

三峡电站1号发电机内部故障主保护配置方案综观

王维俭¹, 桂林¹, 王祥珩¹, 张学深²

(1. 清华大学电机系, 北京 100084; 2. 许昌继电器研究所, 河南 许昌 461000)

摘要: 对三峡电站1号发电机定子绕组的相间、匝间短路共11490种故障作了全面的分析计算, 联系可供选用的单元件横差保护、裂相横差保护、不完全纵差保护和完全纵差保护, 在充分论证各种保护灵敏性的基础上, 提出了该发电机内部故障主保护的总体配置方案意见。

关键词: 三峡水电站; 发电机; 内部故障; 主保护

中图分类号: TM772

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2001)01-0026-03

1 1号发电机基本情况

700MW、20kV、22453A;

每相并联分支数 $a=5$;

定子铁心总槽数 $Z_1=540$; 同槽上下层线棒总

短路数 540;

定子绕组端部联线交叉处总短路数 10950。

2 机组主保护的几个名字定义

表1 三峡电站1号发电机并网额定负载时对端部故障各种保护方案的灵敏性

保护方案			总故障数	灵敏动作数			可能动作数			不能动作数			
				匝间短路		相间短路	匝间短路		相间短路	匝间短路		相间短路	
				相同分支	不同分支		相同分支	不同分支		相同分支	不同分支		
单元件横差	$I_{op}^* = 0.05$	一个分支	10950	490	660	6726	184	0	810	256	0	1824	
		两个分支	相邻连接	10950	735	660	7648	83	0	566	112	0	1146
			相间连接	10950	720	660	8116	79	0	476	131	0	768
	$I_{op}^* = 0.05$	两套横差 2-1-2 组合	相邻-相邻	10950	784	660	8128	54	0	584	92	0	648
			相邻-相间	10950	787	660	8384	55	0	474	88	0	502
		相间-相间	10950	782	660	8596	60	0	404	88	0	360	
	$I_{op}^* = 0.03$	两套横差 2-1-2 组合	相邻-相邻	10950	857	660	8818	46	0	276	27	0	266
			相邻-相间	10950	856	660	8934	42	0	228	32	0	198
		相间-相间	10950	849	660	9288	52	0	158	29	0	146	
	裂相横差	$I_{op}^* = 0.1$	一个分支	10950	845	660	9288	30	0	58	55	0	14
两个分支			相邻连接	10950	858	660	9300	60	0	44	12	0	16
			相间连接	10950	868	660	9304	41	0	44	21	0	12
2-2 组合 $I_{op}^* = 0.1$ $S = 0.3$		相邻-相邻	10950	757	610	9202	58	36	112	115	14	46	
		相邻-相间	10950	770	632	9220	76	22	102	84	6	38	
		相间-相间	10950	765	632	9258	50	20	72	115	8	30	
不完全纵差	$I_{op}^* = 0.1$ $S = 0.3$	一个分支	10950	797	660	9260	61	0	74	72	0	26	
		两个分支	相邻连接	10950	788	660	9210	62	0	64	80	0	86
			相间连接	10950	797	660	9134	49	0	106	84	0	120
		三个分支	相邻连接	10950	729	660	9248	59	0	64	142	0	48
			相间连接	10950	727	660	9190	70	0	98	133	0	72
	四个分支	10950	380	660	9284	88	0	60	462	0	16		
完全纵差 ($I_{op}^* = 0.1, S = 0.3$)			10950	0	0	9360	0	0	0	930	660	0	

表 2 三峡电站 1 号发电机并网额定负载时对同槽故障各种保护方案的灵敏性

保护方案			总故障数	灵敏动作数			可能动作数			不能动作数			
				匝间短路		相间短路	匝间短路		相间短路	匝间短路		相间短路	
				相同分支	不同分支		相同分支	不同分支		相同分支	不同分支		
单元件横差	$I_{op}^* = 0.05$	一个分支	540	80	60	41	74	0	9	266	0	10	
		两个分支	相邻连接	540	194	60	47	57	0	5	169	0	8
			相间连接	540	197	60	40	56	0	9	167	0	11
	两套横差 2-1-2 组合 $I_{op}^* = 0.05$	相邻-相邻	540	233	60	52	55	0	4	132	0	4	
		相邻-相间	540	235	60	49	51	0	6	134	0	5	
		相间-相间	540	235	60	47	51	0	10	134	0	3	
	两套横差 2-1-2 组合 $I_{op}^* = 0.03$	相邻-相邻	540	297	60	57	73	0	2	50	0	1	
		相邻-相间	540	297	60	56	65	0	2	58	0	2	
		相间-相间	540	298	60	59	51	0	1	71	0	0	
裂相横差	$I_{op}^* = 0.1$	一个分支	540	280	60	60	55	0	0	85	0	0	
		两个分支	相邻连接	540	307	60	60	47	0	0	66	0	0
			相间连接	540	310	60	60	54	0	0	56	0	0
	2-2 组合 $I_{op}^* = 0.1$	相邻-相邻	540	256	48	60	83	5	0	81	7	0	
		相邻-相间	540	272	53	60	69	4	0	79	3	0	
		相间-相间	540	282	51	60	53	6	0	85	3	0	
不完全纵差	$I_{op}^* = 0.1$	一个分支	540	264	60	60	63	0	0	93	0	0	
		两个分支	相邻连接	540	239	60	60	61	0	0	120	0	0
			相间连接	540	237	60	60	55	0	0	128	0	0
	$S = 0.3$	三个分支	相邻连接	540	156	60	60	83	0	0	181	0	0
			相间连接	540	165	60	60	72	0	0	183	0	0
		四个分支	540	39	60	60	35	0	0	346	0	0	
完全纵差 ($I_{op}^* = 0.1, S = 0.3$)			540	0	0	60	0	0	0	420	60	0	

I_{op}^* ——以发电机额定电流为基值的保护动作电流标么值；

S ——差动保护比率制动特性的斜率；

灵敏动作 ——灵敏系数 $K_{sen} = 1.5$ ；

可能动作 —— $1.5 > K_{sen} = 1.0$ ；

不能动作 —— $K_{sen} < 1.0$ ；

接入主保护的发电机中性点侧分支数 $b = 1, 2, 3, 4, 5, 2 \sim b \sim 3$ 其中有相邻连接(1,2,1,2,3,1,2,3,4,……)和相间连接(1,3,2,4,3,5,1,3,5,……)之分。

3 1 号发电机并网额定负载时内部故障主保护灵敏度校验

计算结果统计在表 1 和表 2 中。

(1) 定子绕组端部短路

(2) 定子绕组同槽短路

4 各种保护方案的灵敏性比较

(1) 单元件横差保护(即零序电流型横差保护)

三峡发电机每相 5 并联分支,因此构成零序电流型横差保护有以下几种方式:

· 一套保护方案

1 个分支与其余 4 个分支组成；

2 个“相邻”分支与其余 3 个“相邻”分支组成；

2 个“相间”分支与其余 3 个“相间”分支组成。

从表 1 和表 2 可见,由发电机中性点侧 1 个分

支与其余 4 个分支组成的单元件横差保护不可采用,因为保护的“不能动作数”太大,灵敏性很差。由 2 个分支与其余 3 个分支组成的单元件横差保护,不管采用“相邻连接”或“相间连接”方式,灵敏性虽有显著提高,但是仍不及两套保护方案的灵敏度高。

· 两套保护方案

即将每相 5 并联分支分为 2 - 1 - 2 三组(例如 1,2,4,5,3 或 1,3,2,4,5 或其它),两组之间装设一套零序电流型横差保护,共装设两套,每套各自独立出口跳闸。

无论采用“相邻连接”或“相间连接”方式,两套保护方案的灵敏性均高于一套保护方案,“相邻”或“相间”连接方式在灵敏性上基本一致,实际选用何种方式取决于发电机定子绕组中性点侧引线连接的方便性。

(2) 裂相横差保护

鉴于三峡发电机每相为 5 个并联分支,构成裂相横差保护的方式可能有

- 每相分为 1 个分支与 4 个分支的方式

此方式无任何优点,不应采用。

- 每相分为 2 个分支与 3 个分支的方式

此方式灵敏度比较高,推荐采用。

- 每相分为 2 个分支与 2 个分支(1 个分支弃而不用)的方式

鉴于发电机和发-变组的不完全纵差保护可能采用发电机中性点侧仅引入 2 个分支的方式(例如分支 1,2 接发电机纵差,分支 4,5 接发变组纵差),因此拟用每相 2 个分支(例如 1,2 分支)与 2 个分支(例如 4,5 分支)组成裂相横差保护(3 分支不引入),经计算,无论是“相邻”或“相间”连接方式,灵敏性均明显降低,因此不能采用这种方式。

(3) 不完全纵差保护

- 每相仅引入 1 个分支

从表 1 和表 2 可知,对于三峡发电单横元件差电机组,中性点侧仅 1 个分支接入不完全纵差保护的灵敏度高于接入 2,3、4 个分支的灵敏度,这与二滩发电单横元件差机组不完全纵差保护应接入 2 个分支而不应仅接入 1 个分支的结论^[1]截然不同,这是因为上述两台发电机的定子绕组空间分布不同,它们各自的同槽短路和端部短路的被短路匝数、短路电流大小也各不相同,这些短路安匝

产生的空间磁场与各非故障支路间的互感电动势更是千差万别,因此决不能将某台发电机不完全纵差保护的中性点侧接入分支数 N 搬到不同的另一台发电机上,这里已明确

$$\text{三峡电站 } N = 1$$

$$\text{二滩电站 } N = 2$$

但 b 值仍应满足

$$1 \leq N \leq a/2$$

式中 a ——每相并联分支数。

对于三峡电站, $a = 5, N = 1$ 或 2 是可以的, $N = 3$ 或 4 是不可以的,因为后者在匝间短路时影响不完全纵差保护的灵敏性。

(4) 完全纵差保护

众所周知,传统的完全纵差保护对相间短路的灵敏度高于其它保护方案,但它完全不反应匝间短路和分支开焊故障。二滩电站为装设完全纵差保护,不得不增设发电机中性点的电流互感器,以便取得每相中性点侧全部相电流,在已经装设单元件横差(或裂相横差)保护和不完全纵差保护的条件下,再装设完全纵差保护不是必要的。

5 三峡电站发电机内部短路主保护配置方案的初步结论

(1) 为兼顾定子绕组短路和端部引线短路,发电机既应装设横差保护,也应装设纵差保护,因为无论裂相横差或单元件横差,均不反应端部引线故障。

(2) 横差保护应采用 2-1-2 组合的两套单元件横差保护方案,不宜采用一套单元件横差保护方案,也不宜采用裂相横差保护方案,因为后者比单元件横

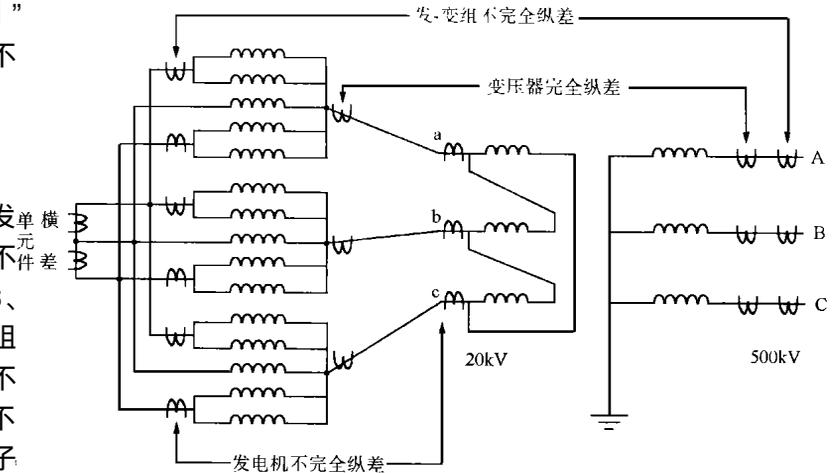


图 1 三峡 1 号机内部短路主保护及电流互感器总体配置方案

(下转第 46 页)

源进行软件维护和软件升级,同时单板软件可以对芯片进行自动监测和故障定位。使系统的故障定位能力大大提高,方便了维护人员。

6 结语

ZXS10-SM300 远动终端单元采用先进的硬件和软件平台,把计算机的发展水平和电力系统有机地结合起来,并根据变电站自动化的发展趋势和特点,为用户提出了一种技术先进,可靠性高的变电站远方终端系统。

参考文献:

[1] Intel Corporation. Intel386™EX Embedded Microprocessor

User's Manual. Intel Corporation, 1996.

- [2] 程明, 金明, 李建英, 刘远龙. 无人值班变电站监控技术. 北京: 中国电力出版社, 1999, 1.
- [3] 郭宽明. CAN 总线原理和应用系统设计. 北京: 航空航天大学出版社, 1996, 11.

收稿日期: 2000-04-03

作者简介: 雷军(1973-), 男, 硕士, 主要从事电工技术、计算机在电力系统中的应用等方面的研究、开发工作; 袁荣湘(1965-), 男, 博士, 主要从事电力系统自动化、继电保护的研究、开发工作。

Advanced RTU device in substation automation

LEI Jun, YUAN Rong-xiang

(ZTE Corporation, Shenzhen 518004, China)

Abstract: Substation automation systems are integrated by some intelligent electronic devices. RTU is the basic component. The performance of substation automation system ties up with their RTUs. In this paper, the structure, software and hardware of SM300 in ZXS10 are described. It shows that the SM300 has advanced performance and high reliability.

Keywords: RTU; substation automation; microcomputer application

(上接第 28 页) 差保护所需电流互感器多,已经注意到裂相横差保护的灵敏度高于单元件横差保护,但两套单元件横差保护与不完全纵差保护($N=1$ 或 2)的结合,已可能弥补此缺点(另文讨论),何况还可有发-变组的不完全纵差保护作为发电机内部故障的第 3 套主保护(它主要是变压器的主保护)。

(3) 纵差保护只采用 $N=2$ 的不完全纵差,与单元件横差的 2-1-2 组合相协调,可不再配备完全纵差保护。

根据以上讨论,提出发电机-变压器内部故障主保护总体配置方案如图 1 所示,图中同时表明这些保护相关的电流互感器的数目和安装位置。这种主保护总体配置方案保证了发电机、变压器及其连线任一点发生短路时总有两套及以上主保护能灵敏动作,迅速跳开发-变组高压断路器。

作,迅速跳开发-变组高压断路器。

参考文献:

- [1] 王维俭,徐振宇,王祥珩.再论发电机不完全纵差保护的设计.电力自动化设备,1999(5):1~7
- [2] 屠黎明.同步发电机定子绕组内部故障分析方法及其应用的研究.东南大学博士学位论文,1999.12.

收稿日期: 2000-09-05

作者简介: 王维俭(1930-),男,教授,博导,长期从事大机组保护的教学与研究; 桂林(1974-),男,博士研究生,从事电机的内部故障及保护的研究; 王祥珩(1941-),男,教授,从事电机工程的教学与研究; 张学深(1964-),男,硕士,高工,从事主设备保护方面的研究与设计工作。

A comprehensive survey of the main protection scheme for Three Gorges hydraulic power plant generator No. 1 at internal faults

WANG Wei-jian¹, GUI Lin¹, WANG Xiang-heng¹, ZHANG Xue-shen¹

(1. Tsinghua University, Beijing 100084; 2. Xuchang Relay Research Institute, Xuchang 461000, China)

Abstract: For phase-to-phase and turn-to-turn S/C, analysis and calculation added up to 11490 faults have been made for Three Gorges hydraulic power plant generator No. 1, combined with simple element transverse differential protection, split-phase transverse differential protection, incomplete and complete longitudinal differential protection. Based on sensitivity calculation, the main protection scheme of internal faults for this generator is proposed in this paper.

Keywords: Three Gorges hydraulic power plant; generator; internal faults; main protection