

750 kV 分级投切式可控高压并联电抗器的动态模拟研究

秦睿¹, 郭文科², 王惠中²

(1. 甘肃省电力科学研究院, 甘肃 兰州 730050; 2. 兰州理工大学 电气工程与信息工程学院, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 主要分析了分级投切式可控高压并联电抗器保护的特点和功能, 对阀保护和断路器保护进行了说明, 并对阀保护和断路器保护动态模拟试验结果进行了必要的分析和研究。根据分级投切式可控高压并联电抗器的原理和技术特点, 结合实验室电力系统动态模拟仿真系统的特点, 对分级投切式可控高压并联电抗器的保护系统进行了动态模拟试验研究。

关键词: 可控并联电抗器; 分级投切式; 保护系统; 动态模拟

[中图分类号] TM472 [文献标志码] A [文章编号] 1000-3886(2012)04-0047-03

Dynamic Simulation Investigation of 750kV Stepped Switching Controllable High Voltage Shunt Reactor

QIN Rui¹, GUO Wen-ke², WANG Hui-zhong²

(1. Electric Power Research Institute of Gansu Province, Lanzhou Gansu 730050, China;

2. College of Electrical and Information Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou Gansu 730050, China)

Abstract: This paper describes the stepped switching controllable high voltage shunt reactor's basic principle, the device can regulate the system reactive power, voltage and frequency over inhibition of arc current, with a continuous smooth power adjustable, harmonic current is small and the advantages of fast response. It analyzes the stepped switching controllable high voltage shunt reactor protection features and functionality, protection and circuit breaker protection, mainly to explain the valve protection and circuit breaker protection. According to the stepped switching controllable high voltage shunt reactors principles and technical characteristics, combined with power system dynamic simulation laboratory simulation system characteristics, stepped switching controllable high voltage shunt reactor protection system dynamic simulation experimental research, besides valve and circuit breaker protection dynamic simulation test results are necessary analysis and research.

Keywords: Controlled Shunt Reactor; stepped switching; protection system; dynamic simulation

0 引言

为解决煤炭、水利、风能等一次能源与负荷中心分布极不平衡的问题, 我国交流电力系统骨干网架宜采用超/特高压紧凑型线路实现远距离、大容量的输电, 达到资源的集约配置^[1]。在超/特高压电网中, 可控并联电抗器 (controlled shunt reactor, CSR) 可简化系统无功电压控制、抑制工频过电压和操作过电压、消除发电机自励磁、动态补偿线路充电功率、抑制潜供电流、阻尼系统谐振等功能。除了具有传统并联电抗器的优点以外, 可以平滑调节系统无功功率, 对系统扰动所引起的动态稳定反应迅速, 提高系统稳定性, 增大输电能力, 提高电网的运行效益^[2-5]。

1 SCSR 的结构及工作原理

图 1 所示为感性无功功率的控制^[6]。

2 SCSR 保护系统的特点及功能

2.1 SCSR 保护系统的特点

目前, 我国已开始了对 750 kV 分级投切式可控高抗的研制和生产, 750 kV 分级投切式可控高抗的保护配置也正处于研发阶段, 其保护的研究主要有以下特点^[7, 8]:

首先, 相对于传统的固定高抗, 750 kV 分级投切式可控高抗除了一次线圈外还有二次线圈, 所以 750 kV 分级投切式可控高

抗保护的配置也就变得复杂一些。

其次, 根据 750 kV 分级投切式可控高抗的工作原理可知, 其实质上是在 100% 工作容量下二次绕组工作于短路状态的高阻抗变

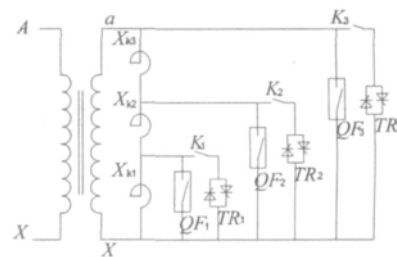


图 1 分级投切式可控高压并联电抗器单相原理接线

压器。为了实现容量的可控, 二次绕组是根据串接电抗值的不同分级调节电抗器的工作容量, 由此, 二次绕组最大的特点是二次绕组在各种容量下的短路电流都小于其各级容量下的工作电流。因为传统的保护都是根据短路情况下电压的降低和电流的增大来实现的, 所以这个特点给保护的配置加大了难度。

再次, 750 kV 分级投切式可控高抗最大的特点是, 在 100% 工作容量下二次绕组 50% 金属性匝间短路时, 其短路环电流为零, 此时二次电流为额定工作电流, 保护很难检测到此种故障。

2.2 SCSR 保护系统功能

为了保证 750 kV 分级投切式可控高抗安全稳定的运行, 其保护系统主要提供以下功能的保护^[9-12]: 阀拒触发保护; 阀持续触发保护; 阀裕度不足保护; 阀过电压保护; 断路器误动保护; 断

路器失灵保护; 暂态保护。

2.2.1 阀保护

可控高抗晶闸管阀工作于开关状态, 用于投切与之并联的电抗器。其阀保护主要由阀拒触发保护、阀持续触发保护、阀裕度不足保护和阀过电压保护等组成。其中, 阀拒触发保护和阀持续触发保护主要用于保护阀触发系统的故障; 阀裕度不足保护主要用于保护阀裕度不足时避免因承受过电压而导致损坏; 阀过电压保护主要用于保护串联负载电抗器断线引起的阀过电压。

2.2.2 断路器保护

断路器保护主要包含断路器误动保护和断路器失灵保护。断路器误动保护分为断路器误分保护和断路器误合保护。断路器失灵保护分为合闸失灵保护和分闸失灵保护。

3 SCSR 动模试验研究

3.1 SCSR 模拟系统的设计

750 kV 分级投切式可控高抗动模试验建立试验系统模型为750kV 新疆西藏联网工程中的哈密经敦煌到酒泉的同塔双回等值输电系统。模型系统如图2所示。其中, 哈密侧用一台同步发电机模拟哈密等值系统。酒泉侧用无穷大电源模型模拟酒泉等值系统。可控高抗安装在敦煌750kV 母线侧。可控高抗本体为一台高短路阻抗变压器, 其二次侧并联不同的分级电抗, 通过对

各级电抗的短接实现变压器整体短路阻抗的分级调节, 可控高抗具体参数见表1。哈密~敦煌, 敦煌~酒泉分别为两回同塔双回输电线路。

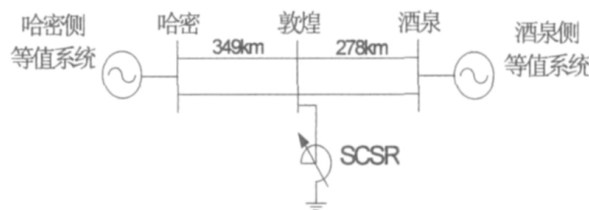


图2 动模试验系统结构

3.2 SCSR 模拟装置的参数设定

当用于模拟750kV 输电系统中SCSR时, 参考实际系统中SCSR的CT变比 $k_{tr} = 800/1$, PT变比 $k_{Ur} = 750/0.1$, 实验室动模系统SCSR选取CT变比 $k_{tm} = 2/1$, PT变比 $k_{Um} = 1.5/0.1$, 则实际系统中SCSR与实验室模拟SCSR的容量比为

$$K'_M = \frac{k_{tr} k_{Ur}}{k_{tm} k_{Um}} = \frac{800 \times 750}{2 \times 1.5} = 200\,000$$

若模拟实际系统额定容量为300 Mvar的SCSR, 则模拟SCSR的额定容量为:

$$M'_m = 300 M_{var} / 200\,000 = 1.5 \text{ kvar}$$

可控高抗模拟装置模拟量变比参数设置, 具体见表2。

表1 SCSR 装置主体参数

参数名称	额定容量 (Mvar)	额定电流 (A)	本体短路阻抗	额定电压 (kV)		各级额定容量 (Mvar)				二次侧并联电抗值容量 (Mvar)		
				高压侧	低压侧	25%容量级	50%容量级	75%容量级	100%容量级	Xk1	Xk2	Xk3
量值	3 × 100	216.5	91.74%	800/√3	40	3 × 25	3 × 50	3 × 75	3 × 100	17.74	16.16	13.26

表2 SCSR 装置模拟量变比

	电抗器一次侧	电抗器二次侧	100%级 阀	75%级 阀	50%级 阀	100%级 断路器	75%级 断路器	50%级 断路器
电流模拟量变比	-	3 000 A/1A	2 500 A/1A	2 000 A/1A	1 250 A/1A	2 500 A/1A	2 000 A/1A	1 250 A/1A
电压模拟量变比	765 kV/100 V	66 kV/100 V	-	-	-	-	-	-

3.3 试验数据及结论

根据《UP/CSR_CP-10 可控高抗控制保护系统 RTDS 动模试验报告》的试验数据进行分析^[13]。

3.3.1 断路器保护

断路器保护试验包括可控高抗二次各级断路器的拒动作及误动作试验。

(1) 断路器拒动作试验

由控制保护系统下达容量调节命令, 而RTDS中相应的断路器设置为不受外部控制系统控制, 而人为制造断路器拒动作现象, 包括分闸失灵及合闸失灵两种情况。在该试验中, 分别模拟50%、75%、及100%级断路器拒动作, 无论是分闸失灵还是合闸失灵试验, 试验结果均为失灵后闭锁本级容量。

(2) 断路器误动试验

断路器误动试验中, 可控高抗的二次侧旁路断路器在未收到外部控制保护系统发出的动作信号的情况下, 利用RTDS内部逻辑控制模型中相应的断路器进行误合闸及误分闸操作。断路器误合闸时, 闭锁本级及以下级别的容量调节; 断路器误分时, 只闭锁本级容量调节。

3.3.2 阀保护

当阀过电压保护动作时, 触发100%级阀, 并闭合100%级断路器, 禁止高抗所有容量等级的调节。若100%级断路器有故障, 则跳高抗断路器。当阀拒触发保护动作时, 发出报警, 并启动故障录波。当阀持续导通保护动作或者阀裕度不足保护动作时, 闭合该级旁路断路器, 如该级断路器禁止操作, 则触发上一级阀并合上一级断路器。若100%级断路器有故障, 则跳高抗断路器。

利用RTDS控制逻辑, 控制接受到阀触发信号后将其展宽,

模拟阀在接受到触发信号后持续导通的状态。模拟持续导通时间分别设为 420 ms (I 段定值) 及 620 ms (II 段定值)。当持续导通时间为 420 ms 时,各级的 A、B、C 相阀持续导通保护动作,上两级旁路断路器闭合,同时闭锁本级及上一级容量调节。当持续导通时间大于 II 段时间定值时,三级容量闭锁,并跳开高抗的一次侧母线断路器,如图 3 所示,即 50% 级 A 相阀持续导通试验录波图,导通时间为 530 ms,100% 与 75% 级旁路拒动,所有开关均跳开。试验中如果阀持续导通保护动作后,阀仍持续导通,则跳开高抗的一次侧母线断路器。

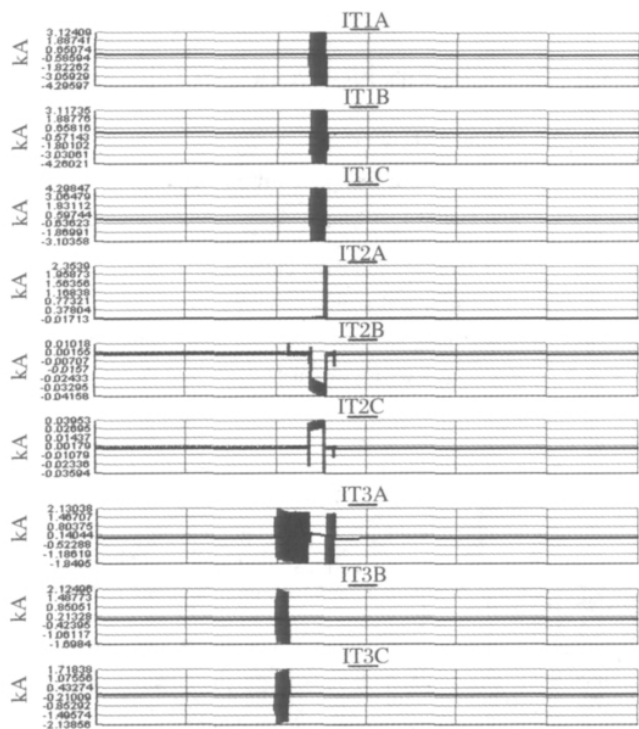


图 3 阀持续导通保护试验录波图

4 结束语

(1) 分级投切式可控高抗是将变压器和电抗器设计成一体,将变压器的漏抗设计为 100% 根据其工作原理和特点可知,理

.....

(上接第 30 页)

示。该远程监控系统综合实现了风电机组的数据采集、记录备份、数据的组织、数据关系的建立、机组的控制、故障报警指示与分类查询、报表图形曲线、系统安全、分布式网络管理等功能。

3 结束语

基于 OPC-XML-DA 规范、以 Web 服务层为监控系统中间层的 B/S 模式的风力发电机组远程监控系统解决了风机控制设备硬件之间通讯接口协议不一致的问题,完成了分散在风电场的机组控制系统间的数据共享、各子控制系统控制指令的协调,实现了跨平台地对风电机组的远程监测控制、数据采集、参数调节以及事故报警等功能,为风电场的管理者和运营商提供了系统、完整的风电场信息,帮助快速诊断系统故障,提高了生产效率,代表了风电能源监控的发展趋势。

论上能实现无过渡过程控制,具有谐波电流小、响应速度快、功率损耗小等优点;

(2) 分级投切式可控高抗由于其自身的特点,它的保护配置具有一定的难度和研究价值。为了给我国的超/特高压工程做好充分的准备工作,可控高抗保护的研究显得尤为重要。

(3) 对分级投切式可控高抗保护系统进行动态模拟试验研究,试验结果表明,分级投切式可控高抗的阀保护及断路器保护满足要求,能够保证可控高抗稳定安全的运行。

参考文献:

- [1] 邓占锋,王轩,等.超高压磁控式并联电抗器仿真建模方法[J].中国电机工程学报,2008,28(36):108-113.
- [2] 张建兴,王轩,雷晰,等.可控电抗器综述[J].电网技术,2006,30(增刊):269-272.
- [3] 周勤勇,郭强,卜广全,等.可控电抗器在我国超/特高压电网中的应用[J].中国电机工程学报,2007,27(7):1-6.
- [4] Belyaev A N, Smolovik S V. Steady-state and transient stability of 500kV long-distance AC transmission lines with magnetically controlled shunt reactors[C]. IEEE Power Tech Conference, Russia 2005.
- [5] 李仲青,周泽昕,等.超/特高压高漏抗变压器式分级可控并联电抗器的动态模拟[J].电网技术,2010,34(1):6-10.
- [6] 廖敏,昃萌.分级可控并联电抗器的控制策略及保护配置[J].电力系统自动化,2010,34(15):56-59.
- [7] 张宇,陈乔夫,田军,等.基于变压器端口调节的可控电抗器[J].中国电机工程学报,2009,29(18):113-118.
- [8] 岳雷,刘建飞.超高压可控并联电抗器保护研究[C].中国高等学校电力系统及其自动化专业第二十二届学术年会,2006.
- [9] 邱宇峰.超/特高压可控电抗器技术研究[R].北京:中国电力科学研究院,2006.
- [10] 李斌,李永丽,贺家李,等.750 kV 线路保护与并联电抗器动作的研究[J].电力系统自动化,2005,29(11):40-44.
- [11] 郭晓红,龚加强,郭宏凯.500 kV 并联电抗器保护配置及选型分析[J].电力自动化设备,1999,19(5):34-36.
- [12] 范越,施围.输电线路单相自动重合闸中电压判据的修正[J].电力系统自动化,2000,24(6):44-47.
- [13] 中国电力科学研究院.750kV 可控高抗控制保护系统 RTDS 动模试验报告[R].北京:中国电力科学研究院,2011.

【作者简介】秦睿(1967-),男,甘肃靖远人,硕士,高级工程师,研究方向:电力系统自动化继电保护装置研究。郭文科(1984-),男,甘肃天水人,硕士研究生,研究方向:电力系统继电保护配置。王惠中(1962-),男,河南洛阳人,教授,研究生导师,研究方向:电力系统继电保护装置。

参考文献:

- [1] 唐置玲,汪小澄.基于 OPC 技术实现 INFI-90 系统实时数据开放[J].电力系统自动化,2004,28(6):88-90.
- [2] 陈坤,冷杉,刘哲.基于 OPC 的虚拟 DCS 对象调试软件开发[J].电力自动化设备,2004,24(10):39-44.
- [3] OPC Foundation. OPC XML-DA 1.0 Specification [DB/OL]. [2003-7-12]. <http://www.opcfoundation.org>.
- [4] 徐进学,胡红武,刘玉梅.基于 OPC 技术的远程监控系统方案设计[J].沈阳工业大学学报,2007,29(5):574-577.
- [5] 潘爱明.COM 原理和应用[M].北京:清华大学出版社,2006:34-45.

【作者简介】李福先(1979-),男,湖北随州人,硕士研究生,助理工程师,研究方向:机电控制。杨亮亮(1979-),男,湖北荆门人,博士研究生,讲师,研究方向:机电控制。