

35kV 变电站设计

The Design of 35kV Substation

贾艳明¹ 王旭²

1.山东新华控制工程有限公司,中国·山东 济南 250000

2.华润电力(渤海新区)有限公司,中国·河北 沧州 061108

Yanming Jia¹ Xu Wang²

1.Shandong Xinhua Control Engineering Co.Ltd., Jinan, Shandong, 250000

2. China Resources Power Holdings Co. Ltd. Bohai New urban Distric, Cangzhou, Hebei, 061108, China

【摘要】变电站在电厂和用户之间起着重要的连接作用,能否正确合理设计变电所关系到整个电网的经济运行。本设计为 35kV 小型降压变电所设计,以一次系统为主,兼顾二次系统及所用电。本次设计主要包括所址的选择,变电所电气设备的选择和计算,继电保护的设计,防雷保护和接地设计。根据各侧的电流短路计算按照高压电气选择的规程选择电气设备,并对 10kV 侧和 35kV 侧主电力变压器的型号进行选择 and 校验。

【Abstract】 The power substation plays an important connection fution between the power plants and the users, and the correct and reasonable design of the power substation is related to the economic operation of the whole power grid. This design is a design of 35kV small step-down substation, the main of which is the primary system, and takes the second order system and the electricity used into account. The design mainly includes the selection of the site, the selection and calculation of the electrical equipment of the substation, the design of relay protection, the lightning protection and the grounding design. The electric equipment is selected according to the regulation of high voltage electrical selection and the calculation of the current short circuit of each side. The type of the main power transformer on the 10kV side and the 35kV side is selected and checked.

【关键词】变电站;电流;保护装置

【Keywords】 transformer substation; electric current; protector

【DOI】 <http://dx.doi.org/10.26549/gcjsygl.v1i2.562>

1 引言

随着科学的发展,技术的日新月异,电压的等级越来越高,电网容量也越来越大,变电站也变得越来越复杂。除了常规变电所之外,还出现了利用微机的等各种各样的变电站。随着中国电网的逐步完善,对变电所的要求也越来越高,技术也越来越严格。由于计算机和电力系统自动化技术的发展,变电所的自动化程度越来越高,可以将计算机、实时监控及继电保护融为一体。可见,变电所尤其要保证电能的可靠、经济,为此变电所的设计是否合理、正确和安全关系到整个电网是否能够可靠、经济地运行。

2 变电所电气设备的选择和计算

变电所的设备在保证安全可靠的前提下,注意节约投资,其主要包括:主变压器的选择、35kV 侧电气设备的选择和 10kV 电气设备的选择。

2.1 主变压器的选择

主变压器技术数据计算:已知变电所 10kV 侧最大负荷为 4500kVA, 变压器的额定容量 $S_e = S \times 70\% = 4500\text{kVA} \times 70\% = 3150\text{kVA}$ 。

2.2 各侧短路电流计算

短路电流和冲击电流的计算,按无限大容量系统处理,取基准容量=100MVA。

2.2.1 电抗标么值的计算

①系统电抗标么值:当系统最大运行方式时, $X^* = 100/210 = 0.476$;当系统最小运行方式时, $X^* = 100/180 = 0.556$ 。②每回 35kV 线路电抗标么值,35kV 线路长度可取 10 千米, $X^* = 0.386 \times 10 \times 100 / (37 \times 37) = 0.282$ 。③每台主变压器电抗标么值: $X^* = 7 \times 100 / (100 \times 3.15) = 2.222$ 。④10kV 电抗标么值,10kV 线路长度取 5 千米, $X^* = 0.388 \times 5 \times 100 / 109.375 = 1.76$ 。

2.2.2 电流的基准值

35kV 侧 $I_{d35} = S_d / \sqrt{3} \times U_{35} = 100 / (\sqrt{3} \times 37) = 1.56(\text{kA})$,

10kV 侧 $I_{d10} = S_d / \sqrt{3} \times U_{10} = 100 / (\sqrt{3} \times 10.5) = 5.5(\text{kA})$ 。

2.2.3 热稳定时间的计算

热稳定计算的等效时间等于周期性分量发热等效时间与非周期性分量发热等效时间之和。周期性分量发热等效时间查曲线:

10kV 线路为 0.5s, 10kV 主变侧为 1.5s, 10kV 分断开关为 1s, 35kV 主变侧为 2 s, 35kV 线路为 2.5s。非周期性分量发热

等效时间在无限大容量系统中通常取 0.05s^[1]。

2.2.4 各回路持续工作电流的计算

主变 35kV 侧回路电流: $1.05 \times 3150 / (35 \times \sqrt{3}) = 54.56\text{A}$;

35kV 线路持续工作电流: $2 \times 1.05 \times 3150 / (35 \times \sqrt{3}) = 109.12\text{A}$;

主变 10kV 侧回路电流: $3150 / (10 \times \sqrt{3}) = 181.87\text{A}$;

10kV 母线持续工作电流: $4500 / (10 \times \sqrt{3}) = 259.82\text{A}$;

10kV 线路负荷电流: $1000 / (10 \times \sqrt{3}) = 1000 / (10 \times \sqrt{3}) = 57.74\text{A}$ 。

3 各电气设备的型号

3.1 断路器 SW3-35/600

①主要技术参数:额定电压:35kV;额定电流:600A;4S 热稳定电流:6.6kA;额定短路开断电流:6.6kA;动稳定电流:17kA;固有分闸时间:0.06s;合闸时间:0.12s。

②设备校验:按电压选择:35kV 符合电网额定电压;按电流选择:600A>109.12A;按开断能力选择:6.6kA>2.058kA。热稳定校验:35kV 侧电源后备保护动作时间为 2s,固有分闸时间为 0.06s,则 $t_{js} = 2 + 0.06 = 2.06\text{s}$ $I^2 t_{js} = 2.058 \times 2.058 \times 2.06 = 8.72$,而 $I^2 t = 6.6 \times 6.6 \times 4 = 174.24 > 8.72$ 热校验符合要求。

③设备校验:按电压选择:35kV 符合电网额定电压。按电流选择:630A>109.12A,50kA>5.248kA,动稳定符合要求。动稳定校验:17kA>5.248kA,动稳定符合要求。

3.2 隔离开关 GW4-35/630

①主要技术参数:额定电压:35kV;额定电流:630A;动稳定电流:50kA;4S 热稳定电流:20kA。

②设备校验:按电压选择:35kV 符合电网额定电压;按电流选择:630A>109.12A;热稳定校验: $I^2 t = 2.058 \times 2.058 \times 2.06 = 8.72$,而 $I^2 t = 20 \times 20 \times 4 = 1600 > 8.72$ 。热校验符合要求。

3.3 电流互感器 LCW-35

①主要技术参数:额定电压:35kV;额定一次电流:400A;额定二次电流:5A;准确级组合:0.5/3;动稳定倍数 k_d :100;1S 热稳定倍数 k_r :65;本互感器为链式瓷绝缘户外式电流互感器。②设备校验:按电压选择:35kV 符合电网额定电压;按电流选择:400A>109.12A;热稳定性校验: $(I_e \cdot k_r) \times (I_e \cdot k_r) \cdot t > I^2 t$, $(I_e \cdot k_r) = 0.4 \times 65 = 26$ $t = 1\text{s}$ $I^2 t = 2.058 \times 2.058 \times 2.06 = 8.72$, $26 \times 26 > 8.72$ 符合要求。动稳定性校验: $1.414 \times I_e \times k_d \geq i_{ch}$, $1.414 \times 400 \times 100 > 5248$,符合要求。

3.4 电压互感器 JDJJ2-35 主要技术参数

额定电压比(V): $3500 / \sqrt{3} \quad 100 / \sqrt{3} \quad 100/3$;

额定绝缘水平:40.5/95/185kV;

级次组合:0.2/6P 0.5/6P。

准确等级及输出容量(VA):0.2:75 0.5:150 1:250 3:500;

热极限输出容量:1000VA。

3.5 高压熔断器 RW-35/100~400 主要技术参数:

额定电压(kV):35kV;

额定工作电流:100A;

断流容量(MVA):上限 400,下限 10。

设备校验:按电压选择:符合电网额定电压;按额定电流选择: $I_{e,rg} > I_{e,rj} > I_{g,zd}$;

$I_{e,rg}$ —熔断器的额定电流,

$I_{e,rj}$ —熔件的额定电流,

$I_{g,zd}$ —最大的持续工作电流,

$I_{g,zd} = 1.05 I_{eb}$ I_{eb} —变压器高压侧的额定电流,

$I_{g,zd} = 1.05 \times 3150 / (1.732 \times 35) = 54.56\text{A}$,

$I_{e,rj} = K_b \cdot I_{eb} = 1.5 \times 3150 / (1.732 \times 35) = 77.95\text{A}$,

由于跌落式高压熔断器的切断短路电流的能力是用额定断流容量来表示的,所以应计算短路容量,短路电流应采用冲击电流的有效值 I_{ch} ,故三相短路容量为: $S_d = 1.732 \times U_P \cdot I_{ch} = 1.732 \times 37 \times 1.52 \times 2.058 = 200.5\text{MVA}$ 。

根据额定电压 35kV, $I_{g,zd} = 54.56\text{A}$, $I_{e,rj} = 77.95\text{A}$ 及 $S_d = 200.5\text{MVA}$ 选择 RW-35/100~400。

额定断流容量为 $S_{ekd} = 400\text{MVA} > S_d$,满足熔断器开断短路电流的能力的要求。

故 $100\text{A} > 77.95\text{A} > 54.56\text{A}$,满足额定电流的选择的条件。

3.6 避雷器 Y5WZ-51/134

主要技术参数:

避雷器额定电压 kV(有效值):51;

系统额定电压 kV(有效值):35;

避雷器持续工作电压 kV(有效值):40.8;

直流参考电压 U_{1mA}(不小于)kV:73;

雷电冲击电流下 5kA:134;

陡坡冲击电流下 5kA:154;

操作冲击电流下 5kA:114;

通流容量 2ms18 次(不小于)A:400;

4/10 μ s2 次(不小于)kA:65;

0.75U_{1mA} 下泄漏电流(不小于) μ A:50。

4 电缆的选择

①电缆芯材选择。由于变电所用高压电源母线,要求输送

功率大而可靠性要求高,且铺设电缆不需强力牵引,据规程可选用铝母线。②电缆芯数选择。由于变电所输电电压高,各侧回路持续工作电流大,出于经济性考虑及铺设安装方便考虑,选用单芯电缆。③电缆总截面选择计算。据 35kV 侧最大负荷利用小时数 $T=4200$ 小时,取经济电流密度 $j=1.25$, $S_f=I_g/j=I_{gmax}/j=109.12/1.25=87.3\text{mm}^2$,故取 $S_j=95\text{mm}^2$,可选导线型号 LJ-95,其允许载流量为 $I_{al}=325\text{A}$ 。④电缆稳定性校验。按发热条件检验: $\theta=28^\circ\text{C}$,温度修正系数为: $k_t=\sqrt{(70-\theta)/(70-25)}=0.95$, $I_{al}=k_t \cdot I_{al}=0.95 \times 325=308.75 \geq 109.12$ 由上式可知,所选导线符合长期发热条件。

5 继电保护的设计

5.1 总述

5.1.1 电力系统继电保护的基本任务

当设备发生故障时,故障部分能自动地从电力系统中切除,保护故障部分免受二次损害。

5.1.2 对继电保护装置的基本要求

①选择性。作用于断路器跳闸的继电保护装置,其选择性是指电力系统发生故障时,保护装置将故障设备切除,电力系统中的非故障部分仍然继续运行,以尽量缩小停电范围。②快速性。为了保证电力系统运行的稳定性和对用户可靠供电,以及避免或减少电器设备在事故时所遭受的损害,应力求尽可能快地切除故障^[2]。

5.2 继电保护整定计算

5.2.1 无时限电流速断保护(I)

短路电流 I_k 与 X_2 的关系可分别表示如: $I_{k(3)}=Es/(X_2+X_1L)$, $I_{k(2)}=(\sqrt{3}/2) \cdot Es/(X_2+X_1L)$ 。

无时限电流速断保护的作用原理可用图来说明。短路电流的大小和短路点至电源间的总阻抗 X_2 及短路类型有关。三相短路和两相短路时,短路电流 I_k 与 X_2 的关系可分别表示为: $I_{k(3)}=Es/(X_2+X_1L)$, $I_{k(2)}=(\sqrt{3}/2) \cdot Es/(X_2+X_1L)$ 。

式中, Es —电源的等值计算相电势, X_2 —归算到保护装置处网络电压的系统等值电抗, X_1 —线路单位长度的正序电抗, L —短路点至保护安装处的位置。

5.2.2 带时限电流的速断保护(II)

带时限电流速断保护的動作电流必须大于无时限电流速断保护的動作电流。可靠系数可取 1.1~1.2。保护的動作时限应比下一条线路的速断保护高出一个时间阶段,此时间阶段以 Δt 表示。即保护的動作时间 $T_a^{\text{II}}=\Delta t$ (Δt 一般取为 0.5 秒)。与无时限电流速断保护比较,这种保护的灵敏度好,它能保护全长线路的范围。但它带 0.5~1 秒延时,速动性较差。

5.2.3 定时限过电流保护(III)

过电流保护通常是指其启动电流按照躲开最大负荷的电流来整定的一种保护装置。它在正常运行时不该启动,而在电网发生故障时,则能反映电流的增大而发生动作。在一般情况下,它不仅能够保护本线路的全长范围,而且也能保护相邻线路的全长范围,以起到远后备保护的功能。

5.2.4 线路电流保护

由该变电站所引出的每一条 10kV 线路都需要装设过电流保护和电流速断保护。电流互感器接成不完全星形,继电器选用 DL-11 型。过电流保护的動作电流 I_{op} 应躲过该线路当前的最大负荷电流,灵敏度应按本线路末端最小运行方式下的两项短路电流整定;电流速断保护区应按躲过本线路末端的最大三相短路电流整定,灵敏度应按首端的最小两相短路电流校验,据此,10kV 线路保护的整定计算如下:

①电流速断保护:已选定电流互感器变比 $K_i=150/5=30$; 動作电流: $I_{op}=K_{rel} \cdot I_{k(3)}=1.2 \times 1.516\text{kA}=1.82\text{kA}$; 继电器動作电流: $I_{opk}=K_w \times I_{op}/K_i=1/30 \times 1.82\text{kA}=60.64\text{A}$ 。②定时限过电流保护:按躲过线路目前的最大负荷电流整定。動作电流: $I_{op}=K_{rel} \times K_w \times I_{lmax}/K_{rel}=1.2 \times 2 \times 57.74/0.85=163\text{A}$; 继电器動作电流: $I_{opk}=K_w \times I_{op}/K_i=163/30=5.43\text{A}$; 校验灵敏度: $K_s=I_{kmin}/I_{op}=(1.732 \times 259.82)/163=2.76 > 1.5$ 满足要求。

6 防雷保护和接地设计

6.1 变电站及电力线路的防雷设计

①直击雷的防护。发电厂、变电站需要安装避雷针防止雷击。避雷针和保护物之间应该有一定的距离。②雷电侵入波的防护。发电厂、变电所限制雷电波的主要措施是装设避雷器,避雷器动作后,可将侵入波幅值加以限制,使变压器受到保护。

6.2 防雷装置的选择

①避雷针的选择。中国规程规定,35kV 及以下配电装置的绝缘较弱,所以其构架或房顶上不易装设避雷针,而应装设独立避雷针。②避雷器的选择。中性点非直接接地系统中,保护变压器中性点的阀型避雷器的选择,灭弧电压 $U_m, U_m > U_{sg}$, 式中 U_{sg} —系统最高相电压。

7 结语

变电所的设计是一项复杂的工作,本次设计将理论知识应用于实践当中,做到了理论与实践的相互结合。希望能为以后中国的变电站设计提供借鉴。

参考文献:

- [1]高汝武.电力工程设计手册[M].北京:水利电力出版社,2004.
- [2]刘浩.电力工程电气设计手册[M].北京:中国电力出版社,2001.