

一种组装式变电站的探讨

韩云¹, 周兴扬², 王岗¹, 王志勇², 况骄庭³

(1. 西安高压电器研究院有限责任公司, 西安 710075; 2. 国网浙江省电力公司, 杭州 310007;
3. 浙江省电力设计院, 杭州 310012)

摘要: 针对常规变电站基建周期长, 接线复杂, 数字化变电站各设备联调时间长等问题, 提出了一种新的变电站方式, 该方案采取了设备模块化, 通过组装构成变电站的设计思路。通过对此种变电站方式的总体设计方案、关键设备技术、一体化组装方案的简要介绍和分析, 从根本上解决了常规变电站和部分数字化变电站基建、一二次设备运输以及联调问题。

关键词: 组装式变电站; 模块化设备; 一体化; 不拆卸运输; 快速建站

中图分类号: TM633.3

文献标志码: A

文章编号: 1001-1609(2014)07-0123-05

Discussion on a Type of Fabricated Substation

HAN Yun¹, ZHOU Xingyang², WANG Gang¹, WANG Zhiyong², KUANG Jiaoting³

(1. Xi'an High Voltage Apparatus Research Institute Co., Ltd., Xi'an 710075, China; 2. State Grid Zhejiang Electric Power Company, Hangzhou 310007, China; 3. Zhejiang Power Design Institute, Hangzhou 310012, China)

Abstract: Aiming to the problems appeared from the conventional substations such as long infrastructure duration, wiring complexity, and long time for equipment commissioning in digital substation, this paper presents a new type of fabricated substation. The new scheme adopts a different design solution through assembling by the modular equipment to substation. By the overall substation design, the key equipment and technology, integrated assembly program overview and analysis, Some problems raised from conventional and digital substations like infrastructure, equipment transportation and commission test for primary and secondary equipment are solved thoroughly.

Key words: fabricated substation; modular equipment; integration; non-disassembled transportation; rapid build

0 引言

常规变电站的基建周期长, 占地面积较大, 供电缓慢、设备不易维护, 且装置之间相对独立, 接线比较复杂, 系统扩展复杂^[1]; 数字化变电站各设备耗费联调的时间要比常规变电站的联调时间更长, 设备冗余量比较大, 责任划分不清楚^[2]。基于传统变电站存在的问题及新建变电站的经济、紧凑、节能一体化变电站要求, 设计了一种基于组装式变电站的技术方案。组装式变电站具有设计施工、调试周期短、占地面积小、建设投资省、易于进入负荷中心、配置灵活性高、维护与运行费用低、高可靠性等特点。该方案把以前传统箱式变电站的设计思想用于高电压(220 kV)等级变电站。传统组装式变电站

所应用的技术相对比较落后, 然而现在的计算机技术、自动控制技术、通信技术和传感技术的快速发展, 为实现更高电压等级的组装式变电站提供了硬件基础。

1 总体设计方案

组装式变电站可分为进线模块、出线模块、主变压器模块、母线模块、无功补偿模块、消弧线圈与接地变模块、综合自动化模块、照明模块、安防模块等^[3-4]。变电站一、二次设备整体设计、安装和调试, 所有工作在工厂完成, 大大减少现场工作量; 智能组件全部安放在 GIS 汇控柜中, 在厂内完成采集单元到智能组件, 智能组件到光纤配线架的连接工作, 并完成该间隔的所有调试工作, 现场只要完成对应设备的光纤连接工作即可。预制舱的应用使预制光缆实现“即插即用”的标准化连接, 整体上使得

一次设备与二次设备、二次设备间的光缆、电缆标准化连接从而达到“工厂工作量最大化,现场调试工作量最小化”,缩短调试周期。

1.1 变电站配置规模

变电站主变终期 $3 \times 240 \text{ MV} \cdot \text{A}$, 该期 $2 \times 240 \text{ MV} \cdot \text{A}$, 容量为 $240/240/120 \text{ MV} \cdot \text{A}$, 电压为 $230 \pm 8 \times 1.25\% / 121/38.5 \text{ kV}$, 短路阻抗为 $14\%/23\%/8\%$ (高中/高低/中低) 三相三绕组有载调压变压器; 220 kV 终期出线 6 回, 本期出线 4 回; 110 kV 终期出线 12 回, 本期出线 4 回; 35 kV 终期出线 8 回, 本期出线 2 回; 无功配置终期配置 9 组 10 Mvar 电容器组, 本期配置 6 组 10 Mvar 电容器组, 串抗电抗率均采用 5% ; 消弧线圈终期采用 $2 \times 1 \text{ } 100 \text{ kV} \cdot \text{A}$ 消弧线圈, 本期采用 $1 \times 1 \text{ } 100 \text{ kV} \cdot \text{A}$ 消弧线圈。

1.2 布置形式

该工程电气总平面布置原则主要参照《国家电网公司输变电工程通用设计— $110(66)\text{--}500 \text{ kV}$ 变电站分册 (2011)》220-B-1 方案并结合各级电压线路的出线方向, 电气总平面布置为: 220 kV 屋外配电装置布置在站区东侧, 110 kV 屋外配电装置布置在站区西侧; 35 kV 配电装置室、主控室分别布置于变压器低压侧, 位于变电站南侧; 主变压器布置在 220 kV 配电装置与配电室之间; 35 kV 户外无功补偿成套装置布置在站区北侧。电气总平面图见图 1。

1.3 设计原则

1.3.1 严格遵循相关标准

该工程方案整体遵循国家电网公司的《智能变电站技术导则》《关于印发《智能变电站一体化监控

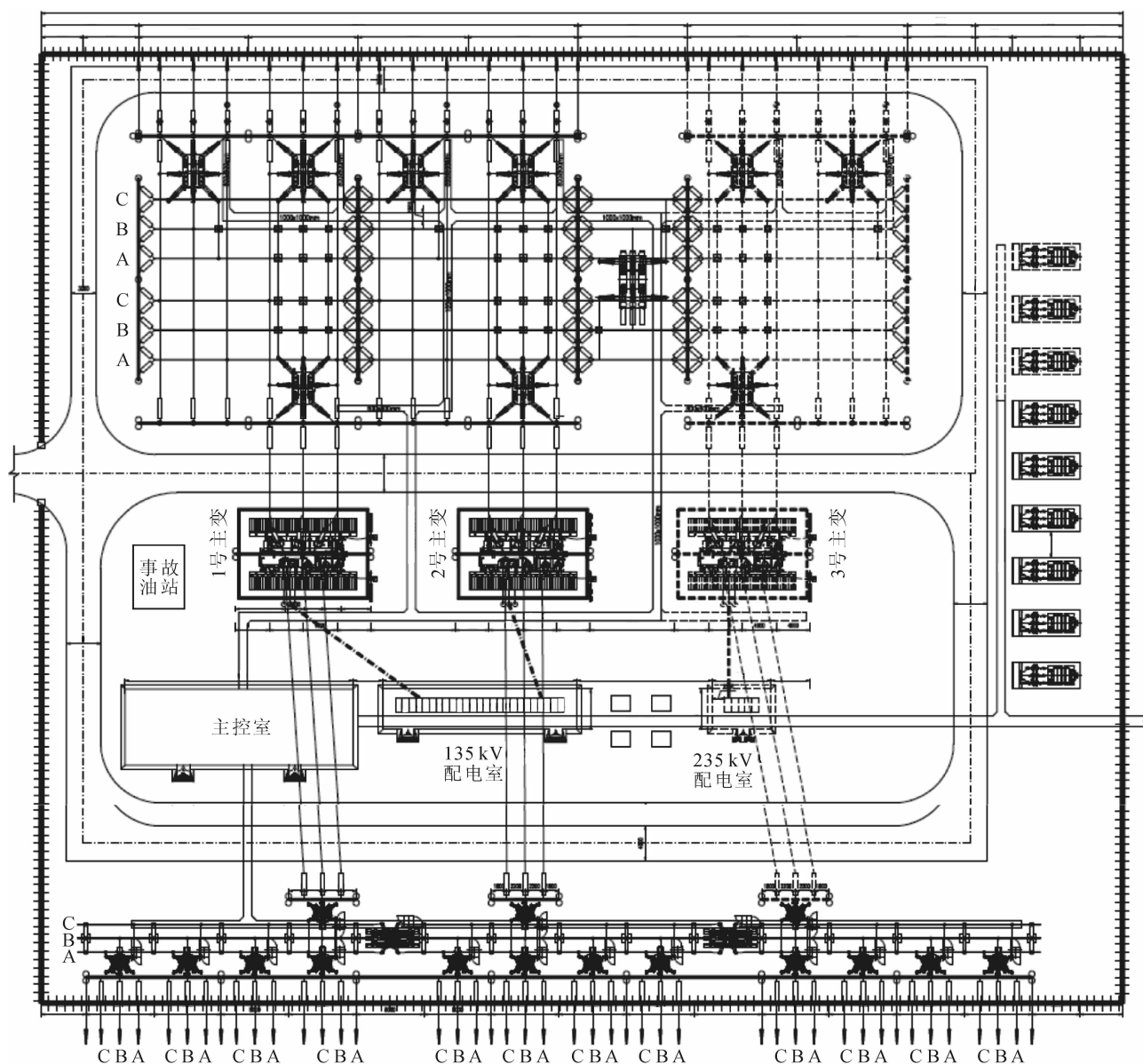


图1 电气总平面图

Fig. 1 Electrical floor plan

系统功能规范》, 在智能变电站基础对设备进行优化布置。同时也严格遵循国家和电网公司其他相关标准, 如《国家电网公司输变电工程通用设计 110 (66)~500 kV》(2011 年版)、DL 5218—2005《220 kV~500 kV 变电所设计技术规程》、DL 5352—2006《高压配电装置设计技术规程》等。

1.3.2 模块化程度高

组装式变电站各设备均为独立模块, 一次设备在工厂内进行组装并调试完成, 二次部分使用航空插头一一对应, 整体设备在工厂内进行调试。GIS 设备设计为 3 个模块, 包括主变模块、进/出线模块和母联保护模块。GIS 每个间隔相互独立, 不存在现场间隔对接, 而每个间隔又是整间隔运输, 大大减少了现场安装调试环节。

1.3.3 施工方法优化

由于变电站各设备采用了制造厂预制式整体组装接线调试、模块化整体运输的方案, 故施工安装简单、方便。设备只需在现场进行简单连接即可。同时减少了变电站支架、钢材需用量。又由于基础小, 工程量少, 混凝土用量少, 大大减少了基础工作和费用开支。

2 关键设备技术

2.1 高压一次设备成套

高压一次设备成套由高压一次设备本体和二次装置组成, 它能够节省大量控制电缆, 降低电缆的成本、管道面积, 解决信号电缆传输过程中受电磁干扰的问题, 减少现场施工、调试的工作量。该次设计方案中, 220 kV 变电站 220、110 kV 拟采用 GIS 设备, 均为双母线接线形, 采用架空线出线, GIS 与主变相连也采用架空线。GIS 设备设计中有如下特点:

1) 断路器与底架采用可调节式安装, 必要时可整间隔退出。

2) 本体与 LCP 柜高度融合, 整间隔运输(除套管), 配线在工厂完成, 现场只需完成架空电缆的连接和跨间隔连锁线, 而且跨间隔连锁线可以通过智能组件的软件连锁来实现。除套管外其余不解体, 断路器、隔离开关、电子式电流互感器^[9]等在车间相应出厂试验已经完成, 现场无需抽真空, 只需补气至额定压力, 减少安装时间。

3) 三工位开关将原隔离开关、接地开关有效融合, 可实现隔离接地开关的机械连锁, 三相机械联动, 且为直连方式, 机械稳定性强, 操作可靠。三工位开关的应用更便于布置, 节省空间, 提升产品美

观性。

智能变压器产品在二次控制方面采用控制线路全部镶嵌在变压器箱壁上的方案, 在工厂内实现控制电缆与变压器本体控制箱的连接, 保证接线的正确可靠, 对变压器监测、保护等附件, 除油位表、瓦斯继电器外, 其余设计时按不需要拆卸运输考虑, 线路在厂内实现全部连接到位, 并在生产车间内实现变压器控制保护系统的联调。详见图 2。



图 2 控制线路全部镶嵌在变压器的箱壁上

Fig. 2 Control circuit mounted on the transformer

2.2 补偿装置

按照组装式变电站设计理念要求, 所提供无功补偿模块设备需突出能够整装整运, 现场安装便捷, 占地面积小, 运行可靠性高, 智能化高、在线监测和信息化的要求。基于以上要求, 提出了两种方案: 即箱式补偿成套和集合式成套。

1) 35 kV, 10 000 kvar 集合式三相分体后为 3 334 kvar, 加箱内绝缘油, 每台 8 t 重, 三相需 24 t。集合式需要现场连接, 现场一次、二次工作量大, 而且现场维护更换困难, 设备维护修理需返厂处理^[6-7]。

2) 采用箱式补偿, 整套装置一次和二次设备均可在工厂组装调试, 总重量相对集合式要轻, 整体吊运安装方便, 现场安装占地面积仅占集合式的 3/5。一次连接采用电缆插拔头, 二次和上传信息连接采用航空插头或端子排连接, 现场服务周期短。重要的是可以及时进行现场维护, 备品备件更换, 运行可靠性高^[7]。

3) 箱式补偿运行温度监控可以监测到单元电容器, 集合式仅能测量整体温度。

组装式变电站采用并补装置设计方案, 系统电压 35 kV, 每套安装容量 10 000 kvar, 干式铁心串联电抗器, 电抗率 5%, 双星不平衡电流保护, 箱式成套, 并设智能箱, 监测设备运行情况等数据。

2.3 智能模块

在 220 kV 线路侧配置电子式电流互感器、电子式电压互感器, 电子式电压互感器为线路抽取电压, 电流互感器内含有双重化的保护和测量线圈,

与之对应配置双重化的智能组件^[8-10]。110 kV 线路侧配置电子式电流互感器、电子式电压互感器为单套,同样配置单套智能组件。

智能组件全部安放在 GIS 汇控柜中,汇控柜中配置了光纤配线架、与 GIS 机构连接电缆上端子排、与二次设备相连接的插接件和预制光缆,在工厂完成本间隔的所有调试工作,现场只要完成光纤配线架到保护的光纤配线架的光纤连接工作即可,缩短调试周期。智能柜内光缆连接图见图 3。

该 220 kV 组装式变电站设计采用过程层设备和间隔保护就地下放在 LCP 柜,预制舱中放置一体化电源和站控层设备、主变保护、故障录波及测控装置,所以采用 2 个 30 尺的预制舱,一面放置一体



图 3 智能柜内电缆、光缆连接情况

Fig. 3 Cable connection

化电源,其余设备放置在另一面预制舱中,预制舱总体布局见图 4。

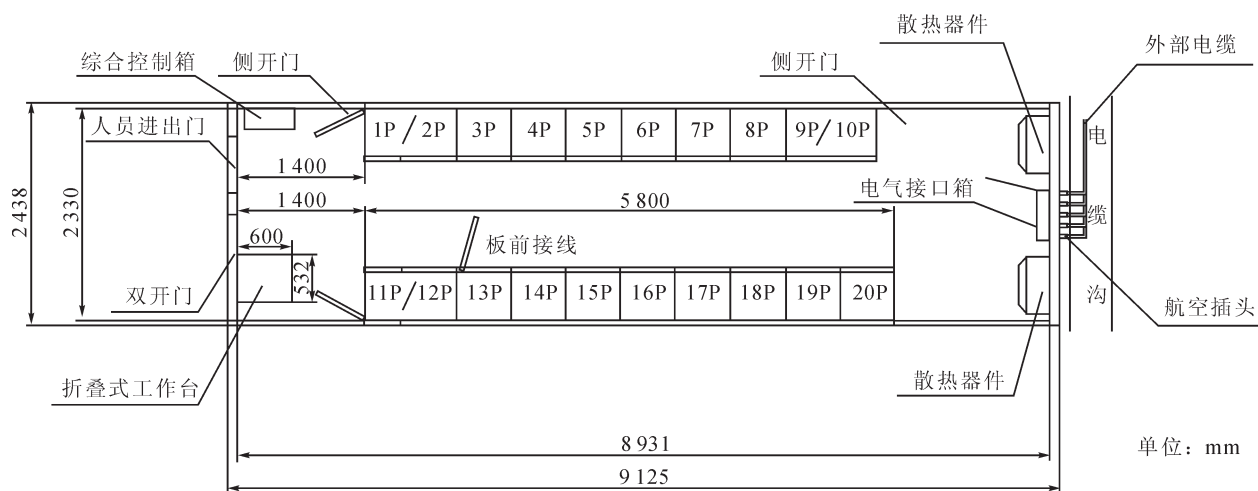


图 4 预制舱总体布局

Fig. 4 Prefabricated cabin

3 一体化电力功能单元组装方案

一体化电力功能单元安装分电缆连接和光缆连接,220 kV 线路设备、母联及 PT 设备、主变出线设备均安装于 220 kV 间隔 GIS 汇控柜中;110 kV 出线设备、母联设备安装于 110 kV 间隔 GIS 汇控柜中;变压器智能组件(含非电量保护)和变压器监测直接安装于变压器控制箱中,变压器油色谱及铁心接地安装在变压器旁智能组件中,采用航空插头实现 GIS 本体与汇控柜间的连接。

该方案在光缆施工中不再使用现场熔接方案,而采用光缆两端预制多芯光纤连接器插头,芯数根据光缆芯数而定,两端屏柜安装对应光纤连接器插座,通过插座对接实现信号联通。

4 结论

该方案在智能变电站的基础上对设备进行了优化布置:

1)一次设备。①采用电子式互感器,大大减少一次设备的整体长度,有利于一次设备的整体运输,同时采用互感器和一次设备整体设计,提高设备的稳定性,优化现场接线;②一次设备间隔联锁采用电缆方式,跨间隔采用 GOOSE 联锁,所有工厂完成调试。

2)变压器智能组件高度集成化。变压器智能组件集成 OLTC 控制器、有载开关控制器、测量 IED 功能,无需提供另外的设备。

3)二次设备。①单间隔保护设备和一次设备整体设计、安装、调试,所有工作可在工厂完成,真正实现单间隔设备现场“零调试”;②跨间隔设备主控室的安装,智能组件和跨间隔设备间通讯光缆全部采用预制方式,方便现场安装,跨间隔设备的调试和单间隔设备的调试可以同时进行,减少现场调试安装时间^[11-12]。

该方案中一、二次设备的连接实现了电缆插拔连接,可以快速的实现二次设备与一次设备本体的

整合,便于现场快速安装。主设备采取整装整运方式,较常规运输方式减少了运输形态。所有这些设备,大大减少了现场作业与调试工作、减少了变电站整体建设周期、提高了运行效率、增强了环保性。

参考文献:

- [1] 武威. 数字化变电站与常规变电站的区别比较分析[J]. 电力科技,2012(5):119.
WU Wei. A comparative analysis of the difference between the conventional substation and digital substation[J]. Power Technology,2012(5):119.
- [2] 易永辉,王雷涛,陶永健. 智能变电站过程层应用技术研究[J]. 电力系统保护与控制,2010,38(21):1-5.
YI Yonghui,WANG Leitao,TAO Yongjian. Process level application scheme in smart substation[J]. Power System Protection and Control,2010,38(21):1-5.
- [3] 张玉军,韩文庆,杨旭方,等. 220 kV 变电站典型设计综述[J]. 山东电力技术,2007(6):10-15.
ZHANG Yujun,HAN Wenqing,YANG Xufang,et al. Typical 220 kV substation design review[J]. Shandong Electric Power,2007(6):10-15.
- [4] 郭日彩,许子智,徐鑫乾. 220 kV 和 110 kV 变电站典型设计研究与应用[J]. 电网技术,2007,31(6):24-32.
GUO Ricai,XU Zizhi,XU Xinqian. Research and application of typical design for 220 kV and 110 kV substations[J]. Power System Technology,2007,31(6):24-32.
- [5] 高翔. 数字化变电站应用技术[M]. 北京:中国电力出版社,2008.
GAO Xiang. Application of technology of digital substation[M]. Beijing:China Electric Power Press,2008.
- [6] 刘乾业. 我国电网无功补偿装置装设情况及分析[J]. 电力电容器,2001,22(2):40-42.
LIU Qianye. Reactive power compensation device of the installation situation and analysis[J]. Power Capacitors,2001,22(2):40-42.
- [7] 李君权,张国军. 谐波电流对电力电容器的影响[J]. 辽宁工程技术大学学报,2005,24(3):397-399.
LI Junquan,ZHANG Guojun. Analysis of influence of electric current of wave in harmony on electric condenser[J]. Journal of Liaoning Technial University,2005,24(3):397-399.
- [8] 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.
ZHANG Huigang. Principle and system of substation automation[M]. Beijing:China Electric Power Press,2004.
- [9] 王德文,朱永利. 基于 IEC 61850 的输变电设备状态监测集成平台[J]. 电力系统自动化,2010,34(13):43-45.
WANG Dewen,ZHU Yongli. Condition monitoring and integrating platform for power transmission and transformation equipment based on IEC 61850[J]. Automation of Electric Power Systems,2010,34(13):43-45.
- [10] Q/GDW Z410—2010 高压设备智能化技术导则[S]. 北京:中国电力出版社,2010.
Q/GDW Z410—2010 Technical guide for smart electric equipments[S]. Beijing:China Electric Power Press,2010.
- [11] 张成林,王克英. 变电设备状态检修现状与展望[J]. 供用电,2006,23(6):1-3.
ZHANG Chenglin,WANG Keying. Substation equipment state maintenance and prospect[J]. Power and Electricity,2006,23(6):1-3.
- [12] 方晴,罗军川,华永东. 输变电设备状态维修策略[J]. 四川电力技术,2008,301(2):1-5.
FANG Qing,LUO Junchuan,HUA Yongdong. State repair strategy of power transmission and transformation equipment[J]. Sichuan Electric Power Technology,2008,301(2):1-5.

韩云(1979—),男,工程师,研究方向为变电站系统集成方案研究设计。

周兴扬(1963—),男,副总工程师,主要从事省变电站基建管理工作。

况骄庭(1977—),男,高级工程师(输变电注册电气工程师),主要从事变电站设计工作。