

发电机主保护优化配置分析

朱金海

云南华电金沙江中游水电开发有限公司集控中心

DOI:10.12238/hwr.v5i6.3908

[摘要] 大型水轮发电机组内部短路故障一般配置的电气量主保护有完全纵差保护、不完全纵差保护、裂相横差保护和零序电流型横差保护。本文通过对某水电站发电机实际可能发生的内部短路故障分析,按照“优势互补、综合利用”的原则,寻求最佳的发电机主保护配置方案。

[关键词] 内部故障; 主保护; 优势互补; 综合利用

中图分类号: TM77 **文献标识码:** A

Analysis of optimal configuration of main generator

Jinhai Zhu

Yunnan Huadian Jinsha River midstream Hydropower Development Co., Ltd

[Abstract] The main protection of internal short circuit fault of large water turbine generator set has complete longitudinal difference protection, incomplete longitudinal difference protection, crack phase transverse difference protection and zero-order current type transverse protection. By analyzing the possible internal short circuit failure of a certain electric power station, the best generator main protection configuration scheme is sought according to the principle of "complementary advantages and comprehensive utilization".

[Key words] internal failure; main protection; complementary advantages; comprehensive utilization

前言

某水电站安装5台单机容量为400MW的混流式水轮发电机组。定子绕组为整数槽波绕组,共612槽,每相4分支,每分支51个线圈,额定电压20kV,额定电流12831.6A,功率因数0.9,空载励磁电流1622.3A,额定励磁电流2855.2A,转子磁极数为68极。

为了对发电机各种主保护方案的性能有一个清楚的了解,需对发电机内部故障进行全面的仿真计算,并在此基础上认真分析各种主保护方案的灵敏度;一般来说,每种主保护都存在各自的保护死区,可以通过保护方案的优化配置来实现互补、达到发电机内部故障的最大保护范围^[1]。

1 发电机内部故障分析

根据对发电机绕组展开图的分析,发电机定子槽内内线棒间短路共612种,等于定子槽数,没有同相同分支的匝间短路,其中同相不同分支匝间短路408

种;相间短路204种,其中属于不同相而分支编号相同的分支间发生短路的有164种。定子绕组端部短路故障共9762种,其中同相同分支匝间短路396种;同相不同分支匝间短路2226种;相间短路7140种,其中属于不同相而分支编号相同的分支间发生短路的有1800种。

2 主保护配置原则

通过对发电机内部故障分析,初步建立其主保护配置的大致思路。由于同相的匝间短路故障共有3030种,所以首先装设横差保护。但对于多分支的电机,在支路分组引出中性点后,相当于对原来的各分支进行了组合,还有可能引入新的保护死区,所以必须经内部短路分析计算才能确定采用哪种横差保护,并可由横差保护的选型来决定发电机的支路分组方式及中性点引出方式。考虑到机端三相引线短路时,各种横差保护均不反应,所以还必须装设纵差保护。

在对发电机所有可能发生的同槽和

端部交叉故障进行仿真计算的基础上,计算主保护对所有故障的灵敏度。主保护总配置方案采用“优势互补、综合利用”的设计原则,以达到对发电机内部故障保护范围最大的目的^[2]。

3 分成2个支路组的主保护配置

3.1 保护配置分析

发电机按照2支路组合方式发电机支路按照相邻分支组合方式(支路组合方式I)和相隔分支组合方式(支路组合方式II)进行组合,两个中性点上的TA0电流互感器可以构成一套零序电流型横差保护,每相的2个分支组上电流互感器可以构成一套裂相横差保护,纵差保护也只有2套不完全纵差和1套完全纵差可供选择。横差保护是不反应机端引线短路的,还应有纵差保护。由于完全纵差保护对同相的匝间短路毫无作用,所以在配置纵差保护时,首先考虑不完全纵差保护。

3.2 保护动作灵敏性分析

表1统计了两种支路分组引出方式下,主保护的動作灵敏性。分析表明裂相横差保护的正確動作率都明显大于零序电流量横差保护,所以发电机的主保护配置方案中,首先确定采用裂相横差保护。进一步分析表明,裂相横差保护I的正確動作数是10336,比裂相横差保护II多28种;对于同相匝间短路故障,裂相横差保护I对所有的3030种都能灵敏动作,而裂相横差保护II只能保护2976种。从这个角度看,也应选取裂相横差保护I作为第一套主保护。裂相横差保护I的動作死区为38种相间短路故障,这些故障都是发生在机端附近的大匝数相间短路。裂相横差保护II的動作死区中,12种相间短路也是发生在机端附近的相间故障;另外还有54种同相不同分支匝间短路故障,虽然短路位置并不在机端附近,都在同一支路组内,具有较大数值的短路电流只能在同一支路组内流动、而不能流入保护装置,对主保护可能表现为类似小匝数的同分支匝间短路的特点,不仅裂相横差保护II无法灵敏动作,零序电流量横差保护II的灵敏度也不高,其中有些故障对支路分组引出方式II所能配置的各种主保护都无法动作。而如果采取支路分组引出方式I,这些故障由于发生在不同的支路组之间,短路电流在两支路组之间流过,能使相应的主保护灵敏动作。

仅用一套裂相横差保护I,就能保护10336种内部故障,正确動作率高达99.63%。但横差保护是不反应机端引线短路的。为兼顾定子绕组内部短路和机端引线的相间短路,主保护总配置方案中既要有横差保护,还应有纵差保护。一般来说,由于完全纵差保护对同相的匝间短路毫无作用,所以在配置纵差保护时,首先考虑不完全纵差保护。

在支路分组方式I下,装设任意1套不完全纵差保护(I.1或I.2)就能对所有的3030种同相匝间短路灵敏动作,如果同时配置2套不完全纵差保护(I.1与I.2),能对所有可能发生的10374种内部故障灵敏动作,正确動作率达到100%。而

表1 分成2支路的主保护的灵敏性统计

支路 分组 方式	保 护 组 方 案	故 障 位 置	灵敏动作数 ($K_{sen} \geq 1.5$)			可能动作数 ($1.5 > K_{sen} \geq 1.0$)			不能动作数 ($K_{sen} < 1.0$)			
			匝间短路		总 计	匝间短路		总 计	匝间短路		总 计	
			相 同 分 支	不 同 分 支		相 同 分 支	不 同 分 支		相 同 分 支	不 同 分 支		
I	零序电流量横差 I	同槽	0	40	612	0	0	0	0	0	0	0
			3	22	9302	0	0	304	8	3	0	1
			6	26	9914	0	0	304	8	2	0	4
	总计	3	26	9914	0	0	304	8	3	0	4	
	端部	9	22	9724	0	0	16	8	1	0	1	
	总计	3	26	10336	0	0	16	8	2	0	4	
	裂相横差 I	同槽	0	40	612	0	0	0	0	0	0	0
			3	22	9724	0	0	16	8	2	0	1
			6	26	9724	0	0	16	8	2	0	4
	总计	3	26	9724	0	0	16	8	2	0	4	
	不完全纵差 I.1 + I.2	同槽	0	40	612	0	0	0	0	0	0	0
			3	22	9762	0	0	0	0	0	0	0
			6	26	9762	0	0	0	0	0	0	0
	总计	3	26	10374	0	0	0	0	0	0	0	

在支路分组方式II下,装设1套不完全纵差保护(II.1或II.2)能对2762种同相的匝间短路灵敏动作,占匝间短路总数的91.16%;如果同时配置2套不完全纵差保护(II.1与II.2),能对10320种内部故障灵敏动作,正确動作率为99.48%。如果在支路方式I下,配置了1套裂相横差保护+不完全纵差保护I.1+不完全纵差保护I.2的组合,能对所有可能发生的10374种内部故障灵敏动作,正确動作率达到100%,保护双重化率100%。

4 方案推荐及评估

在多分支发电机可以配置的多种保护方案中,还应基于下面设计原则:(1)内部短路保护的動作死区最小;(2)定子绕组任一点短路,至少有2种原理不同主

保护灵敏动作的故障数最多;(3)电流互感器数量最少;(4)完成短路保护功能所用的保护方案最简单;(5)发电机中性点侧分支引出最简便。

基于以上分析,优先推荐如图1所示作为发电机的主保护和TA配置方案。对于发电机实际可能发生的10374种内部故障,图1所示主保护配置方案的正确動作率和原理不同的双重化保护程度都达到了100%,不但保护性能最优,而且配置简单,每相2个分支CT、而中性点侧只需引出1个中性点,容易布置发电机中性点侧的铜环。

根据《电流互感器和电压互感器选择及计算导则》中规定,对于300MW及以上的发电机差动保护应适当考虑暂态误

表1 分成2支路的主保护的灵敏性统计

支路分组方式	保护的方案	故障位置	灵敏动作数 ($K_{sen} \geq 1.5$)					可能动作数 ($1.5 > K_{sen} \geq 1.0$)					不能动作数 ($K_{sen} < 1.0$)					
			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	分支编号相同	分支编号不同	总计	相同分支	不同分支	分支编号相同	分支编号不同	总计	相同分支	不同分支	分支编号相同	分支编号不同	总计	
I	零序电流型横差 II	同槽	0	40	164	40	612	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		端部	3	19	6	86	1518	5154	9054	0	98	142	72	2	0	2	140	114
		总计	3	23	6	94	1682	5194	9666	0	98	142	72	2	0	2	140	114
		同槽	0	40	164	40	612	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		端部	3	21	6	72	1800	5328	9696	0	54	0	4	5	8	0	0	8
		总计	3	25	6	80	1964	5368	10308	0	54	0	4	5	8	0	0	8
	不完全纵差 II.1 + II.2	同槽	0	40	164	40	612	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		端部	3	19	6	60	1800	5340	9496	0	168	0	0	1	6	8	9	8
		总计	3	23	6	68	1964	5380	10108	0	168	0	0	1	6	8	9	8
		同槽	0	40	164	40	612	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		端部	3	21	6	72	1800	5340	9708	0	54	0	0	5	4	0	0	0
		总计	3	25	6	80	1964	5380	10320	0	54	0	0	5	4	0	0	0
裂相横差 II + 不完全纵差 II.1 + 不完全纵差 II.2	同槽	0	40	164	40	612	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	端部	3	21	6	72	1800	5340	9708	0	54	0	0	5	4	0	0	0	
	总计	3	25	6	80	1964	5380	10320	0	54	0	0	5	4	0	0	0	

差,要求选用TPY型电流互感器。即将每相的1、2分支接在一起,将每相的3、4分支接在一起,并将发电机中性点侧的6个出线端子并在一起,引出1个中性点,在每相中性点侧的1、2分支组和3、4分支组上装设TPY型分支电流互感器TA1~TA6,且有机端TPY型相电流互感器TA7~TA9,构成裂相横差保护I、不完全纵差保护I.1和不完全纵差保护I.2。并且按照《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》继电保护实施细则,10万kW及以上发电机应采用双屏(柜)配置^[3]。

5 结语

在各种规模的水电厂中,发电机都是关键的设备,但因为发电机分支结构以及定子绕组结构方式各不相同,所有实际的主保护的配置需要根据实际情况进行选择。本文分析了某电站大型发电机内部短路故障及其基本的特点,列举了引出两个中心点情况下的保护配置,分析每种主保护的動作灵敏性,据此提出了相应的主保护的配置方案。

参考文献

[1]桂林,郭玉恒,陈俊,等.二滩发电机主保护技术改进工作研究[J].电力自动化设备,2013,33(09):167-171.
 [2]桂林,王维俭,孙宇光,等.大中型发电机主保护配置方案定量化及优化设计的重要性[J].电力自动化设备,2004,(10):1-6.
 [3]赵莞桦.乐滩水电站发电机主保护配置方案的定量化和优化设计[C].广西电机工程学会.广西电机工程学会第八届青年学术年会论文集.广西电机工程学会:广西电机工程学会,2004:27-30.

作者简介:

朱金海(1981--),男,汉族,云南会泽人,大学本科,从事水电厂继电保护、流域集控生产技术管理工作。

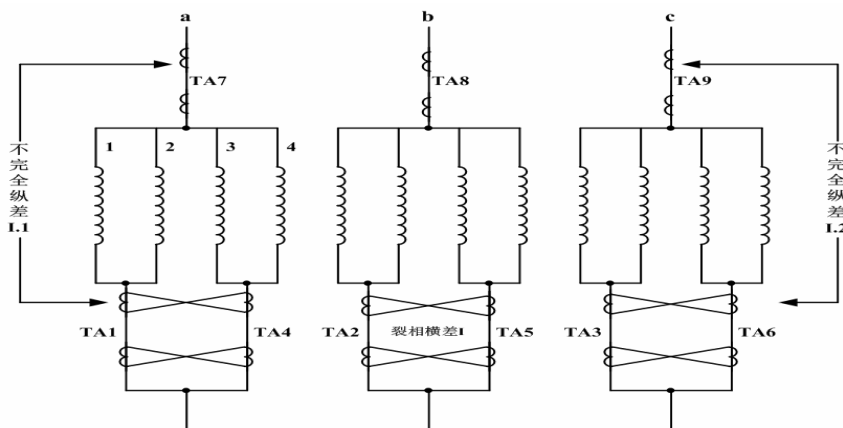


图1 发电机内部故障主保护及全套 TA 配置推荐方案