

电厂起备变保护与相邻线路保护配合的研究

陈鑫

(江苏省电力设计院,江苏南京 211102)

摘要:发电厂出线线路发生单相接地时,会引起接在同一母线上的高压起备变过流保护动作。文中对这一问题产生的原因进行了分析,并提出解决方案。起备变零序保护有采用起备变中性点零序电流互感器电流和高压侧电流互感器自产零序电流两种方式,对此进行具体分析,指出应采用高压侧电流互感器自产零序电流。

关键词:单相接地;起备变;过流保护;零序保护

中图分类号: TM77

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2012)06-0068-04

江苏省电力设计院设计的某燃机发电厂即将进入倒送电阶段。在对电厂的高压起备变保护进行整定时,发现起备变的过流保护在与相邻线路零序保护的配合上存在问题。该燃机电厂工程为新建3台E级燃气—蒸汽联合循环热电联产机组,3台燃机发电机和3台汽机发电机均采用发电机—变压器单元接线的形式,用220 kV电缆接入厂内220 kV GIS配电装置。220 kV系统为双母线接线方式。每台机组设置1台高压厂用工作变压器,其高压侧电源直接引接于汽机发电机出口,不设断路器。高压起动备用变压器接在220 kV母线上。

1 电气接线及参数

电厂的电气主接线如图1所示。

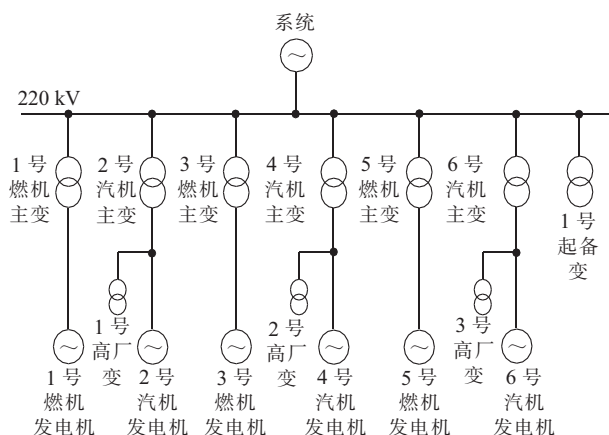


图1 电气主接线示意图

图1中:燃机发电机的额定功率180 MW,功率因数0.85,次暂态电抗13.9%;燃机主变的额定容量205 MV·A,短路阻抗20%,接线方式为Yn/△11;汽机发电机的额定功率100 MW,功率因数0.85,次暂态电抗16.3%;汽机主变的额定容量100 MV·A,短路阻抗20%,接线方式为Yn/△11;起备变的额定容量14 MV·A,短路阻抗10%;零序阻抗

实测值为323.7 Ω/相,接线方式为Yn/△11;高厂变的额定容量14 MV·A,短路阻抗10%,接线方式为△/△0。

系统参数如表1所示。其基准值 $S_B = 100 \text{ MV}\cdot\text{A}$, $U_B = 230 \text{ kV}$,系统的负序阻抗近似认为与正序阻抗相同。

表1 系统参数表

系统参数	正序阻抗	零序阻抗
大运行方式	0.010 633	0.021 55
小运行方式	0.013 544	0.023 298

2 线路侧单相接地短路电流计算

要分析220 kV线路侧单相接地对起备变过流及零序保护的影响,必须要计算单相接地时短路电流的大小及分布。对于本工程,短路电流计算有如下假设:

(1) 短路前,所有电源的次暂态电动势均取为额定电压,即标么值为1,且同相位。这样相当于短路前,整个回路为空载状态,短路点处的电压为1。

(2) 高厂变低压侧带有部分6 kV电动机负荷,由于该6 kV负荷距短路点较远,短路瞬间6 kV电动机倒送出的短路电流可以忽略不计。短路后,根据文献[1],可以将6 kV负荷当作 $X=1.2$ (以负荷本身的容量为基准值)的恒定阻抗支路接入,再加上高厂变自身的正序(负序)阻抗,则高厂变分支正序(负序)阻抗将比它并联分支的阻抗大近67倍,可以视为开路。同时,由于高厂变接线方式为△/△0,零序电流不能流通,故零序网络中也不包括高厂变支路。由上可见,在220 kV线路侧单相接地时,高厂变支路可以忽略不计。

(3) 对于起备变而言,在220 kV线路上发生单相接地时,起备变低压侧所带6 kV负荷距短路点较远,并且由于异步电动机倒送的短路电流衰减很快,

同样可不计入异步电动机倒送的短路电流。由于此处需计算短路电流在起备变高压侧的分布,为了尽量减少误差,在此考虑起备变支路的正序(负序)阻抗,而不是也将其视为开路。经查看厂用电负荷统计,起备变低压侧分别给3个分支供电(3个分支不同时工作),其中最大一段的计算负荷为13 617.8 kV·A。则可将6 kV负荷当作 $X=1.2$ (基准容量取14 MV·A)的恒定阻抗支路接入。则当基准容量取为100 MV·A时,该恒定电抗的正序、负序电抗为。由于起备变为YNd11接线,零序电流在起备变低压侧三角形绕组内形成环流,6 kV负荷内没有零序电流流通,故零序网络仅包括起备变的零序阻抗,不包括负荷。

综上所述,基准值取 $S_B = 100 \text{ MV}\cdot\text{A}$, $U_B = 230 \text{ kV}$,变压器变比为平均额定电压比,则220 kV线路单相接地时,正序和负序及零序阻抗图如图2所示。

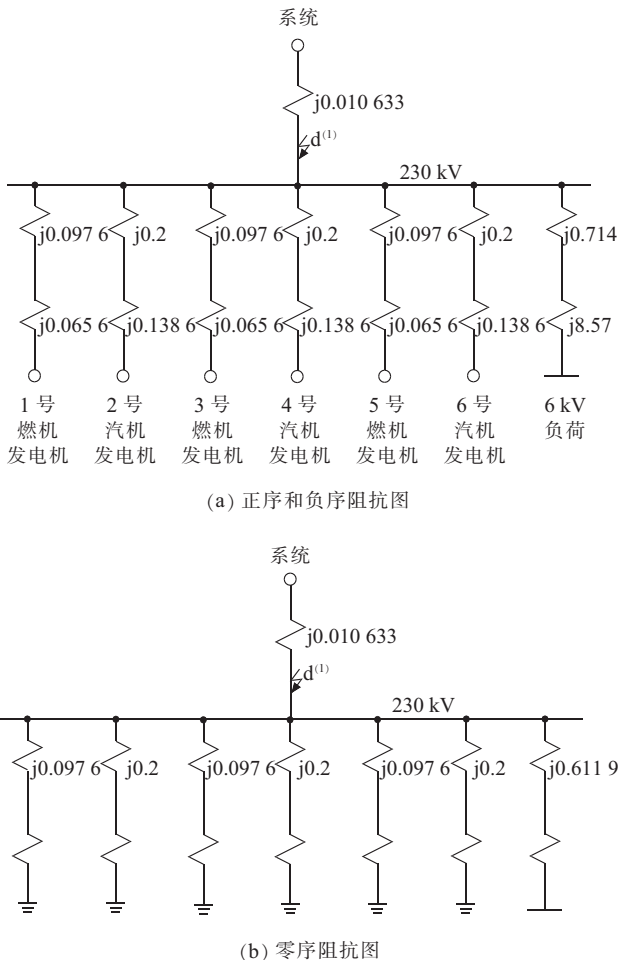


图2 正序和负序及零序阻抗图

为计算短路电流在起备变支路中的分布,先将除起备变支路外的其他回路化简,如图3所示。最终的三序网图如图4所示。

根据单相接地短路的规律,可以得到单相接地短路时从短路点流出的三序电流为:

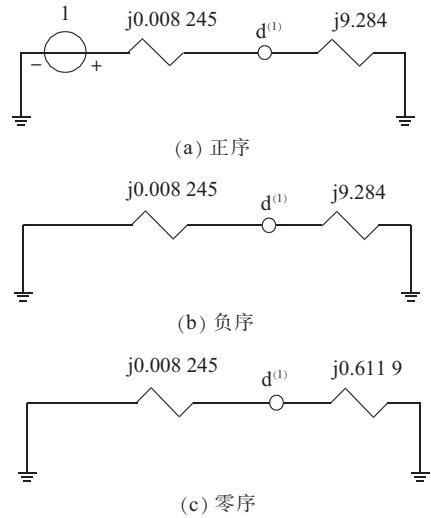


图3 化简后三序网图

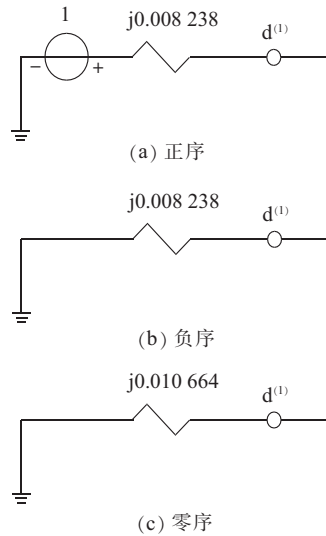


图4 最终三序网图

$$I_1^{(1)} = I_2^{(1)} = I_0^{(1)} = 1/j(0.008\ 238 + 0.008\ 238 + 0.010\ 664) = (-j)36.846$$

经计算,可得流过起备变高压侧各相电流的幅值(有名值)为:

$$I_a = 0.151 \text{ kA}$$

$$I_b = 0.168 \text{ kA}$$

$$I_c = 0.168 \text{ kA}$$

短路点处的负序电压(标么值)为:

$$U_2 = 0 - j0.008\ 238 \times (-j)36.846 = -0.304$$

3 起备变复合电压过流保护动作电流的计算

起备变复合电压过流保护的的动作电流应按躲过起备变的额定电流进行整定^[2]。

起备变额定电流:

$$I_e = 14 / (\sqrt{3} \times 230) = 0.035\ 1 \text{ kA}$$

复合电压过流保护的的动作电流:

$$I_{dz} = K_1 \cdot K_k \cdot I_e / K_h$$

此处配合系数 K_1 为1.1,可靠系数 K_k 为1.2,返

回系数 K_h 为 0.85, 复合电压过流保护的动作为:

$$I_{dz} = 1.1 \times 1.2 \times 0.0351 \times 0.85 = 0.0545 \text{ kA}$$

一般负序电压的整定值 $U_{2op} = 0.06U_e$, 而上述计算得到单相接地时, 负序电压为 $0.304U_e$ 。因此, 负序电压元件会动作。

4 起备变过流保护与线路零序保护的配合

从上述计算可以看出, 当线路侧靠近 220 kV 母线处发生单相接地短路时, 流过起备变的短路电流将要大于起备变复合电压过流保护的动作为, 而且负序电压元件同样会启动, 如不采取措施, 起备变的复合电压过流保护将无选择性的动作。

对于上述情况, 可以采取 2 个措施, 一是起备变过流保护采用延时与 220 kV 线路的零序保护进行配合, 二是起备变过流保护增加方向元件。如起备变过流保护采用延时与 220 kV 线路的零序保护相配合, 根据调度部门给出的信息, 延时将达 5.1 s, 而起备变过流保护与其低压侧保护相配合时的延时最多也仅为 1.2 s, 故只能考虑增加方向元件。方向元件的方向由 220 kV 母线指向起备变, 这样当反方向(线路侧)发生短路时能可靠地闭锁不动作。

5 起备变零序保护与线路零序保护的配合

起备变零序保护如图 5 所示。

从图 5 可以看出, 如果起备变的零序保护电流

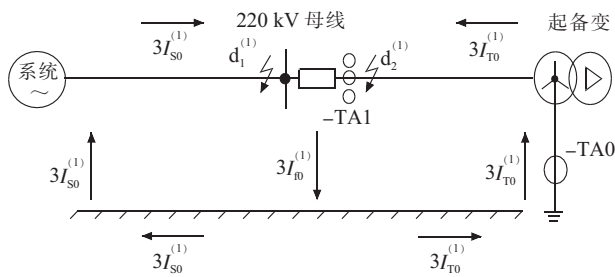


图 5 起备变零序保护示意图

取自起备变高压侧中性点零序电流互感器(-TA0), 则无论单相接地发生在 220 kV 线路上(图中 $d_1^{(1)}$ 处, 起备变保护区外), 还是发生在 220 kV 母线与起备变高压侧之间(图中 $d_2^{(1)}$ 处, 起备变保护区内), 起备变保护装置测得的零序电流的大小和方向都是一样的, 即对于起备变区内、区外的单相接地故障没有选择性。如果起备变的零序保护电流取自起备变高压侧电流互感器(-TA1)的自产零序电流, 则区外故障时($d_1^{(1)}$), 零序电流方向指向母线, 且零序电流为整个零序电流在起备变分配的部分; 区内故障时($d_2^{(1)}$), 零序电流方向指向变压器, 该零序电流为整个零序电流在系统分配的部分。由于系统的零序阻

抗为 0.010 853, 起备变的零序阻抗为 0.611 9, 两者相差近 56 倍, 则上述两种情况下零序电流相差近 56 倍。由此可见, 当起备变的零序保护电流采用起备变高压侧电流互感器的自产零序电流时, 零序电流保护具有很好的选择性和很高的灵敏度, 没有必要采用带方向的零序电流保护。

6 起备变零序保护整定计算

如上所述, 起备变零序保护的动作为取自起备变高压侧三相电流互感器的自产零序电流, 组成不带方向的二阶段零序过电流保护^[3]。

(1) 起备变零序保护 I 段。动作为按躲过高压侧母线单相接地短路电流计算:

$$3I_{0.OP.1} = K_{rel} K_{0.bar} 3I_{K0}^{(1)} \quad (1)$$

式(1)中: $3I_{0.OP.1}$ 为起备变零序保护 I 段动作为电流整定值; K_{rel} 为可靠系数, 取 1.2~1.3; $K_{0.bar}$ 为起备变高压侧零序电流分支系数; $3I_{K0}^{(1)}$ 为高压侧母线单相接地时最大 3 倍零序电流值。

根据上文, 可以得到:

$$3I_{0.OP.1} = 1.3 \times \frac{0.010853}{0.010853 + 0.6119} \times 3 \times 36.846 = 2.504$$

转为有名值为:

$$3I_{0.OP.1} = 2.504 \times 0.251 = 0.629 \text{ kA}$$

灵敏度校验:

$$K_{sen}^{(1)} = \frac{3I_{K0.T}^{(1)}}{3I_{0.OP.1}} \quad (2)$$

式(2)中: $I_{K0.T}^{(1)}$ 为起备变高压侧出口短路时系统供给的零序电流。

将各数据代入式(2), 得:

$$K_{sen}^{(1)} = \frac{3 \times \frac{0.6119}{0.010853 + 0.6119} \times 36.846}{2.504} = 43.4$$

由于起备变零序保护 I 段按躲过高压侧母线单相接地计算, 同时考虑该保护与线路零序保护 I 段配合, 其动作为时间可以整定为 0.3~0.4 s。

(2) 起备变零序保护 II 段。起备变零序保护 II 段的动作为电流整定值需与相邻线路零序保护 II 段或者末段相配合, 其保护动作为时间也需在线路零序保护 II 段或者末段的动作为时间上加一级级差, 此处不再展开讨论。

7 结束语

从上述讨论可以看出, 由于 220 kV 系统为中性点有效接地系统, 单相接地电流很大, 对于 Yn/△接线的起备变而言, 虽然其零序阻抗相对于系统而言

有益,并使得继电保护二次设备运行与检修的安全性,可靠性得到增强。在变电站安全生产运行中,特别是在断路器检修、失灵保护校验时,对防止误启动母差保护事故的发生,起到很大作用。通过对“六统一”前后的失灵保护的分析和探讨,说明了失灵保护的技术应用的方法要求,对正确操作和有针对性的布置二次设备的安全措施提出了具体的方法。有助于继电保护工作人员和变电站值班员在线路断路器失灵保护的操作、保护校验等具体的工作中做到原理清楚,心中有数,确保二次变电设备安全运行。

参考文献:

- [1] Q/GDW-10-35—2005,江苏电力系统调度规程[S].
[2] 线路保护及辅助装置标准化设计规范[S]. 北京:国家电网,2007.

作者简介:

朱 江(1968),男,江苏徐州人,工程师,从事电力系统继电保护工作;
董余凡(1975),女,江苏丹阳人,助理工程师,从事电力设计工作;
李 晔(1964),男,江苏徐州人,高级工程师,从事电力系统技术培训工作。

Operation Analysis of Double-bus Circuit Breaker Malfunction Protection Designed Based on "Six Reunification"

ZHU Jiang¹, DONG Yu-fan², LI Ye¹

(1.Xuzhou Power Supply Company, Xuzhou 221003, China; 2.Danyang Power Supply Company, Danyang 212300, China)

Abstract: The 220 kV circuit breaker malfunction protection designed based on "Six Reunification" is different from the ordinary one. After analysis of these differences, the field operation methods and notes of the one designed based on "Six Reunification" were discussed, as well as other notes. These discussions can offer references for field workers participate in circuit breaker malfunction protection work.

Key words: Six Reunification; malfunction protection; operation analysis

(上接第 70 页)

很大,但仍然会流过较大的零序电流,再加上正序、负序电流,则在起备变高压侧流过的短路电流会超过根据起备变额定电流整定的过流保护动作值。解决的办法可以对起备变过流保护加延时或者加装方向元件,具体采用哪种方案视工程的具体情况而定。对于 Yn/△接线的起备变高压侧零序保护而言,取自高压侧电流互感器的自产零序电流能够反映区内、区外故障,具有很好的选择性和很高的灵敏度,在通常情况下,没有必要采用带方向的零序电流保护。

参考文献:

- [1] 刘万顺. 电力系统故障分析(第二版)[M]. 北京:中国电力出版社,1998.
[2] 能源部西北电力设计院. 电气工程电气设计手册 2[M]. 北京:中国电力出版社,1991.
[3] 高春如. 大型发电机组继电保护整定计算与运行技术(第二版)[M]. 北京:中国电力出版社,2006.

作者简介:

陈 鑫(1979),男,江苏南通人,工程师,从事发电厂电气设计工作。

Research on the Match of Stand-by Transformer in a Power Plant and Adjacent Line Protection

CHEN Xin

(Jiangsu Electric Power Design Institute, Nanjing 211102, China)

Abstract: When a single-phase grounding fault happens on the out-going transmission line of a power plant, the high voltage stand-by transformer over-current protection connected to the same bus with the line will act. The causes of the phenomenon were analyzed and relevant solutions were proposed. Detailed analysis was done on two currents used by stand-by transformer zero-sequence protection, namely the current of the zero-sequence current transformer at the neutral of stand-by transformer and the zero-sequence current produced by the current transformer in the high voltage side. The analysis shows the latter one should be adopted.

Key words: single-phase grounding; stand-by transformer; over-current protection; zero-sequence protection