

双圈变压器5侧制动差动保护的实现方案

高国庆

(新安江水力发电厂, 浙江 建德 311608)

摘要: 探讨了双圈变压器差动保护5侧制动的实现方案, 分析了 RET521 装置中用虚拟三圈变和使用 C3Cx 模块来实现5侧制动差动保护的動作特性和整定计算。

关键词: 差动保护; 5侧制动; 方案; 整定

中图分类号: TM772

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2001)07-0025-04

1 单元主变差动保护5侧制动的实现方案

1.1 单元一次接线方式

在厂机组增容改造中, 单元母线由原来的二机一变改为三机一变的接线方式, 即由原来的2台发电机、1台主变、2台配电变组成一个单元的接线方式改为3台发电机、1台主变、2台配电变组成一个单元的接线方式, 图1为03单元的一次接线示意图。03单元母线上连接有7号机、8号机、9号机、03号主变、03单元厂变、03单元配变。这种一次接线方式克服了原接线方式中整体主变多造成的损耗大, 不经济的缺点, 但给主变压器保护, 特别是作为变压器主保护的差动保护的实现带来了一定的不利因素。

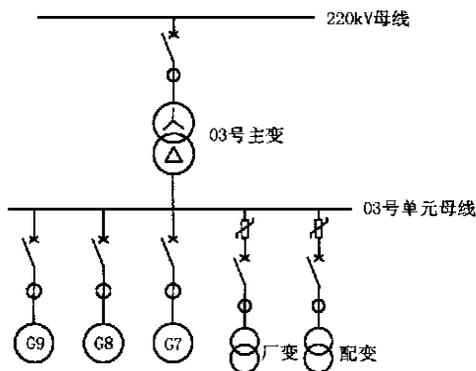


图1 03单元一次接线示意图

1.2 主变压器差动保护5侧制动的实现

变压器差动保护作为电力变压器的主保护, 其作用和地位是相当重要的。差动保护的设计、接线及整定计算要考虑由于励磁电流、CT特性、CT变比、励磁涌流、分接头调节、变压器高低压侧接线方式、穿越性故障时CT饱和等引起的不平衡电流对其产生影响的问题。在如图1的接线方式中, 对主变差动保护来讲, 共计接入有4个有源侧(7、8、9号

机, 03号主变高压侧), 2个无源侧(03单元厂、配变)。为了提高单元主变差动保护区内故障时的灵敏性和区外故障时的可靠性, 03号主变差动保护需要5侧制动的差动保护动作特性。为此, 采用了ABB公司的RET521数字化微机保护, 为了取得5侧制动的差动保护动作特性, 在使用RET521装置中的差动保护模件DIFP时, 采用了将03号主变低压侧(13.8kV侧)虚拟出一个绕组的办法, 即将双圈变(Y/d11)虚拟成为一个三圈变(Y/d11/d11), 利用C3Cx模件将9号机和2台配电变的电流相加作为第2绕组, 7号机和8号机的电流相加作为第3绕组, 与03号主变高压侧一起送入一个三圈变压器的差动保护模件DIFP, 具体接线示意如图2所示。图中AIM为模拟量输入模件, 它的作用是将模拟量转化为数字量。C3Px模件为三相电流Fourier过滤器, C3Cx为三相电流加法器。

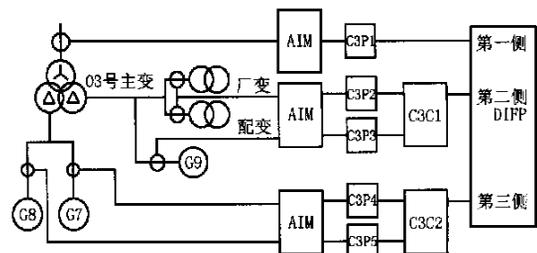


图2 虚拟出一低压侧绕组后03号主变差动保护

2 方案可行性推理

2.1 RET521装置中差动保护模件的動作特性

RET521装置中差动保护模件的動作特性曲线如图3所示, 在图中, 差动电流和制动电流分别可由式 $I_{operate} = |I_1 - I_2|$ 和 $I_{bisa} = \max\{|I_1|, |I_2|\}$ 计算, 图中的动作曲线分为三段, 第一段的斜率为0, 它定义的是差动保护动作特性的基值灵敏度 $I_{d.min}$, 第二段的斜率 slope1 从15%至49%可调整, 第三段的斜

率 slope2 为 49 % ,动作特性曲线的上方为差动保护的
动作区,下方为制动区。由此动作特性曲线我们
可以知道,RET521 装置中的差动保护动作特性与一
般的比率制动的差动保护动作特性有一定的区别,
主要表现在它具有第三段斜率。采用这种动作特性
曲线的主要目的是提高区内故障差动保护的灵敏性
和近区穿越性故障时由于 CT 饱和而使不平衡电流
增加时差动保护的可靠性。

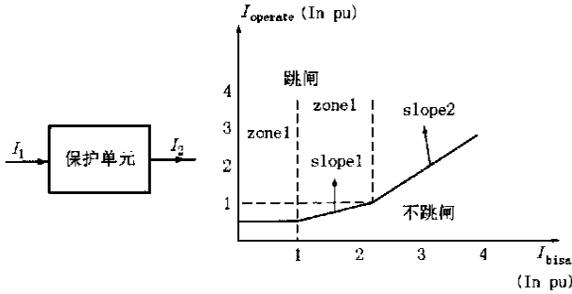


图 3 RET521 装置中差动保护的動作特性曲线

2.2 采用虚拟三圈变和使用 C3Cx 模件后差动保护
动作特性参数的导出

在 RET521 装置中,为了适应 T 型接线方式的
需要,有一名为 C3Cx 的模件,它的主要功能是将 2
个包含三相电流数据的数字量转化为 1 个包含二个
三相电流数据的数字量,以供 RET521 装置中的差
动保护模件 DIFP 使用。DIFP 在使用 C3Cx 的数据
时,差动电流 $I_{operate}$ 为 2 量之和,但制动电流 I_{bisa}
是分别计算的。

根据 RET521 装置差动保护的動作原理,在差
动保护模件 DIFP 中,在进行差动电流 $I_{operate}$ 和制
动电流 I_{bisa} 的计算时,要将其它各侧的电流折算到第
2 侧,也就是上述接线中的 9 号机和厂变、配变这一
侧,为此,我们需要计算出第 1 侧(03 号主变高压
侧)折算到第 2 侧(13.8kV9 号机、03 单元厂配变侧)
的更正因子 m_1 和第 3 侧(13.8kV7、8 号机侧)折
算到第 2 侧的更正因子 m_2 ,它们分别可由下式进行
计算:

$$m_1 = \frac{n_1}{n_2} = \frac{U_{HV}/\sqrt{3}}{U_{LV}} = \frac{242}{\sqrt{3} * 13.8} = 10.125$$

$$m_2 = \frac{U_{LV}}{U_{LV}} = \frac{13.8}{13.8} = 1$$

故有:各相差动电流为:

$$I_{operate}(\text{显示值})_a = |(\dot{I}_{G9a} + \dot{I}_{AUX1,2a}) - m_1 \times$$

$$(\dot{I}_{03a} - \dot{I}_{03b}) + m_2(\dot{I}_{G7a} + \dot{I}_{G8a})|$$

$$I_{operate}(\text{显示值})_b = |(\dot{I}_{G9b} + \dot{I}_{AUX1,2b}) - m_1 \times$$

$$(\dot{I}_{03b} - \dot{I}_{03c}) + m_2(\dot{I}_{G7b} + \dot{I}_{G8b})|$$

$$I_{operate}(\text{显示值})_c = |(\dot{I}_{G9c} + \dot{I}_{AUX1,2c}) - m_1 \times$$

$$(\dot{I}_{03c} - \dot{I}_{03a}) + m_2(\dot{I}_{G7c} + \dot{I}_{G8c})|$$

$$I_{operate}(\text{DIFP 所用差动电流百分值}) =$$

$$\frac{I_{operate}(\text{显示值})}{03 \text{ 号主变低压侧额定电流}}$$

DIFP 所用制动电流百分值为:

$$I_{bisa} = \sqrt{\left\{ \begin{aligned} &\left(\frac{S_r}{S_r} K_{G9} \times I_{bisa}, \frac{S_r}{S_r} K_{G9} \times I_{G9a}, \frac{S_r}{S_r} K_{G8} \times I_{G8a}, \frac{S_r}{S_r} K_{G7} \times I_{G7a}, \frac{S_r}{S_r} K_{AUX1,2} \times I_{AUX1,2a}, \right. \\ &\left. \frac{S_r}{S_r} K_{G9} \times I_{G9b}, \frac{S_r}{S_r} K_{G9} \times I_{G9b}, \frac{S_r}{S_r} K_{G8} \times I_{G8b}, \frac{S_r}{S_r} K_{G7} \times I_{G7b}, \frac{S_r}{S_r} K_{AUX1,2} \times I_{AUX1,2b}, \right. \\ &\left. \frac{S_r}{S_r} K_{G9} \times I_{G9c}, \frac{S_r}{S_r} K_{G9} \times I_{G9c}, \frac{S_r}{S_r} K_{G8} \times I_{G8c}, \frac{S_r}{S_r} K_{G7} \times I_{G7c}, \frac{S_r}{S_r} K_{AUX1,2} \times I_{AUX1,2c} \right\}^2}$$

制动电流显示值为:

$$I_{bisa}(\text{显示值}) = I_{bisa} \times 03 \text{ 号主变低压侧额定电}$$

$$\text{流} \times S_e / S_r$$

上式中:

$\dot{I}_{03a}, \dot{I}_{03b}, \dot{I}_{03c}$ 为 03 号主变高压侧 A、B、C 相一
次电流; $\dot{I}_{G9a}, \dot{I}_{G9b}, \dot{I}_{G9c}$ 为 9 号机 A、B、C 相一次电流;
 $\dot{I}_{G8a}, \dot{I}_{G8b}, \dot{I}_{G8c}$ 为 8 号机 A、B、C 相一次电流; $\dot{I}_{G7a},$
 $\dot{I}_{G7b}, \dot{I}_{G7c}$ 为 7 号机 A、B、C 相一次电流; $\dot{I}_{AUX1,2a},$
 $\dot{I}_{AUX1,2b}, \dot{I}_{AUX1,2c}$ 为厂、配变 A、B、C 各相一次电流之
和; $K_{03}, K_{G9}, K_{G8}, K_{G7}, K_{AUX1,2}$ 分别是 03 号主变、9
号机、8 号机、7 号机、厂配变 CT 一次额定电流的倒
数; S_r 为 03 号主变的额定容量; S_e 为虚拟的三圈变
低压侧 2 绕组各自的容量。

由此,我们可以看到,在 RET521 装置中,采用
虚拟三圈变和使用 C3Cx 模件来实现双圈变差动保
护 5 侧制动的办法,差动保护模件 DIFP 使用的动作
电流百分值为单元母线上各元件各相之差值除第二
侧的额定电流,DIFP 使用的制动电流百分值为单元
母线上各元件各相中的最大值除该侧 CT 的一次额
定电流。在理论上,此方案符合比率制动特性的动
作原则,DIFP 使用的制动电流能有效地防止近区穿
越性故障时由于 CT 饱和而使不平衡电流增加时差
动保护误动的可能性。

3 整定计算

3.1 03 号主变高低压侧参数

主变额定容量: $S_r = 300000\text{kVA}$

主变高压侧额定电压: $U_{HV} = 242\text{kV}$

$$\text{主变高压侧额定电流: } I_{NH} = \frac{S_r}{\sqrt{3} \times U_{HV}} =$$

$$\frac{300000}{\sqrt{3} \times 242} = 715\text{A}$$

主变高压侧 CT 的变比 N_H 为 1200/5,对通过软
件实现电流相位补偿的微机型保护,各侧电流互感

器二次侧均可按 Y 接线计算,故有,额定电流时 CT 二次侧的电流为:

$$I_{H.sec} = \frac{I_{NH}}{N_H} = \frac{715}{1200/5} = 2.98A$$

主变低压侧额定电压为: $U_{LV} = 13.8kV$

主变低压侧额定电流:

$$I_{LV} = \frac{S_r}{\sqrt{3} \times U_{LV}} = \frac{300000}{\sqrt{3} \times 13.8} = 12551A$$

主变低压侧额定电流时 CT 二次电流:

对 CT 变比 N_{L1} 为 6000/5 的有:

$$I_{L1.sec} = \frac{I_{LV}}{N_{L1}} = \frac{12551}{6000/5} = 10.4A$$

对 CT 变比 N_{L2} 为 5000/5 的有:

$$I_{L2.sec} = \frac{I_{LV}}{N_{L2}} = \frac{12551}{5000/5} = 12.55A$$

3.2 纵差保护动作特性参数计算

3.2.1 差动保护最小动作电流(基值灵敏度)整定:

差动保护最小动作电流应按躲过变压器正常运行时流过差动保护的最大不平衡电流整定,在工程整定计算中可选取 $I_{d.min} = (0.2 \sim 0.5) I_N$,一般工程宜采用小于 $0.3 I_N$ 的整定值,由厂家使用手册可知,在 RET521 装置中,差动保护最小动作电流(基值灵敏度) $I_{d.min}$ 整定范围是 $(0.1 \sim 0.50) I_N$,推荐使用 $0.3 I_N$,故在 03 号主变差动保护中整定值取 $0.3 I_N$ 。

相对于上述整定值,各侧输入装置的最小动作电流为:

主变低压侧 CT 变比为 6000/5 的二次侧:

$$I_{d.min.L1} = 0.3 \times 10.4 = 3.1A$$

主变低压侧 CT 变比为 5000/5 的二次侧:

$$I_{d.min.L2} = 0.3 \times 12.55 = 3.77A$$

主变高压侧 CT 变比为 1200/5 的二次侧:

$$I_{d.min.H} = 0.3 \times 2.98 = 0.89A$$

3.2.2 起始制动电流的确定:

按 RET521 装置差动保护的動作特性,制动电流的百分值 $I_{bisa} = 1$ 后开始制动,故有:

$$\text{对 03 号主变高压侧有: } I_{res.min.H} = \frac{S_r}{S_r \times K_{03}} \times$$

$$I_{bisa} = \frac{300}{300 \times 1/1200} \times 1 = 1200A$$

对低压侧 CT 变比为 6000/5 有: $I_{res.min.L1} =$

$$\frac{S_r}{S_e \times K_{\Phi}} \times I_{bisa} = \frac{300}{150 \times 1/6000} \times 1 = 12000A$$

对低压侧 CT 变比为 5000/5 有: $I_{res.min.L2} =$

$$\frac{S_r}{S_e \times K_{\Phi}} \times I_{bisa} = \frac{300}{150 \times 1/5000} \times 1 = 10000A$$

3.2.3 动作特性折线斜率 S 的整定(特性曲线的选择):

差动保护的動作电流应大于外部短路时流过差动回路的最大不平衡电流。对二绕组变压器有:

$$I_{unb.max} = (K_{ap} K_{cc} K_{er} + u + m) \times I_{k.max}^{(3)}$$

式中:

K_{er} ——为电流互感器的比误差,取 $K_{er} = 0.1$;

u ——为变压器调压引起的误差,取调压范围中偏离额定值的最大值;

m ——为由于电流互感器变比未完全匹配产生的误差,初设计时为 0.05;

$K_{k.max}^{(3)}$ ——为外部短路时最大穿越短路电流的周期分量,03 单元厂、配变高压侧三相短路时,流经 03 号主变差动回路的最大穿越短路电流的周期分量为 107.1kA;

K_{cc} ——为电流互感器的同型系数;

K_{ap} ——为非周期分量系数,两侧同为 TP 级电流互感器取 1.0,两侧,同为 P 级电流互感器取 1.5~2.0,取 1.8

故有,最大不平衡电流为:

$$I_{unb.max} = (K_{ap} K_{cc} K_{er} + u + m) I_{k.max}^{(3)} = (1.8 \times 1 \times 0.1 + 0.075 + 0.05) \times 107.1 \times 10^3 = 32665.5A$$

差动保护的動作电流和制动电流的百分值分别为:

$$\text{動作电流百分值: } I_{d.max} = \frac{I_{unb.max}}{I_{LV}} = \frac{32665.5}{12551} = 2.603$$

最小動作电流百分值: $I_{d.min} = 0.3$

$$\text{制动电流百分值: } I_{rec.max} = \frac{S_g}{S_r} \times k \times I_{k.max}^{(3)} =$$

$$\frac{150}{300} \times \frac{1}{6000} \times 107.1 \times 10^3 = 8.925$$

起始制动电流百分值: $I_{rec.min} = I_{bisa} = 1$

上式中: K 为 CT 一次额定电流的倒数;

S_r 为主变额定容量;

S_e 为 13.8kV 侧一个虚拟绕组的额定容量。

差动保护動作特性曲线中折线的斜率 S

$$S = \frac{I_{d.max} - I_{d.min}}{I_{res.max} - I_{res.min}} = \frac{2.603 - 0.3}{8.925 - 1} = \frac{2.303}{7.925} = 0.$$

29

按厂家说明书,装置斜率整定范围 slope1 为 (1) 15%、(2) 20%、(3) 30%、(4) 40%、(5) 49%,故选择特性曲线 (3),斜率 slope1 为 30%,斜率 slope2 为 49%。

3.2.4 纵差保护的其他辅助整定计算

a. 差电流速断 (I_{dunre}) 的整定

对于 220~500kV 电力变压器,差电流速断是差动保护中的一个辅助保护。当内部故障电流很大时,防止 CT 饱和和引起纵差动保护延时误动。差电流速断的整定应按躲过变压器初始励磁涌流整定,根据实际经验一般可取:

$$I_{\text{dunre}} = (4 \sim 8) I_N$$

式中: I_{dunre} ——差电流速断的动作电流;

4~8 ——倍数,发电机变压器组取 4~6 倍;降压变压器取 6~8 倍,大容量变压器取较小值,小容量变压器取较大值;

I_N ——变压器额定电流。

按 RET521 装置厂家使用手册,差动电流速断的推荐整定值为 10 倍的 I_N ,故 03 号主变整定值为 $10 I_N$ 。

b. 二次谐波制动比 (I_2/I_1 ratio) 的整定:

二次谐波制动主要是防止由于变压器励磁涌流而引起变压器差动保护误动,整定值可以用差电流中的二次谐波分量与基波分量的比值表示。根据经验,二次谐波制动比可整定为 15%~20%。03 号主变整定值时取:15%

c. 五次谐波制动比 (I_5/I_1 ratio) 的整定:

按厂家使用手册,RET521 装置推荐使用 25%,03 号主变整定值取 25%。

4 结论及试验参数

4.1 03 号主变保护试验结论

03 号主变为实现 5 侧制动差动保护的動作特性,而采用在 RET521 装置中虚拟三圈变和使用 C3Cx 模件的方案,从投产前保护试验的数据来看,差动保护的制动特性试验和基值灵敏度的试验符合本案整定的数据。但采用上述方案后,加重了保护装置主 CPU 的负担。

4.2 03 单元带负荷试验时,主变保护 RET521 装置中差动保护的实测数据

在 03 单元带负荷试验中,我们记录了差动保护的有关数据,各数据也符合本文的推断,具体数据如下表 1、表 2、表 3。03 单元主变投产至今已有近 1 年了,从运行情况来看,本文的方案是可行的。

表 1 03 号主变带 9 号机(4200A)数据

相别	9 号机		03 号主变		差流	制动电流
	电流	角度	电流	角度		
A	4167	29.4	242	0	52.9	2187.9
B	4189	269.1	244	240	64	
C	4164	149.2	243	120	60.3	

表 2 03 号主变带 7、8 号机(各 3000A)数据

相别	7 号机	8 号机	03 号主变	差流	制动电流
	电流	电流	电流		
A	2930	2991	340	80	1925
B	3006	3004	344	80.1	
C	2991	2974	344	81	

表 3 03 号主变带 7、8、9 号机时的数据

相别	7 号机	8 号机	9 号机	03 号主变	差流	制动电流
	电流	电流	电流	电流		
A	3177	3024	3697	574	119	3036
B	3206	3040	3735	580	130	
C	3144	3002	3692	579	125	

参考文献:

- [1] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用. 北京: 中国电力出版社, 1996.
- [2] ABB. RET521 * 2. 1 Transformer protection terminal User ' Manual. ABB Network Partner, 1999.

收稿日期: 2001-01-19

作者简介: 高国庆(1967-),男,本科,工程师,从事电力系统及其自动化的研究。

Feasible plan for 2-winding transformer's differential protection with five restrained units

GAO Guo-qing

(Xin anjiang Hydropower Plant, Jiande 311608, China)

Abstract: This paper puts forward the feasible plan of the differential protection with five restrained units for 2winding transformer and analyses the operating character and the setting of it achieved by means of assumed 3winding transformer's differential protection and using C3Cx function blocks in RET521 terminal.

Keywords: differential protection; five restrained units; plan; setting