

特邀主编按语

举世瞩目的三峡工程,继续为世人关注,我们发表“对三峡电站继电保护国产化的展望”,对国内继电保护界同行提出了新的希望和要求。

超高压大容量电气主设备差动保护用电流互感器,大量采用 P 级,也有少部分采用 TP 级,“差动保护采用 P 级电流互感器的问题”一文针对此课题发表了有价值的观点。

因后备保护不完善而导致变压器烧损的教训已多次发生,必须迅速改变不重视后备保护的倾向,使同类故障尽量少发生。

为大型汽轮发电机增设定子绕组匝间短路保护,宁夏电力中调的同志作了认真仔细的调研,慎重地提出了初步技改方案,期望他们首先在国内取得成功。

为进一步提高 ΔP_2 保护的可靠性和灵敏度,“发电机故障分量负序方向保护的新判据”一文可资借鉴。

本期还同时刊出失步保护和转子绕组接地保护的论文各两篇,发电机微机保护设计和发电厂继电保护整定计算系统各一篇,供读者参考。

王维俭

2000. 4. 20

对三峡电站继电保护国产化的展望

汪祖禄, 周强, 陈吉祥, 易先举

(长江水利委员会长江勘测设计研究院, 湖北 武汉 430010)

摘要: 对三峡左岸电站的继电保护进行了简单的回顾,对三峡右岸电站、右岸地下电站继电保护的国产化进行了展望,并结合三峡特大型机组和电站的特点,分别就发电机主保护、发电机定子接地保护、失步保护及失步预测、特大型变压器保护、500kV 母线保护以及事故预测和非电量检测等几个方面对未来继电保护的发展趋势进行了阐述。

关键词: 三峡; 发变组; 主保护; 展望

中图分类号: TM772 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2000)07-0001-03

1 引言

三峡电站由左岸电站、右岸电站和右岸地下电站三个部分组成。左岸电站装机 14 台,右岸电站装机 12 台,右岸地下电站装机 6 台,单机容量均为 700MW,发变单元接线,500kV GIS 为 3/2 接线。左岸电站的主设备(包括水轮发电机组、主变压器和 GIS 高压电气设备)已经采购,右岸电站和右岸地下电站正在进行技术设计。关于左岸电站发电机—变压器组继电保护的配置和技术方案研究,已有文分别在《继电器》和《电力系统自动化》上进行了介绍^{[1][2]};左岸电站 500kV GIS 高压电气设备的保护设备随同 GIS 一起由 ABB 公司提供。

随着我国继电保护事业的发展以及对引进技术的消化吸收,三峡右岸电站、右岸地下电站发—变组

及高压电气设备的继电保护系统国产化是必然的趋势。在这方面,我们也早已作了大量的前期工作,从“七·五”科研攻关开始到目前的“九·五”国家重大科研攻关,在机组保护方面与国内许多大专院校、科研院所一起进行了十多年的研究,并在许多方面取得了阶段性成果,对一些重大项目或“九·五”未完成的项目,已在“十·五”科研计划中继续立项。所有这些努力,都是为了加快三峡电站继电保护的国产化进程,推动我国继电保护技术的进一步发展,以期赶上并超过世界先进水平。

2 特大型机组的主保护

关于特大型机组的主保护问题一直是国内外同行们关心和争论的焦点。对三峡电站 700MW 的单机容量,每相具有 5 个并联分支,且中性点经配电变

压器高阻接地的大型机组,国内尚无现成的规程规范可循,要想做到万无一失,必须考虑以下几个问题:

- (1) 主保护的型式
- (2) 主保护的冗余性和互补性
- (3) 主保护选择的依据
- (4) 主保护的灵敏度

在左岸电站机组主保护方案的确定和“九·五”科研攻关项目中,许多大专院校在对三峡机组主保护的方案选择论证中使用了各自建立的数学模型,进行了一系列的计算工作,其中有清华大学的以多回路理论基础建立的数学模型,有华中理工大学的发电机内部故障暂态仿真数学模型,有东南大学利用有限元法理论开发的水轮发电机定子绕组内部故障电气量计算与保护方案分析软件系统,通过这些模型和分析软件建立起来的求解发电机定子绕组内部故障稳态电气量的通用数学模型,他们在三峡左岸电站机组主保护方案的确定、保护灵敏度的计算、保护用 CT 的配置和 CT 参数的选择上都起到了决定性的作用。但是,由于三峡左岸电站机组为引进设备,其结构参数在某些方面尚不能及时完整地提供,同时在机组设计和制造过程中还存在着变化和修改的现象,加上时间和经费关系,在利用这些数学模型计算时,计算的选取点和工况还不是非常全面、典型和带有普遍性。因此,其计算结果进而利用这些结果进行分析论证就存在着一定的局限性。

在以后右岸电站及右岸地下电站机组主保护的选择中,建立的数学计算模型要进一步优化,分析软件要进一步完善,要在机组制造投产前有限的结构参数和电气参数条件下(有的参数要作必要的切合实际的假定,而不能等发电机制造好以后获得参数再计算和配置保护,这是工程建设程序办不到的)建立数学模型,保护分析软件只需输入发电机组的有关结构参数,便可进行分析计算,无需人为干预,并且使用界面友好,有很强的图形显示功能,这样就使计算方法有很强的通用性和方便性。在这方面,清华大学、华中理工大学、东南大学已做了很好的工作,经过完善可进入实用阶段,这将为右岸工程中机组主保护的合理配置、分支的正确组合和保护用 CT 的设置、CT 参数的选取提供有力的依据,可在完全差动、不完全差动、裂相横差和中性点不平衡保护及其他主保护型式上作出正确的配置选择。

3 发电机定子一点接地保护

由于三峡机组的中性点不是经消弧线圈接地,

而是经配电变压器高阻接地,发生接地故障时要求作用于跳闸;加之机组对地电容大(约 $4\mu\text{F}$),因此采用通常的双频式零序电压接地保护方案,其灵敏度是不符合要求的,而且必须增设启、停过程的保护。针对右岸工程,采取的攻关办法是消化左岸电站引进的低频注入式定子一点接地保护(20Hz 或 12.5Hz),必要时配以零序电压保护,以达到 100% 的保护范围。并且要求具有自适应特性(即根据短路点位置、对地分布电容,自动调整其保护特性)补偿对地电容影响,提高绝缘监测能力,将灵敏度提高到 8k 以上,并进一步开发该保护的预测信号技术以及在线监视或显示定子对地绝缘电阻值的功能。如果能实现,其技术将是世界领先水平。另外,尚可完善并工业化预测型自动适应三次谐波接地保护技术和定子接地故障仿真软件及工程化开发等工作。

4 失步保护及失步预测研究

三峡机组容量大、机组台数多、输电距离长、运行方式变化频繁,发电机组与系统之间失步的可能性相应增加,容易发生单机和多机对系统的失稳事故,其失步故障将给系统和机组带来严重后果。左岸电站机组的失步保护采用振荡中心在发电机内部、失步运行时间超过整定值的原理构成,对失步的预测功能尚未得到证实。国产化以后的失步保护要求保护能自动适应运行方式的变化,并在机组失步之前具有一定的预测功能。为此应在失步判据上有新的思路,如直接反映功角 δ 的变化。这种方法将可能具有很高的精度,当然失步预测要很准确,存在一定难度,它要求知道扰动前的开机方式和运行状态,扰动对全系统各种影响,开机方式变化等,而这些量是难以获得的,要结合这些变化量,实现失步预测,必须先从理论上分析方案的有效性和可行性,建立数学模型,并对方案进行计算机仿真计算,做出试验样机,并通过动模试验和现场工业试运行进一步验证其原理的正确性和实用性。在这方面,清华大学、东南大学截至目前为止已进行了大量的工作。

5 大型变压器的微机保护研究

迄今为止,实用方案仍然是二次谐波电流原理和间断角原理的差动保护。虽然差动保护在目前的应用仍然是有特色,有经验和普遍的,但他们在反映变压器内部匝间短路故障上或二次谐波分量低于 10%(大型变压器通常如此)时,存在着很大的局限性或灵敏度不满足要求的问题。利用数字化技术提

出新的保护原理,也是变压器保护的发展所必需的。目前较新的方案有下面几种:

(1) 基于参数辨识的变压器保护,这种保护方式无需鉴别励磁涌流,仅利用变压器绕组的物理参数(漏感和电阻)在故障前后的特性变化作为保护判据,具有较高的速动性(半周波)和灵敏度;

(2) 具有虚拟三次谐波励磁涌流判别技术和非线性制动特性的差动保护技术;

(3) 变压器特殊运行状态及内部短路计算和数学仿真研究。

这些将给大型变压器的内部故障的判别方法开创新的途径。

这几种课题已列入“十五”科研攻关项目。

6 500kV 母线微机保护研究

对500kV系统一倍半母线断路器接线方式,成熟的具有中阻抗的整流型的母线差动保护方案,已在三峡左岸电站中采用。但这种REB103型母差保护已不同于原有的在葛洲坝500kV开关站中使用的RADSS型母差保护,它是RADSS的换代产品。其逻辑回路改用微处理机实现,有自检功能,差动元件与启动元件动作后展宽100ms,确保内部故障且CT饱和时可靠动作,动作速度可更快(整机出口可达14ms,最大不超过17ms),对CT拐点电压要求仅为10V。

左岸电站采用的另一套母线保护是微型分布式低阻抗母线保护REB500。它由测量母线各连接元件电量的子单元和判别母线是否有故障的中心单元2部分组成,子单元和中心单元之间采用光纤连接,中心单元具有数据采集、处理和逻辑判断出口功能,并带有通讯接口,经通讯网络与开关站保护监视系统(SMS)及三峡电站计算机监控系统联网通讯,其子单元还具有失灵保护的功能。其整机动作时间为25ms,最大不超过30ms。

在“十五”科研课题中,要求在左岸电站引进技术的基础上,研制具有自适应功能的分布式微机母线保护,在原有基础上,增加运行方式识别、饱和识别以及快速算法一系列功能,提高动作速度,使其工业产品达到世界领先水平。

7 事故预测及非电量监测系统研究

事故预测及非电量监测系统的研究一直是我国大型机组的空白,为了能在机组或变压器的故障未发展到使继电保护动作的严重程度时,先根据故障

所产生的前期征兆对设备故障进行预测,然后对机组提早转移负荷和停机检修或作其他处理,这对防止事故进一步扩大,造成检修困难或不可修复有特别重大的经济意义。在左岸电站机组上引进了振动检测装置,可通过振动检测装置和显示器测量和观察机组大轴在X和Y方向上的摆度、机架和水轮机顶盖震动、定子铁芯振动、定子机座振动,这些测量信号可连接到电站计算机监控系统;引进了局部放电检测(PDD)系统,用于在线检测发电机带负荷运行情况下其定子绕组的局部放电;引进了气隙测量(AGM)系统,用于在线监测发电机的气隙;还引进了蠕动探测器,可监视机组在停机状态下的蠕动情况,必要时动作于起动高压油顶起装置或机组制动装置,其接点引至电站计算机监控系统。

在“十五”科研课题中或稍长的一段时间内,要对这些引进设备技术进行消化和分析,特别是这些装置中传感器和分析软件的研制和开发,掌握其先进技术。另外,要进一步对机组定子铁芯的局部过热和定子绕组的局部绝缘下降以及对变压器内部油的色谱分析以预测内部绝缘降低程度进行研究。

所有这些努力,包括事故预测和非电量监测系统的研究,有利于实现电力设备的状态检修,从而将事故消灭在萌芽状态,实现电力系统的安全稳定运行。

8 结束语

以上是对继电保护国产化目标的展望,目前在国内许多大专院校和科研单位的共同努力下已取得了许多可喜的成果和进展,我们认为再经过一段时间的努力,要实现这一目标是完全可能的。但其中的项目,如事故预测和非电量监测系统,由于涉及到的专业部门多、科研经费不能及时到位,科研难度也相应大一些。但我们认为这是一个应该努力的方向和争取的目标,知难而进,不懈拼搏,别人能做到的,我们也一定能做到。我们相信三峡右岸电站、右岸地下电站的发电机—变压器和500kV高压设备的国产继电保护设备无论在原理上、配置的合理性上及其工艺水平上都将是一流的。

参考文献:

- [1] 周强,汪祖禄. 三峡左岸电站发电机—变压器组继电保护的配置. 继电器, 1998, 26(5).
- [2] 周强,易先举,汪祖禄. 三峡左岸电站发电机—变压器组保护技术方案. 电力系统自动化, 1999, 23(11).

(下转第15页)

单相式 500kV 变压器的低压侧设有套管 CT,可测量到变压器低压侧各相线圈流过的电流。在近低压侧断路器处还设有外附 CT。这样的 CT 布局方便了低压侧保护多重化的交流电流回路接线要求,可将两套过流(过流 1、2)保护分别接于套管 CT 的不同的二次线圈,另设一套过流(过流 3)保护接外附 CT。

在保护装置设计和制造时,要做到过流 1、2、3 各有自身的直流逆变电源和出口跳闸继电器。在二次回路设计时,要做到使它们的直流电源受不同的熔断器控制,其中一套保护的直流熔断器熔断时不影响另外两套保护的正常运行。在保护出口所跳断路器的设计中,应满足既有跳低压侧断路器的保护段,又有跳变压器各侧断路器的保护段。如过流 3 保护动作跳变压器低压侧断路器,在定值计算中应尽可能使此保护在低压母线故障时以较快速度跳闸,在满足必要的配合关系的前提下,尽量缩短保护动作时间,以提高系统运行的稳定性。过流 1、2 均设两段延时,以第一时限跳变压器低压侧断路器,以第二时限跳变压器各侧断路器。以保证在低压侧断路器拒动或失灵时及变压器低压侧引线故障时,可由变压器高、中压侧断路器切除故障。

4 结论

综上所述,对于高、中压侧都有电源的 500kV 变

压器,其高、中压侧配置的圆特性相间阻抗保护对变压器低压侧引线及母线基本没有保护作用,低压侧母线的故障只能靠变压器低压侧过流保护动作切除,因此要特别重视低压侧过流保护的配置与运行。为了保证变压器的设备安全及系统的稳定运行,变压器低压侧过流保护应多重化配置。合理接入不同的 CT 回路;在直流电源的设计中必须注意各保护运行的独立性及检修的可靠性;安排好保护的出口跳闸方式。真正做到任何情况下运行设备都由两套交、直流输入和输出回路相互独立,并分别控制不同断路器的继电保护装置进行保护。

建议变压器保护的研制人员及生产厂家能多付出一些努力,研制出更好的、适用范围更大的阻抗保护。还可以考虑采用高、中压侧电流相量和,形成不完全差动保护,间接反应低压侧电流,经电压及必要的方向元件闭锁,延时跳变压器各侧开关。用此保护做为低压侧过流保护的后备,解决高、中压侧阻抗保护对低压侧没有保护作用的问题。

收稿日期: 2000-03-01

作者简介: 张洪(1964-),女,高级工程师,1988 年起从事继电保护的计算、运行、管理工作; 常凤然(1967-),男,工程师,1989 年起从事继电保护的计算、运行、管理工作; 赵春雷(1968-),男,工程师,1991 年起从事继电保护的计算、运行、管理工作。

Discussion on phase to phase backup protection for 500kV transformer

ZHANG Hong, CHANG Feng-ran, ZHAO Chun-lei

(Hebei Electric Power Dispatch & Communication Center, Shijiazhuang 050021, China)

Abstract: The necessity of installing phase to phase fault protection on LV side of transformer is presented in this paper by analyzing the protection capability of phase to phase impedance protection on HV and MV sides of 500kV transformer against phase to phase fault on its LV side. It also gives some advice on the arrangement pattern of the protection as well.

Keywords: transformer in 500kV; phase to phase impedance; protection arrangement

(上接第 3 页)

收稿日期: 2000-01-30

作者简介: 汪祖禄(1938-),男,高级工程师,长期从事继电保护和电站综合自动化方面的设计和研究工作; 周强

(1968-),男,工程师,目前从事继电保护和电站综合自动化方面的设计和研究工作; 陈吉祥(1966-),男,工程师,目前从事继电保护和电站综合自动化方面的设计和研究工作; 易先举(1957-),男,高级工程师,长期从事继电保护和电站综合自动化方面的设计和研究工作。

A view for relay protection system of Three Gorges Power Station

WANG Zu-lu, ZHOU Qiang, CHEN Ji-xiang, YI Xian-ju

(Changjiang Water Resources Commission, Wuhan 430010, China)

Abstract: This paper reviews the relay protection system of three gorges left bank power station simply, and tries to show the developing trend of relay protection based on the following six points: generator main-protection, stator ground fault protection, out-of-step protection, transformer protection, 500kV busbar protection and fault forecasting according to the largest unit of three gorges power station.

Keywords: Three Gorges; generator-transformer group; main protection; view