护和测控功能都由同一个 CPU 实现,保护功能和测控功能相互独立,互不影响,保护功能和测控功能的定值和软压板相互独立,可在不同的界面进行整定,且定值和软压板互不影响。但是保护功能和测控功能的程序版本并未区分,装置异常处理或检修维护时可能会相互影响。保护功能和测控功能所需的 SV 信息和 GOOSE 信息都是通过同一个物理链路传输的,且装置检修压板也只有一个,因此装置的保护功能和测控功能不能单独检修,只能以装置为单位进行检修。

3.2 双测控功能应用

正常运行时,2 套测控之间同时工作、相互独立,

同时向站控层上传遥测量、遥信量等信息,接收到站控层的命令也都能执行。但对于监控后台和调控中心而言,开关、刀闸的位置信号以及一次设备本体信号只需显示一个即可,同时显示多个反而会造成不一致而影响运行监视的效果;对于监控后台和调控中心的下发的遥控命令而言,也只需要一套保护测控装置执行即可。因此,双套测控存在主、从关系,对于开关位置信号、本体信号等,监控后台或调控中心只显示主测控的信号,从测控的信息只存入数据库而不显示;对于遥控命令,监控后台或调控中心只发送给主测控执行。对于智能 IED 装置自检信息、告警信号,需要同时监视。因此,监控后台和调控中心同时显示这些信息。

双测控的主、从关系可通过监控后台根据当前各测控装置的运行情况确定,通常默认运行在 A 套。监控系统可手动切换双测控的主、从状态,也可根据链路状态、告警信号等自动切换,现场运行时为了保证监控系统不会频繁切换测控装置,一般选择手动切换模式。监控系统数据库中同时存在两套测控装置的实时运行数据,但由于监控系统的运行数据还要给远动装置,为此在监控数据库中定义了一套虚装置,其值对应为当前运行的实装置值。

双测控的应用实现了在不影响正常运行的情况下对测控的检修工作,且一套测控异常时,可以通过一套测控实现正常的监视和控制,提高了设备运行的可靠

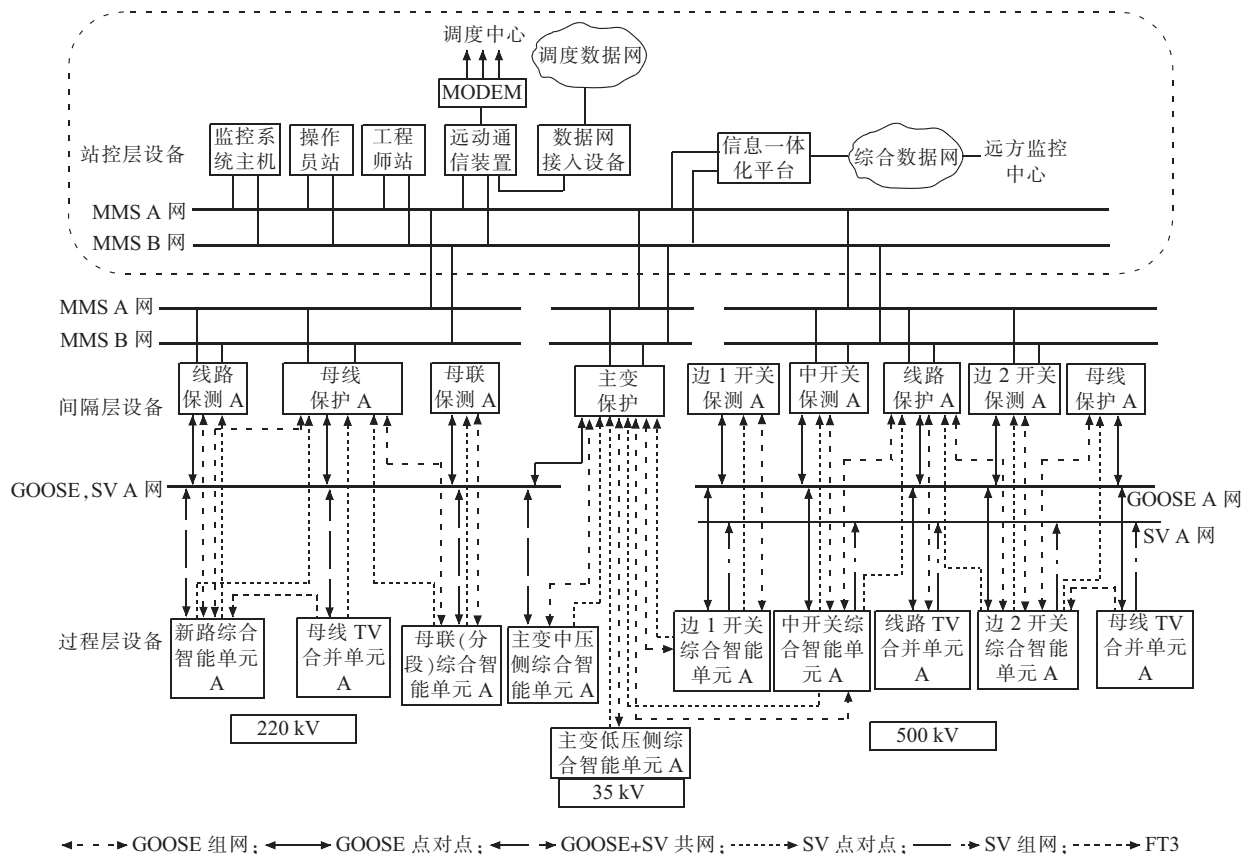


图 1 500 kV 天目湖变电站二次系统结构图

性。但保护测控装置需要进行保护检修时,需要将主测控切换到另一套装置才能进行,装置恢复运行时也需要检查测控功能处于正常运行状态,一定程度上增加了操作复杂度。

3.3 模拟量输入智能组件应用

电子式互感器在先期的试点智能变电站中的运行情况并非理想,影响现场可靠运行的关键技术步还需深入研究,为此,从保证设备运行可靠性的角度出发,智能变电站中在模拟量采样方面逐渐转向采用常规互感器+合并单元的方式实现采样的就地数字化。在控制和信息采集方面,智能变电站普遍采用智能终端作为二次设备与一次设备之间的接口实现数字化。智能变电站应用中,合并单元和智能终端都是就地布置设备,都布置在一次设备的就地控制柜内。为了提高设备功能的整合程度,该站采用智能终端和合并单元一体化设计,既实现电流电压模拟量的采集上送,又完成就地开关量信息的采集和保护测控控制命令的执行。全站模拟量输入合并单元加智能终端采用双重化配置,A套、B套上下布置的方式位于同一面就地汇控柜内。500 kV 线路、主变另设单独的电压合并单元,布置于边断路器就地汇控柜内(主变 220 kV 电压合并单元布置于主变中压侧控制柜内),完成电压信号的单独采集,并直接送至保护测控装置。

模拟量输入合并单元加智能终端的合并单元功能和智能终端功能相对独立,由不同插件完成,即 SV 点对点接口和 GOOSE 点对点接口分别布置在不同的插件上,避免了相互影响。合并单元智能终端一体化装置分别设置 SV 检修压板和 GOOSE 检修压板,且与 SV、GOOSE 报文分别对应。模拟量输入合并单元加智能终端 CPU 插件的接口可同时输出 GOOSE 和 SV 报文,减少设备接口的配置。

3.4 二次设备组屏原则

天目湖变电站全站线路保护、开关保护测控、母线保护、主变保护、母联保护、分段保护、模拟量输入合并单元加智能终端及合并单元均为双套配置。其中 500 kV 开关保护测控、500 kV 线路保护、主变保护、500 kV 母线保护、220 kV 母线保护的 A 套和 B 套分别组于两面屏柜中,500 kV 开关保护按串组屏,500 kV 线路保护按线路单独组屏,500 kV 母线保护 I 母和 II 母组于一面屏柜中,主变保护按主变单独组屏,220 kV 母线保护按双母线组屏,220 kV 母联保护、220 kV 分段保护、220 kV 线路保护的 A 套和 B 套组于一面屏柜中。

该布置方式节省了大量屏位,减小了保护小室的面积,但对其中一套装置异常而另一套正常时的检修工作提出了新的要求。现场应制定专门的运行规程,需

对另一套或两套正常运行的装置做好安全措施,如布置红布幔,在运行装置的电源空开下方布置醒目的标记等。

3.5 光纤二次回路命名规范

天目湖变电站智能二次设备之间的回路采用光纤传输方式,大大简化了电缆数量,节约了建设成本,同时避免了就地电缆传输信号抗干扰性差的问题。国网“六统一”技术规范对二次回路及端子排的命名进行了规范,但未涉及光纤二次回路的命名。为确保光纤回路的正确性,方便光纤回路正常运维及检修,现场建设过程中对所有过程层光纤二次回路进行了统一规范命名,命名信息中包含该光纤的始末端装置名称(如智能单元 A,光配架)和对应的端口编号(如 #3/R1,1-A-7),如图 2 所示。

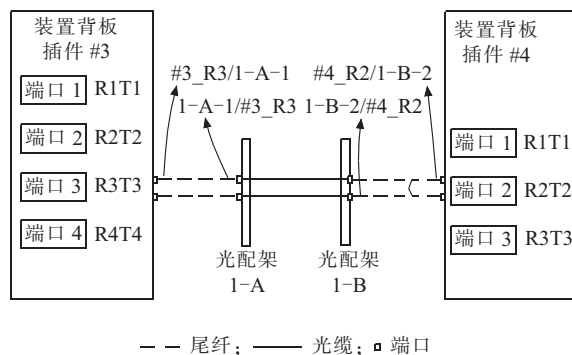


图 2 智能设备光纤二次回路命名示意图

同时由于智能装置背板的光纤端口数量较多(如主变、母差等),为方便运行检修人员正常巡检,正确制定相关安全措施(涉及具体拔光纤时需要对照竣工图纸),对各端口的使用功能进行定义,用作直观标示,如表 1 所示。

4 结束语

本文研究了智能变电站的技术发展过程,介绍了江苏 500 kV 天目湖变的技术方案和特点,对首次采用的保测合一装置、双测控功能、合并单元智能终端一体化、智能设备就地布置、光纤二次回路命名等工程应用进行了分析。一年的工程运行表明该方案满足智能变电站安全可靠运行的要求。随着智能变电站技术的不断发展,下一阶段将在不断总结现有建设和运行经验的基础上,进一步推广一、二次设备结合程度。提高智能变电站信息融合水平,主要包括以下几个方面:

(1) 推进变电站集成优化设计,提高结构布局合理性。开展设备模块化设计、标准化配送式设计、设备接口标准化等。

(2) 提升变电站高级功能应用水平。合理规划数据信息类型,优化二次网络结构,构建变电站一体化监控系统,提升设备状态可视化、智能告警、辅助决策等

表 1 智能二次设备光口连接关系表

装置 1	端口 1	装置 2	端口 2	装置 3	端口 3	光纤芯号	接收数据用途
XX 线 ## 保护	#3_R1	过程层 GOOSE 交换机 A	P1_T	—	—	1	母线保护动作闭重、远跳
	#3_T1		P1_R		—	2	—
XX 线 ## 保护	#3_R3	光配架 1-A (光配架 2-B)	1-A-1 (2-B-1)	XX 线 ## 智能终端	#2_T2	尾纤	开关位置 压力低闭锁重合闸 另一套智能终端闭重 本套智能终端闭重放电
	#3_T3		1-A-2 (2-B-2)		#2_R2	尾纤	—

高级功能应用水平。

(3) 总结已有智能变电站设计、调试、运行维护经验,开展相应分析,进一步规范江苏电网智能变电站典型设计和调试方法,形成标准化作业流程。

(4) 进一步修订完善智能变电站技术标准体系。加快编制和修订智能变电站领域技术标准,推动重点技术标准的国际化,构建江苏电网适应新一代智能变电站建设需求的标准体系。

参考文献:

- [1] 国家电网公司基建部. 智能变电站建设技术[M]. 北京:中国电力出版社,2012:132-151.
[2] 王勇,梅生伟,何光宇. 变电站一次设备数字化特征实现[J].

电力系统自动化,2010,34(13):93-98.

- [3] Q/GDW 494—2009,330~750 kV 智能变电站设计规范[S].
[4] Q/GDW 441—2010,智能变电站继电保护技术规范[S].
[5] 冯军. 智能变电站原理及测试技术[M]. 北京:中国电力出版社,2011:57-59.
[6] 吴罡,李琳,李翔,等. 110 kV 智能变电站设计方案初探[J]. 江苏电机工程,2011,30(2):31-35.

作者简介:

- 吴威(1975),男,江苏海门人,工程师,从事电网建设管理及的研究工作;
宋亮亮(1985),男,江苏启东人,工程师,从事电力系统继电保护及智能变电站相关技术的研究工作。

Review on 500 kV Substation Construction Technology in Jiangsu Power Grid

WU Wei¹, SONG Liangliang²

(1. Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 210024, China;

2. Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing 211103, China)

Abstract: With the continuing evolve of smart substation technology, as well as the increasing complexity of construction scheme, the long-term operating performance of smart substation has proposed requirements to construction mode. This paper introduces new technical application of secondary system in the 500 kV TIAN-Muhu substation based on the State Grid's existing typical building program. On the premise to meet operational reliability, it proposes to promote a further combination of secondary equipment and to increase information fusion level of smart substation, which will achieve the secondary device function optimization.

Key words: Smart Substation, Construction Technology, Unification of Relay and Control

(上接第 50 页)

Research on Insulator Rime Flashover Through Leakage Current Regression Analysis

XUE Hengsong

(Nanjing Power Supply Company, Nanjing 210008, China)

Abstract: The state of insulator is critical to secure operation of transmission and distribution lines. The leakage current is a reflection of the surface state and discharge character of insulator because it exists all the time. Under laboratory environment, the rime is mimicked by human. Silicone rubber insulators are placed into the mimicked rime with various times to damage their insulation in different extent, and then voltage is applied to them to trigger flashover. Through using high speed video camera to record the phenomenon and process of flashover, the nonlinear character of leakage current can be studied by regression analysis which provides recurrence plot and quantitative index to characterize leakage current's internal variation. The result shows that the nonlinear character of leakage current is consistent with insulator's surface discharge phenomenon. The research reveals occurrence mechanism and developing process of insulator's flashover under rime environment, which helps to ensure the reliability of outdoor insulators.

Key words: insulator; rime flashover; leakage current; regression character; state detection