

# 武广客运专线 220 kV 线路保护相关问题探讨

陈剑<sup>1,2</sup>, 李炜<sup>3</sup>

(1. 湖南省电力公司试验研究院, 湖南 长沙 410007; 2. 湖南大学电气与信息工程学院, 湖南 长沙 410082;  
3. 湖南省电力公司调度通信局, 湖南 长沙 410007)

**摘要:** 武广客运专线即将在湖南境内投产, 220 kV 电铁牵引变电站第一次接入湖南电网。介绍了两种目前常用的牵引变电站外围供电系统的一次接线方案, 比较了两种接线方案的区别。针对不同的一次接线方案提出了整个 220 kV 电铁供电线路的继电保护配置原则, 同时比较了各种适用于电铁供电线路的继电保护装置的性能和特点, 提出了相应的 220 kV 电铁供电线路的整定计算原则以及运行、设计中需要考虑的问题。

**关键词:** 继电保护; 客运专线; 保护配置; 性能比较; 整定原则

## Research of 220 kV line protection in Wu-Guang electrified railway

CHEN Jian<sup>1,2</sup>, LI Wei<sup>3</sup>

(1. Hunan Electrical Power Test & Research Academe, Changsha 410007, China; 2. College of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China; 3. Hunan Electric Power Company Dispatches & Communication Bureau, Changsha 410007, China)

**Abstract:** With Wu-Guang electrical railway being put into use in Hunan province, 220kV electrical railway traction is firstly used in Hunan power system. Two plans of the electrified railway traction power supply system and their differences are introduced. The line protection scheme of the electrified railway is put forward for different power supply systems. The performances of several line protection equipment are compared, and the setting principle of line protection is brought forward. The problems of operation and design are also considered.

**Key words:** line relay protection; electrified railway; protection scheme; performance comparison; setting principle

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)19-0084-04

## 0 引言

武广铁路客运专线是京广铁路客运专线的一部分, 位于湖北、湖南、广东三省境内。线路经湖北省咸宁市西侧, 沿京珠高速公路南行进入湖南省境内, 途经岳阳市、长沙市、株洲市、衡阳市、郴州市后进入广东省境内, 至花都与广州枢纽新广州客站工程相衔接。武广客运专线工程段(乌龙泉至花都)全长约 874.406 km, 全线设 20 个牵引变电站, 其中湖南境内长 518.5 km, 新建坦渡、新岳阳、黄沙、李家段、新长沙、雷打石、新衡山、云集、余庆、荷叶坪、新杨梅等 11 座高速铁路牵引变电站, 预计在 2009 年初满足供电条件, 下半年投产运营。

## 1 武广铁路的一次接线方案

客运专线的电力牵引为一级负荷, 牵引变电所

应有两路电源供电, 互为热备用。由于高速铁路负荷较大, 同时牵引机车对牵引电压的要求较往常严格, 建议由大短路容量的电源点接引 220 kV 及以上电压等级的供电电源。

牵引变电所标准: 牵引变电所采用 220 kV 电源等级供电, 单相牵引变压器或 V/V 变压器, 阻抗电压暂定 10.5%。

目前电铁外围供电系统方式主要有两种形式。

### 1.1 二回二相式输电线路接入系统

二回二相式输电线路接入系统如图 1。其中系统变电所 220 kV 母线为双母, 牵引站所引接相为 AB、BC、CA、BA、CB、AC 相等, 本图以 AB 相表示。

### 1.2 二回三相输电线路接入系统

二回三相输电线路接入系统如图 2。图 2 中所示为示意接线, 系统变电所母线为双母, 牵引站内部为 V/V 接线。牵引站 220 kV 主接线亦采用线路变

压器组接线(V/V接线)。湖南省电力公司最终确定牵引变电所是采用两台单相变压器组成V/V接线。

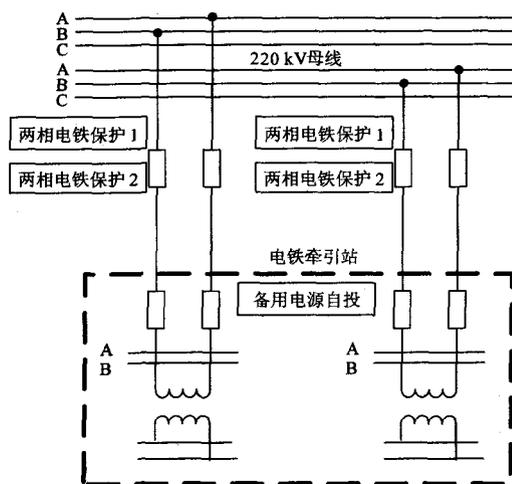


图1 二回二相式输电线路接入系统

Fig.1 Twain two-phase transmission lines cut in system

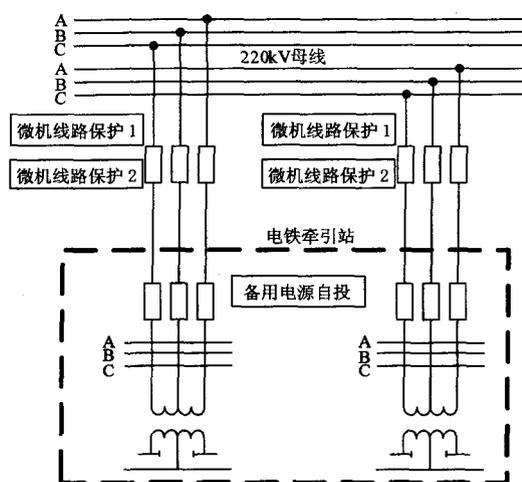


图2 二回三相输电线路接入系统

Fig.2 Twain three-phase transmission lines cut in system

## 2 电铁供电线路保护配置原则

(1) 电铁供电线路仅在系统变电所侧配置两套保护装置,保护按单线送终端方式考虑,采取三跳方式,不设重合闸。

(2) 牵引变侧不装设保护。

(3) 电铁供电线路系统侧不考虑旁路代。

(4) 距离保护不需经振荡闭锁。

根据《电气化铁路供电系统微机保护装置通用技术条件》,对适用于电铁的保护装置提出的主要技术性能中有一条:装置应能适应牵引供电系统冲击

性、移动性负荷、谐波含量大和故障频繁的特点。

对二相式供电线路,一般是配置专门的适用于电气化铁路牵引变电站供电的两相式输电线路的保护装置。目前国内厂家比较典型的产品有四方公司的CSC-109A型、国电南自的PSL-607型、南瑞继保的RCS-904型,许继尚无专门用于二相式供电线路的保护。

对三相式(V/V接线)供电线路,目前采用的就是常规的微机保护。与常规应用主要区别是不设纵联保护,不设重合闸,线路保护采取三跳方式,其它硬件结构、保护原理、二次回路均无变化。

## 3 性能比较、整定计算和运行设计

数字式保护本身具有滤波作用,因此整定时不考虑电铁谐波问题对保护的影响。负序电流主要影响以负序电流为启动量及动作量的高频相差保护,目前湖南电网无此种保护。

### 3.1 二相式供电线路的性能比较、整定计算和运行设计

#### 3.1.1 保护配置情况比较

南瑞继保的RCS-904型装置包括完整的两段式相间距离保护、两段过流保护和两段和电流保护,启动元件为电流变化量启动元件、和流启动元件和过流启动元件。

四方公司的CSC-109A型装置具有两段式相间距离、两段式相间过流、两段式和流保护功能,启动元件为过流启动元件、和流启动元件。

国电南自的PSL-607型装置含两段式距离、两段式相间过流、两段式和流保护功能。启动元件为低电压和相过流复合启动元件及和流启动元件。

#### 3.1.2 保护启动元件的选用

由于电铁供电线路的负载为脉动负载,采用常规电流突变量元件作为启动元件,会造成保护装置的频繁启动。为避免这种情况,启动元件宜采用稳态量作为启动元件,目前一般采用低电压和相过流复合启动元件,两启动继电器都动作时启动元件动作。为了提高经大电阻接地时的灵敏度,单相接地故障可采用和流启动元件作为辅助启动元件,该启动元件不经低电压启动元件动作闭锁。

南瑞继保的RCS-904型保护装置采用了反映相间工频变化量的启动元件,该启动元件采用浮动门槛,正常运行时变化量的不平衡输出自动构成自适应式的门槛,装置在保证灵敏度的同时又不会误启动。为防止电铁路负荷的频繁冲击引起装置长期启动告警,RCS-904型保护装置的启动元件动作后由和流启动元件和距离II段保持,当和流启动元

件和距离 II 段返回后,再延时 200 ms 返回。在此期间开放出口继电器正电源。

### 3.1.3 CT断线判别

由于有时电铁供电线路的负荷较小,不一定能正确判断出 CT 断线,各个厂家在处理 CT 断线时有所异同。

国电南自的 PSL-607 保护采用判断三相电流之和大于  $0.1I_n$  且  $3U_0$  小于 5 V 来判 CT 断线。PSL-607 保护 CT 断线不闭锁距离保护、过流保护,通过控制字选择是否闭锁和流保护。

四方公司的 CSC-109A 保护由于采用 2 组 CT 接入,当某一电流回路断线时,可计算另一组 CT 的电流,以防止误动,并保证故障时能正常工作。其判据为:和流大于两段和流定值的最小值,且两组 CT 同相电流有效值之差大于一定门槛。满足以上条件,则判为 CT 断线,此时发“CT 异常”告警信号,并由控制字控制是否闭锁和流保护。当一组 CT 断线时,采用另一组正常 CT,和流保护增加  $3U_0$  闭锁,距离保护、过流保护也正常投入。

南瑞继保的 RCS-904 保护采用当两相电流和大于  $0.1I_n$  且小于 CT 断线和流高定值,并且两相电流中有一相无流,同时无零序电压,则判为 CT 断线,延时 10 s 发 CT 断线异常信号。在保护发出 CT 断线异常信号之前,为了使和流保护正确动作,增加了开放条件,当最小相电压小于  $0.9U_n$  或最小相间电压小于  $0.9U_m$  时,开放和流保护。当保护经 10 s 后发出 CT 断线信号后,用户可经控制字选择 CT 断线是否闭锁保护。

### 3.1.4 距离保护

国电南自的 PSL-607 保护采用传统的姆欧继电器,动作特性为方向阻抗圆。若 CT 断线则自动退出距离保护。

四方公司的 CSC-109A 保护的动作为多边形特性,三段相间距离公用同一电阻定值,每一段的电抗定值均可独立整定。

南瑞继保的 RCS-904 保护也是采用传统的姆欧继电器,动作特性为方向阻抗圆。

### 3.1.5 和流保护

为反映单相接地故障,各厂家的保护装置均采用两相式和流保护。当  $|I_a+I_c|$  和流定值时(以 C、A 相为例),和流保护动作。

### 3.1.6 过流保护

国电南自的 PSL-607 保护直接采用两段式相间过流保护作为主保护。

四方公司的 CSC-109A 保护为保证在发生复杂性故障时,保护装置依然能可靠动作,增加了两段式过流保护作为后备保护,动作条件仅限于故障时距离保护、和流保护都不动的情况,并主要考虑 CT 断线后,距离保护退出,而此时发生相间故障时和流保护不动的情况。

南瑞继保的 RCS-904 保护设置了两段带延时段的过流保护,各段过流保护可由用户经压板单独投退。PT 断线时若距离保护压板或任一段过流保护压板在投入状态,则不管过流保护的压板是否投入,均自动投入两段过流保护。

### 3.1.7 设计运行有关问题分析

保护用操作箱应采用二相式操作箱。若采用常规三相分相操作箱,设计时仅考虑一次设备二相对应接入保护操作箱,则无法正确反映控制回路断线、断路器位置等信号。因此必须采用特制的与一次设备对应的二相式操作箱。

启动失灵回路采用常规的三跳启动失灵方式,不考虑分相启动失灵回路。

## 3.2 三相式(V/V接线)供电线路的整定计算和运行设计

### 3.2.1 启动失灵回路

启动失灵采用常规的三跳启动失灵方式,不考虑分相启动失灵回路。

### 3.2.2 对负序电流、电压的影响

目前湖南电网采用的所有数字式线路保护均有负序、零序稳态比相辅助选相元件,正常采用突变量选相元件,当高阻接地突变量无法正确选相时才采用负序、零序稳态比相辅助选相元件,并且根据有关计算故障负序电流一般远大于负荷中的负序电流,相角偏移很小,可不考虑电铁负序电流对邻近数字式线路保护的影响。

### 3.2.3 对复合电压闭锁元件的影响

目前母差保护、主变后备保护均含有复合电压闭锁元件,从有关计算及国内的运行经验,系统变电所冲击时负序电压最大一般为 23 V(折算至二次侧),与负序电压元件定值一般 6 V 左右,相差较大,可不改变定值;对于机车启动时电铁负荷增加,系统供电线路相当于经大电阻二相短路,系统变电所母线电压降低问题,根据有关计算及国内的运行经验,最大一般不超过 5% 额定电压,而母差保护、主变后备保护复合电压闭锁元件中的低电压元件一般整定为 60%~70% 额定电压,因此电铁引起的系统变电所母线电压降低对保护中的低电压元件影响不大。

### 3.2.4 电流突变量对保护的影响

若按国内电铁的运行经验最大冲击电流一次 400 A, 系统变电所二回线与大系统联接, 一回线承受一次 200 A 的电流突变, 折算至二次侧 (CT 按 1200/5 考虑), 二次电流突变为 0.83 A, 目前湖南省网一般将线路保护、故障录波器电流突变量启动定值整定为  $0.1I_n$ , 即为 0.5 A, 因此要考虑调整电流突变量启动定值。若考虑 N-1 或 N-2 方式, 则电流突变量可能进一步增大, 因此应密切监视有关电铁负荷变化情况, 定期测量有关变电所电流、电压各分量数据, 根据实际测量值调整突变量启动定值, 防止出现影响保护动作行为的情况发生。

#### 4 结论

目前, 武广铁路客运专线还未正式投运, 投运后在实际运行中又会发现许多新问题, 应该从以下几方面进行更加细致的研究。

(1) 实测并认真分析在各种条件和运行方式下电铁负荷给 220 kV 主系统带来的高次谐波;

(2) 牵引机车的冲击性负荷对 220 kV 系统内相关变电站及线路保护的影响和对策;

(3) 针对电铁负荷的特殊性, 结合电铁保护的实际情况, 进一步研究电铁保护的装置性能及整定原则。

#### 参考文献

- [1] GB/T18038-2000, 电气化铁道牵引供电系统微机保护装置通用技术条件[S].
- [2] DL/T599-94, 220~500kV 电网继电保护装置运行整定规程[S].
- [3] CSC-109A 数字式线路保护装置说明书[Z]. 北京四方继保自动化股份有限公司.
- [4] RCS-904 系列高压输电线路成套保护装置技术和使用说明书[Z]. 南瑞继保电气有限公司.
- [5] PSL607 数字式线路保护装置技术说明书[Z]. 国电南京自动化股份有限公司.
- [6] 钱海. 哈大电铁 220 kV 线路继电保护运行相关问题探讨[J]. 电力自动化设备, 2002, 22(12): 68-71.  
QIAN Hai. Discussion of 220 kV Line Protection Operation in Ha-Da Electricfield Railway Road[J]. Electric Power Automation Equipment, 2002, 22(12): 68-71.
- [7] 李保福, 邱金辉, 张丽英. 电铁工程 220kV 两相式供电系统继电保护动态试验模型的研究[J]. 东北电力系统, 2001, 4: 20-23.  
LI Bao-hu, QIU Jin-hui, ZHANG Li-ying. Research on Relay - Protection Dynamic - test Model for 220 kV Two - phase Power Supply System of Electrified Railway Road[J]. Northeast Power System, 2001, (4): 20-23.
- [8] 郑太一, 王建勋. 220kV 两相供电线路短路电流与继电保护定值计算[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(5): 97-99.  
ZHENG Tai-yi, WANG Jian-xun. Short Circuit Current and Relaying Protection Setting Calculation of a 220 kV Two-Phase Transmission Line[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(5): 97-99.
- [9] 盛海华, 朱炳铨. 电气化铁路外围供电系统保护配置及运行有关问题的探讨[J]. 浙江电力, 2006, (4): 29-39.  
SHENG Hai-hua, ZHU Bing-quan. Peripheral Power System of Electric-Railway: Protection Scheme and Operation[J]. Zhejiang Electric Power, 2006, (4): 29-39.

收稿日期: 2008-10-21; 修回日期: 2009-01-05

#### 作者简介:

陈剑(1976-), 男, 博士生, 工程师, 主要从事电力系统规划和电能质量评估的工作;

李炜(1975-), 女, 硕士, 高级工程师, 主要从事继电保护的整定计算和技术管理的工作。E-mail:lyweyl@163.com

(上接第 83 页 continued from page 83)

- [18] Wang K W, Tse C T, Tsang K M. Algorithm for Power System Dynamic Stability Studies Taking Account the Variation of Load Power[J]. International Journals of Electric Power Systems Research, 1998,46:221-227.
- [19] Yang X T. Theoretical Calculation and Analysis of Electric Network Losses[M]. Beijing:Chinese Hydro Resource and Electric Power Press, 1985
- [20] Cai L J, Erlich I. Simultaneous Coordinated Tuning of PSS and FACTS Damping Controllers in Large Power Systems[J]. IEEE Trans on PAS, 2005,20(1):294-300.

- [21] Wang K W, Chung C Y, Tse C T, et al.Multimachine Eigenvalue Sensitivities of Power System Parameters[J]. IEEE Trans on Power Systems, 2000,15(2).

收稿日期: 2009-04-21; 修回日期: 2009-06-23

#### 作者简介:

边晓燕(1976-), 女, 博士, 讲师, 研究方向为电力系统稳定与控制、风力发电; E-mail: kuliz@163.com

周歧斌(1977-), 男, 博士, 工程师, 研究方向为雷电防护与电磁兼容;

王克文(1964-), 男, 博士, 教授, 研究方向为电力系统稳定性分析与控制。