

大型超高压变电站运行条件下的电气改造方案

丁浩寅¹, 邵能灵¹, 崔新奇², 甘建忠², 范春菊¹

(1. 上海交通大学 电气工程系, 上海 200240;

2. 上海市电力公司超高压输变电公司, 上海 200063)

摘要: 针对大型超高压变电站在运行条件下进行电气改造的要求, 分析了变电站需要进行改造的主要原因及其电气改造过程中应遵循的相关规则; 在此基础上, 通过对大量超高压变电站改造实例的对比与分析, 提出了超高压变电站在运行方式下进行电气改造的可行性方案。并以上海电网若干大型变电站的改造工程为例, 介绍了利用该可行性方案对变电站双母线带旁路、双母线单分段带双旁路 2 种早期典型接线方式改造为双母线双分段接线的具体措施。

关键词: 超高压; 运行状态; 电气改造; 变电站改造; 典型接线方式

中图分类号: TM 63; TM 645

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2010)09-0132-06

0 引言

为了满足电网发展及负荷增长的需求, 保证地区电力的可靠供应, 必须考虑对老变电站进行运行方式下的大规模改造。由于各个变电站本身的情况存在差异性, 其改造工程也是各有特点^[1]。以上海地区几座变电站的改造为例, 港口站改造是因为高型构架的配电装置老化严重, 威胁到了电网的安全; 青浦站改造是因为原有主接线方式无法满足分区联络负荷转移的需要; 万荣站改造是因为主变负载率较高, 主变需要增容及新增 110 kV 电压等级; 黄渡站改造是因为原有出线间隔用尽, 高型架构出现老化现象^[2-3]。

虽然每个变电站的改造情况有着诸多不同, 但是通过对改造实例的研究、对比, 可以发现变电站改造中的共性。例如, 目前大型变电站改造后的主接线都采用双母双分段的接线方式; 配电装置普遍由原先的高型构架改造为气体绝缘组合电器设备 GIS (Gas Insulated Switchgear) 配电装置; 变电站的改造大多采用站内就地改造等。本文通过对不同变电站改造工程的分析, 提出适用于常见变电站电气改造的规则方案, 并对部分早期典型接线方式改造的具体步骤作了分析, 以供今后变电站改造工程参考^[4-6]。

1 变电站改造规则

导致变电站大规模改造的原因主要包括以下三方面^[7-9]:

- 配电装置出线间隔已饱和, 有必要扩建配电间隔;
- 配电装置内部接线与规划进线不匹配;
- 室外高型构架配电装置已达到设计寿命;

- 主变平均负载率较高, 需要增容;

- 为配合地区 110 kV 等级电网发展, 新增相应的电压等级。

为了保证变电站改造工程实施的科学性、安全性, 满足变电站“两型一化”的要求, 提高变电站改造后的运行效率和安全性, 一般认为变电站电气改造工程应遵循如下原则:

- 统一计划、分步实施、安全第一、稳妥可靠;
- 尽可能减少停电时间, 尽量利用老设备和设施;
- 配电装置就地改造时, 必须保证变电站运行安全;
- 新建配电装置采用可靠性高、占地较少的 GIS 装置;
- 兼顾远景建设规模的需要, 对设备及建筑进行调整, 提高场地综合利用率。

2 变电站电气改造方案

由于每个变电站都具有特殊性, 变电站的改造工程也应该从实际情况入手, 根据上述改造原则, 研究出最佳的改造方案。通过上海市若干已完成或正在进行的大型变电站改造经验总结, 本文提出运行条件下的变电站改造工程方案。运行条件下的变电站改造一般可以分为站内改造和小规模就地改造 2 种, 而站内改造方案又包括改造期间由原配电装置临时供电与改造期间线路变压器直接受电 2 种^[9-12]。

2.1 站内改造方案

2.1.1 改造期间由原配电装置临时供电

该方案利用原配电装置在改造期间进行临时供电, 保证改造工程在变电站运行的条件下实施。具体施工过程可以分为 4 个阶段依次实施:

- 拆除部分配电设备, 腾出新配电装置建设场地;
- 进行新配电装置的建设;

c. 主变及线路切换,接入新配电装置相应间隔;

d. 平整和清理场地。

施工过程中需要用安全围栏明确划分施工区与运行区,保证站内设备运行安全。

2.1.2 改造期间线路变压器直接受电

该方案利用临时电缆将进线与主变连接成线路变压器接线方式,保证改造工程在变电站运行条件下实施。原配电装置由于不带电,可退出运行,便于拆除工程的进行。施工工程同样可以分为 4 个阶段:

a. 自进线侧至主变高压侧敷设临时电缆排管;

b. 进线通过临时电缆连至主变高压侧,原配电装置不带电,线路变压器组直接受电;

c. 拆空原配电场地,就地建设新配电设备;

d. 主变及线路切换,接入新配电装置相应间隔。

施工过程中拆除原配电装置时,应保护好处于运行状态的电缆及电缆头,保证主变正常运行,做好临时隔离围栏,确保施工安全。

可见,站内改造方案显著的优点在于可以节省土地资源,保证了改造工程在变电站运行条件下实施,适用于土地资源宝贵、负荷密集的城区变电站改造。

2.2 小规模征地改造

小规模征地改造方案利用变电站周围空置的场地资源,征用部分场地来建设新配电装置。改造期间,变电站无需长时间停电,只在线路切换阶段进行短时间停电。施工过程分 4 个阶段依次实施:

a. 在变电站围墙外沿线路走廊方向小规模征地;

b. 在征用地上建造 GIS 配电装置楼;

c. 主变及线路切换,从原配电装置接入 GIS 相应间隔;

d. 拆空原配电装置,平整场地。

施工过程中新建 GIS 配电楼时,应注意控制建筑高度,不影响原有出线和原配电装置的运行。

由于如今上海土地资源稀缺,征地价格昂贵,大部分变电站位于负荷密集的城区,采用此方案会增加征用土地的费用,提高投资成本。因此,小规模征地改造方案在实际改造工程中很少采用。

3 变电站早期典型主接线方式的改造

建设于早期的大型变电站,开关设备操作可靠性不高,由开关误动或者拒动引起的故障次数较多,所以上海地区多数老式变电站高压侧接线都采用带旁路母线的接线方式。根据有关资料显示,变电站早期高压侧接线方式以双母带旁路接线与双母线单分段带双旁路接线为主。随着 SF₆ 断路器和 GIS 设备技术的成熟及其价格的下降,开关设备的操作可靠性及准确性大幅度提高,并且有了广泛的应用。因此,在目前的变电站改造工程中,已取消了高电压等级的旁路母线,经改造后一般都采用双母线双分段接线方式。为了节省配电场地,美化变电站建筑外观,原配电装置经改造后一般采用 GIS 组合电器^[13-15]。

下面依照站内改造工程施工方案,以上海某 2 座 220 kV 变电站的站内改造为例,介绍由早期典型接线方式改造成双母双分段接线的具体过程。

3.1 双母线带旁路改造为双母线双分段

假设某 220 kV 变电站 220 kV 侧主接线方式为双母线母联兼旁路接线,有 3 回电源进线、3 台主变,接线方式见图 1。经改造后,220 kV 侧接线为双母线双分段 2 台分段断路器接线方式,有 8 回进出

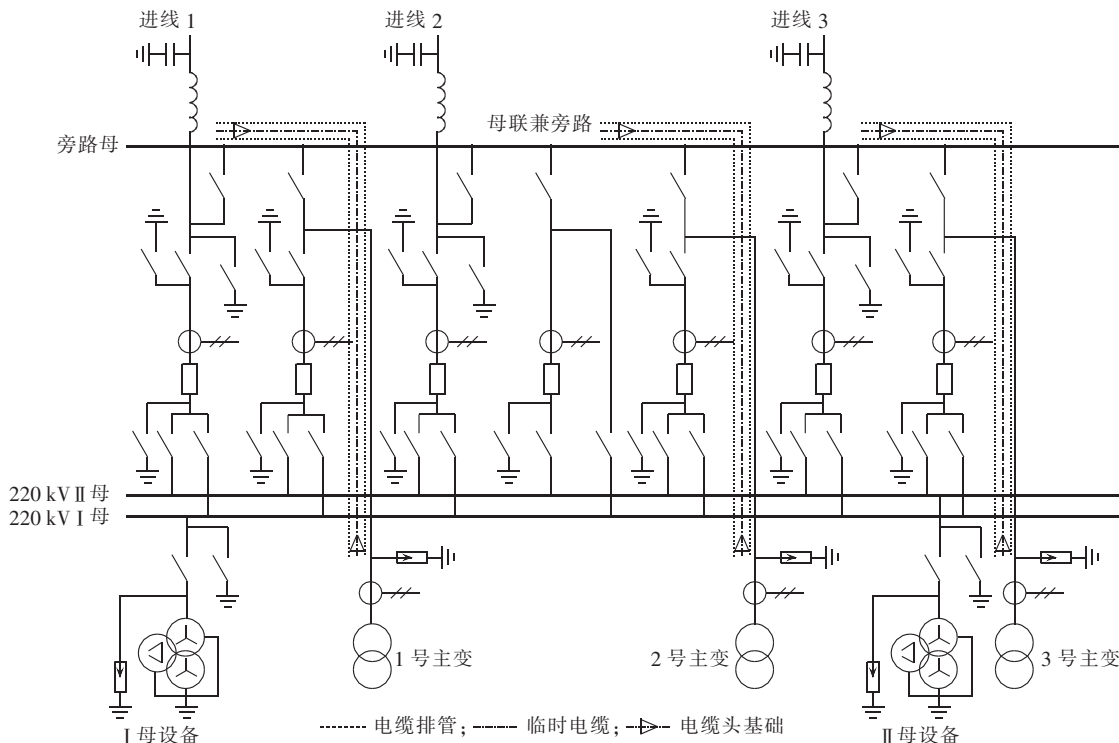


图 1 改造第 1、2 步示意图

Fig.1 Schematic diagram of reconstruction step 1 and 2

线,其中 3 回电源进线、5 回备用。

电气改造施工方案采用改造期间线路变压器直接受电的方法。详细改造分下述 5 步进行。

步骤 1 敷设临时电缆排管自进线侧至主变高压侧(见图 1 中虚线)。由于站内设备均处于运行状态,施工需加强现场监护。

步骤 2 在主变附近新建 220 kV 电缆头基础(见图 1 中三角标记),并敷设临时电缆(见图 1 中点划线)。施工时与运行主变之间搭建临时隔离围栏,

严格现场管理。

步骤 3 原进线经站内临时电缆接入主变高压侧(主变逐台接入),主变以线路变压器组的形式投运(见图 2 中注解),原配电装置退出运行。施工时主变与原配电装置之间搭建临时围栏,在拆除构架期间起到与运行设备隔离的作用。

步骤 4 分段分跨拆除原配电装置,见图 3。施工时应注意保护处于运行状态的电缆头,保证主变运行安全。

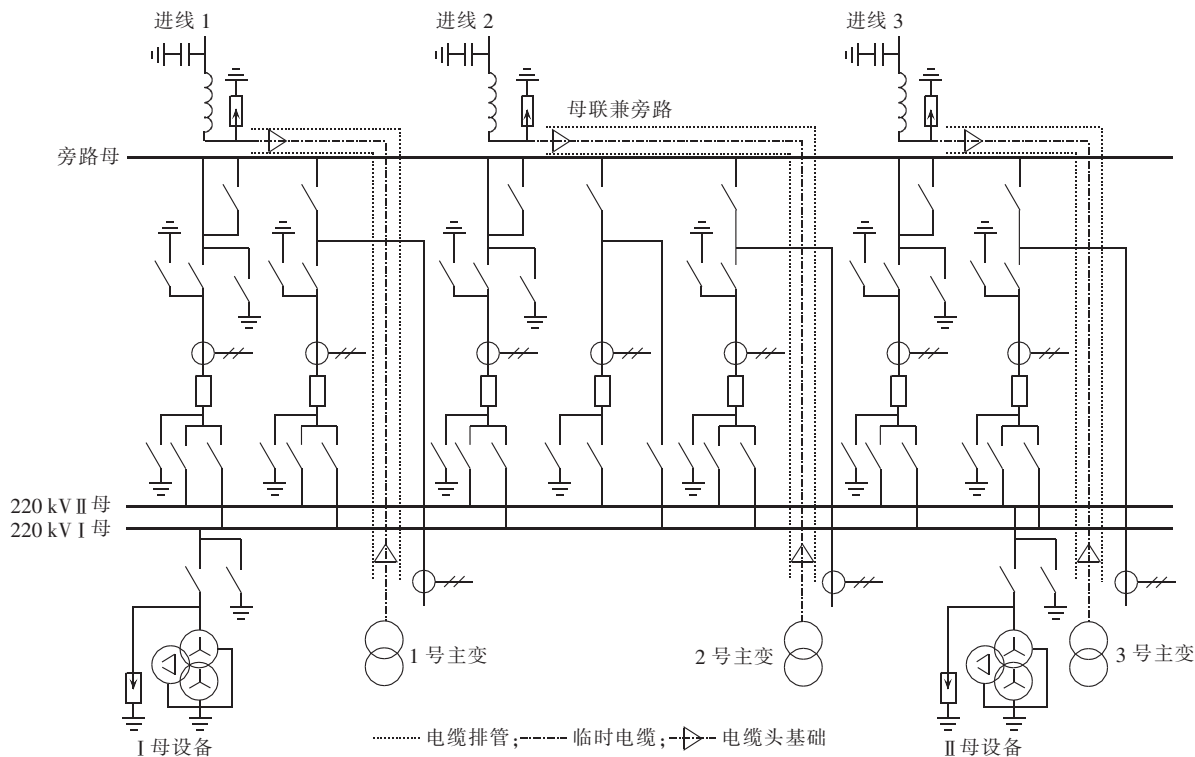


图 2 改造第 3 步示意图

Fig.2 Schematic diagram of reconstruction step 3

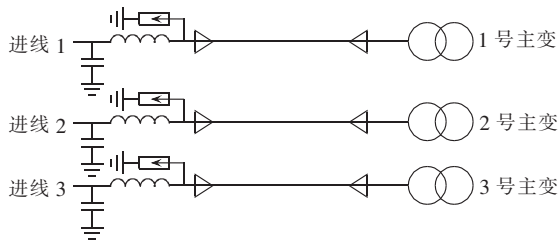


图 3 改造第 4 步示意图

Fig.3 Schematic diagram of reconstruction step 4

步骤 5 在原配电场地新建 GIS 配电装置楼。主变及线路的切换以间隔为单位,将主变与进线接入 GIS 设备相应间隔并投运,改造后 220 kV 接线方式如图 4 所示。

3.2 双母单分段带双旁路母线改造为双母线双分段

假设某 220 kV 变电站 220 kV 侧接线为双母线单分段带双旁路母线接线,有 3 台主变、1 回分段、2 回母联、2 回旁路、4 回电源进线、1 回备用,接线方式如图 5 所示。经改造后,220 kV 侧接线为双母线双分段接线,有 3 台主变、2 回分段、2 回母联、4 回电源进

线、2 回备用。新建配电装置采用户外 GIS 设备,GIS 的建设分 2 步进行。电气改造方案采用改造期间由原配电装置临时供电的方法。

3.2.1 拆除部分配电设备,腾出 GIS 一期建设场地

该施工阶段应结合站内双母线单分段带双旁路接线方式的实际情况,考虑拆除部分配电设备,为 GIS 腾出建设场地。通过对图 5 的研究,可以先拆除进线 1 和进线 2 间隔的设备。为了保证站内的正常供电,进线 1、2 不能停运,因此考虑通过旁路 2 临时供电,具体方法如下:

- 安装旁路 2 跨线、引下线和连接电缆头;
- 敷设临时电缆供进线 1、2 待用(见图 6 中点划线部分);
- 旁路 2 临时带进线 1、2。

此时,原进线 1、2 仓位不带电,拆除其仓位的设备。元件拆除后腾出的 GIS 建设场地见图 6 中虚线框部分。

3.2.2 GIS 一期建设

首先,实施 GIS 土建的施工,包括 GIS 基础、

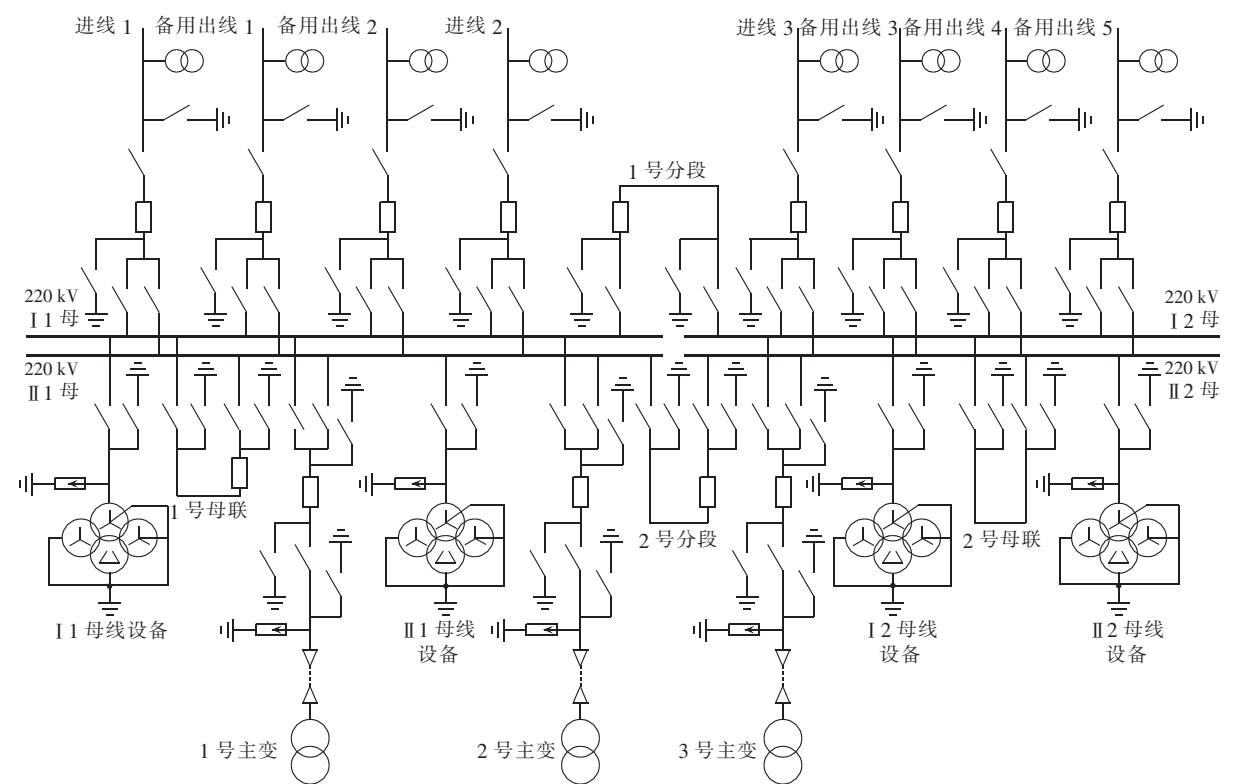


图 4 改造完成接线示意图

Fig.4 Connection diagram after reconstruction

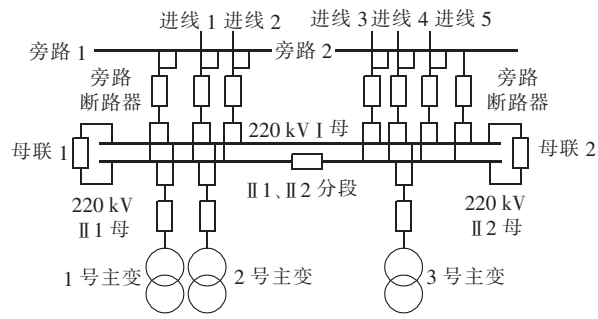


图 5 改造前示意图

Fig.5 Connection diagram before reconstruction

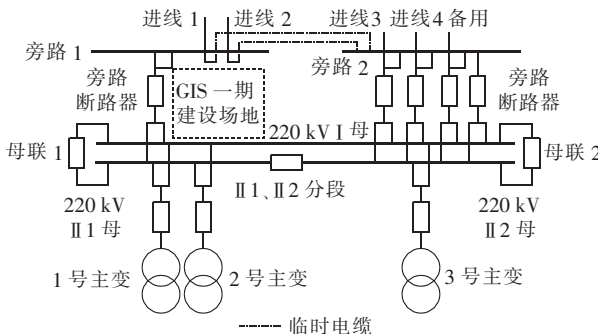


图 6 改造第 1 步示意图

Fig.6 Schematic diagram of reconstruction step 1

新出线门架基础及出线设备施工等;其次,进行 GIS 设备安装调试,共有 8 个间隔(进线 1,进线 2,备用 1,母联 1,主变 1,主变 2,I 1、I 2 分段,II 1、II 2 分段)。原进线 1、2 及主变 1、2 分间隔逐步移入 GIS 配电装置相应间隔内,原进线 3 暂时移入备用 1 间隔内,主变 3 通过进线 4 供电。接线情况如图 7 所示。

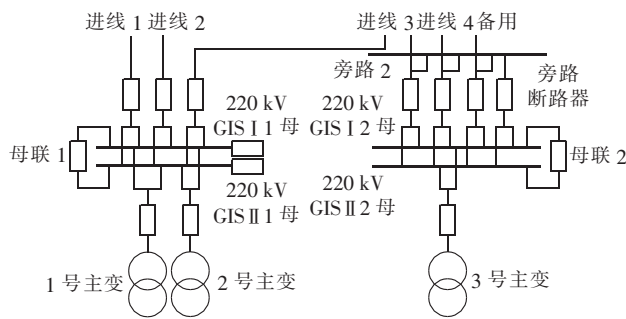


图 7 GIS 一期建设示意图

Fig.7 Schematic diagram of GIS construction phase I

3.2.3 拆除部分配电设备,腾出 GIS 二期建设场地
由于进线 3 回路已接入 GIS 备用 1 间隔,其仓位的设备及架构可拆除。利用旁路 2 临时带进线 4,拆除进线 4 仓位的设备和备用回路仓位设备及架构,如图 8 所示。

3.2.4 GIS 二期建设

GIS 土建与设备安装调试内容与 3.2.2 节类似,

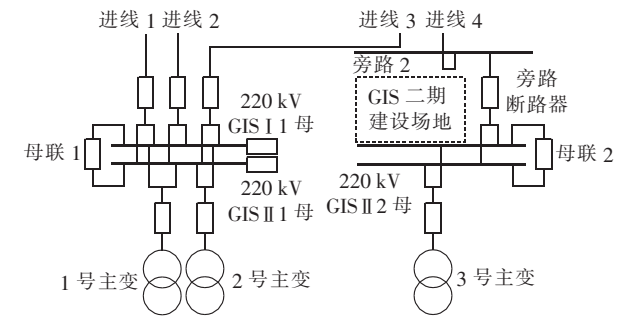


图 8 GIS 二期建设示意图

Fig.8 Schematic diagram of GIS construction phase II

不再复述。进线 3 由备用 1 移出,转接入 GIS 进线 3 间隔;进线 4、主变 3 逐步移入 GIS 相应的间隔。GIS 二期建设后 220 kV 侧接线方式如图 9 所示。

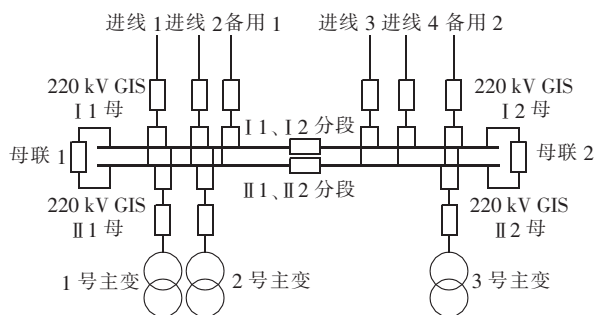


图 9 改造后示意图

Fig.9 Connection diagram after reconstruction

3.2.5 拆空原配电场地

GIS 装置投运后,原 220 kV 高型构架退出运行,并进行拆除。平整配电场地,对空置场地进行规划利用。

4 效果评价

老式变电站经改建后,在下述几个方面得到了显著改善。

a. 满足负荷增长及电网发展的需求。通过对变电站主变及进线的增容,提高了变电容量,保证了对负荷的供电,缓解了地区电网的压力。

b. 节省变电站占地面积,改善建筑外观。和敞开式配电装置相比,采用 GIS 配电装置可节省占地 80% 以上。

c. 排除了因构架老化对变电站运行造成的安全隐患。采用 GIS 更换高型构架配电装置的改造,从根源上解决了构架老化问题给电网带来的威胁,提高了供电的可靠性及电网运行的稳定性、安全性。

d. 城区变电站深入市区中心,地理位置优越,担负着市区中心地区的供电任务。通过改造,将户外配电装置户内化,使变电站的噪声在标准规定范围之内,不会影响周围群众的生产、生活。

e. 满足电网短路容量增长的需求。变电站改造中,通过将遮断容量偏小的开关更换成遮断容量满足运行要求的开关,保证电网的安全运行及负荷的可靠供电。

5 结语

本文在研究了若干变电站改造实例的基础上,提出了适用于大型变电站在运行方式下进行电气改造的规则方案。该方案能保证变电站在运行条件下实施改造工程,满足变电站改造的规则,可供今后变电站改造工程参考。

参考文献:

[1] 忻国胜,王敏. 220 kV 城市旧变电站的改建新思路[J]. 华东电力,2007,35(1):45-47.

XIN Guosheng,WANG Min. New concept of retrofit and extension for old 220 kV urban substations[J]. East China Electric Power,2007,35(1):45-47.

[2] 忻国胜,王怡风,郭斌强,等. 220 kV 大型中心变电站小型化设计实例[J]. 华东电力,2009,37(2):261-264.

XIN Guosheng,WANG Yifeng,WU Bintaot,et al. Militarization design for 220 kV large central substations[J]. East China Electric Power,2009,37(2):261-264.

[3] 叶军. 上海电网紧凑型变电站设计思路[J]. 华东电力,2009,37(8):1286-1288.

YE Jun. Compact design of substations in electric power network of Shanghai [J]. East China Electric Power,2009,37(8):1286-1288.

[4] 侯源红,李越. 220 kV 变电站布置方案浅析[J]. 供用电,2006,23(5):31-32.

HOU Yuanhong,LI Yue. Brief analysis on the layout scheme of the 220 kV substation[J]. Distribution & Utilization,2006,23(5):31-32.

[5] 魏书驩. 上海电网 220 kV 变电站简化主接线探讨[J]. 上海电力,1995,8(3):4-7.

WEI Shulu. 220 kV substation simplified main wiring in Shanghai power grid[J]. Shanghai Dianli,1995,8(3):4-7.

[6] 应志玮. 220 kV 城市变电站设计的回顾与展望[J]. 上海电力,2001,14(2):14-16.

YING Zhiwei. Review and prospect of 220 kV urban substation design[J]. Shanghai Dianli,2001,14(2):14-16.

[7] 汪健康. 改造建设无人值班变电站的体会[J]. 电力自动化设备,1998,18(1):43-44.

WANG Jiankang. Same experiences in reconfiguration unmanned substations[J]. Electric Power Automation Equipment,1998,18(1):43-44.

[8] 姚莉娜,张军利,刘华,等. 城市中压配电网典型接线方式分析[J]. 电力自动化设备,2006,26(7):26-29.

YAO Lina,ZHANG Junli,LIU Hua,et al. Analysis of typical connection modes of urban middle voltage distribution network [J]. Electric Power Automation Equipment,2006,26(7):26-29.

[9] 李超群. 上海电网 220 kV 一个半断路器接线继电保护设计[J]. 电力自动化设备,2002,22(3):53-55.

LI Chaoqun. Protective relay design for 220 kV bus scheme with one-and-half breaker in Shanghai electric power network[J]. Electric Power Automation Equipment,2002,22(3):53-55.

[10] 曹麒方. 500 kV GIS 安装技术方案[J]. 电力建设,2009,30(11):35-38.

CAO Qifang. 500 kV GIS installation technical scheme[J]. Electric Power Construction,2009,30(11):35-38.

[11] 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(1):24-30.

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):24-30.

[12] 金磊. 220 kV 开关站运行中双母线分段改造[J]. 江苏电机工程,2004,23(3):42-43.

JIN Lei. Double bus segmental reformation under the operation of 220 kV substation[J]. Jiangsu Electrical Engineering,2004,23(3):42-43.

[13] 付功连. 浅谈变电站设备改造思路和设计优化[J]. 邵阳学院学报:自然科学版,2006,3(3):59-61.

FU Gonglian. Optimization of design on reforming equipments of old substations and reform experiences[J]. Journal of Shaoyang University:Science and Technology,2006,3(3):59-61.

[14] 陈珏,房岭峰. 现有超高压变电站高型构架的改造[J]. 供用电,2004,21(2):41-42.

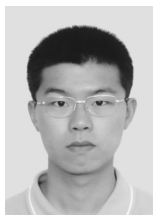
CHEN Jue,FANG Lingfeng. Existing EHV substation reconstruction of the high-type framework[J]. Distribution & Utilization,2004,21(2):41-42.

- [15] 李芳红. 220 kV 变电站高、中压侧母线最佳接线方式探讨[J]. 广东电力, 2008, 21(2): 48-51.
- LI Fanghong. Optimal wiring scheme of HV-side and MV-side buses in 220 kV substations[J]. Guangdong Electric Power, 2008, 21(2): 48-51.

(实习编辑: 李 莉)

作者简介:

丁浩寅(1986-), 男, 江苏无锡人, 硕士研究生, 研究方向为电力系统继电保护(E-mail: coolding@sjtu.edu.cn);



丁浩寅

邵能灵(1972-), 男, 江苏南京人, 教授, 主要从事电力系统继电保护及电力市场的研究;

崔新奇(1974-), 男, 河南汝阳人, 高级工程师, 主要从事电力系统建设、运行及管理工作;

甘建忠(1965-), 男, 上海人, 助理工程

师, 从事电力系统建设、运行及管理工作;

范春菊(1967-), 女, 江苏海门人, 副教授, 主要从事人工智能在电力系统继电保护中的应用的的教学及科研工作。

Strategy of electrical equipment reconstruction for large operating EHV substation

DING Haoyin¹, TAI Nengling¹, CUI Xinqi², GAN Jianzhong², FAN Chunju¹

(1. Electrical Power Engineering Department, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China;

2. Extra High Voltage Power Transmission Company, SMEPC, Shanghai 200063, China)

Abstract: The main reasons and related rules are analyzed for the electrical equipment reconstruction of large EHV (Extra-High-Voltage) substation under operation and the feasible strategy of substation reconstruction under operation is proposed based on the comparison and analysis of plentiful reconstruction practices. With several large substation reconstruction projects of Shanghai power grid as examples, the concrete measures in implementing the reconstruction strategy to transform two typical early connection modes, the double-bus with bypass and the double-bus single-section with double-bypass, into the connection mode of double-bus double-section are introduced.

Key words: EHV; operating condition; electrical equipment reconstruction; substation reconstruction; typical connection mode