

BSB-1型失步保护装置剖析

林金波, 单凯, 张凤利, 卞宏文, 刘迎新, 薛庆凯

(阿城继电器股份有限公司, 黑龙江 阿城 150302)

摘要: 在发电机及系统出现失步的情况下,利用失步保护装置,能够根据振荡中心的位置,有选择地解列电网中失去同步的部份,使机组和电网安全运行。文中介绍了失步保护判据的构成及发电机失步与构成判据的各阻抗轨迹之间的关系。最后着重介绍了失步保护的整定计算,为其在大机组上安全有效的运行提供了重要的理论依据。

关键词: 失步; 振荡

中图分类号: TM774

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2000)10-0034-04

1 引言

随着我国电力事业的迅猛发展,单机容量的增大,特别是针对少数地区小电网大机组(个别地区)的特点,发电机失步保护的重要性日益显得突出起来。一旦机组与系统失去同步,对系统或机组安全运行必将造成严重危害。当振荡中心发生在系统侧时,严重时将造成整个系统的崩溃。而振荡中心发生在机组侧,则有可能造成机组强烈的机械振动。BSB-1A型发电机失步保护能够根据振荡中心的位置,有选择地解列电网中失去同步的部分或机组,使系统或机组安全可靠地运行。

2 装置判据构成

本装置的动作判据由欧姆线、透镜形曲线和电抗线三条特性曲线组成^[1],见图1。

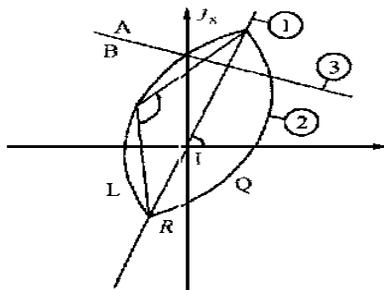


图1

欧姆线(1)把阻抗平面分成两半:左侧(L)和右侧(R)。

透镜型曲线(2)把阻抗平面分成透镜内(I)和外(O)两部分。

这两条特性曲线把阻抗平面划分为如下四个区域(见图1):

欧姆线左侧的透镜外(O.L)

欧姆线左侧的透镜内(I.L)

欧姆线右侧的透镜内(I.R)

欧姆线右侧的透镜外(O.R)

电抗线3把阻抗平面分成上下两半,线下(B)为失步的第一段,线上(A)为失步的第二段。

装置判断是否发生失步的判据是^[2]:阻抗轨迹必须从左面或从右面进入透镜区,并继续横过透镜区,而且阻抗轨迹通过每个透镜区所经历的时间不小于25ms。

3 发电机失步与阻抗动态轨迹之间的关系

下面分析发电机失步与阻抗动态轨迹:

阻抗轨迹A的情况下,阻抗轨迹A穿过左半透镜区的时间 $t = 30ms > 25ms$,阻抗轨迹穿过右半透镜区的时间 $t = 50ms > 25ms$ 。所以,本装置1、2段均能动作。

阻抗轨迹B的情况下,B穿过左半透镜区时间 $t = 50ms > 25ms$,但是没有穿出右半透镜区,则本装置均不能动作。

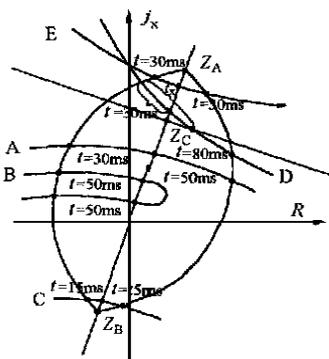


图2 阻抗轨迹示例

阻抗轨迹C情况下,C穿过左半透镜区时间

$t = 15\text{ms} < 25\text{ms}$, 所以本装置也不能动作。

阻抗轨迹 D 情况下, D 穿过右半透镜区的时间 $t = 80\text{ms} > 25\text{ms}$, D 穿过左半透镜区的时间 $t = 30\text{ms} > 25\text{ms}$, 本装置第 2 段动作。本装置第 1 段能否动作要看 D 穿过电抗线到穿出透镜区的时间 t_x 。若 $t_x < 50\text{ms}$, 则第一段也能动作。反之第一段不能动作。

阻抗轨迹 E 情况下, 穿过透镜右半区时间 $t = 30\text{ms} > 25\text{ms}$, 穿过左半区时间 $t = 30\text{ms} > 25\text{ms}$ 。但是从电抗线上方穿过透镜区和欧姆线, 只能第二段动作。

以上情况必须在电流大于 $0.15 I_n$ 的状态下, 本装置方能正常工作; 若电流小于 $0.15 I_n$ 时, 由小电流闭锁回路连锁, 本装置不动作。

4 整定计算

4.1 BSB-1 失步保护装置的特性曲线(如图 1 所示)。

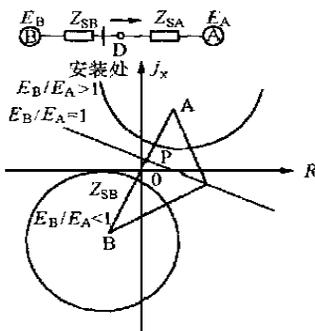
凸透镜形曲线、欧姆线和电抗线的倾斜角由整定值 确定^[3]。阻抗 Z_A 确定双凸透镜形曲线正方向顶点, 而阻抗 Z_B 确定该曲线负方向的顶点。

凸透镜形曲线在横截方向上的宽度由角度 决定。

这些特性曲线尽可能与失步阻抗轨迹密切匹配。

4.2 失步阻抗轨迹

图 3 上面为两机系统的示意, 下面为失步阻抗轨迹曲线。



Z_{SA} 、 Z_{SB} 为装置装设在“0”处时, 失步保护装置两侧的系统阻抗

图 3 失步阻抗轨迹

基于两机电动势幅值相等或是不同, 阻抗轨迹为一条直线或者一个圆。只要两电动势之间角度滑过 180° , 阻抗轨迹就越过连线 $AB = Z_{SB} + Z_{SA}$, 阻抗轨迹与 AB 线相交, 用作失步判据, BSB-1 型失步保护装置就根据该判据动作。

4.3 整定值 Z_A 、 Z_B 和

装置的整定点 Z_A 、 Z_B 分别与系统阻抗 Z_{SA} 和 Z_{SB} 相对应。透镜形曲线的倾角 调整得大于阻抗 AB 的相位角。

对于同步发电机, 必须考虑其暂态电抗 X_d' 。对于线路和变压器, 也应考虑其正序阻抗。

如果 Z_A 和 Z_B 整定值对应于 Z_{SA} 和 Z_{SB} , 则在阻抗轨迹与透镜特性曲线相交的瞬间, 凸透镜形曲线的内角 等于两电势之间的夹角 。

在 Z_{SA} 和 Z_{SB} 值可变的情况下, 必整定 Z_A 和 Z_B , 使其分别对应于 Z_{SA} 和 Z_{SB} 的最大值。

但是, 如果 E_A 和 E_B 相差悬殊, 增加 Z_A 和 Z_B 整定值是有限度的。 E_A 和 E_B 之差越大, 则阻抗轨迹圆越小, 所以在采用很长凸透镜特性曲线的情况下, 可能出现如下情况, 即阻抗轨迹第二次和 R 线相交时, 仍然处于凸透镜曲线内。因而每一滑差周期计算为两次。

最大允许整定值 Z_{Amax} 和 Z_{Bmax} :

$$Z_{Amax} = \frac{Z_{SB} + Z_{SA} \cdot \frac{E_B}{E_A}}{\frac{E_A}{E_B} - 1}$$

当 $E_B > E_A$ 时, 应考虑该极限值。

$$Z_{Bmax} = \frac{Z_{SA} + Z_{SB} \cdot \frac{E_A}{E_B}}{\frac{E_A}{E_B} - 1}$$

当 $E_A > E_B$ 时, 应考虑该极限值。

4.4 的整定值

双凸透镜形曲线的内角, 在给定 $Z_A + Z_B$ 条件下, 决定凸透镜形曲线在欧姆(电阻)方向的宽度。当 $= 90^\circ$ 时, 该凸透镜形曲线变成一个圆。

如果 Z_A 和 Z_B 调整得与 Z_{SA} 和 Z_{SB} 相对应, 则的整定值直接表示于第一次发出跳闸命令时对应的功角 。即使电力系统断路器能够在相位反的条件下开断, 也建议尽可能在最小功角下给出跳闸命令。在这样的基础上, 角尽可能选取得小一些。

角越小, 凸透镜曲线越宽, 因而可能包括负荷阻抗。在运行过程中, 负荷阻抗必须总是在凸透镜形曲线之外。必须确保凸透镜形曲线与最小负荷阻抗间具有足够的距离。

在 $R-X$ 图中, 利用给出的 角, 画出凸透镜形曲线, 并把它与最小负荷阻抗做一比较, 用于检查这种情况。从图 4 可明显地看出凸透镜形曲线的构

成。

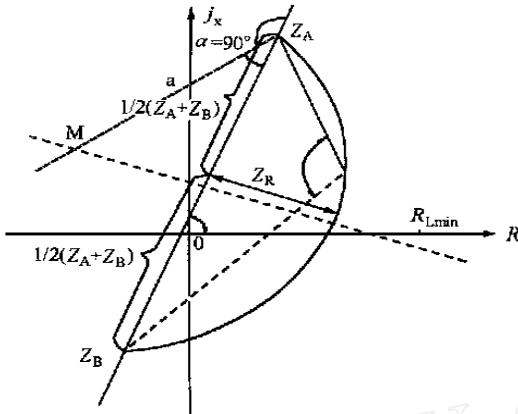


图4 凸透镜形曲线的构成

上图只画出曲线的右半部,左半部是对称的,圆弧的圆心是直线 a 与 $Z_A Z_B$ 中垂线的交点 M 。

最小运行负荷电阻 R_{Lmin} ,至少必须为凸透镜形曲线横截方向整定值 Z_R 的 30%。

Z_R 也可以通过计算决定:

$$Z_R = \frac{Z_A + Z_B}{2} \operatorname{tg} \left(90^\circ - \frac{\alpha}{2} \right)$$

在给定最小负荷阻抗的条件下, α 的允许最低整定值:

$$\alpha_{min} = 180^\circ - 2 \operatorname{arctg} \left[1.54 \cdot \frac{R_{Lmin}}{Z_A + Z_B} \right]$$

R_{Lmin} 为 $1.3 Z_R$ 。

由上式计算得的 α_{min} 可从图 5 中查出。

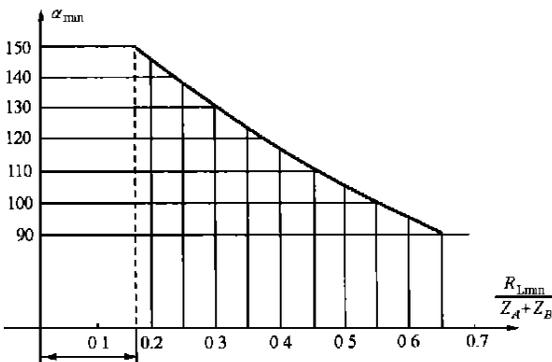


图5 $\alpha_{min} = 180 - 2 \operatorname{arctg} \left[1.54 \cdot \frac{R_{Lmin}}{Z_A + Z_B} \right]$

需要参考负荷阻抗确定 α_{min} 最小角度。

整定值不得超过 150° 。

必须减小 Z_A 和 Z_B , 以使:

$$\frac{R_{Lmin}}{Z_A + Z_B} > 0.16$$

4.5 可检测的最大滑差频率

当阻抗轨迹越过凸透镜形曲线时,如果阻抗量在该凸透镜形曲线一半区域中,历时至少 25ms (也就是说,通过该曲线整个区域的时间总共 50ms),则判定为失步。

如果 Z_A 和 Z_B 整定得等于 Z_{SA} 和 Z_{SB} , 角度 α 与可检测的滑差频率关系如下:

$$f_{smax} = 180 \left(1 - 0.05 f_{smax} \right) \text{ 或 } f_{smax} = 20 \left(1 - \frac{\alpha}{180} \right)$$

在上式中, f_{smax} 表示可检测的最大滑差频率(单位:赫兹)。

该滑差频率变化范围很宽。失步工况通常以低于 2 赫兹的滑差频率缓慢开始,然后加快。

可预料滑差频率最大值可达额定电网频率的 10%。

示例:

$$f_{smax} = 5 \text{ Hz 时, 需要整定 } \alpha = 135^\circ$$

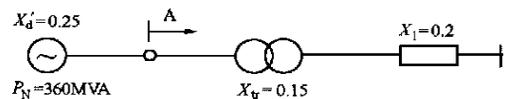
如果实际系统的阻抗 Z_{SA} 和 Z_{SB} 小于对应的 Z_A 和 Z_B 整定值,则可检测的最大滑差频率大于上面确定的值。

4.6 整定值 Z_C

Z_C 值决定电抗线至坐标圆点的距离(见图 1)。电抗线把动作区分成第 I 段和第 II 段,并整定在所要求区分边界点电抗的 90%。

4.7 整定实例

例 1:



(保护安装处在 A 点)

图 6

发电机-变压器组的数据如下:

a) 发电机容量: 360MVA 发电机电势固定不变; 变压器容量: 360MVA; 发电机纵轴电抗 $X_d = 1.14$; 发电机纵轴暂态电抗 $X_d' = 0.25$; 发电机机端电压 18kV; 变压器电抗 $X_{tr} = 0.15$; 线路正序电抗 $X_1 = 0.2$; 以上数据均为以 360MVA 为基准容量标出的标么值。

b) 电压互感器变比 $K_y = 18000\text{V}/110\text{V}$; 电流互感器变比 $K_I = 12000\text{A}/1\text{A}$; 可检测的最大滑差频率 $f_{smax} = 5\text{Hz}$; 最小负荷阻抗 $R_{Lmin} = 0.85$; 系统相角 80° 。

BSB-1 型失步保护装置接到发电机机端。 Z_A 整定在变压器和电网方向。电抗线的整定必须使得

保护能够区分失步中心在发电机-变压器组内,还是在发电机-变压器组外。作为进行该判据的附件,在发电机-变压器高压侧配备一台方向保护装置。

$$\text{基准阻抗 } Z_N = \frac{U_N^2}{P_N} = \frac{18^2}{360} = 0.9$$

$$Z_A = Z_{SA} = (x_{tr} + x_L) \cdot Z_N = (0.15 + 0.2) \cdot 0.9 = 0.315$$

$$Z_B = Z_{SB} = x_d \cdot Z_N = 0.25 \cdot 0.9 = 0.225$$

Z_C 整定变压器电抗的 90 %

$$Z_C = 0.9 \cdot X_{tr} \cdot Z_N = 0.9 \cdot 0.15 \cdot 0.9 = 0.122$$

参照最小负荷电阻,确定最小角度 α 。在

$$\frac{R_{L\min}}{Z_A + Z_B} = \frac{0.85 \cdot 0.9}{0.54} = 1.4 \text{ 的条件下,从中可得出}$$

$\alpha = 90^\circ$,该值是容许的整定值。在 $\alpha = 90^\circ$ 情况下,可检测的最大滑差频率如下:

$$f_{s\max} = 20 \left[1 - \frac{90}{180} \right] = 10\text{Hz}$$

二次侧整定值确定如下:

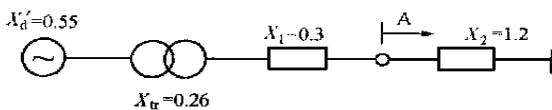
$$Z_{A(\text{二次})} = Z_A \cdot \frac{K_Y}{K_Y} = 0.315 \cdot 73.33 = 23.1$$

$$Z_{B(\text{二次})} = Z_B \cdot \frac{K_Y}{K_Y} = 0.225 \cdot 73.33 = 16.5$$

$$Z_{C(\text{二次})} = Z_C \cdot \frac{K_Y}{K_Y} = 0.122 \cdot 73.33 = 8.95$$

$$\alpha = 90^\circ \quad \alpha = 85^\circ$$

例 2:



(保护安装处在 A 点)

图 7

当 $U_N = 500\text{kV}$ 、 $P_N = 1000\text{MVA}$ 、 $K_Y = 500000\text{V}/110\text{V}$ 、 $K_L = 2000\text{A}/1\text{A}$ 、最小负荷电阻: $R_L = 0.9$ 、系统相角: $> 80^\circ$ 。

不需要限制电抗范围 $Z_C =$ 。

$$\text{基准阻抗 } Z_N = \frac{U_N^2}{P_N} = \frac{500^2}{1000} = 250$$

$$Z_A = X_2 \cdot Z_N = 1.2 \cdot 250 = 300$$

$$Z_B = (X_d + X_{tr} + X_1) \cdot Z_N = (0.55 + 0.26 + 0.3) \cdot 250 = 277.5$$

$$\frac{R_{L\min}}{Z_A + Z_B} = \frac{0.9 \cdot 25}{300 + 277.5} = 0.039$$

从图 5 查出, α 的最小必须整定值为 118° 。可整定在 120° ,由此可得出检测的最大滑差频率:

$$f_{s\max} = \left[1 - \frac{120}{180} \right] \times 20 = 6.7\text{Hz}$$

确定二次侧整定值:

$$Z_{A(\text{二次})} = Z_A \cdot \frac{K_Y}{K_Y} = 300 \cdot 0.44 = 132$$

$$Z_{B(\text{二次})} = Z_B \cdot \frac{K_Y}{K_Y} = 277.5 \cdot 0.44 = 122.1$$

$$\alpha = 120^\circ \quad \alpha = 85^\circ$$

参考文献:

- [1] BBC. Solid-state Relays and Protection Systems. 1982.
- [2] 贺家李,宋从矩. 电力系统继电保护原理. 北京:水利电力出版社,1994.
- [3] 西安交通大学,清华大学,浙江大学. 电力系统计算. 北京:水利电力出版社,1978.

收稿日期: 2000-02-28

作者简介: 林金波(1970-),男,工程师,从事继电保护工作; 单凯(1970-),男,工程师,从事发变组保护工作; 张凤利(1971-),男,工程师,从事电源保护工作。

Analysis on type BSB- 1 out - of - step protection device

LIN Jin-bo, SHAN Kai, ZHANG Feng-li, BIAN Hong-wen, LIU Ying-xin, XUE Qing-kai

(Acheng Relay Corporation, Acheng 150302, China)

Abstract: In case of the generator out - of - step with the system, the fitted out - of - step protection device would operate to isolate the out - of - step section from the system selectively based on the position of oscillation center and to ensure the generation unit and power network operating safely. The criterion construction of the out - of - step protection and relationship between the out - of - step of the generator and each impedance locus that forms the criterion are presented in this paper. The setting calculation for the out - of - step protection is also given here which is an important basis in theory for its running safely and effectively in large generation unit.

Keywords: out - of - step; oscillation