

# 双遮挡器原理失步保护动作行为分析

蔡武卫

(漫湾发电厂,云南 云县 675805)

摘要:介绍了漫湾电厂发电机失步保护的原理及应用情况,对装置存在的问题进行了分析,提出了解决办法。

关键词:失步保护; 动作行为; 分析

中图分类号: TM772

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2001)06-0045-04

## 1 前言

漫湾电厂机组失步保护采用双遮挡器原理构成的微机失步保护装置,运行期间,该保护装置发生过两次动作。

1) 2000年1月20日,212开关并网,由于同期条件难以满足,将#2机组负荷转移且机组进相运行,22时55分,失步保护动作, #2机组解列。

2) 2000年1月31日,由于漫湾电厂220kV系统电压高,开启#2机组,进相无功45Mvar运行,零时28分,失步保护动作, #2机组解列。

失步保护动作后,保护专业人员对装置及有关的回路进行全面检查,没有发现异常,保护装置整定值与省调保护科定值通知单相符,装置动作特性符合要求,因此,失步保护装置动作原因一时难以解释。

笔者分析认为,以上两次失步保护动作的原因,是由于保护装置原理不完善,机组运行时受水力机械、调速器的控制精度等因素的影响,机组有功波动,在机组轻载进相运行情况下,使保护装置动作出口。

## 2 装置动作原因分析

### 2.1 装置原理

#### 2.1.1 装置构成原理

该保护装置动作原理如图1(图中阻抗参数忽略线路电阻),  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_2$ 、 $R_4$ 将阻抗平面分为0~4共五个区,机组加速失步时,测量阻抗从+R向-R方向变化,0~4区依次从右到左排列;机组减速失

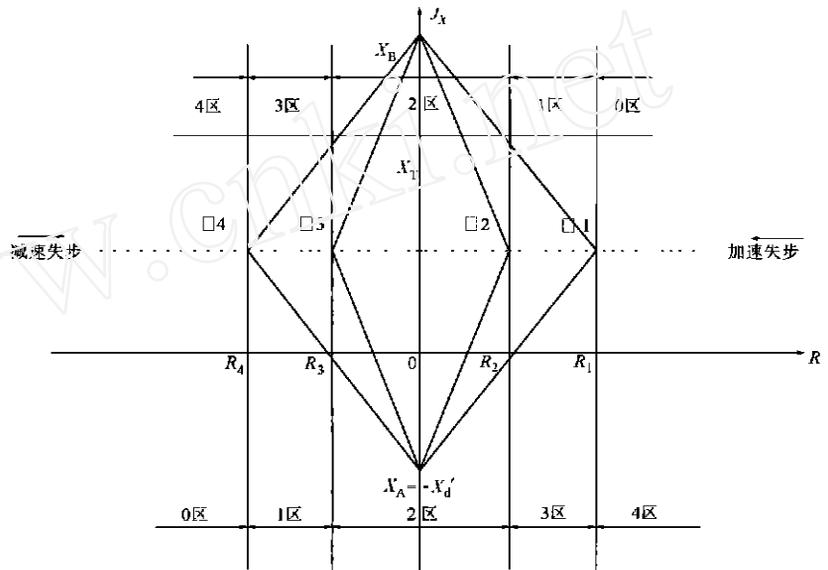


图1

步时,0~4区从左到右排列。测量阻抗从右到左穿过  $R_4$  时判断为加速、从左到右穿过  $R_1$  判断为减速。当测量阻抗穿过1区进入2区,且在1区、2区的停留时间分别大于  $T_1$ 、 $T_2$ ,发加速(或减速)失步信号,动作于降低(或提高)原动机出力,若测量阻抗继续穿过3区进入4区,且在3区、4区停留时间分别大于  $T_3$ 、 $T_4$ ,进行滑极计数,累积达整定值,装置动作于跳闸。

当测量阻抗在任一区(1~4区)的停留时间小于对应定值( $T_1 \sim T_4$ ),则判定为短路。

当测量阻抗从  $X_T$  的上方穿过,判定为系统震荡,装置不应动作。

因此,该装置能够可靠躲过系统短路和稳定震荡,只反应机组失步,并能在失步开始区分加速失步和减速失步。

#### 2.1.2 参数整定

##### 2.1.2.1 电抗元件( $X_{T.dz}$ )

系统震荡中心未从发电机或变压器内穿过时, 保护不应动作, 整定  $X_{T.dZ} = X_{T0}$ .

$X_T$ ——主变电抗。

2.1.2.2 阻抗边界 ( $R_1 \sim R_4$ )

设  $X_A = X'_d$  (发电机 d 轴暂态电抗)

$X_B = X_T + X_S$  ( $X_S$  为系统阻抗, 不计电阻)

则  $R_1 = [(X_A + X_B) \text{ctg}(\alpha/2)]/2$ , 式中  $\alpha = 120^\circ$

取  $R_2 = R_1/2$

$R_3 = -R_2$

$R_4 = -R_1$

2.1.2.3 时间参数 ( $T_1 \sim T_4$ )

$T_1 = 0.5 \times T_{OS} \times (\alpha - \beta)/360^\circ$ ,

$T_2 = T_{OS} \times (180^\circ - \beta)/360^\circ$ ,

式中  $T_{OS}$ ——震荡周期

取  $T_3 = T_1$

$T_4$  在  $0 < T_4 < T_3$  的范围内选取

滑极次数  $N_0 = 1$

2.1.2.4 实际整定参数 (省调保护科给出)

表 1

参数名称	#3—#6 机组	#2 机组	CT 变化	PT 变化
$X_{T.dZ}$	11	11	15000/1	15/0.1
$R_1$	13	23		
$R_2$	6.5	11.5		
$-R_3$	6.5	11.5		
$-R_4$	13	23		
$T_1$	0.036s	0.036s		
$T_2$	0.094s	0.094s		
$T_3$	0.036s	0.036s		
$T_4$	0.025s	0.025s		

2.2 机组等无功阻抗特性

如图 2, 一台机组通过  $X_S$  接到  $U_S = 1$  的无穷大电源母线上, 送出  $P_S + jQ_S$  的功率, 电流方向指向无穷大电源母线为正向, 机端向母线侧的测量阻抗表示为:

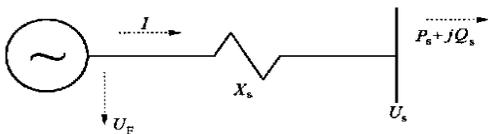


图 2

$$Z = U_S^2 / (P_S - jQ_S) + jX_S,$$

当  $Q_S = \text{常数}$ ,  $P_S$  变化时, 上式表示为

$$Z = (U_S^2 / 2jQ_S) \times [(P_S + jQ_S) - (P_S - jQ_S)] / (P_S - jQ_S) + jX_S =$$

$$(U_S^2 / 2jQ_S) \times (e^{j2\theta} - 1) + jX_S = j(U_S^2 / 2Q_S + X_S) + (U_S^2 / 2Q_S) \times e^{j(2\theta - 90^\circ)} \quad (1)$$

式中,  $\theta = \text{tg}^{-1}(Q_S / P_S)$

(1) 式是圆方程式, 圆心和半径分别为

$$Z_C = j(U_S^2 / 2Q_S + X_S) \quad (2)$$

$$R_C = U_S^2 / 2Q_S \quad (3)$$

由(2)、(3)式在阻抗平面上作圆, 如图 3, 因为圆是在  $Q_S = \text{常数}$  的条件下得到, 称之为等无功圆。当  $Q_S > 0$  时, 圆位于  $Z = jX_S$  的上方; 当  $Q_S < 0$  时, 圆位于  $Z = jX_S$  的下方。

2.3 机组进相运行对失步保护的影响

由上面的分析可知, 机组进相 ( $Q_S < 0$ ) 运行时, 由机端向母线侧观测到的阻抗圆位于  $Z = jX_S$  (此处  $X_S = X_T$ ) 的下方, 设定机组带有功负荷  $P_S$ , 受水力机械、调速器的控制精度等因素的影响,  $P_S$  不可能恒等, 将发生波动, 如表 2 (计算机监控系统记录的 #6 机组的追忆数据), 由表 2 中数据可知, 其有功的变化达 2MW。调整  $P_S$  为零时, 实际上  $P_S$  将在  $P_0 > P_S > -P_0$  范围内变化。

表 2

	追忆点	有功功率(MW)	无功功率(Mvar)
故障前	第 1 个追忆点	19.66	13.64
	第 2 个追忆点	20.74	13.64
	第 3 个追忆点	19.73	13.82
	第 4 个追忆点	19.73	13.82
	第 5 个追忆点	19.9	13.64
	第 6 个追忆点	19.48	13.67
	第 7 个追忆点	20.04	13.79
	第 8 个追忆点	20.32	13.67
	第 9 个追忆点	20.32	13.67
	第 10 个追忆点	19.48	13.79
故障后	第 1 个追忆点	20.18	13.55
	第 2 个追忆点	19.80	13.52
	第 3 个追忆点	19.80	13.52
	第 4 个追忆点	19.52	13.43
	第 5 个追忆点	20.39	14.03
	第 6 个追忆点	19.97	13.55
	第 7 个追忆点	19.97	13.55
	第 8 个追忆点	19.69	13.79
	第 9 个追忆点	18.75	13.55
	第 10 个追忆点	20.15	14.18

如图 4, 当  $P_S$  由  $P_0$  ( $P_0 > 0$ ) 变化到  $-P_0$  或由  $-P_0$  变化到  $P_0$ , 阻抗特性穿过 0~4 区, 且在 1~4 区的停留时间满足定值要求时, 失步保护将会动作。

设  $P_S = P_0$  时, 对应二次侧阻抗  $Z = Z_1$ ;

$P_S = -P_0$ , 对应二次侧阻抗  $Z = Z_2$ , 如图 4,

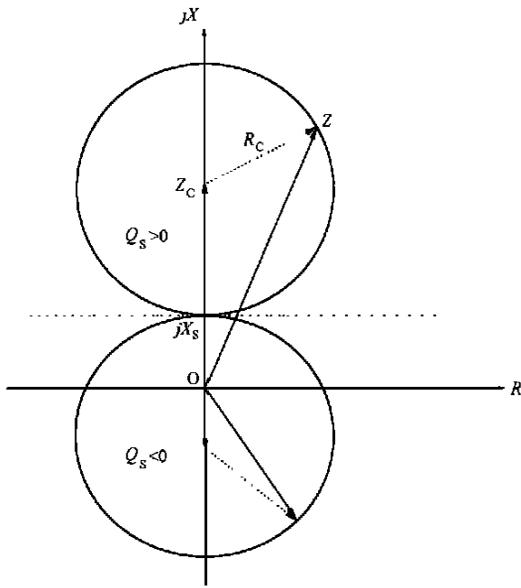


图3

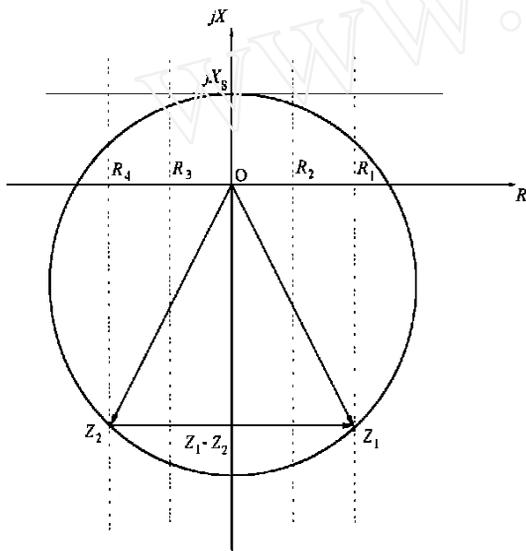


图4

设  $\theta = \arctg P_0 / Q_s$ , 则  $\theta_1 = \theta$ ,  $\theta_2 = -180^\circ - \theta$

由图4,  $Z_1 - Z_2 = (R_1 - R_4)$ , 则:

$$R_1 - R_4 = 100 \times (U_s^2 / Q_s) \times \sin(2\theta)$$

由  $\sin(2\theta) = 2\text{tg} \theta / (1 + \text{tg}^2 \theta)$ ,  $\text{tg} \theta = P_0 / Q_s$ ,

$$(2 \times P_0 / Q_s) / [1 + (P_0 / Q_s)^2] = (R_1 - R_4) \times$$

$$Q_s / (100 \times U_s^2)$$

令  $K = (R_1 - R_4) \times Q_s / (100 \times U_s^2)$ , 得:

$$K \times (P_0 / Q_s)^2 - 2 \times P_0 / Q_s + K = 0$$

$$(P_0 / Q_s) = (1 - \sqrt{1 - K^2}) / K \quad (4)$$

(4)式即为对应给定  $Q_s$  的  $P_s$  波动范围,当  $P_s$  在  $-P_0 < P_s < P_0$  范围内变化时,机端测量阻抗  $Z$

由  $Z_1 \rightarrow Z_2$  变化(或  $Z_2 \rightarrow Z_1$  变化),失步保护即可能动作。

设机组进相 30Mvar,对 #3 ~ #6 机组,由(4)式得  $P_0 = 0.472\text{MW}$ ;

设机组进相 50Mvar,对 #3 ~ #6 机组,由(4)式得  $P_0 = 1.31\text{MW}$ ;

设机组进相 100Mvar,对 #3 ~ #6 机组,由(4)式得  $P_0 = 5.255\text{MW}$ ;

因此,机组进相轻载运行时失步保护误动的可能性很大。

对于  $Q_s > 0$  的情况,可采取相同方法分析。由于有电抗元件存在,失步保护不会动作。

### 3 采取的对策

针对以上机组进相运行对失步保护动作行为的分析,可以采用在保护装置中增加小电流或小有功功率闭锁单元的方法,在机组进相轻载运行时闭锁失步保护。

#### 3.1 小电流闭锁单元 $I_{\text{block}}$

采用小电流闭锁时,由于电流中同时包含有功、无功电流,在整定保护定值时,最好实测机组各种运行工况下最大的有功变化量,根据(4)式折算出对应电流  $I_{\text{MAX}}$ ,取  $I_{\text{block}} = K \times I_{\text{MAX}}$ ,其中  $K$  取 1.25。若无实测  $I_{\text{MAX}}$ ,取  $I_{\text{block}} = 0.15 I_N$ ,其中  $I_N$  —— 机组额定电流。

#### 3.2 小有功闭锁单元 $P_{\text{block}}$

失步保护只在大中型机组上使用,由于机组存在一定的负荷震动区,如漫湾电厂机组震动区在  $40\text{MW} < P < 140\text{MW}$  之间,机组有功负荷必须在此区域外。机组有功小于震动区下限时,由于干扰引起机组失步的可能性不大。因此,闭锁整定值可按  $P_{\text{block}} = 0.1 P_N$  整定。

由于采用小有功闭锁的物理概念更清晰、直观,  $P_{\text{block}}$  不受无功影响,易于整定计算,笔者更倾向于采用小有功闭锁。

漫湾电厂发生失步保护误动作后,与设备生产厂家联系,在失步保护装置中增加小电流闭锁单元,机组进相轻载运行时,失步保护不再误动作。

#### 参考文献:

- [1] 王维俭,侯炳蕴.大型机组继电保护理论基础.(第二版).北京:水利电力出版社,1989.

收稿日期: 2000-10-18

作者简介: 蔡武卫(1968 - ),男,工程师,从事电厂自动控制、继电保护管理工作。

### Analysis of the operation of out-of-step protection based on di-keep backing principle

CAI Wu-wei

(Manwan Hydropower Plant, Yunxian 675805, China)

**Abstract:** The principle of out-of-step protection of generators in Manwan Hydropower Plant and its application are presented in this paper. Some problems in the protection device are analyzed and the solutions are proposed.

**Keywords:** out-of-step protection; operating action; analysis

(上接第 42 页) 键盘的控制命令,选通开关量输出板上相应的开出量,驱动相应的继电器,以空接点形式输出。开、停机逻辑以及功率调节等闭环控制也可由主 CPU 实现。

#### 4 结束语

SI K-2000 型水电站监控现地单元基本满足水电站监控的各项要求,其功能及性能指标达到国内先

进水平,现已在多个水电站投入运行,取得了良好的效果,具有很好的推广前景。

收稿日期: 2001-03-19;

作者简介: 龙翔(1965 - ),男,工程师,在职研究生,从事电力系统自动化研究; 于子重(1967 - ),男,工程师,从事电力系统继电保护及自动化产品技术工作; 李庆军(1966 - ),男,工程师,从事电力系统自动化的研究工作。

### A new local control unit in supervisory control for hydropower station

LONG Xiang<sup>1</sup>, ZHANG Zhe<sup>1</sup>, YU Zi-zhong<sup>2</sup>, LI Qing-jun<sup>2</sup>

(1. Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;

2. Xuchang Relay Research Institute, Xuchang 461000, China)

**Abstract:** A new local control unit in supervisory control for hydropower station is presented in this paper and the design principle, hardware construction, functions and implementation of it are also described.

**Keywords:** supervisory control; local control unit; STD bus

(上接第 44 页)

#### 方法二

数据记录表

I(A)	U(V)	30	40	50	60	70	80	85	87
1()	268.0	248.0	246.0	247.0	252.0	259.0	265.0	270.0	
3	2()	- 83.0	- 61.0	- 58.0	- 59.0	- 64.0	- 70.0	- 79.0	- 85.0

绘图见图 4。

#### 参考文献:

[1] 王维俭. 电气主设备继电保护原理及应用. 中国电力出版社, 1996.

出版社, 1996.

收稿日期: 2000-09-01;

作者简介: 陈新美(1970 - ),女,工程师,主要从事电气产品的检测工作; 李亚萍(1965 - ),女,博士,从事机电一体化研究工作; 赵丽萍(1958 - ),女,工程师,从事电气产品的检测工作。

### Two testing ways to test the impedance characteristics of microprocessor based loss - of - excitation protection

CHEN Xin-mei, LI Ya-ping, ZHAO Li-ping

(National Center for Quality Supervision & Testing of Relay and Protective Equipment, Xuchang 461000, China)

**Abstract:** The basic principle of the microprocessor based loss - of - excitation protection is introduced in this paper and two testing ways to test the impedance characteristics of the protection are presented. The testing shows they are available and practical.

**Keywords:** loss - of - excitation protection; static - stable impedance; stable asynchronous impedance