

# 钢铁变电所设计及继电保护计算

聂素珍

(水城钢铁公司设计院, 贵州 六盘水 553028)

**摘要:** 钢铁变电所供电负荷为五台制氧机, 供电电网系统中还包括发电机组等负荷, 其继电保护计算极为复杂, 在同类型的110kV等级变电所设计中具有典型性; 通过对该变电所继电保护中短路电流的计算与分析, 确定了变电所的一次运行方式, 为变电所的正常运行提供了可靠依据, 为今后同类型变电所设计提供参考依据。

**关键词:** 110 kV 变电所; 继电保护; 短路电流; 设计; 计算

## Design of iron&steel substation and calculation of relay protection

NIE SU-zhen

(Design Academe of Shuicheng Iron&Steel Corp., Liupanshui. 553028, China)

**Abstract:** The power loads of our iron&steel substation include 5 oxygen plants, meanwhile, the power system has also other loads, such as generators, therefore, the calculation of its relay protection is extremely complicated, being typical for the design of 110 kV substations of same type. The paper calculates and analyzes short-circuit current in the relay protection of the substation, decides the primary operation of the substation and provides a reliable basis for its normal operation. It provides a reference for the design of substations of same type in the future.

**Key words:** 110 kV substation; relay protection; short-circuit current; design; calculation

中图分类号: TM744 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2009)03-0088-03

## 0 引言

水钢 07 变电所改造是水钢“十五”规划水电网整体大调整中实施的一个重要项目, 07 变电所是 110 kV/6 kV 变电所, 由于此变电所供电负荷为五台制氧机, 负荷极大且极为复杂, 包括多台大型同步电动机、大功率的异步电动机, 此 110 kV 系统中包括发电机、同步机的短路电流反馈, 异步电动机的冲击电流反馈, 其继电保护计算等都极为复杂, 在同类型的 110 kV 等级变电所设计中具有典型性。

## 1 07 变电所的一、二次系统配置

07 变电所 110 kV 供电系统及 6 kV 供电系统均采用单母线分段运行方式, 互为备用(母联备自投); 主变型号为 SZ9D-40000  $\pm$  8  $\times$  1.25% kV/6.3kV, YN, d11 两台节能自冷式有载调压变压器, 110 kV 设备采用国外先进的 ABB 产品, EXK-01 型 SF6 全封闭组合电器, 共五个间隔(两受电、两主变、一母联), 额定电流 2500 kA, 开断 40 kA。6 kV 侧设备采用国内先进设备 XGN2A-12 固定式金属封闭开关设备, 内配 VS1-12 真空断路器(机电寿

命 20000 次), 两台受电及母联配 VD4 型真空断路器。本变电所二次系统采用国内较为先进的清华紫光 DCAP-3000 综合自动化系统。

## 2 07 变电所继电保护计算

由于现 07 变电所两路电源暂时由中央变两路 110 kV 进线 T 接, 则系统需根据水城变及城北变两路电源系统参数进行计算, 6 kV 系统短路电流计算组成部份: 包括动力厂余热发电机组从 01 变电所反馈至中央变 110 kV 系统的短路电流、水城变及城北变系统的短路电流及 1、2、3、4、5 号制氧机同步电动机的反馈短路电流及其异步电动机反馈冲击短路电流, 相关计算如下:

### 2.1 据六盘水供电局调度管理所 2004 年 7 月 19 日提供的短路阻抗进行计算

水城变距 07 变电所 9 km, 城北变距 07 变电所 5 km。

$X_{01\max}=0.0695$ ,  $X_{01\min}=0.0916$ ;  $X_{02\max}=0.1335$ ,  $X_{02\min}=0.1820$ 。计算电路图见图 1。

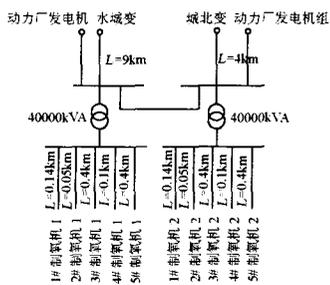


图 1 计算电路图

Fig.1 Calculation circuit

2.2 主变为 10.5%时的短路计算

110 kV 线路:

$X1 = XLSj/Uj^2 = 0.027$ ;  $X2 = XLSj/Uj^2 = 0.015$ ;  
 $X01max + X1 = 0.0965$ ;  $X02max + X2 = 0.1485$ ;  
 $X01min + X1 = 0.1186$ ;  $X02min + X2 = 0.197$ 。  
 因此, 系统取最大: 0.0965, 最小: 0.197,  
 发电机:  $X' = 1.582$ 。主变:  $X3 = 0.263$ 。

6 kV 线路:

$X4 = XLSj/Uj^2 = 0.014$   
 $X5 = XLSj/Uj^2 = 0.005 = X9 = X10 = X11$ ;  
 $X6 = XLSj/Uj^2 = 0.04 = X9'$ ;  
 $X7 = XLSj/Uj^2 = 0.005 = X12$ ;  
 $X8 = XLSj/Uj^2 = 0.02 = X13$ 。

同步机:

$X14 = X''*d = X''*d\%/100 \times Sj/Pe/\cos \phi = 8.57$ ;  
 $X15 = X''*d = X''*d\%/100 \times Sj/Pe/\cos \phi = 4.86$ ;  
 $X16 = X''*d = X''*d\%/100 \times Sj/Pe/\cos \phi = 5.29$ ;  
 $X17 = X''*d = X''*d\%/100 \times Sj/Pe/\cos \phi = 2.25$ ;  
 $X18 = X17 = X''*d = X''*d\%/100 \times Sj/Pe/\cos \phi = 2.25$ 。

异步机:

$X19 = X''*d = X''*d\%/100 \times Sj/Pe/\cos \phi = 16$ ;  
 $X20 = X''*d = X''*d\%/100 \times Sj/Pe/\cos \phi = 6.4$ ;  
 $X21 = X22 = X''*d = X''*d\%/100 \times Sj/Pe/\cos \phi = 8.65$ ;  
 $X23 = X24 = X''*d = 3.81$ 。等值阻抗图如图 2 所示。

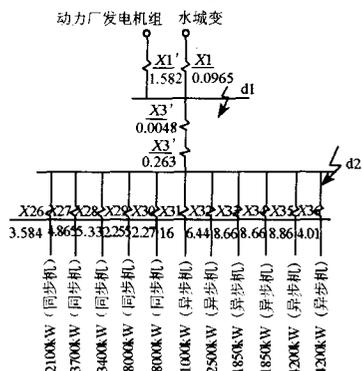


图 2 等值阻抗图

Fig.2 Equivalent impedance

2.3 07 变电所 6 kV 系统短路电流相关计算 (见简化图 3)

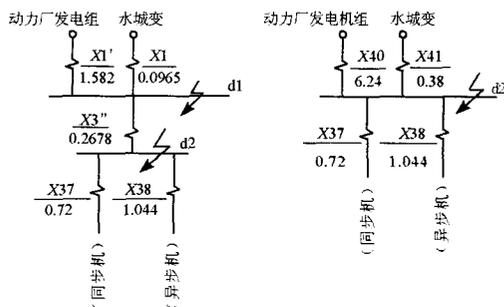


图 3 等值阻抗图

Fig.3 Equivalent impedance

同步机为:  $X37 = 0.72$ ; 异步机为:  $X38 = 1.044$ 。  
 根据以上计算,  $d2$  点的短路计算如下:  
 系统:  $I''z = 9.16/0.38 = 24.1 \text{ kA}$ 。  
 同步机为按有阻尼线圈考虑而增加的值:  
 $Xjs37 = X37 \times Pe/\cos \phi/Sj + 0.07 = 0.272$ 。  
 查运算曲线得:  $I''*z = 4.04, I^*\infty = 3.05$ ,

$$I_{ed} = Sed/\sqrt{3} Ue = 28/1.732 \times 6 = 2.69 \text{ kA},$$

$$I''z = I''*z I_{ed} = 2.69 \times 4.04 = 10.88 \text{ kA},$$

$$I^*\infty = I^*\infty I_{ed} = 2.69 \times 3.05 = 8.2 \text{ kA}.$$

$$\text{发电机: } Xjs' = X1' \times Pe/\cos \phi/Sj = 0.936.$$

$$\text{查运算曲线得: } I''*z = 1.12, I^*\infty = 1.24,$$

$$I_{ed} = Sed/\sqrt{3} Ue = 15/1.732 \times 6 = 1.44 \text{ kA},$$

$$I''z = I''*z I_{ed} = 1.44 \times 1.12 = 1.6 \text{ kA},$$

$$I^*\infty = I^*\infty I_{ed} = 1.44 \times 1.24 = 1.79 \text{ kA}.$$

异步电动机:

$$I_{ed} = Sed/\sqrt{3} Ue = 15/1.732 \times 6 = 1.88 \text{ kA};$$

$$i_{ch} = \sqrt{2} \times 0.9 \times 1.6 \times 1.88/1.044 = 3.67 \text{ kA}.$$

计算结果:

$$I''z = 24 + 1.6 + 10.88 = 36.48 \text{ kA};$$

$$I^*\infty = 24 + 1.79 + 8.2 = 33.99 \text{ kA};$$

$$i_{ch} = 36.48 \times 2.55 + 3.67 = 96.69 \text{ kA}.$$

因此, 07 变电所 6 kV 系统最大运行方式下短路电流为 36.48 kA。

2.4 如不考虑 5#制氧机, 07 变电所 6 kV 系统短路电流相关计算中系统的短路电流及发电机的短路电流不变, 只有同步机短路电流发生变化  
 同步机为按有阻尼线圈考虑而增加的值:

$$Xjs37 = X37 \times Pe/\cos \phi/Sj + 0.07 = 0.27.$$

$$\text{查运算曲线得: } I''*z = 4.04, I^*\infty = 3.05,$$

$$I_{ed} = Sed/\sqrt{3} Ue = 19.1/1.732 \times 6 = 1.84 \text{ kA},$$

$$I''z = I''*z I_{ed} = 1.84 \times 4.04 = 7.43 \text{ kA},$$

$I^*\infty = I^*\infty I_{ed} = 1.84 \times 3.05 = 5.6 \text{ kA}$ 。

计算结果: $I'z = 24 + 1.6 + 7.43 = 33.03 \text{ kA}$

$I^*\infty = 24 + 1.79 + 5.6 = 31.39 \text{ kA}$

以上公式中符号注释:

$X_n$  为电抗标么值,

$X_L$  为线路每相电抗值,  $\Omega$

$S_j$  为基准容量, MVA

$U_j$  为基准电压, kV

$X'd\%$  为电动机的次暂态电抗百分比

$I'z$  为次暂态短路电流, kA。

$I_{ch}$  为三相短路冲击电流, kA。

$I^*z$  为次暂态短路电流周期分量的标么值, kA。

$I^*\infty$  为三相短路电流稳态有效值, kA。

可见,不考虑 5#制氧机时,其 6 kV 系统最大运行方式下短路电流为 33.03 kA,但 07 变电所的下级 6 kV 制氧机配电室断路器开断均为 31.5 kA。因此,即使不计算 5#制氧机,07 变 6 kV 系统仍然不能满足下级变电所的断路器开断要求。如果不采取相应措施来增加系统阻抗,07 变电所向下级配电室只能分段供电,不能采取一段母线同时向 1#、2#、3#、4#号制氧机供电。变电所正常运行方式下 1#、4#号制氧机及一台氮压机与下 2#、3#号制氧机及另一台机须分段动行。

### 3 结论

随着此项目的顺利实施,原 07 变 6 kV 负荷(1、

2、3 号制氧机)已迁出中央变,并改为由水城电厂及城北变供电,大大减轻了水钢枢纽变电所(中央变电所)的负荷,增加了中央变电所的运行可靠性(部分时间已为满负荷运行),并由于此变电所的建成,4#制氧机能顺利投运,为新炼钢工程全面实施提供了生产前提条件和可靠保障。通过两年的运行,比改造前更稳定、更可靠。

### 参考文献

- [1] 崔家佩,孟庆炎.电力系统继电保护与安全自动装置整定计算.中国电力出版社,2000.  
CUI Jia-pei,MENG Qing-yan, Power System Protection and Security of Automatic Tuning Device, China Electric Power Press,2000.
- [2] 贺家李,宋从矩.电力系统继电保护原理.中国电力出版社,2004.  
HE Jia-li,SONG Chong-ju.Power System Protection Principle,China Electric Power Press,2004
- [3] 陈延标.钢铁企业电力设计手册.冶金工业出版社,2000.  
CHEN Yan-biao, Iron and Steel Enterprises Power Design Manual, Metallurgical Industry Press,2000.

收稿日期: 2008-03-26; 修回日期: 2008-04-18

作者简介:

聂素珍(1969-),女,硕士研究生,主要从事冶金系统电力系统自动化及控制、高压供配电的设计管理及设计工作。E-mail: sgsjy7126@sina.com

(上接第 78 页 continued from page 78)

IEC61850 双网技术的需求也越来越迫切。本文给出的变电站内 IEC61850 双网通信多种可行技术,并都通过测试<sup>[5]</sup>,部分技术已在数字化变电站得到应用。IEC61850 双网热备用技术由于在可靠性、实时性、互操作性等方面的特点,已成为数字化变电站主要采用的双网技术。

### 参考文献

- [1] IEC61850,Communication Networks and Systems in Substations,Part 8-1:Specific Communication Service Mapping (SCSM) -Mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3[S].
- [2] IEC61850,Communication Networks and Systems in Substations,Part7-1:Basic Communication Structure for Substation and Feeder Equipment-Principles and Models[S].
- [3] 王海峰,丁杰.对变电站内若干网络通信问题的探讨[J].电网技术,2004,28(24): 65-68.

Wang Hai-feng,Ding Jie.Research on Several Issues of Substation Network Communications[J].Power System Technology,2004, 28(24): 65-6.

- [4] IEEE 802.3ad Standard .
- [5] 吴俊兴,胡敏强,吴在军,奚国富,杜炎森.基于 IEC 61850 标准的智能电子设备及变电站自动化系统的测试.电网技术,2007,31(2): 70-74.  
WU Jun-xing,HU Min-qiang,WU Zai-jun, XI Guo-fu,DU Yan-sen.Testing of IEC 61850 Based Intelligent Electronic Device and Substation Automation System. Power System Technology,2007,31(2): 70-74.

收稿日期: 2008-04-02; 修回日期: 2008-07-18

作者简介:

王海峰(1973-),男,工程师,长期从事电力系统自动化方面的工作; E-mail:wanghf@naritech.cn  
丁杰(1966-),男,高级工程师,长期从事电力系统自动化方面的工作;  
陈爱林(1975-),男,工程师,长期从事电力系统自动化方面的工作。