

## 南阳市郊 110 kV 变电站一次侧设计

张元敏<sup>1</sup>, 全少理<sup>2</sup>

(1. 许昌学院电气信息工程学院, 河南 许昌 461000; 2. 南阳供电公司 50 kV 白河变电站, 河南 南阳 473000)

**摘要:** 根据 110 kV 变电站一次设计规范和南阳市郊未来负荷发展的总体趋势, 明确了变电站的设计总体要求。通过对负荷资料的分析以及从安全、经济和可靠性等方面考虑, 确立了变电站的主接线方案; 由负荷计算确定了主变压器台数、容量及型号。并把最大负荷、短路电流、最大长期工作电流等计算结果作为依据, 分别对断路器、隔离开关、互感器等主要设备进行选型。最终完成了 110 kV 变电站的一次侧设计。

**关键词:** 变电站; 侧设计; 主设备; 选型; 短路电流

## Design of Nanyang suburb 110 kV primary substation side

ZHANG Yuan-min<sup>1</sup>, QUAN Shao-li<sup>2</sup>

(1. College of Electrical and Information Engineering, Xuchang University, Xuchang 461000, China;

2. Baihe 50kV Transformer Substation, Nanyang Electric Power Company, Nanyang 473000, China)

**Abstract:** Design population demands of transformer substation is firm, according to substation design standards and changing load total tendency of Nanyang Suburb. Scheme of connection is also defined, in reference to load materials and considering economic security factor. Model number, capacity and amount of main transformer are ascertained according to loading calculation results. The important equipments such as transformer, breaker, isolation switch are chosen by means of the highest load, short circuit current and the most long-term working current. At last, primary side design of 110 kV transformer substation is completed.

**Key words:** substation; side-design; main equipments; lectotype; short-circuit current

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2008)14-0083-04

## 0 引言

变电站是电力系统的重要组成部分, 它直接影响整个电力系统的安全与经济运行, 是联系发电厂和用户的中间环节, 起着变换和分配电能的重要作用。南阳市有 550 MVA 和 1350 MVA 的电厂两座, 并有甲、乙两个变电所。南阳市区拟新建 110 kV 变电所将两座电厂通过甲、乙变电所更好地连接起来, 从而形成统一的供电网络。为更好地解决南阳市供电问题, 同时也促进了供电网络的形成和供电的可靠性, 本设计以 110 kV 变电站为主要设计对象, 具体涉及主变压器、母线、开关设备、控制装置、互感器等主要设备的计算与设计。

## 1 电气主接线设计

## 1.1 主变选择

根据对大城市郊区一次变在中低压侧构成环网

情况装两台主变为宜的原则, 主变台数选为 2 台。

## 1.1.1 计算负荷

在变电站主接线设计中根据计算负荷选择主变压器的容量, 综合考虑各种因素计算出来的负荷称为计算负荷, 用计算负荷选择变压器容量比较切合实际。

## (1) 系统负荷计算

$$S_{sj} = Kt \left( \sum_{i=1}^n \frac{P_{i\max}}{\cos \varphi_i} \right) (1 + \alpha\%) \quad (1)$$

式中:  $P_{i\max}$  为各出线的最大负荷;  $\cos \varphi_i$  为各出线的自然功率因数;  $K_t$  为同时系数;  $\alpha\%$  表示线损率, 取 5%。

## (2) 10 kV 低压侧近期负荷

由于其出线回路数为 16 回, 故可取  $K_t = 0.85$ , 结合负荷情况分析可知:

$$S_{sj} = Kt \left( \sum_{i=1}^{16} \frac{P_{i\max}}{\cos \varphi_i} \right) (1 + \alpha\%) = 27.45 \text{ (MVA)} \quad (2)$$

(3) 由选择条件  $2S_e \geq S_{js}$  得:

$$S_e \geq \frac{1}{2} S_{js\text{总}} = 13.225 \text{ (MVA)} \quad (3)$$

故可选用主变的型号为:

SFZL7-20000/110 (kVA/kV)。

(4) 校核条件

$(n-1)S_e \geq 0.6S_{js}$  和

$$(n-1)S_e \geq \sum S_1 + \sum S_2 \quad (4)$$

则:  $(2-1)S_e = 20 \geq 0.6 \times 27.45 = 16.47$  成立, 满足条件要求。

又因:

$$\sum S_1 + \sum S_2 = 21.356 \text{ (MVA)} > 20 \text{ (MVA)},$$

显然满足条件  $(n-1)S_e \geq \sum S_1 + \sum S_2$ 。综上所述,

选用主变型号为: SFL7-20000/110 (kVA/kV) 合格。

(5) 近期与远景容量问题 (分期建设计划)

上述计算结果是 5~10 年规划的最终变电所的台数和容量, 近期容量问题实际上是考虑第一期上一台主变还是两台。根据负荷分析资料给出的近期负荷计算近期的  $S_{js}$ 。

$$S_{js} = Kt \left( \sum_{i=1}^{16} \frac{P_{i\max}}{\cos \varphi_i} \right) (1 + \alpha\%) = 27.45 \text{ (MVA)} \quad (5)$$

由上面结果可以看出显然  $S_e < S_{js}$ , 因为变压器具有过负荷能力, 自然油循环的变压器过负荷不应超过 50%; 强迫油循环的变压器过负荷不应超过 30%, 故第一期工程考虑上一台主变即可满足负荷要求。

### 1.1.2 主变其它形式的选择

(1) 变压器相数的确定: 根据若站址地势开阔, 不受运输条件限制时, 在 330 kV 及其以下的发电厂和变电所中均采用三相变压器的原则, 本设计采用三相变压器。

(2) 变压器绕组数量选择: 根据相应规定并结合本次设计的具体实际情况, 选择三绕组变压器。

(3) 调压方式的确定: 综合实际分析, 本设计中 X 市郊变电站的主变宜采用有载调压方式, 这样可保证电压能维持在允许范围内。

(4) 变量比的选择: 由于 110 kV 变压器容量不大, 其绕组容量对于造价影响也不大, 所以采用 100/100/100 容量比。但按照 100% 容量选择造价较高, 所以选择 100/100/50 的变量比。

(5) 各侧电压等级的选择: 作为电源侧, 为保证向线路末端供电的电压质量, 即保证在有 10% 电压损失的情况下, 线路末端的电压应保证额定值并考虑节能等因素, 110 kV 侧应该选 110 kV, 10 kV 侧选 10.5 kV。

(6) 全绝缘、半绝缘、绕组材料: 110 kV 侧采用分级绝缘方式, 并且选用与中性点绝缘等级相当的避雷器加以保护。10 kV 侧为中性点不直接接地系统中的变压器, 其中性点都采用全绝缘。

### 1.2 电气主接线方式选择

电气主接线是由高压电器通过连接线, 按其功能要求组成接受和分配电能的电路, 作为传输强电流、高电压的网络, 故又称一次接线或电气主接线。它是变电所电气设计的重要部分, 也是构成电力系统的首要环节。根据实际情况, 110 kV 侧与 10 kV 侧均采用单母线分段方式, 如图 1 所示。

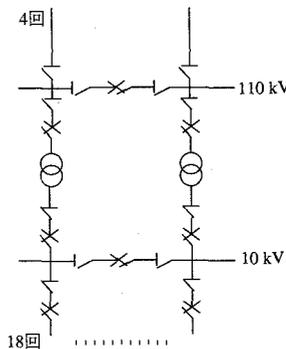


图1 单母线分段

Fig.1 Single generatrix subsection

## 2 短路电流计算

短路就是指载流体相与相之间发生非正常接通的情况, 短路是电力系统中最经常发生的故障, 危害极大。因此, 在主接线设计中, 应考虑限制  $I_d$  的措施, 即需要计算  $I_d$  值。对电力系统网络而言, 一般采用运算曲线来计算任意时刻的短路电流。所谓运算曲线, 是按我国电力系统的统计得到汽轮发电机的参数, 逐个计算在不同阻抗条件下, 某时刻  $t$  的短路电流, 然后取所有短路电流的平均值, 作为运行曲线在某时刻  $t$  和计算电抗  $X_{js}$  情况下的短路电流值。

### 2.1 短路点的选择

对于 110 kV 侧, 取母线短路点  $d_1$ , 校验所有 110 kV 电气设备; 10 kV 侧: 取母线短路点  $d_2$ , 校验所有 10 kV 母线相连接的电气设备。



动稳定的要求。

## 2) 隔离开关的校验

### (1) 热稳定的校验

$$Q_r = I_r^2 \cdot t = 14^2 \times 5 = 980 [(\text{kA})^2 \cdot \text{s}] \quad (13)$$

$$Q_k = I_{\infty}^2 \cdot t_r = 9.14^2 \times 4.11 = 343.12 [(\text{kA})^2 \cdot \text{s}] \quad (14)$$

因为  $Q_r > Q_k$ , 所以所选设备满足设计的要求。

### (2) 动稳定的校验

$$i_{\text{dw}} = 50 \text{ kA}$$

$$i_{\text{sh}} = 20.5 \text{ kA}$$

通过比较可得满足动稳定的要求。

通过以上校验可得: 所选的断路器和隔离开关均能满足本此设计的要求。

## 3.2 110 kV 母连回路的选择

110 kV 侧母线、母线引下线、母线分段回路等按统一原则选择, 即按长期发热计算。由以上计算的最大长期工作电流的计算得:

$$I_{\text{gmax}} = 392.68 \text{ A}$$

所以选择 LGJ-185 型软导线, 电流为  $I = 518 \text{ A}$

### (1) 按当地环境条件校验

$$I_{\text{max}} = k I_{\text{al}} \quad (15)$$

$$K = \sqrt{\frac{\theta_{\text{al}} - \theta}{\theta_{\text{al}} - \theta_0}} \quad (16)$$

式中:  $I_{\text{max}}$  为导体所在回路中最大持续工作电流;  $I_{\text{al}}$  为在额定电流环境温度;  $\theta_0$  为 25℃ 时导体允许的电流;  $k$  为与实际环境温度和海拔有关的综合修正系数;  $\theta_{\text{al}}$  表示导体长期发热允许最高的工作温度, 取 +70℃;  $\theta$  表示安装地点的实际环境温度, 取 +32℃。通过以上计算得:

$$K = 0.92$$

$$I_{\text{al}} \geq \frac{I_{\text{max}}}{K} = 426.8 > 392.68 \text{ (A)}$$

所以满足当地环境条件的要求。因为本地区的年最高温度 +40℃, 年最低温度 -18℃, 最热月平均温度为 +32℃, 导体在室内时加 +5℃。

### (2) 热稳定的校验

$$\theta_{\text{max}} = \theta_0 + (\theta_y - \theta_0) \times k^2 = 63.1 \text{ }^\circ\text{C} \quad (17)$$

短路持续时间

$$t_r = 4.11 \text{ s} > 1 \text{ s} \quad (18)$$

所以不考虑非周期分量的影响

$$Q_k = Q_p = \frac{t_r}{12} (I^2 + 10 \cdot I_{\text{kw}}^2 + I_{\text{k}}^2) = 27231 [(\text{kA})^2 \cdot \text{s}] \quad (19)$$

查表取  $C = 90$ 。允许导体的最小截面为:

$$S_{\text{min}} = \sqrt{Q_k K_s} / C = 183.35 \text{ (mm}^2\text{)} < 185 \text{ (mm}^2\text{)} \quad (20)$$

满足设计的热稳定的要求。

通过以上校验看出所选择的导体满足此次设计的要求。

## 3.3 电流互感器及电压互感器的选择

根据一次回路额定电压和额定电流的选择原则, 二次额定电流的选择原则, 电流互感器准确级和额定容量的选择原则, 电流互感器二次额定电流选用 5 A, 准确级为 0.5 级, 型号为: LCWD-110 型 (1200/5)。电压互感器按照相关选用原则, 型号为 JDCF-110WB 型。

## 3.4 10 kV 侧电气设备的选择

10 kV 侧电气设备的选择同 110 kV 侧电气设备的选择的条件和方式是一样的, 可以参照 110 kV 侧电气设备的选择。

## 4 结论

本文针对河南南阳某变电站“110 kV 降压变电站一次设计”的要求, 结合实际情况进行设计的。本文从理论上对变电站进行了总体分析, 然后对主要设备进行设计计算与选型, 具体涉及主变压器、母线、开关设备、控制装置、互感器等主要设备, 并对短路电流进行详细的计算与校验。经实际验证, 该方案计算准确、设计合理, 具有较强的通用性和实用性。

收稿日期: 2007-11-16; 修回日期: 2007-12-29

作者简介:

张元敏 (1963-), 男, 副教授, 主要从事电工电子方面的教学与研究工作; E-mail: zym@xcu.edu.cn

全少理 (1978-), 男, 工程师, 主要从事变电站的设计与研究工作。