

三峡左岸电站西门子发变组保护系统

陈剑锋 沈方丽

(水电八局机电制造安装分局,湖南长沙,410119)

摘要:三峡左岸电站共布置了14台700MW水轮发电机组,其中有6台机采用西门子发变组保护,本文对西门子保护的功能原理以及保护在三峡电站运用情况进行详细的阐述,为以后大型机组安装调试提供一些有益资料。

关键词:整定值;动作;跳闸;报警;通信

中图分类号:TM774

文献标识码:B

文章编号:1672-5387(2004)02-0051-03

1 概述

三峡左岸电站发电机组及主变压器的容量大、电压等级高,在电网中占有十分重要的地位,因此,对继电保护有很高的要求,发电机出口550kV断路器具有两个独立的跳闸线圈。三峡左岸电站选用SIEMENS生产的发变组保护装置,每套分为两个独立的保护系统,且两个子系统中功能相同的保护装置采用不同原理,分别配置于A、B两组盘内。每组保护屏内包括发电机、主变压器、励磁变、厂用变主后备保护。每组保护屏直流系统为两路,彼此互相独立,跳闸、信号回路彼此独立。因断路器有两组独立的跳闸线圈与两组独立的保护子系统对应,同时也可通过连接片的投切实现一组保护同时控制两跳闸线圈,既安全又可靠,这样可保证两系统的独立性和整个保护的可靠性,一旦一套保护退出运行,不影响发变组保护的正常工作。

2 SIEMENS 保护配置(表1)

表1

屏号	模块号	模块	配置的具体保护功能	备注		
A 盘	F11	7UM622	87G 发电机差动			
			64G1 100% 定子接地			
			64C2 $U_0 >$ 定子接地			
			40G 失磁保护			
			51GR 负序过流			
			78G 失步保护			
			51G 定子过负荷			
			59G 定子过电压保护			
			11G 发电机后备保护			
			F12	7UT612	87GUR 发电机裂相差动	
			F13	7UT612	87T 主变差动	
					51TN 主变零序	
			F14	7SJ611	51ET 励磁变过流	
		51ETL 励磁变过负荷				
F51	7SJ611	51ST 厂用变过流	不带厂变机			
		51STL 厂用变过负荷	组无此模块			
B 盘	F21	7UM622	21G 阻抗保护			
			64G1 100% 定子接地			
			64C2 $U_0 >$ 定子接地			
			40G 失磁保护			

(续)

屏号	模块号	模块	配置的具体保护功能	备注
			51GR 负序过流	
			11G 发电机后备保护	
			24G 发变组过激磁	
			64E 转子一点接地	
			52B 开关失灵保护	
F20	7RE28		95PT 断线	
F23	7UT612		87T 主变差动	
			51TN 主变零序	
F24	7UT612		87ET 励磁变差动	
			51ET 励磁变过负荷	
F25	7UT612		87ST 厂用变差动	不带厂变机
			51STL 厂用变过负荷	组无此模块

3 保护装置特点

西门子发变组保护提供了一个很全面的保护功能库,整定过程可在个人计算机的帮助下完成,其界面友好,使用何种功能可以进行设置,只有在需要时才激活其功能,可以配置不同的保护方案。也可通过保护装置本身面板键盘进行激活设定。所有软件配置如保护功能选择设备和输入输出信号分配,可通过装置面板RS-232串行口执行完成。

本套保护装置采用软硬件结合,硬件装置上采用各保护功能模块独立,发电机及各变压器各自采用自己的模块,避免了相互干扰的可能性。同时可通过软件操作对硬件功能进行定义,补充及测试。相应于各独立的硬件模块,DIGSI软件对各保护模块也相应进行单独设置,各装置块定义之间相互独立,互不影响。保护系统同时可用软件操作及面板显示操作,二者相互独立,为实现现地操作及远程计算机控制提供了方便的基础。SIEMENS软件采用DIGSI4.4版,在WINDOWS下操作,界面友好,可方便地实现观察、记录及修改功能。同时可采用多次修改,一次传递的方法,更快捷地利用软件完成面板上同样可完成的操作。保护软件功能概述如下。

收稿日期:2003-12-19

作者简介:陈剑锋(1963—),男,高级技师,主要从事水电机组电气调试工作。

3.1 整定(Setting)

对装置整定值进行检查、修改及设定。在此项功能中,不仅包含了对装置参数的设定,输入输出矩阵的定义,发电机各系统与保护相关的重要参数,同时允许用户通过 CFC 编辑对硬件功能进行一些必要的扩充。

3.2 事件记录(Annunciation)

本套保护系统有详细的事件记录,其中普通事件与跳闸事件分别记录,在普通事件中不仅包含了每一个事件动作,也记录了用户每一步操作的记录,而跳闸事件则只记录了条件触发后至条件消失其间的一些重要信息。保护装置每一次的动作都能可靠详细的记录,并记录动作性质,动作时间等。事件可记录 200 次,200 次记录满后,新记录的产生,就会冲掉旧记录的最末次。

3.3 测量(Measurement)

此项功能方便我们实现各类测量值的记录,任何一个时间及事件下的相关信息,如模拟量峰值、有效值、频率、有功、无功、三相正序、负序、三相相等,我们都可以利用此操作进行记录以及以后进行查看。

3.4 录波(Oscillographic Records)

保护动作或开关量变位后录波自动启动并详细记录故障时波形,并可对波形进行谐波分析,或手动启动录波进行在线录波。保护录波功能虽没有专用录波系统功能强大,但 SIEMENS 的这套保护软件的录波功能对各类事件波形的记录对我们分析来说仍是相当有用的。

3.5 通讯(Communication)

保护屏各装置之间互相之间通过光缆连接并与监控系统形成闭合网络,这样保护屏保护信号与机组监控系统既有硬接点信号又有通讯信号以实现保护至监控出口双路保护。

3.6 时钟同步(Synchronization)

保护每套装置都可与 GPS 进行对时,以保证事件时间的准确性。

3.7 其他功能(Other Functions)

保护软件还可实现在线监测功能,在与装置连接情况下,可从计算机中实时进行监测,从而实现了计算机的远程控制。

另外,除了可方便地进行软件控制,这套保护系统的现地可操作性也是很强的,从现场装置面板上不仅可查看到软件中可实现各类信息,其中大部分也可在现地进行修改。

4 主要保护的基本原理

4.1 差动保护

4.1.1 比例制动特性

若发生外部故障则产生很大的穿越电流,在 CT1 和 CT2 饱和情况下由于励磁特性的差别会产生一个显著的电流流过 M 元件,若此电流值超过相应的门槛值,则会误发跳闸信号,为了防止这种情况引入制动电流,制动电流取自绝对值之和: $|I_1| + |I_2|$ 。相应定义如下:差动电流 $I_{diff} = |I_1 + I_2|$,

制动电流 $I_{stab} = |I_1| + |I_2|$ 。 I_{diff} 取自基波电流并产生一个跳闸效果的量,而 I_{stab} 抵消这种作用。为了清楚地说明情况,在三种理想工作条件下检测 I_{diff} 和 I_{stab} 。

在正常情况下或外部故障: I_2 反向: $I_2 = -I_1$; $|I_1| = |I_2|$; $I_{diff} = |I_1 + I_2| = 0$; $I_{stab} = |I_1| + |I_2| = 2|I_1|$; 结论:不跳闸,制动电流等于两倍穿越电流。

内部故障(两侧 CT 流过相同的电流): $I_{diff} = |I_1 + I_2| = 2|I_1|$; $I_{stab} = |I_1| + |I_2| = 2|I_1|$ 。结论:跳闸,差动电流等于制动电流。

内部故障(只有一侧 CT 流过电流): $I_2 = 0$, $I_{diff} = |I_1 + I_2| = |I_1 + 0| = |I_1|$; $I_{stab} = |I_1| + |I_2| = |I_1| + 0 = |I_1|$ 。结论:跳闸,差动电流等于制动电流。

以上结论表明:发生内部故障时 $I_{diff} = I_{stab}$; 相应的内部故障特性是一条倾斜角为 45 度的直线。见图 1。

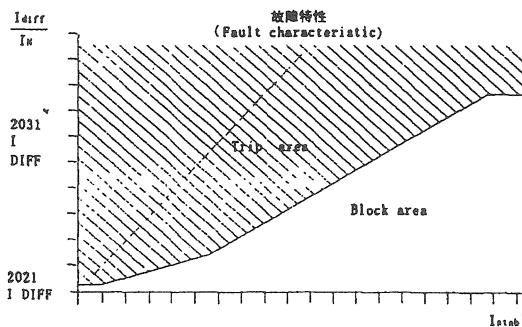


图1 差动保护动作特性

4.1.2 外部故障时的附加稳定性

当发生外部故障时,大的穿越短路电流引起 CT 饱和,可能出现较大的差流,尤其在造成保护所用 CT 饱和程度不同时使差动电流也增大。如果 I_{diff}/I_{stab} 量落在跳闸区域并且没有采取特殊的措施将误发跳闸令。装置提供一个饱和和指示器用来探测这种情况并启动附加稳定措施,饱和指示器能监视差动电流和制动电流行为。

图 2 中的虚线表示外部故障 CT 饱和时的电流的发展过程。

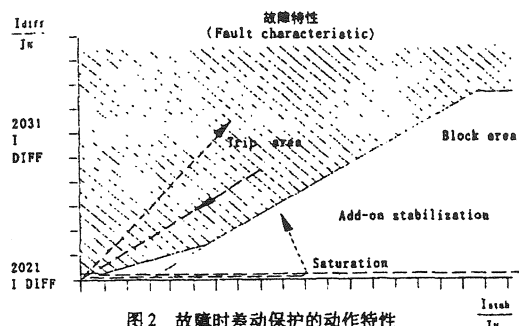


图2 故障时差动保护的附加稳定性

4.1.3 谐波制动

变压器空载合闸或对运行中的母线投入并联电抗器会

产生很大的励磁涌流,这些涌流将产生很大的差流,就象单电源侧发生内部故障一样,变压器并联运行或者电力变压器的过励磁,由于电压升高或频率降低都会使励磁电流增加产生差流。励磁涌流可达到额定电流的许多倍并且其中以二次谐波量为主,如果二次谐波分量超过了设定的门檻值,则闭锁跳闸。除了二次谐波还可以选择其他谐波。如:三次谐波或五次谐波。

4.1.4 交叉闭锁

为了避免误动作,可以采用所谓的“交叉闭锁”功能。三相中只要有一相检测到励磁涌流则另两相的差动保护被闭锁,“交叉闭锁”时间可以整定。

4.1.5 大故障电流速断跳闸

保护区内出现很大的故障电流,差动的幅值可以排除外部故障时,可以不考虑制动电流大小而迅速跳闸。被保护元件(变压器、发电机、串联电抗器)具有高阻抗时,门檻值可以设为高于穿越性最大故障电流值。差动保护提供了速断跳闸段,即使涌流制动元件已经判断为涌流,此时故障电流中的直流分量导致 CT 饱和,使得差流中出现相当大的二次谐波的情况下,该保护仍能工作,速动段计算电流基波分量和瞬时值,用瞬时值能保证即使在 CT 饱和基波严重变小的情况下仍然可以快速出口。由于故障开始后可能出现的直流偏移量,瞬时值段只能在两倍门檻值以上时才能工作。

4.1.6 关于启动时启动值抬高

启动值的抬高尤其适应电动机,与变压器的涌流相比,电动机的涌流是一种穿越电流,如果 CT 在激磁之前有不同的剩磁,那么将会产生差流,因此变压器在磁滞滞线的不同工作点上运行,虽然引起的差流很小,但如果差动保护设置得很灵敏,还是会带来问题,当被保护对象由空载投入运行时,差动保护启动值的抬高可提供附加的安全性。当某一相的制动电流小于设定值 $I-REST$ 。启动时,启动值升高即被激活,正常运行时制动电流是运行电流的两倍。所以若制动电流低于设定的门檻值就表明被保护对象没有励磁,差动保护设定值 $I_{diff} >$ 根据可变的因数有所升高,另一端分支同理也是成比例变化,制动电流的返回表明已启动,在设定的延时时间 $TSTARTMAX$ 之后,以上特性即退出。

4.1.7 跳闸特性

差动保护完整的跳闸特性:

分支 a 是差动保护的灵敏门檻值,考虑的是稳定性的误差电流如励磁电流等。

分支 b 考虑的是比例电流误差,如主 CT 误差,保护的输入 CT 的误差以及电压调节器分接头位置误差引起的电流误差。

分支 c 是用于附加制动区,考虑 CT 饱和严重引起的大电流范围内,具有很好的稳定性。

分支 d 以上不需要考虑制动电流和谐波分量,此区域为大电流速动段。

差动保护根据图 3 的工作特性比较差动电流和制动电流,如果差动电流和制动电流决定的工作点落在跳闸区内,

则发跳闸令。

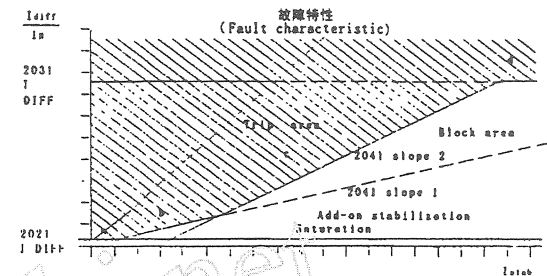


图3 差动保护动作特性

4.2 失磁保护

失磁保护的作用是在励磁系统发生故障时防止同步发电机/电动机异步运行以及防止转子局部过热,而且可确保系统稳定不会受到大型同步发电机低磁的影响。

失磁检测:

为了检测出失磁故障,采用两种判据:其一是通过测量机端电压和机端电流(U/I)的值形成定子回路判据,其二是测量励磁电压或从外部引入励磁电压监视信号形成转子回路判据。对于定子回路判据,通过电压和电流的正序系统可计算出阻抗倒数,在导纳平面中,发电机的稳定极限与电压相互独立。因此,保护特性与发电机稳定特性可以最优化的配合。从而即使在发电机内部外部发生不对称故障时通过计算正序系统也可检测出失磁故障。

4.3 阻抗保护

电机阻抗保护是带选择性的阶段时限保护,当同步电机机端引出线以及单元变压器低压侧绕组发生短路时,提供最短可能的跳闸时限。因而可以用作发电机和变压器差动保护的快速后备保护。

功率振荡闭锁:

动态过程如负荷突然变化、短路、自动重合闸或电力系统的开关操作都可以导致功率振荡,因此阻抗保护靠附带的振荡闭锁功能来避免误跳闸。

功率振荡是三相对称的,因此振荡的第一先决条件是三相对称电流,可以通过负序来鉴别。这就意味着不对称(单相、两相)短路故障不会起功率振荡闭锁。即使已经检测到功率振荡,随后发生的不对称短路很快会解除振荡闭锁,使阻抗保护动作跳闸。因此功率振荡发生的速度比短路慢得多,因此阻抗的变化率可作为可靠的判据来鉴别振荡和短路。由于对称性,故采用电流和电压的正序分量来获得正序阻抗。

4.4 100% 定子接地保护(20Hz 外加电源注入式)

100% 定子接地保护检测单元式连接的发电机定子绕组接地故障,这种注入式 20Hz 的电源的保护与零序电压保护相互独立,而且它可以检测中性点附近的接地故障,两种定子接地保护相互补充。外部低频 20Hz 电源将 1% 发电机额定电压加到发电机中性点,若中性点发生接地故障,则有电

(下转第 59 页)

每根光缆端头长度预留不少于8~10m,预留长度的光缆盘成圈妥善地挂在托盘的桥架立柱上;光缆端头应用端头帽作密封处理,防止光缆端头进水。

光纤接头制作完成后,进行光纤连接损耗检查,光纤连接损耗 $<1.0\text{dB}$ 。

7 设备接地

机组安装完成后,需对设备外壳进行接地。励磁变、避雷器、励磁盘、技术供水各设备外壳、调速器设备等安装完成后,均对其金属外壳进行良好的接地工作,接地用 $60\text{mm}\times 6\text{mm}$ 的扁钢与主接地网相连接,与设备连接处用截面为 50mm^2 的镀锌铜编织线连接。交、直流电力电缆的终端头和电缆的金属护层等均应进行接地。控制电缆的金属护层,屏蔽电缆屏蔽层均按要求的接地方式予以接地。接地线与电缆钢铠的连接用烙铁焊接。 1kV 自用电盘柜分别对零母排进行接地,接地线穿过零序互感器。

VCS机组在风洞内壁及下机架内壁分别布置有 $50\text{mm}\times 10\text{mm}$ 的接地铜排,接地铜排用膨胀螺栓固定在墙壁上,预埋的接地主干线与接地铜排相连接,以保证机组内部设备对地电势相等,各铜排接头螺栓连接处分别进行搪锡处理。接地铜排与机架及定子连接处采用 70mm^2 接地铜编织

线,将机组内部所有的设备如定子机座、空冷器,吸尘器、油泵电线及接线端子箱等连接起来。

8 火灾自动报警及电缆防火与阻燃

三峡左岸电站VCS机组部分设有火灾自动报警功能,在机组内部装有感温探测器及烟雾探测器,机组部分消防与电站消防中心连接,并设有工业电视监控系统,加强火灾监视与确认,与计算机监控系统连接。

左岸电站电缆敷设时,对重要回路电缆均设有双回路,分别敷设为防火型电缆及阻燃型电缆,电缆敷设完成后,对电缆进入电缆沟、隧道、竖井、建筑物、盘柜以及穿入管子时,出入口均用防火堵料封闭,管口密封。在封堵电缆孔洞时,封堵严实可靠,没有明显的裂缝和可见的孔隙,孔洞较大者加耐火衬板后再进行封堵。阻火墙上的防火门应严密,孔洞应封堵,阻火墙两侧电缆应施加防火包带或涂料。

9 结语

三峡工程左岸电站VCS机组电气二次安装,在施工工艺及安装质量上得到了监理及业主的好评,电气二次安装的顺利完成,为机组调试、试运行打下了良好的基础,为机组提前发电提供了保障。

2004年第2期 59页 水电站机电技术

(上接第53页)

流流过接地电阻。通过测量所加电压和接地电流即可计算出接地电阻,此原理同样可检测到发电机机端接地故障,包括相连的电气故障。

4.5 1~3Hz方波电压注入式灵敏转子接地保护

转子接地保护用于检测同步发电机经高阻或低阻接地。保护采用大约为50V直流电压,根据设置的不同,极性每秒钟可转换1到8次,注入电压 U_g 由7XT71串联装置提供,电压经过一个电阻单元7XR6004与励磁回路经高电阻对称耦合,同时通过低阻值的测量电阻 R_m 连接到接地电刷(地电位),通过变送器将控制电压和测量电压送入保护,控制电压与注入50V电压 U_g 的幅值和频率成比例,转子接地电流由测量电压反应,由此计算出接地电阻。每一次 U_g 转换极性,充电电流 I_g 经电阻单元流过励磁回路接地电容,这个电流引起的电压降,一旦转子电容充电完毕,充电电流降至0。如果发生接地故障,持续接地电流的强度由接地电阻决定。变极性电压采用低频方波可以滤去转子接地电容的影响,同时可充分削弱励磁系统干扰频率的信号。

4.6 定子过负荷(热特性)

热过负荷保护特性用来防止由于过负荷而损坏被保护的设各,装置能够依照一体化的发热模型来防止被保护设备过热。热过负荷保护模拟了被保护设备的热映像,发生过负

荷以前的状态以及损失在环境中的热量都需要考虑。热过负荷保护计算被保护设备的工作温度,用相对最大允许工作温度的百分比表示,当计算值达到整定的百分比时,发出报警信号,可以进行减负荷措施,如果计算值达到100%最大允许工作温度,则启动跳闸信号对被保护设备灭磁。跳闸信号的启动由各相中最高的计算温度决定。

4.7 灵敏接地故障保护(横差保护)

高灵敏接地保护用在中性点不接地系统以及中性点经高阻抗接地系统,用于检测接地故障,启动判据为接地电流(残余电流)幅值。

残余电流首先经过数值滤波。因此,用于测量的只有基波电流。这使得对于短路初始的暂态条件以及对电流中谐波分量的灵敏度很低。保护包括两段。当第一段门限值越限时保护启动,经过设定延时后发跳闸令,当第二段门限值越限时保护启动,经延时后发跳闸令。

5 结语

对发变组保护装置进行了元件调整及整组调试,各项指标均已达到国家所要求的标准,试运行结束后又对每一保护元件进行一次全面彻底检验。2号、3号机组经过几个月商业运行,装置工作稳定,保护动作正常,没有发现拒动或误动误报警现象,测量指示显示正确。