

# 大型发电机失步保护的原理与整定

郭玉恒

(二滩水电厂, 四川 攀枝花 617000)

摘要: 详细分析三阻抗元件的失步保护原理及定值整定。

关键词: 大型机组; 发变组单元; 失步; 定值整定

中图分类号: TM772

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2000)07-0025-03

随着工农业的发展, 电网需求不断的扩大, 机组的容量也越来越大, 并与变压器构成单元接线, 发一变组的电抗比与它们相连的系统等值电抗大。当系统发生振荡, 振荡中心往往落于发变组内, 严重影响厂站侧的厂用系统, 危及机组安全运行。对大型机组应该配置功能比较齐全的失步保护。

这里介绍一种三阻抗元件的失步保护。

## 1 基本原理

发电机与系统发生失步的振荡中心轨迹图如下:

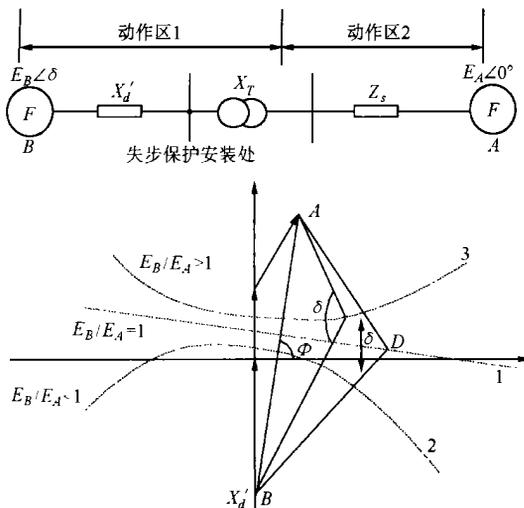


图1 机端失步阻抗轨迹

B 代表发电机 A 代表系统  $X'_d$  代表发电机阻抗  
 $X_T$  代表主变阻抗  $Z_s$  代表系统阻抗

图1中, 三条虚线都表示发电机B与系统A失步时机端的振荡阻抗轨迹, 其中: 虚线1表示  $E_B = E_A$  时的振荡轨迹, 与失步线AB垂直, 交点处的EA、EB夹角(即功角)为180度, 虚线圆弧2、3分别表示在  $E_B < E_A$  和  $E_B > E_A$  的情况下, 机端振荡阻抗轨迹。当  $E_B$  与  $E_A$  的相位差180度时, 振荡中心的轨迹与失步线AB相交。阻抗轨迹1、2、3从图

1的右方向左移动, 表明发电机电势比系统电势超前, 是发电机状态。阻抗轨迹1、2、3从图1的左方向右移动, 表明发电机电势比系统电势滞后, 是电动机状态。

## 2 失步保护的主要构成

根据图1的阻抗运行轨迹, 可以用一个透镜阻抗元件和两根直线型阻抗元件构成三阻抗元件监测发电机的失步。阻抗元件图如图2, EF为电抗元件, 把阻抗平面分为两个动作区, 即图2所示的动作区1、动作区2。当振荡中心落于区1说明振荡中心位于发变组内部, 当落于区2时, 振荡中心位于升压变以外的系统。AB为阻挡元件, 把透镜元件分成左右两部分。为阻抗角, 失步线AB EF。坐标原点0代表失步保护安装处, 即机端。

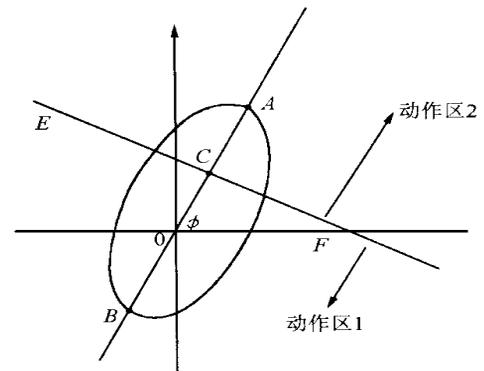


图2 三阻抗元件的构成

## 3 失步保护需要检测的内容

判断发电机是否处于失步状态, 必须进行下列检测:

- 发电机转子旋转速度与同步速的差别( $f$ ), 见第5节。
- 失步阻抗的测定。由机端电压和电流, 在线测量机端失步阻抗轨迹, 即图1中的虚线1或2或

3。

·功角 的检测。在失步过程中的某一瞬间， $E_A$  与  $E_B$  相交于失步阻抗轨迹上一点(如图 1 中的  $D$  点)，与  $IZ$  ( $I$  为振荡电流)组成的电压三角形，三角形的  $ADB$  就是要检测的功角。

·振荡失步的滑极次数  $N_1$  和  $N_2$ ， $N_1$  代表动作区 1 的滑极次数， $N_2$  代表动作区 2 的滑极次数。图 1 中的虚线 1、2、3 必须与透镜元件相交于两点，且与阻挡元件相交于一点，才能作为 1 次滑极。

### 4 何时进行功角 的检测

- a. 三相中的最小电流大于  $0.10 I_N$
- b. 三相电压中的最大电压低于  $0.92 U_N$
- c. 转差频率为  $0.2 \sim 8\text{Hz}$
- d. 处于发电机状态

当满足以上 4 个条件时，失步保护装置进行发电机功角 检测，如检测的功角大于整定的报警角，保护装置发报警信号，提示运行人员。

### 5 发电机转子角速度 $f$ 的测量(即 $f_s$ 或 $f$ )

通常利用装在转轴上的测速电机或电磁传感器，但是有些发电机大轴已无法添置测速电机或测速齿盘，而且在系统扰动期间的转轴扭振(约 10Hz 左右)对测速也有影响。这里介绍一种新型原理的测速方法。

实测发电机机端三相电压  $U_a(t)$ 、 $U_b(t)$ 、 $U_c(t)$ ，它们的综合矢量  $U(x, t)$  为

$$U(x, t) = \frac{1}{\sqrt{3}} [U_a(t) + U_b(t) + {}^2U_c(t)]$$

式中  $= e^{j120^\circ}$ ， $x$  为观测节点的位置(即机端)。

该矢量在复平面( , )上的实部和虚部为

$$\begin{bmatrix} U(t) \\ U(t) \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_a(t) \\ U_b(t) \\ U_c(t) \end{bmatrix}$$

由于电力系统中的各种非线性负荷和暂态过程的影响， $U(t)$  和  $U(t)$  中除基波外，还有各种谐波成分和随机噪音，设它们的基频分量为  $g_1(t)$ ，

$$g_1(t) = K_s(t) \sin t + K_c(t) \cos t$$

设一个基频周期内的采样数为  $N$ ，采样间隔为  $T$ ，由最小二乘法解得

$$K_c = \frac{1}{AD - B^2} \sum_{n=0}^{N-1} g_n [A \cos(n t) - B \sin(n t)]$$

$$K_s = \frac{1}{AD - B^2} \sum_{n=0}^{N-1} g_n [D \sin(n t) - B \cos(n t)]$$

其中  $A = \sum_{n=0}^{N-1} \sin^2(n T)$

$$B = \sum_{n=0}^{N-1} \sin(n T) \cos(n T)$$

$$D = \sum_{n=0}^{N-1} \cos^2(n T)$$

对于时刻  $t_m$ ，有

$$g_m = \sum_{n=0}^{N-1} g_n [K_{bn} \cos(m T) + K_{an} \sin(m T)]$$

其中  $K_{an} = \frac{1}{AD - B^2} [A \sin(n T) - B \cos(n T)]$

$$K_{bn} = \frac{1}{AD - B^2} [A \cos(n T) - B \sin(n T)]$$

由此得  $U(t)$ 、 $U(t)$  的基频分量为

$$U_m = \sum_{n=0}^{N-1} U_n [K_{bn} \cos(m T) + K_{an} \sin(m T)]$$

$$U_m = \sum_{n=0}^{N-1} U_n [K_{bn} \cos(m T) + K_{an} \sin(m T)]$$

基波综合矢量  $U_{1,m}$  可写成

$$U_{1,m} = \frac{1}{2\sqrt{2}} \sum_{n=0}^{N-1} [(U_n + jU_n) (K_{bn} - jK_{an}) e^{jm T} + (U_n - jU_n) (K_{bn} + jK_{an}) e^{-jm T}]$$

上式中第 1 项为正序分量，第 2 项为负序分量。

正序基波综合矢量在、轴上的投影为

$$U_{1,} = \frac{1}{\sqrt{8}} \sum_{n=0}^{N-1} (U_n K_{bn} + U_n K_{an})$$

$$U_{1,} = \frac{1}{\sqrt{8}} \sum_{n=0}^{N-1} (U_n K_{bn} - U_n K_{an})$$

则由机端观测到的角速度为：

$$= \frac{d}{dt} \arctg\left(\frac{U_{1,}}{U_{1,}}\right)$$

注意到发电机定子旋转磁场转速发生变化( )时，转子旋转磁场的转速变化(  $f$  )应有一个滞后，其关系为

$$f = \frac{K}{1 + T_f S}$$

式中  $T_f$ ——转子惯性时间常数；

$K$ ——常系数，与观测点位置有关。

### 6 何时确认失步

- 至少有 50ms 在透镜形阻抗动作区内；
- 失步阻抗轨迹穿越阻抗元件  $AB$ 。

### 7 失步保护定值整定

根据图 1、2，定值如下整定

- 1)  $Z_A$

$Z_A$  作为动作区 2 的末端,即限制检测发变组以外的区域。为了使保护装置不经常报警,  $Z_A = X_T + 0.3 Z_S$   $X_T$  是变压器的短路电抗,  $Z_S$  为系统阻抗。 $X_T$  与  $Z_S$  都归算到发电机侧。

2)  $Z_C$

$Z_C$  作为动作区 1 和动作区 2 的分界线,  $Z_C = X_T$ 。

3)  $Z_B$

$Z_B$  作为动作区 1 的起点,  $Z_B = X_d$ 。

4)

是  $Z_A$ 、 $Z_B$ 、 $Z_C$  的阻抗角,也用于确定功率方向,当 TA 位于发电机中性点侧, 的整定范围为:  $240^\circ \sim 270^\circ$ ; 当 TA 位于线路侧, 的整定范围为  $60^\circ \sim 90^\circ$ 。

5) 报警功角

为了向运行人员尽早提示系统或机组运行情况,而又不必长期报警,报警角整定为  $30^\circ \sim 60^\circ$  之间。

6) 跳闸功角

为了保证断路器跳闸的安全,跳闸角整定为两侧电势相位差  $< 90^\circ$  且在继续减小。保护发跳闸令除满足此条件外,还应满足失步阻抗轨迹进入动作区 1 和失步滑极次数  $N = N_1$ 。

7)  $N_1$  和  $N_2$

$N_1$  作为跳闸阶段的滑极次数,  $N_2$  作为报警阶段的滑极次数,整定  $N_1$  和  $N_2$  时,应从保护机组和厂用电的安全性出发。

8) 复归时间

如  $N_1$  和  $N_2 = 1$ ,复归时间整定为任何值对保护无影响,但如  $N_1$  或  $N_2 > 1$ ,复归时间不能整定得比滑差频率的周期短。

图 2 中的透镜元件是可变的,它随整定的跳闸功角 而变。如跳闸功角 整定为  $90^\circ$  阻抗圆就变成圆。这样的透镜形阻抗元件能可靠保证在最大负荷条件下阻抗元件不误动。

收稿日期: 2000-03-08

作者简介: 郭玉恒(1972-),男,大专,保护专责工程师,从事大机组继电保护的研究应用。

### Principle and setting of out-of-step protection for high-rating generator

GUO Yu-heng

(Ertan Hydraulic Power Station, Panzhihua 617000, China)

**Abstract:** The principle and setting of out-of-step protection for three-impedor is analyzed in detail in this paper.

**Keywords:** high-rating unit; generator-transformer unit; out-of-step; value setting

(上接第 24 页)

### Discussion and improvement on principle of rotor one point to earth protection for generator in Ertan Power Station

WANG Wen-xin

(Ertan Hydraulic Power Station, Panzhihua 617000, China)

**Abstract:** The principle of rotor one point to earth protection device for generator in Ertan Power Station is presented in detail in this paper. The cause of dead zone and the serious result of the asymmetrical sensitivity are analyzed as well. Improvement and further study are proposed.

**Keywords:** one point to earth; dead zone; sensitivity