

关于企业变电站微机保护整定时间阶梯 Δt 的探讨

龚洪金¹, 刘树聃², 秦莉敏³

(1. 河南英博电气有限公司, 河南 郑州 450001; 2. 许昌市职业技术学院, 河南 许昌 461000;

3. 郑州市电业局, 河南 郑州 450006)

摘要: 微机继电保护装置在工矿企业电力系统的应用越来越广泛, 对保护的整定时间阶梯取值不恰当就有可能引起保护误动或者拒动, 为了解决此问题, 对电力系统整定计算的原则和工矿企业变电站的电力供应特点进行了简单介绍, 并对某工矿企业变电站变压器微机后备保护误动作原因进行了分析, 提出了工矿企业变电站的微机保护整定时间阶梯 Δt 取值的看法和一些避免微机后备保护误动作的建议。按此方法对误动作的保护装置进行调整以后取得了明显的效果, 有效地避免了由于整定时间阶梯取值不当引起保护误动或者拒动的情况。

关键词: 工矿企业变电站; 微机保护; 时间阶梯; 选择性; 可靠性; 误动作; 拒动作

Research on the time stairs about microprocessor-based protection in enterprise substations

GONG Hong-jin¹, LIU Shu-ran², QIN Li-min³

(1. Henan WinBoth Electric Co., Ltd, Zhengzhou 450001, China; 2. Xuchang Vocation Technology College,

Xuchang 461000, China; 3. Zhengzhou Electric Power Bureau, Zhengzhou 450006, China)

Abstract: It is more and more extensive that the computer relay protection in the power system of the enterprise substation. The relay protection would result in maloperation or misoperation if it had the inaccurate time stairs. In order to solve this problem, the paper gives an outline of electric power system's fixed value computing principle and enterprise transformer substation's power supply characteristic, and gives an analysis of the false action causes of transformer reserve protection in an enterprise substation. Lastly, this paper puts forward some caution questions of the time stairs about computer relay protection in enterprise substations, also gives some advice of avoiding false actions of computer relay protection in enterprise substations.

Key words: enterprise substation; microprocessor-based relay protection; time stairs; selectivity; reliability; maloperation; misoperation

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2007)10-0066-04

0 引言

随着我们国家电力工业的不断发展和对电力市场改革的不断深化, 现在越来越多的工矿企业建立起了自己的变电站; 如果由于微机保护时间整定阶梯配合不好而使保护装置误动作停止了电力供应, 那么就会造成很大的损失, 甚至还有可能危及人员的生命安全。所以保护装置动作的正确性, 也就是选择性是非常重要的。但在工矿企业的变电站中, 由于系统接线的复杂性和设备使用的多样性, 容易出现常规的电力系统所没有遇到的问题, 本文就是作者根据多年的工程经验和实际发生的案例, 对微机保护误动作的原因进行分析, 并对如何保证选择性的时间阶梯选择提出了自己的看法, 也提出了一些避免微机保护误动作的建议。

1 概述^[1~3]

继电保护的整定应满足选择性、灵敏性、和速动性的要求^[1]。继电保护的选择性是指首先由故障设备或线路本身的保护切除故障, 当故障设备或线路本身的保护或断路器切除故障。为了保证选择性, 对相邻设备和线路有配合要求的保护和同一保护内有配合要求的两元件, 其灵敏系数及动作时间, 在一般情况下应相互配合。3~110 kV 电网的继电保护一般采用远后备原则, 即在临近故障点的断路器处装设的继电保护或该断路器本身拒动时, 能由电源侧上一级断路器的继电保护动作切除故障。

由于采用了远后备保护, 远后备的的整定原则是: 任何情况下都能保护线路的全长, 并具有足够的灵敏性; 力求具有最小的动作时限。因此该保护

的范围不能超过下一设备或线路的速断保护范围, 而动作时限比下一设备或线路的速断保护高出一个时间阶梯 Δt 。

时间阶梯 Δt 的确定原则^[2]:

a. 包括故障设备或线路断路器的跳闸时间; b. 包括故障设备或线路保护装置实际动作时间大于整定时间的部分; c. 包括故障设备或线路远后备保护装置实际动作时间比整定时间的提前动作的部分; d. 包括测量元件延迟返回的惯性时间; e. 还应该考虑一定的裕度时间。

对于通常采用的断路器和间接作用的二次式继电器而言, Δt 的数值位于 0.35~0.6 s 之间, 通常多取为 0.5 s。但随着微机保护的成熟普及和新兴技术的不断出现、发展, 传统的继电器保护逐步被新型的微机保护所替代, 断路器的操动机构也逐步采用动作迅速、准确的电磁操动机构所取代, 所以一般来说, 微机保护的时间阶梯 Δt 可以选择为 0.3~0.5 s^[3], 在有些工程实际使用过程中还采用了 0.2 s 的时间阶梯。

2 企业变电站的电力供应特点

2.1 企业变电站的供电网络复杂

对于工矿企业来说, 主要的用电负荷就是用于工业生产, 由于工业生产的本身要求, 那么大型的工矿企业厂区分布比较广, 整个场区之间的电力输送都是靠电力电缆来完成, 特别对于煤矿行业, 电力电缆就要从地面上拉到地下, 距离特别长; 而且从工矿企业的电缆架设来看, 特别是有些年代的企业, 有些设备还没有来得及技术改造或者更新, 电力电缆也没有安全的保护措施, 极容易发生间歇性短路现象。

2.2 企业变电站的供电要求特殊

相反的, 工矿企业本身对电力供应的可靠性和电能质量却有很高的要求, 工矿企业的主要用电负荷包括很多的电动机、变频器、电弧炉、电焊机等设备, 这些设备如不能正常工作将会给企业造成巨大的经济损失, 甚至是危及人员的生命安全, 比如炼钢企业的供电中断, 将直接导致炼钢器材的报废, 整个生产流程的停止; 而对于煤矿企业的电力供应中断, 大家可想而知将会发生多么大的经济和人身事故。

2.3 企业变电站的保护定值整定计算特殊

工矿企业的变电站本身属于配电性质的变电站, 所以各种保护的整定计算要满足上一级变电站的要求; 但由于它本身负荷的特点又决定了要存在多种电压等级, 所以整定计算时又要考虑满足自身配合的要求, 实际上往往很难做到这一点, 特别在时间配合上往往很难达到国家标准的要求。

所以对于这一类型的负荷供电是非常特殊的, 要保证微机保护装置的选择性、灵敏性和速动性要求, 比较困难, 有时候保证了选择性要求就不能保证灵敏性和速动性的要求。

3 变压器微机后备保护误动作原因分析

3.1 保护误动的现象

2005年3月, 某煤矿变电站的主变高压侧微机后备保护多次发生过流 II 段(限时速段)保护动作跳闸, 经检查变压器本身并没有问题、各类保护装置性能也很正常, 最后只发现了 10 kV 侧的某一条电缆出线接近末端处有 A、C 相烧断现象。变压器后备保护动作电流和相关回路整定定值如下表 1 所示。

表 1 保护动作电流和相关回路定值

Tab.1 Protection operation currents and relevant circuits definite value

1#变压器 (35 kV 侧)	电流互感器变比	200/5	整定时间	1.8 s
	过流二次动作电流	$I_a=5.32$ A	$I_b=5.53$ A	$I_c=5.53$ A
	过流一次动作电流	$I_a=212.8$ A	$I_b=221.2$ A	$I_c=221.2$ A
	过流二次整定值	3.68 A	过流一次整定值	147.2 A
	正常负荷二次值	2.09 A	正常负荷一次值	83.6 A
2#变压器 (35 kV 侧)	电流互感器变比	300/5	整定时间	1.8 s
	过流二次动作电流	$I_a=3.46$ A	$I_b=3.59$ A	$I_c=3.58$ A
	过流一次动作电流	$I_a=207.6$ A	$I_b=215.4$ A	$I_c=214.8$ A
	过流二次整定值	2.45 A	过流一次整定值	147.0 A
	正常负荷二次值	1.38 A	正常负荷一次值	82.8 A
6 kV 线路一	电流互感器变比	300/5	整定时间	1.5 s
	速断二次整定值	50.0 A	速断一次整定值	3000.0 A
	过流二次整定值	1.4 A	过流一次整定值	84.0 A
	过流保护启动二次值	$I_a=30.96$ A $I_c=31.29$ A	过流保护启动一次值	$I_a=1857.6$ A $I_c=1877.4$ A
	正常负荷二次值	0.81 A	正常负荷一次值	48.6 A

3.2 原因分析

3.2.1 该变电站主接线如图 1 所示, 系统正、负序等值阻抗图如图 2 所示。

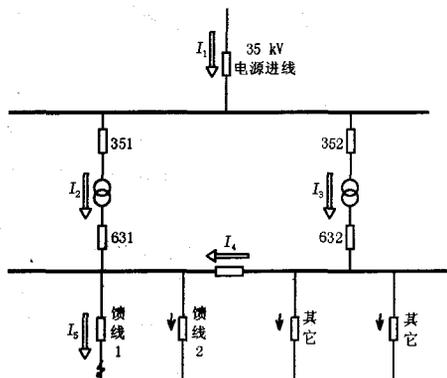


图 1 变电站主接线图

Fig.1 Main wiring diagram of the transformer substation

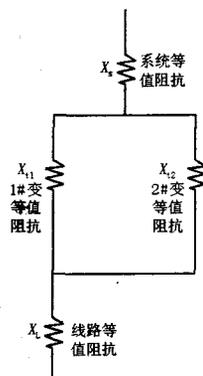


图 2 系统正负序等值阻抗图

Fig.2 Equivalent impedance of positive and negative sequence current

3.2.2 事故原因分析

从表 1 的数据记录来看应该存在两个很明显的问题: a. 该变电站互感器选取不太合适, 所有设备的工作电流均在二次额定电流的一半范围之内, 也就是不大于 2.5A; b. 线路保护和主变后备保护都启动了, 但最后是主变保护动作, 6 kV 线路一整定延时短反而没有动作。

对于第一个问题, 因为微机保护装置的过流保护均已经正常启动, 不存在电流测量不灵敏的问题, 我们在这里就不加以讨论了, 那么对于第二个问题的原因是什么呢? 通过现场对微机保护装置性能的重新试验, 排除了微机保护存在问题的可能性。那么究竟原因在哪里呢? 会不会是 6 kV 线路一存在间歇性的短路故障呢? 通过向现场用户了解实际情况以后得到了证实, 原来该线路所供电的负荷为井下设备, 而且该线路短路点就在井下巷道里面, 电缆

接线比较混乱, 再加上使用时间长, 绝缘层有一定的破坏, 经常发生间歇性的短路故障。到此为止问题就比较明朗化了, 归根结底就是线路末端的间歇性短路是否就是导致主变后备保护误动的直接原因。下面我们就引入对称分量法^[4]对这个问题加以探讨。

3.2.3 利用对称分量法对两相短路进行分析

a. 对称分量法的简单介绍: 对于不对称的短路故障, 短路电流可以分解成正序、负序和零序三个对称分量。正序系统的幅值相等, 相位 a 超前 b 120°, b 超前 c 120°; 负序系统的相序与正序相反; 零序系统的幅值和相位均相等。正序用下脚标 1 表示、负序用下脚标 2 表示、零序用下脚标 0 表示, 以 a 相为基准, 引入旋转运算因子 $a (a=e^{j120^\circ})$, 写成数学表达式如下所示:

$$\begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ a^2 & a & 1 \\ a & a^2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{a1} \\ i_{b1} \\ i_{c1} \end{bmatrix} \quad (1)$$

由公式 (1) 求逆得到公式 (2):

$$\begin{bmatrix} i_{a1} \\ i_{a2} \\ i_{a0} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} \quad (2)$$

b. 变压器对各序分量通路的影响: 从变压器和线路各序等值电路可以知道正序分量和负序分量的等值电路完全一样, 如图 (2) 所示, 也就是说正序电流和负序电流都能穿越过变压器; 而对于零序分量来说, 只有中性点有接地通路的 Y 型绕组 (即 Y_0 接线形式) 才与外电路接通, 零序电流不会从低压侧穿越过变压器。

c. 各序分量经变压器后的幅值和相位变化: 以该项目 Y/ Δ -11 接线的变压器为例, 经过公式推导可得到如下关系式:

$$\frac{1}{k} e^{-j30^\circ} \begin{bmatrix} i_{a1} \\ i_{b1} \\ i_{c1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_{A1} \\ i_{B1} \\ i_{C1} \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\frac{1}{k} e^{j30^\circ} \begin{bmatrix} i_{a2} \\ i_{b2} \\ i_{c2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_{A2} \\ i_{B2} \\ i_{C2} \end{bmatrix} \quad (4)$$

i_{a1} 、 i_{b1} 、 i_{c1} 为低压侧各相正序分量; i_{a2} 、 i_{b2} 、 i_{c2} 为低压侧各相负序分量; i_{A1} 、 i_{B1} 、 i_{C1} 为高压侧各相正序分量; i_{A2} 、 i_{B2} 、 i_{C2} 为高压侧各相负序分量; k 为变压器变比= U_{Ab}/U_{ab}

也就是说低压侧的正序电流分量经过变压器至高压侧以后, 幅值缩小 $1/k$ 、相位滞后了 30° ; 负序电流分量经过变压器至高压侧以后, 幅值缩小 $1/k$ 、相位超前了 30° 。

由此可见, 只要线路侧的短路电流经过各序分量分解转换到变压器高压侧以后, 只要满足任意相的总电流幅值大于主变高后备过流保护定值, 则主变保护将启动, 满足了电流幅值启动条件。

d. 变压器副边突然发生短路时候的瞬变过程^[5]:

当变压器副边发生短路时, 短路电流的瞬变分量可以达到额定电流的 20 倍, 而且瞬变分量是按指数规律衰减的, 衰减的快慢取决于时间常数 T_k 。一般认为经过 $(3\sim 4) T_k$ 突然短路过程过渡到稳态短路。

$$I_{kmk} = \sqrt{2} \frac{U_1}{Z_k} [e^{-\frac{t}{T_k}} + 1] = \sqrt{2} I_k K_s \quad (8)$$

$$T_k = \frac{L_k}{r_k} = \frac{x_k}{2\pi f r_k} \quad (9)$$

式中: r_k 、 x_k 为变压器的短路电阻和短路电抗; U_1 为电压的有效值; $Z_k = \sqrt{r_k^2 + x_k^2}$ 为变压器的短路阻抗。

对于中小型变压器的 $\frac{r_k}{x_k} = (1/2\sim 1/3)$, 大型变

压器的 $\frac{r_k}{x_k} = (1/10\sim 1/15)$; 那么中小型变压器的瞬

变衰减时间一般为 $(0.02\sim 0.04\text{ s})$, 大型变压器的瞬变衰减时间则为 $(0.1\sim 0.2\text{ s})$ 。

那么对于线路上的间歇性短路, 如果短路间歇时间小于主变瞬变衰减时间, 且短路发生过程的时间达到过流保护的延时的话, 就会对主变形成一种持续的大电流, 导致主变高后备过流保护误动作, 而线路上的微机保护不会动作, 因为随着短路间歇出现, 短路电流随之消失, 保护装置就已经自动返回了, 这一点也从微机线路保护的启动记录上得到了证实, 启动记录如表 2 所示。

表 2 线路保护动作记录

Tab.2 Action record of line relay

日期	时间	事件	动作电流
2005-03-03	16: 40: 55: 379	6 kV 馈线 I 过流 II 段启动	$I_a=5.32\text{ A}, I_c=0.78\text{ A}$
2005-03-03	16: 40: 55: 648	6 kV 馈线 I 过流 II 段返回	
2005-03-03	16: 41: 11: 428	6 kV 馈线 I 过流 II 段启动	$I_a=5.76\text{ A}, I_c=0.82\text{ A}$
2005-03-03	16: 41: 11: 701	6 kV 馈线 I 过流 II 段返回	
2005-03-03	16: 41: 18: 843	6 kV 馈线 I 过流 II 段启动	$I_a=6.48\text{ A}, I_c=3.29\text{ A}$
2005-03-03	16: 41: 19: 014	6 kV 馈线 I 过流 II 段返回	
2005-03-03	16: 41: 20: 596	6 kV 馈线 I 过流 II 段启动	$I_a=8.73\text{ A}, I_c=9.04\text{ A}$
2005-03-03	16: 41: 20: 598	352 过流 II 段启动	$I_a=3.46\text{ A}, I_b=3.59\text{ A}, I_c=3.58\text{ A}$
2005-03-03	16: 41: 20: 594	351 过流 II 段启动	$I_a=5.32\text{ A}, I_b=5.53\text{ A}, I_c=5.53\text{ A}$
2005-03-03	16: 41: 20: 704	6 kV 馈线 I 过流 II 段返回	
2005-03-03	16: 41: 20: 793	6 kV 馈线 I 过流 II 段启动	$I_a=30.96\text{ A}, I_c=31.29\text{ A}$
2005-03-03	16: 41: 22: 141	352 过流 II 段动作	
2005-03-03	16: 41: 22: 128	351 过流 II 段动作	

4 总结

经过以上的分析以后, 基本问题已经明确, 首先是电流定值配合不太合理, 其次是整定的时间阶梯不太合适, 最终制定了如下调整方案: 主变高压侧保护 CT 统一为 300/5、高后备电流定值二次值调整成 4.5 A、6 kV 馈线过流时间阶梯调整成 1.0 s, 以保证躲过对变压器的瞬变时间, 经过调整以后变压器运行一年多以来没有出现过一次误动和拒动, 说明调整方案是合理的。

针对工矿企业实际的供电特点, 认为相关部门在进行定值整定计算时应结合实际情况考虑, 特别是技术力量比较薄弱的企业, 最好把定值这一块委托相关电力部门予以计算, 以避免出现不必要事故和损失。关于时间阶梯 Δt 应该根据不同变电站的实际情况进行取值, 对于所有设备都是采用新型设备的情况, 线路保护部分的时间阶梯 Δt 可以考虑采用 0.3 s, 甚至是 0.2 s; 但对于有新老设备

(下转第 82 页 continued on page 82)

- [24] 赵红嘎, 薛禹胜, 等. 计及 PMU 支路电流相量的状态估计模型[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(17): 37-40.
ZHAO Hong-ga, XUE Yu-sheng, et al. State Estimation Model with PMU Current Phasor Measurements[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(17): 37-40.
- [25] 孙国强. 基于相量测量的电力系统状态估计研究(硕士学位论文)[D]. 南京:河海大学, 2005.
SUN Guo-qiang. State Estimation Study Based on Phasor

Measurements, Thesis[D]. Nanjing:Hohai University, 2005.

收稿日期: 2006-12-03 修回日期: 2006-12-18
作者简介:

兰 华(1956-), 女, 教授, 硕士生导师, 主要从事电气工程理论、信号处理及电力系统状态估计方向的研究;
李积捷(1982-), 男, 硕士研究生, 主要从事电力系统状态估计研究. E-mail: lijijiqi-011@163.com

(上接第 69 页 continued from page 69)

相结合的变电站主变后备保护的时间阶梯 Δt 不能取小于 0.5 s, 否则使微机保护装置误动作, 造成事故范围的扩大。

关于这次保护误动的情况的理论分析和通过现场实际的应用结合, 说明本文提出的处理方法是符合实际情况的, 希望能为其它的工矿企业变电站整定计算时提供一定的参考。

参考文献

- [1] DL/T 584-95, 3~110 kV 电网继电保护装置运行整定规程[S].
DL/T 584-95, Operational and Setting Code for Relay Protection of 3~110 kV Electrical Power Networks[S].
- [2] 贺家李, 宋从矩. 电力系统继电保护原理[M]. 北京: 中国电力出版社, 1994.
HE Jia-li, SONG Cong-ju. Relay Protection Principle of the Power System[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1994.
- [3] 罗钰玲, 吕铁民, 陈家楣, 等. 电力系统微机继电保护[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2005.

LUO Yu-ling, Lü Tie-min, CHEN Jia-mei, et al. Computer Relay Protection of Power System[M]. Beijing: China People's Telecom Press, 2005.

- [4] 李光琦. 电力系统暂态分析[M]. 北京: 中国电力出版社, 1995.
LI Guang-qi. Temporary Attitude Analysis of the Power System[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1995.
- [5] 孙彭年, 胡友富, 郭志善. 电机学[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1995.
SUN Peng-nian, HU You-fu, GUO Zhi-shan. Principle of the Electrical Machinery[M]. Zhengzhou: Henan Science and Technology Press, 1995.

收稿日期: 2006-05-22 收稿日期: 2006-12-06
作者简介:

龚洪金(1978-), 男, 学士, 工程师, 主要从事变电站综合自动化项目的技术和管理的工作; E-mail: snghj@sina.com
刘树聘(1974-), 女, 讲师, 从事微机研究与教学工作;
秦莉敏(1977-), 女, 学士, 工程师, 主要从事电力系统调度工作。

(上接第 77 页 continued from page 77)

时由于断路器辅助触点转换造成的控制回路断线应该已经消失了, 因此同样可以保证在保护的正常运行过程中重合闸能够正常工作。改进方案执行后, 我们对现场不同的设备分别进行了模拟传动。当拉开线路侧刀闸时仍会出现控制回路断线的告警信号, 但继电保护装置均可靠地防止了在控制回路断线恢复时重合闸误动作行为的发生。结果完全符合我们的预期, 重合闸误动的隐患得以消除。

3 结语

由于各种原因形成的断路器位置反映不正确进而造成重合闸误动的问题在现场工作中经常出现,

结合这种情况下同时会出现控制回路断线的情况, 新一代的 110 kV 保护装置都开始引入了控制回路断线闭锁重合闸的相应功能。对于上一代的保护我们也应该根据实际情况加以改进, 从而保证设备运行的正常和稳定。

收稿日期: 2006-09-13 修回日期: 2007-03-03
作者简介:

甘景福(1973-), 男, 本科, 高级工程师, 从事继电保护运行管理工作; E-mail: tsxg@sina.com
刘宝志(1966-), 男, 硕士研究生, 讲师, 主要从事电力系统分析与控制方面研究工作;
胡桃涛(1973-), 男, 本科, 工程师, 从事电网规划管理。