

水轮发电机主保护配置方案设计

桂 林¹,王祥珩¹,张群刚²,奚 瑜²

(1. 清华大学 电机工程与应用电子技术系, 北京 100084;
2. 西北勘测设计研究院, 陕西 西安 710065)

摘要: 以每相 7 分支的拉西瓦发电机(单机 700 MW)主保护的定量化设计为例,说明奇数多分支大型水轮发电机主保护设计与偶数多分支发电机的不同之处:首先应立足于如何使用不完全裂相横差保护,即根据发电机实际可能发生的故障特点,舍弃每相某一分支的同时实现对剩余偶数分支的合理分组(相邻或相隔方式);其次在不增加任何硬件投资的前提下,通过合理选择零序电流型横差保护的构成形式,可以对不完全裂相横差保护的保护性能起到很好的补充作用。相关设计思想将在奇数多分支大型水轮发电机主保护的设计中继续得以验证和完善。

关键词: 大型水轮发电机; 奇数分支; 主保护配置方案; 定量化及优化设计

中图分类号: TM 772 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-6047(2007)02-0006-05

0 引言

拉西瓦水电站位于青海省贵德县与贵南县交界的黄河干流上,是黄河上游最大的水电站,共装 6 台单机容量为 700 MW 的立轴水轮发电机组。

拉西瓦发电机采用整数槽波绕组,42 极,定子槽数为 504,每相 7 分支,每分支 24 槽。发电机额定参数为: $U_N = 18\text{ kV}$, $I_N = 24\,281\text{ A}$, $\lambda = \cos\phi_N = 0.925$, $I_{f0} = 1\,900\text{ A}$, $I_{fN} = 3\,298\text{ A}$ 。发电机有机端断路器。

拉西瓦水电站建成后将接入西北 750 kV 特高压系统,在西北 750 kV 电网和“西电东送”北通道规划中除承担西北部分基荷外,主要承担调峰、调频和事故备用,是西北 750 kV 系统的骨干电站和重要电源支撑点,地位十分重要。

通过对每相 7 分支的拉西瓦发电机主保护配置方案的定量化设计^[1-7],发现其主保护设计体现出不同于偶数多分支水轮发电机(如三峡右岸、龙滩、小湾发电机等)^[8-12]的一些特点,有必要对其进行归纳总结,为后续工作提供借鉴。

1 发电机定子绕组典型故障特征的确定

根据对哈尔滨电机厂提供的发电机定子绕组展开图的分析^[13],该发电机定子绕组实际可能发生的内部短路如表 1 和表 2 所示。

表 1 拉西瓦发电机 504 种同槽故障
Tab.1 504 kinds of slot fault of Laxiwa generator

同相同分支 匝间短路	同相不同分支 匝间短路	相间短路	
		分支编号相同	分支编号不同
0	252	0	252

表 2 拉西瓦发电机 11088 种端部交叉故障
Tab.2 11088 kinds of end fault of Laxiwa generator

同相同分支 匝间短路	同相不同分支 匝间短路	相间短路	
		分支编号相同	分支编号不同
483	2 793	1 778	6 034

通过进一步的分析,需注意 4 点。

a. 对于拉西瓦发电机实际可能发生的 483 种端部同相同分支匝间短路而言,每相各个分支的故障特点是完全相同的(其最小短路匝数是 1 匝,短路匝比为 4.17%);端部同相同分支匝间短路数 $483 = 23$ (每分支个数) $\times 7$ (每相分支数) $\times 3$ (相数)。

b. 对于同槽故障的 252 种同相不同分支匝间短路而言,每相各个分支的故障特点也是完全相同的,只是不存在图 1 虚线箭头所示的相近电位的同相不同分支匝间短路。

c. 对于端部故障的 2 793 种同相不同分支匝间短路而言,每相各个分支的故障特点也是完全相同的;只是对于图 1 虚线箭头所示的相近电位的同相不同分支匝间短路,发生在相邻分支间(或 1、2 分支间, ..., 或 7、1 分支间)的故障数要远多于发生在相隔分支间(或 1、3 分支间, ..., 或 7、2 分支间)的故障数。具体统计如下:相邻分支间两短路点位置相差 2 匝的故障数是 378 ($18 \times 7 \times 3$) 种;相邻分支间两短路点位置相差 3 匝的故障数是 273 ($13 \times 7 \times 3$) 种;相邻分支间两短路点位置相差 4 匝的故障数是 42 ($2 \times 7 \times 3$) 种;相邻分支间两短路点位置相差 5 匝的故障数是 42 ($2 \times 7 \times 3$) 种;相邻分支间两短路点位置相差 6 匝的故障数是 42 ($2 \times 7 \times 3$) 种;相邻分支间两短路点位置相差 7 匝的故障数是 42 ($2 \times 7 \times 3$) 种;相邻分支间两短路点位置相差 8 匝及以上的故障数是 525 ($25 \times 7 \times 3$) 种;相隔分支间两短路点位置相差 5 匝的故障数是 252 ($12 \times 7 \times 3$) 种;相隔分支间两短路点位置相差 6 匝的故障数是 315 ($15 \times 7 \times 3$) 种;相隔分支

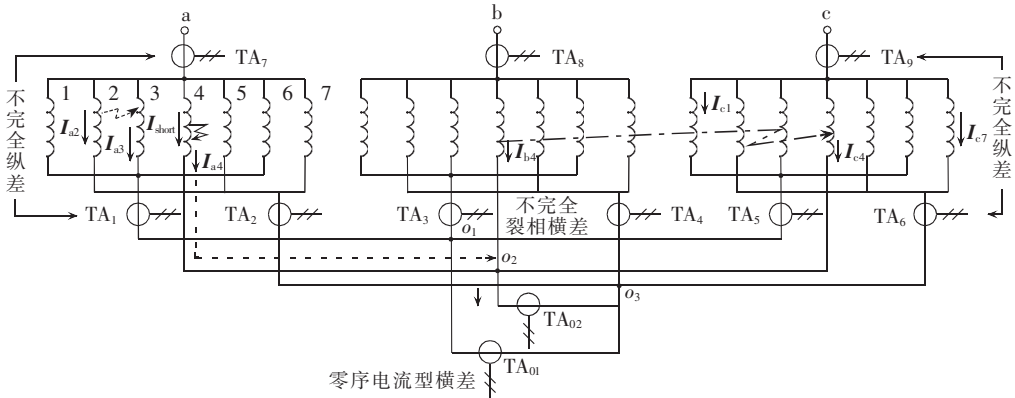


图 1 3 种典型的定子绕组内部短路

Fig.1 Three kinds of representative internal fault

间两短路点位置相差 7 匝的故障数是 21(1×7×3)种;相隔分支间两短路点位置相差 8 匝及以上的故障数是 861(41×7×3)种。

d. 对于同槽和端部故障的相间短路,每相各个分支的故障特点也是完全相同的;只是同槽故障的 252 种相间短路中不存在图 1 点划线箭头所示的故障类型;但是对于端部故障的 7 812 种相间短路而言,却存在图 1 点划线箭头所示的故障类型,其中短路匝数为 1、2、3、4、5、6、7、8、9 匝及以上的故障数分别为 7、21、21、21、21、21、21、21、1624 种,其余 6034 种相间短路则发生在分支编号不同的分支间。

综上所述,小匝数同相同分支匝间短路、图 1 虚线箭头所示的发生在相近电位的同相不同分支匝间短路和图 1 点划线箭头所示的不同相而分支编号相同的分支间发生的中性点侧小匝数相间短路的故障特征需进行仔细的分析对比。

2 典型故障特征分析

a. 图 1 点划线箭头所示相间短路成为图中零序电流型横差、不完全裂相横差和不完全纵差保护共同的保护死区,其原因在于故障分支恰好被不完全裂相横差和不完全纵差保护舍弃,而此时的短路回路电流又不流过中性点连线^[5-6]。

但是,中性点侧小匝数相间短路这种故障类型所占比率并不大,譬如对于拉西瓦发电机,这种短路类型只有 70 种,仅占故障总数的 0.6%;而三峡左岸 VGS 发电机(每相 5 分支)则不存在上述相间短路类型^[5-6]。故不能因为该相间短路保护死区的存在而忽视在奇数多分支大型水轮发电机中使用不完全裂相横差保护带来的好处——在图示情况下带来了差动保护两侧 TA 完全同型、区外故障时不平衡电流较小等一系列显著的优点。

b. 对图 1 虚线箭头所示相近电位的同相不同分支匝间短路,不同构成形式(“相隔”或“相邻”连接)的不完全裂相横差保护性能相差悬殊,这主要取决于其故障特征——非故障分支电流都比较小,而两短路分支电流又大小相差不大、相位近于相反^[10-11]。若将 2 个故障支路分在同一支路组中,则故障相故

障分支电流几乎相互抵消,而故障相非故障分支电流都较小,使流过分支电流互感器电流都不大,从而导致对应的不完全裂相横差保护的灵敏系数很低;而采用将 2 个故障支路分在不同的支路组中的分支引出方式,对应的不完全裂相横差保护却能保证灵敏动作,因为此时数值较大的短路回路电流被引入差动回路中。对于拉西瓦发电机而言,相近电位的同相不同分支匝间短路多发生在相邻分支之间(见表 1、2),故相隔连接方式不完全裂相横差保护性能要明显优于相邻连接方式。

c. 对于不完全裂相横差保护舍弃分支上发生的小匝数匝间短路^[14-15],通过合理选择零序电流型横差保护的构成形式,能对不完全裂相横差保护的保护性能起很好的补充作用,下面进行分析。图 1 中实线箭头所示故障为拉西瓦发电机在并网空载运行方式下,a 相第 4 支路第 12 号线圈的上层边和 a 相第 4 支路第 14 号线圈的下层边在端部交叉处发生同相同分支匝间短路,短路匝数为 2 匝(短路匝比为 8.33%)。各支路(包括短路附加支路)基波电流(单位为 A,下同)的大小和相位为

$$\begin{aligned} I_{a1} &= 255.62 \angle -13.82^\circ, I_{a2} = 657.94 \angle 25.34^\circ \\ I_{a3} &= 826.70 \angle 31.82^\circ, I_{a4} = 2294.34 \angle -153.97^\circ \\ I_{a5} &= 150.47 \angle 58.27^\circ, I_{a6} = 363.03 \angle -145.06^\circ \\ I_{a7} &= 255.49 \angle -121.64^\circ, I_{b1} = 136.14 \angle 90.98^\circ \\ I_{b2} &= 121.54 \angle 107.47^\circ, I_{b3} = 347.02 \angle -155.71^\circ \\ I_{b4} &= 77.46 \angle 0.48^\circ, I_{b5} = 89.47 \angle 12.33^\circ \\ I_{b6} &= 179.30 \angle 26.73^\circ, I_{b7} = 146.15 \angle 46.78^\circ \\ I_{c1} &= 494.15 \angle -147.28^\circ, I_{c2} = 195.17 \angle -120.48^\circ \\ I_{c3} &= 125.47 \angle -21.47^\circ, I_{c4} = 143.80 \angle -4.00^\circ \\ I_{c5} &= 189.20 \angle -139.57^\circ, I_{c6} = 779.32 \angle 34.67^\circ \\ I_{c7} &= 749.63 \angle 42.09^\circ, I_{\text{short}} = 26748.60 \angle 31.29^\circ \end{aligned}$$

下面分析舍弃了故障分支的不完全裂相横差(K11_136-257)的灵敏系数。如图 1 所示,此时流过 TA₁ 的电流 $I_1 = 7(I_{a1} + I_{a3} + I_{a6})/3 = 1572.83 \angle 14.34^\circ$, 流过 TA₂ 电流 $I_2 = 7(I_{a2} + I_{a5} + I_{a7})/3 = 1336.76 \angle 19.59^\circ$, $I_d = |I_1 - I_2| = 270.88$, $I_d^* = 0.0112$, $I_{\text{res}} = 0.5 |I_1 + I_2| = 1453.28 < I_N$, $I_{\text{op}}^* = 0.1$, 对应的不完全裂相横差保护灵敏系数为 $K_{\text{sen}} = I_d^*/I_{\text{op}}^* = 0.112$ 。而接在 o₂-o₃ 之间

的零序电流型横差保护却能够动作(对应的灵敏系数为 1.732),因为此时数值较大的故障分支电流 I_{a4} 全部流过 TA_{02} ;由于非故障分支电流均较小(短路匝比仅 8.33 %),另一套零序电流型横差保护却不能够动作(对应的灵敏系数为 0.754)。

对典型故障特征的定性分析与定量计算,既说明了仿真计算和统计分析的正确性,同时也为发电机主保护配置方案的优化设计指明了方向:

a. 由于图 1 虚线箭头所示的同相不同分支匝间短路在“相邻连接”方式下类似于小匝数同相同分支匝间短路,将增大保护的死区,故在拉西瓦发电机主保护设计中着重考虑“相隔连接”的中性点引出方式;

b. 在选择零序电流型横差保护的构成形式时,应尽可能地将不完全裂相横差保护舍弃的分支单独引入,以取得上述 2 种主保护方案之间的互补性。

3 确定发电机中性点侧引出方式和分支 TA 的配置

考虑 TPY 级 TA 在发电机中性点侧的安装条件,不采用每相 3 台 TPY 的各种方案。为兼顾定子

绕组短路和机端引线短路,主保护配置方案中必须包括横差和纵差保护,以形成“一横一纵”的初步格局;对于奇数多分支的水轮发电机,其主保护配置方案的设计应立足于如何使用不完全裂相横差保护,即根据发电机实际可能发生的故障特点,舍弃每相某一支的同时实现对剩余偶数分支的合理分组(相邻或相隔方式)。

下面结合拉西瓦发电机的故障特点,就不同的发电机中性点侧引出方式和分支 TA 的配置(电流互感器按一块屏配置,计及双重化的需要另一块屏完全拷贝),分析对比不同主保护配置方案的性能。

3.1 方案 1

方案 1 发电机中性点侧只引出 1 个中性点(中性点侧有 6 个出线端子,每相装设 2 个 TPY 型分支 TA)如图 2 所示(虚线框内接成 1 个中性点),将每相 7 分支一分为三(3-1-3,“相隔引出”),共装设了 6 个分支电流互感器 $TA_1 \sim TA_6$,和 3 个机端 $TA_7 \sim TA_9$,以构成一套不完全裂相横差和 2 套不完全纵差保护。方案 1(代号 K1)的性能如表 3 所示。

3.2 方案 2

方案 2 发电机中性点侧引出 2 个中性点(每相装设 2 个 TPY 型分支 TA)(与三峡左岸电站发电机

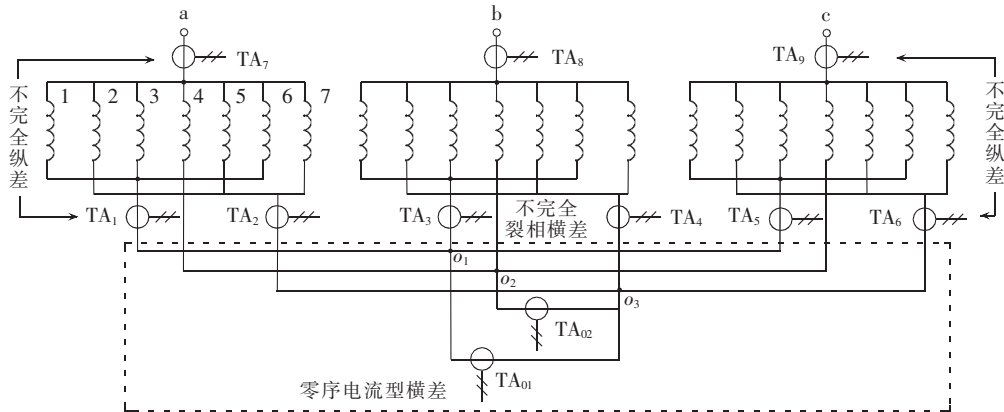


图 2 拉西瓦发电机主保护配置方案 1(136-4-257)
Fig.2 Main protection configuration scheme 1 for Laxiwa generator (136-4-257)

主保护配置方案相类似)如图 3 所示,将每相的 1、2、3 分支接在一起,形成中性点 o_1 ;将每相的 4、5、6、7 分支接在一起,形成中性点 o_2 。在 $o_1 - o_2$ 之间接

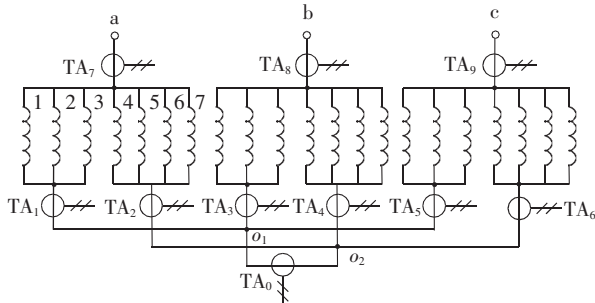


图 3 拉西瓦发电机主保护配置方案 2
Fig.3 Main protection configuration scheme 2 for Laxiwa generator

一个电流互感器 TA_0 ,并在每相的 1、2、3 分支和 4、5、6、7 分支上装设分支电流互感器 $TA_1 \sim TA_6$,并有机端 $TA_7 \sim TA_9$,以构成 1 套零序电流型横差、1 套完全裂相横差(两侧 TA 不同型)和 1 套完全纵差保护。方案 2(代号 K2)的性能如表 3 所示。

利用已有的分支 TA,可将方案 2 的完全纵差保护置换为 2 套不完全纵差保护(中性点侧接入分支数分别为 3 和 4),其性能如表 3 括号内数字所示。

3.3 方案 3、4

发电机中性点侧引出 3 个中性点(每相装设 2 个 TPY 型分支 TA)。

3.3.1 “3-1-3”中性点引出方式

方案 3 如图 2 所示(去掉虚线框,为节省篇幅,方案 1 和方案 3 共用图 2),将每相的第 1、3、6 分支

(相隔引出)接在一起,形成中性点 o_1 ;再将每相的第 2、5、7 分支(相隔引出)接在一起,形成中性点 o_3 ;最后将每相的第 4 分支单独引出,形成中性点 o_2 。

在 o_1 - o_3 、 o_2 - o_3 之间接 2 个电流互感器 TA_{o1} 和 TA_{o2} ,构成 2 套零序电流型横差保护;并在每相的 1、3、6 分支和 2、5、7 分支上装设分支电流互感器 TA_1 ~ TA_6 ,和 3 个机端相电流互感器 TA_7 ~ TA_9 ,构成 1 套不完全裂相横差和 2 套不完全纵差保护,即在方案 1 的基础上增设了 2 套零序电流型横差保护。方案 3 (代号 K3)的性能如表 3 所示。

表 3 拉西瓦发电机同槽和端部故障时
方案 1~3 的动作情况

Tab.3 Performance of main protection
configuration scheme 1~3 for Laxiwa generator

故障类型	构成形式	几种主 保护均 不动作	只有 1 种主保 护动作	2 种及以上 原理不同 主保护都动作
同槽故障数	K1_123-4-567	0	0	504
	K1_136-4-257	0	0	504
	K2_123-4567	0(0)	2(2)	502(502)
	K2_135-2467	0(0)	4(0)	500(504)
	K3_123-4-567	0	0	504
	K3_136-4-257	0	0	504
端部故障数	K1_123-4-567	476	118	10494
	K1_136-4-257	46	92	10950
	K2_123-4567	602(602)	148(107)	10338(10379)
	K2_135-2467	120(120)	277(148)	10691(10820)
	K3_123-4-567	472	67	10549
	K3_136-4-257	29	83	10976

3.3.2 “2-3-2”中性点引出方式

方案 4 则将每相第 1、2 分支接在一起,形成中性点 o_1 ;再将每相第 3、4、5 分支接在一起,形成中性点 o_2 ;最后将每相第 6、7 分支接在一起,形成中性点 o_3 ;其 TA 的装设和主保护方案的构成与方案 3 类似。为节省篇幅,不再赘述。

3.4 方案 5

方案 5 发电机中性点侧引出 3 个中性点(“2-3-2”,每相装设 1 个 TPY 型分支 TA)。其中性点 o_1 、 o_2 和 o_3 的形成同方案 4;在 o_1 - o_2 、 o_2 - o_3 之间接 2 个电流互感器 TA_{o1} 和 TA_{o2} ,并在每相的 3、4、5 分支上装设分支电流互感器 TA_1 ~ TA_3 ,还有机端 TA_4 ~ TA_6 ,以构成 2 套零序电流型横差和 1 套不完全纵差保护。同上不再赘述。

下面对上述 5 种主保护配置方案的性能和优缺点进行分析对比,以确定最终的拉西瓦发电机主保护配置方案。

a. 方案 3(图 2 所示)拒动故障率最小(0.25%),拒动的故障类型为 1 匝同相同分支匝间短路(短路匝比仅为 4.17%)、发生在相隔分支间相近电位的同相不同分支匝间短路、不同相而分支编号相同的分支间发生的中性点侧小匝数相间短路。

b. 方案 1(图 2 所示)与方案 3 相比,缺点是保护性能略有下降,优点是减少了 2 套零序电流型横

差保护,但该保护的构成并不复杂,且只需增加 2 个小变比的 5P 型 TA,并能对已有的保护方案起到很好的补充作用。

c. 方案 2(图 3 所示)与方案 3 相比,优点在于对所有的相间短路都能灵敏动作(由于采用了完全纵差保护),且与其相类似的方案已在工程中实际应用。缺点在于同相不同分支匝间短路的拒动故障率进一步增大(从而导致总的拒动故障率增大),究其原因在于将每相 7 个分支一分为二,无论如何选择,至少有一侧分支组中会存在 2 个(及以上)分支相邻,而相近电位的同相不同分支匝间短路多发生在相邻分支间,从而使得 2 个短路分支可能被分在同一支路组中,相应的保护方案的灵敏度都不高。

另外,方案 3 的完全裂相横差保护两侧 TA 不同型,使得完全裂相横差保护两侧电流的对称性比不完全裂相横差保护差。

d. 方案 4 与方案 3 的中性点引出个数及分支 TA 数目相同,但由于舍弃的分支数增多,从而导致主保护配置方案的拒动故障率进一步增大;方案 5 所需中性点侧分支 TA 数目虽最少,但其保护性能相比前 4 种方案都要差。

综上所述,推荐方案 3(如图 2 所示,去掉虚线框)作为拉西瓦发电机的主保护和 TA 配置方案。对该发电机实际可能发生的 11 592 种内部故障,不能动作的故障数为 29 种,仅占故障总数的 0.25%;对 11 480 种(99.03%)内部故障有 2 种及以上原理不同的主保护灵敏动作,保护性能相当优异。

4 结论

对于每相分支数为奇数的大型水轮发电机,其主保护定量化设计应首先立足于如何使用不完全裂相横差保护,因为相对于完全裂相横差而言,不完全裂相横差具有差动保护两侧 TA 完全同型、区外故障时不平衡电流较小等一系列优点;其次在选择零序电流型横差保护的构成形式时,应尽可能地将不完全裂相横差保护舍弃的分支单独引入,以取得上述 2 种主保护方案之间的互补性,从而提高最终主保护配置方案的性能。

参考文献:

[1] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用[M]. 2 版. 北京:中国电力出版社,2002.

[2] 高景德,王祥珩,李发海. 交流电机及其系统的分析[M]. 2 版. 北京:清华大学出版社,2005.

[3] 王维俭,桂林,王祥珩. 论大型发电机微机主保护设计的科学性[J]. 电力自动化设备,2002,22(2):1-7.

WANG Wei - jian,GUI Lin,WANG Xiang - heng. On the scientific design of microcomputer - based main protection for large generator[J]. Electric Power Automation Equipment,2002, 22(2):1-7.

[4] 王维俭,孙宇光,王祥珩,等. 规范大中型发电机主保护设计的方

- 法[J]. 继电器, 2003, 31(1): 1-11.
- WANG Wei - jian, SUN Yu - guang, WANG Xiang - heng, et al. Normalizing the design method of main protection for large and medium sized generators[J]. Relay, 2003, 31(1): 1-11.
- [5] 桂林, 王祥珩, 孙宇光, 等. 大型发电机主保护配置方案的优化设计[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2005, 45(1): 141-144.
- GUI Lin, WANG Xiang - heng, SUN Yu - guang, et al. Optimum design of main protection configuration scheme for large generators[J]. Journal of Tsinghua University: Sci & Tech, 2005, 45(1): 141-144.
- [6] 桂林, 王祥珩, 孙宇光, 等. 大中型发电机主保护方案和配置的量化设计——发电机内部短路仿真软件的应用[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(24): 50-55.
- GUI Lin, WANG Xiang - heng, SUN Yu - guang, et al. Quantitative design of main protection configuration scheme for large and medium generator - application of the internal faults simulation software [J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(24): 50-55.
- [7] 桂林, 孙宇光, 王祥珩, 等. 发电机内部故障仿真分析软件的应用实例[J]. 水电自动化与大坝监测, 2003, 27(6): 33-40.
- GUI Lin, SUN Yu - guang, WANG Xiang - heng, et al. Practical application of internal fault analysis software to power generators [J]. Hydropower Automation and Dam Monitoring, 2003, 27(6): 33-40.
- [8] 王维俭, 桂林, 王祥珩, 等. 不同型号的发电机应配置不同的主保护[J]. 电力自动化设备, 2002, 22(12): 1-5.
- WANG Wei - jian, GUI Lin, WANG Xiang - heng, et al. Different disposition of main protection for different types of generator[J]. Electric Power Automation Equipment, 2002, 22(12): 1-5.
- [9] 桂林, 王维俭, 孙宇光, 等. 大中型发电机主保护配置方案量化及优化设计的重要性[J]. 电力自动化设备, 2004, 24(10): 1-6.
- GUI Lin, WANG Wei - jian, SUN Yu - guang, et al. Importance of quantitative and optimum design of main protection configuration scheme for large and medium generator [J]. Electric Power Automation Equipment, 2004, 24(10): 1-6.
- [10] 桂林, 王维俭, 孙宇光, 等. 三峡右岸发电机主保护配置方案设计研究总结[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(13): 69-75.
- GUI Lin, WANG Wei - jian, SUN Yu - guang, et al. Research summarization on design of main protection configuration scheme for hydro - generator of Three Gorges Right Bank Power Station[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(13): 69-75.
- [11] 孙宇光, 王祥珩, 桂林, 等. 偶数多分支发电机的主保护优化设计[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(12): 83-87.
- SUN Yu - guang, WANG Xiang - heng, GUI Lin, et al. Optimum design of main protection configuration scheme for internal faults of generator with even multi - branches[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(12): 83-87.
- [12] 王维俭, 桂林, 孙宇光, 等. 一次与二次结合, 共创发电机优化设计新方法[J]. 电力设备, 2006, 7(1): 9-12.
- WANG Wei - jian, GUI Lin, SUN Yu - guang, et al. Combined primary with secondary to create new method for generator optimum design [J]. Electrical Equipment, 2006, 7(1): 9-12.
- [13] 白延年. 水轮发电机设计与计算[M]. 北京: 机械工业出版社, 1982.
- [14] 王维俭, 桂林, 王祥珩. 三峡电站不完全裂相横差保护的灵敏度分析[J]. 电力自动化设备, 2001, 21(4): 1-5, 45.
- WANG Wei - jian, GUI Lin, WANG Xiang - heng. Sensitivity analysis of incomplete split-phase transverse differential protection for Three Gorges Power Station [J]. Electric Power Automation Equipment, 2001, 21(4): 1-5, 45.
- [15] 桂林, 王维俭, 孙宇光, 等. 计及故障发生几率的发电机主保护量化设计[J]. 电力自动化设备, 2006, 26(6): 1-4.
- GUI Lin, WANG Wei - jian, SUN Yu - guang, et al. Quantitative design of main protection scheme for hydro - generators considering occurrence probability of internal faults [J]. Electric Power Automation Equipment, 2006, 26(6): 1-4.

(责任编辑: 李 玲)

作者简介:

桂 林(1974-), 男, 安徽广德人, 助理研究员, 博士, 研究方向为大机组保护及故障分析(E - mail: guilin99@mails.tsinghua.edu.cn);

王祥珩(1940-), 男, 安徽淮南人, 教授, 博士研究生导师, 研究方向为电机分析与控制、电机故障及保护、电气传动及其自动化等。

Design of main protection configuration scheme for hydro-generator

GUI Lin¹, WANG Xiang-heng¹, ZHANG Qun-gang², XI Yu²

(1. Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2. Northwest Investigation Design and Research Institute, Xi'an 710065, China)

Abstract: Taking the quantitative design of main protection for Laxiwa hydro-generator with seven branches per phase as an example, differences between the design for hydro-generator with odd branches and that for even branches are pointed out. The incomplete split-phase transverse differential protection should be used first to abandon one branch per phase according to possible fault features of different hydro-generators and the left even branches per phase are reasonably grouped at adjacent or alternating mode. The composition of zero-sequence current transverse differential protection is then rationally selected to supplement the protection performance to incomplete split-phase transverse differential protection without additional hardware investment. The quantitative and optimum design will be verified and improved during its practices in large-sized hydro-generators with odd branches.

Key words: large-sized hydro-generator; odd branches; main protection configuration scheme; quantitative and optimum design