

对 SXH-181 型保护装置四边形特性原理的分析

杨永清, 刘晓路

(洛阳铁路供电段, 河南 洛阳 471000)

摘要: 针对 SXH-181 数字型馈线保护装置的整定原则和保护原理, 指出了该种保护原理和整定原则存在的主要问题和小区整定的缺陷, 并提出了有效的解决方案。利用谐波、线路阻抗和负荷阻抗等概念进行了深入细致的分析, 并对保护装置整定原则和逻辑图进行了修改, 满足了现场实际需要。

关键词: 大区; 小区; 谐波; 线路阻抗和负荷阻抗; 逻辑图

Analysis of quadrangle characteristic theory of SXH-181 type protection equipment

YANG Yong-qing, LIU Xiao-lu

(Luoyang Railway Power Supply Branch, Luoyang 471000, Henan)

Abstract: Against the setting principles and tenets of protection of the digital feeder protection device, SXH-181, this paper indicates the major problems of this principle and some defects in small area setting, and proposes the effective solutions. Some in-depth and detailed analysis has done by the concept of harmonic, line impedance and load impedance. The setting principles and logic diagrams of protection device are modified, which can meet the actual needs.

Key words: large area; small area; harmonic; line impedance and load impedance; logic diagrams

中图分类号: TM772

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2007)17-0080-03

0 引言

当前, 电气化铁道 27.5 kV 馈线主保护大多采用四边形特性原理的距离保护, 而四边形特性又有多种。SXH-181 采用日本的 44F 型四边形特性基本原理, 又注入了新的特点: 该四边形特性分为大区和小区 (如图 1 所示)。大区是按正常的线路阻抗和最小负荷阻抗进行整定的。小区是为了避免高次谐波含量达到一定程度出现误动而设定的。其原理是高次谐波含量达到一定值时, 四边形保护范围从大区收缩到小区, 从而避免保护误动。这种原理的思路是好的, 然而该四边形特性的小区是一个定值, 且无整定依据, 这样, 在大干线、重载线路上有造成保护误动的可能。下面, 将对 SXH-181 型保护装置的整定原则、保护原理和特性进行具体分析。

1 列述原 SXH-181 型保护装置的整定原则

本装置通过大小区的变化躲开重负荷、正常负荷与再生制动工况下的叠加负荷以及励磁涌流与正常负荷叠加造成的波形畸变。该保护装置对图 1 各边的整定原则为:

1.1 AB 边的整定原则

当保护范围末端短路, 继电器应能可靠动作, 即:

$$X_{zd} = K_k \times X_{t1}$$

式中: K_k 为可靠系数, 一般可取 1.2; X_{t1} 为保护范围末端短路电抗。

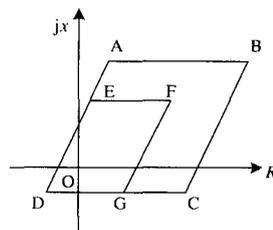


图 1 SXH-181 四边形特性图

Fig.1 SXH-181 quadrangle characteristic diagram

1.2 EF 边的整定原则

为了避免保护线路上波形畸变引起的误动, 整定保护小区的边界:

$$X_{zd}' = K_k' \times X_{t1}'$$

式中: K_k' 为可靠系数, 一般取 1.05; X_{t1}' 为保护躲过最大波形畸变时, 线路末端的短路电抗。

1.3 BC 边的整定原则

当保护范围末端短路时, 其过渡电阻整定为:

$$R_{zd} = \frac{1}{K_K} \times \frac{U_{d.min}}{I_{d.max}} \times (\cos\varphi - \frac{\sin\varphi}{\tan\theta}) \quad (1)$$

式中: K_k 为可靠系数, 一般可取 1.1; φ 为功率因数差时的负荷阻抗角; θ 为 BC 边的倾斜角, 可根据线路阻抗角进行整定; $U_{d.min}$ 为母线最低工作电压; $I_{d.max}$ 为最大负荷电流。

1.4 FG 边的整定原则

正常情况下出现最大负荷及波形畸变时阻抗继电器不应动作:

$$R_{zd}' = \frac{1}{K_k} \times \frac{U_{d.min}}{I_{d.max}} \times (\cos\varphi' - \frac{\sin\varphi'}{\tan\theta}) \quad (2)$$

式中: φ' 为最大波形畸变时功率因数差时负荷阻抗角。

1.5 AD、DC 边的整定原则

R_R 、 X_R 分别 180° 和 270° 的偏移电阻和偏移电抗值, 可根据具体情况整定。

2 大区整定的分析

下面针对上述的整定原则进行逐一分析。

2.1 AB 边的分析

AB 的整定:

$$X_{zd} = K_k \times X_{t1}$$

本式按保护范围末端短路电抗进行整定, 亦即在保护范围末端短路时, 继电器应能可靠动作。所以, AB 边的整定原则和常规的四边形特性整定原则是一样的, 无任何错误。

2.2 BC 边的分析

BC 边按下式整定:

$$R_{zd} = \frac{1}{K_k} \times \frac{U_{d.min}}{I_{d.max}} \times (\cos\varphi - \frac{\sin\varphi}{\tan\theta}) \quad (3)$$

本式应是按躲过被保护线路的最小负荷阻抗进行整定的, 但 SXH-181 说明书上说是过渡电阻应整定为上式。笔者认为 R_{zd} 的大小只是对克服过渡电阻的能力有影响, 而不应当说过渡电阻应按上式整定。

2.3 CD 和 AD 边的分析

其整定按实际情况进行整定, 在变电所处一般整定在 -1 左右, 便于躲过死区电压, 这是正确的。

3 小区整定的分析

3.1 EF 边的分析

$$\text{其整定为: } X_{zd}' = X_{zd} = K_k' \times X_{t1}'$$

式中: K_k' 为可靠系数, “ X_{t1}' 为躲过最大波形畸变时线路末端的短路电抗”, 这句话, 说法是错误的, 从牵引供电工程以及电力系统中非对称性短路计算看, 被保护线路末端在波形畸变时发生短路, 其短路电抗仍然是被保护线路末端正常时的短路电抗,

和大区中的 X_{t1} 是一样的, 所以, 小区中的 X_{t1}' 的说法不科学; 又因接触网线路状况比较复杂, 电力机车工况也在变化, 什么时候发生最严重波形畸变, 畸变的程度如何, 靠现场进行实测几乎为不可能, 所以 X_{t1}' 整定无根据。或者说无法整定, 即便勉强整定了, 也是一个毫无科学经验的恒定值。

3.2 FG 边整定的分析

原文“正常情况下, 出现最大负荷及波形畸变时阻抗继电器不应动作”。即按下式整定:

$$R_{zd}' = \frac{1}{K_k} \times \frac{U_{d.min}}{I_{d.max}} \times (\cos\varphi' - \frac{\sin\varphi'}{\tan\theta}) \quad (4)$$

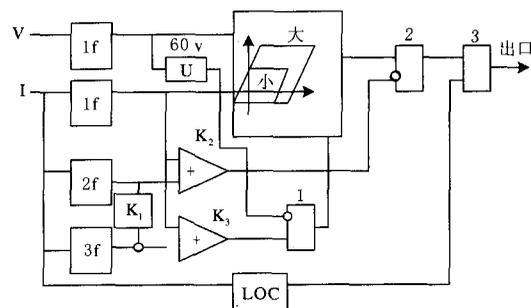
式中: φ' 是出现最大波形畸变时的负荷阻抗角, 而 φ' 是个很难确定的量, 笔者多年在现场进行观测, 一直找不到什么时候为最严重波形畸变。第一, 出现最大负荷时, 但不一定是波形最严重畸变时; 牵引网线路比较复杂, 负荷在随时变动, 同一线路所跑车型不同、数量不同, 所加载重量不同, 上下坡及过电分相, 电分段时司机操作的模式和车速也不同。所以, 很难找到最严重畸变时的 φ' ; 第二, 当出现波形最严重畸变时不一定是最大负荷时。因此, FG 边整定无依据。

3.3 实例

原洛阳北供电段阳城变电所牵引网馈线保护用的是 SXH-181 保护, 当时小区因找不到整定依据, 厂家建议整定为大区的 80%, 这样, 在阳城变电所馈线保护的四边形中, 就有了一个固定的小区, 从上述分析可知, 80% 并不一定是波形最严重畸变时的边界, 当线路负荷发生更严重波形畸变时, 侵入 80% 范围内(小区内), 保护就要误动。

4 对距离保护逻辑图的分析 (大小区)

SXH-181 逻辑框图如图 2 所示。



注: 1f 为基波通过滤波器; 2f 为二次谐波通过滤波器; 3f 为三次谐波通过滤波器; K_1 为逻辑变换器; K_2 、 K_3 为逻辑运算电路; LOC 为小电流电路; U 为低电压闭锁电路。

图 2 SXH-181 逻辑图

Fig.2 SBH-181 logic diagram

4.1 正常和短路时动作的逻辑过程 (见图 2)

短路故障时, 测量阻抗落在四边形大区中, 同时二次谐波量和基波的比值与二次谐波整定值相比, 小于该定值, K2 输出为 0, 到与门 2 处, 电位变非, 即为 1, 所以与门 2 输出为 1, 与小电流 (LOC) 共同作用与门 3, 保护出口。

正常情况下, 涌流比较大时, 即二次谐波含量 (I_2/I_1) 比二次谐波整定值大, K2 输出为 1, 到与门 2 处, 电位变非, 即为 0, 闭锁了与门 2 的出口。

4.2 对大小区变化的分析 (见图 2)

按原说明书解释, 与门 1 是调整大区和小区的, 当与门 1 输出为 1 时, 大区缩到小区 (如图 2), 该小区是前述整定的小区, 当与门 1 输出为 0 时, 小区消失, 保护在大区范围。因此, 按上述解释可进行如下分析:

当高次谐波含量 (本图中只有二、三次谐波) 和基波比值大于高次谐波整定值时, K₃ 输出为 1 (高电平)。低电压闭锁中, U 大于某整定值时, U 输出为 0, 到与门 1 处, 变为 1, 因而与门 1 出口, 大区变为小区, 保护不动; 但是, 低电压闭锁中的低电压整定值没有依据, 在电气化铁道上出现最大波形畸变时, 牵引母线上的低电压极限值很难确定, 也就是说, 出现最大波形畸变时, 可能是 24 kV, 也可能是 23 kV 等; 再者, 从前述 FG 边的整定分析中知道难以捕捉最严重波形畸变时刻, 也就无法确定这个低电压闭锁值, 所以, 一旦出现综合谐波含量畸变严重, 又属正常而不需要跳闸时, 母线电压值小于低电压闭锁整定值时 U 输出为 1, 至与门 1, 变非为 0, 此时与门 1 输出为 0, 保护仍然为大区, 这样, 综合谐波含量一旦落入保护区, 保护就要误动。所以, 这个低电压整定值也无依据。

综上所述, 该型阻抗保护原理存在一定缺陷。

5 改进措施

5.1 逻辑图的改进

从上述分析看, 将保护小区去掉, 去掉无整定依据的低电压值, 增加 3 次谐波闭锁, 即将 2 次谐波闭锁和 3 次谐波闭锁合二为一即可实现常规的保护功能。并且完全能够满足当前电气化铁道阻抗保护的需要。逻辑图改进如图 3 所示。

这样从逻辑过程看, 将有效地保证该型保护的正常动作: 短路时, 测量阻抗落在四边形区域中, 同时二次谐波量或三次谐波量和基波的比值与谐波整定值相比, 小于整定值, K3 输出为 0, 到与门 2 处, 电位变非, 即为 1, 所以与门 2 输出为 1, 与小电流共同作用与门 3, 保护出口; 正常情况下, 当

综合谐波含量比较大时, 即二次谐波含量 (I_2/I_1) 或三次谐波含量 (I_3/I_1) 比谐波整定值大, K3 输出为 1, 到与门 2 处, 电位变非, 即为 0, 闭锁了与门 2 的出口, 保护不动。

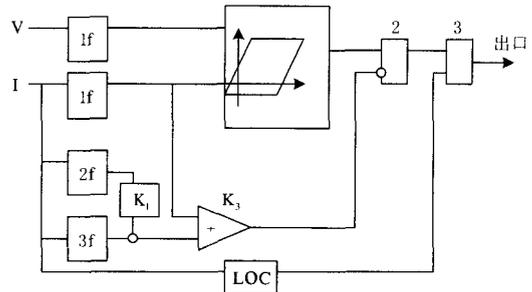


图 3 SXH-181 改进逻辑图

Fig.3 SBH-181 improved logic diagram

5.2 整定原则改进

5.2.1 线路阻抗整定

线路阻抗按下式 (5) 整定:

$$X_{zd} = K_k \times X_{t1} \quad (5)$$

式中: K_k 为可靠系数, 一般可取 1.2; X_{t1} 为保护范围末端短路电抗。

5.2.2 负荷阻抗的整定

负荷阻抗按式 (6) 整定:

$$R_{zd} = \frac{1}{K_k} \times \frac{U_{d.min}}{I_{d.max}} \times (\cos \varphi - \frac{\sin \varphi}{\tan \theta}) \quad (6)$$

式中: K_k 为可靠系数, 一般可取 1.1; φ 为功率因数差时的负荷阻抗角; θ 为 BC 边的倾斜角, 可根据线路阻抗角进行整定; $U_{d.min}$ 为母线最低工作电压; $I_{d.max}$ 为最大负荷电流。

这样, 通过上述的分析和改进, 在实际运行中有效地保证了牵引供电设备的正常运行。

参考文献

- [1] 王永康. 继电保护及自动装置[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1986.
WANG Yong-kang. Relay Protection and Automation Equipment[M]. Beijing: China Railway Press, 1986.
- [2] 许建安. 电力系统微机继电保护[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2003.
XU Jian-an. Relay Protection by Micro-computer in Electric System[M]. Beijing: China Water Power Press, 2003.
- [3] 贺威俊, 简克良. 电气化铁道供变电工程[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1982.

2)更进一步, 如果给 10 kV 线路也增设负序过流保护, 定值按照本线路过流保护定值的 $\frac{1}{2}$ (0.5 倍) 整定 (与变压器同侧负序过流保护正好有 1.15~1.2 倍的配合系数, 符合定值配合系数要求), 时限也取与过流时限相同, 灵敏度计算结果为:

在计算的 64 个数据 (包括 12 条分支线) 中, 只有 4 个灵敏度数据小于 1。合格率为 $\frac{64-4}{64} * 100\% = 93.75\%$ 。而且, 灵敏度系数均得到非常显著的提高。

4 CT 二次回路断线

在 CT 二次回路断线时会出现负序电流, 但此时 $3I_2$ 与未断线的相电流相等, 而两相短路时有 $3I_2 = \sqrt{3}I^{(2)}$, 其中 $I^{(2)}$ 为故障相电流。因此增加 $3I_2 > 1.5I_{\phi\max}$ ($I_{\phi\max}$ 为最大相电流) 的条件便可区别断线与短路故障。顺便指出, CT 断线时 $U_2=0$, 负序功率方向继电器不会误动。

5 改进后保护的评价

1) 负序电流继电器在短路的暂态过程中测量不准, 但由于负序过电流保护仍有较长的延时, 因此暂态过程的影响可以不计。

2) 改进前, 变压器 10 kV 侧相间过电流保护对同侧出线远后备灵敏系数合格率为 11.67%; 改进后, 变压器 10 kV 侧负序过电流保护对同侧出线远后备灵敏度系数合格率为 76.56%。与改进前相比, 远后备灵敏度提高了 64.89%, 可见灵敏度有很大提高。由此可见, 负序过电流保护在各方面都优于传统的相过电流保护。因此, 这种改进措施有很大的实际意义。

6 其他问题的认识

虚拟增加了负序过流保护配置之后, 本局 110 kV 变电站还有 4 条线路远后备、近后备都不能满足灵敏度要求, 主要是由于这些配电线路导线线径过小, 大部分为 LGJ-35、LGJ-70 导线; 线路延伸较长, 距离在 15.8~26.616 km 之间; 全线路综合阻抗值

过大, 全线 $Z_L=10.788\sim 19.22 \Omega$ 之间。这些超过 10 kV 线路所允许的供电半径。这就应当从加强和扩充 35 kV、10 kV 一次系统网架结构来解决, 即通过线路改造、增建变电站等方式, 比如增加并合理选择 35 kV 变电站位置, 以减小 10 kV 线路供电半径, 从而达到提高 10 kV 系统继电保护灵敏性的目的。这种应当由一次系统来解决的问题, 不应当也不能够要求继电保护来解决, 继电保护它既解决不了也不可能解决这类问题。

7 这种改进措施在工程应用领域里的推广

在继电保护工程应用领域里, 目前所见到的变压器后备保护装置中尚未普遍配置负序过流元件, 即这一做法目前还没有普遍应用。这就需要我们继电保护工作者与时俱进, 在实际工作中多发现、总结、积累、提出问题, 来推动变压器后备保护配置方面的变革。继电保护毕竟是一项工程技术而非纯理论科学, 找到简单、实用、可靠的解决工程难题的技巧也是对智慧的挑战。在工程应用中, 有关部门可以直接在与厂家签定定货合同时注明: 在 10 kV、35 kV 线路保护中增加一段负序过电流保护, 带一段延时, 可单独投退; 在变压器各侧 (包括 35 kV 变压器低压侧) 后备保护中增设一段由相低电压闭锁 (电压元件可以单独整定、单独投退) 的负序过电流保护, 保护动作后以 t_1 延时跳分段, 以 t_2 延时跳本侧, 以 t_3 延时跳三侧断路器, 各延时段可以单独整定投退。以提高远后备灵敏度, 增强保护功能的冗余度, 提高保护动作的可靠性。

参考文献

- [1] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.

收稿日期: 2006-12-27; 修回日期: 2007-05-09

作者简介:

魏莉 (1971-), 女, 工程师, 长期从事电力系统继电保护整定计算、故障录波分析等工作;

彭建宁 (1967-), 男, 高级工程师, 长期从事电力系统分析管理等工作。E-mail: pengjin@126.com

(上接第 82 页 continued from page 82)

HE Wei-jun, JIAN Ke-liang. Electrified Railway Electric Transmission Project[M]. Beijing: China Railway Press, 1982.

作者简介:

杨永清 (1967-), 男, 助理工程师, 从事电气化铁道供电;

刘晓路 (1965-), 男, 高级工程师, 从事供电站方面的工作。E-mail: xiaolu_520@126.com

收稿日期: 2007-03-07; 修回日期: 2007-04-29