

# 互联系统振荡电流造成保护误动分析及对策研究

余 锐, 邓永生

(重庆大学电气工程学院, 重庆 400044)

**摘要:** 通过内江电网与川南系统相联的 110kV 鸡石湾变电站 35kV 侧母联保护误动事故, 分析互联系统发生故障后, 在系统中产生振荡电流而导致保护误动的问题, 并提出了解决该问题的措施。

**关键词:** 互联电网; 振荡; 机电暂态过程; 保护误动

**中图分类号:** TM77 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2001)11-0013-04

## 1 前言

随着社会的进步, 我国的电力工业正迅速成长, 大规模电力系统发展成为其发展的客观规律。但由于历史的原因, 存在大量的地方电网, 地方电网实质上相当于一个小型完整的电力系统, 其各自独立, 与大电网之间联系较弱甚至根本没有联系。地方电网中发输配一应俱全, 它处于低水平的平衡状态, 其运行水平低, 系统安全性能差, 能耗大, 效率低。随着社会的进步, 地方电网中用户的不断增多, 地方电网的供电量已不能满足用户的要求, 使其与大电网互联成为发展的必然规律。通过互联可以优化能源配置, 提高能源利用效率, 提高整个系统安全水平。但在此过程中, 也出现了一些新的问题, 比如: 互联后电网结构是否合理, 因为它是电力系统安全运行基础, 保护和自动装置依赖于此; 是否适应负荷的需要, 配置足够, 布局合理的电源; 是否具有合适可靠的保护和自动装置; 是否具有可靠的数据采集和通讯系统, 以及是否具有调度员培训模拟 DTS 等。

本文通过内江电网与川南系统相联的 110kV 鸡石湾变电站 35kV 侧母联保护误动事故, 分析互联电网发生故障后, 由系统的机电暂态引起保护误动作的原因并研究改善其行为的措施。

## 2 保护误动作情况介绍

### 2.1 110kV 鸡石湾变电站及其出线保护配置情况

110kV 鸡石湾变电站 35kV 母线母联 300<sup>#</sup> 开关保护以及与其互相配合的各开关保护的配置情况如下:

1) 110kV 鸡石湾变电站 2<sup>#</sup> 主变 35kV 侧复合闭锁方向过流保护:

700A/3.5A,  $V_1 = 70V$ ,  $V_2 = 6V$ , 2s 跳 35kV 侧

302<sup>#</sup> 开关, 1.5s 跳 35kV 母联 300<sup>#</sup> 分段开关, 方向指向母线。

2) 鸡氮线 311<sup>#</sup> 开关保护:

段: 3120A, 1740V; 段: 200A, 1s, ZCH(重合闸时间)0.8s。

### 2.2 母联 300 开关误动作情况

1998 年 12 月 9 日资阳氮肥厂 35kV 避雷器支柱瓷瓶 A, B, C 三相短路, 引起 110kV 鸡石湾变电站 35kV 鸡氮线 311<sup>#</sup> 开关过流保护在  $t = 1.0s$  动作跳闸, 重合不成功, 而 2<sup>#</sup> 主变 35kV 总路 300<sup>#</sup> 开关复合电压闭锁过流保护 1.5s 跳 35kV 母联 300<sup>#</sup> 开关。如图 1。

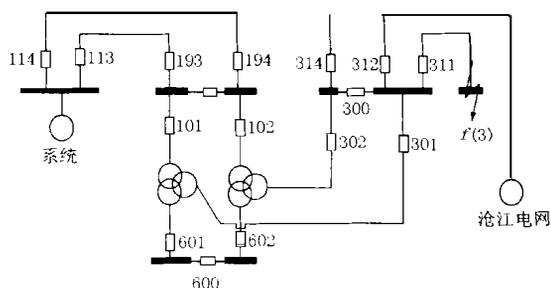


图 1 鸡石湾变电站系统接线图

## 3 事故分析

### 3.1 保护的整定值校验

对故障线路鸡氮线 311<sup>#</sup> 开关电流保护进行整定值校验:

电流速断保护, 在系统最大运行方式下鸡氮线末端三相短路时的最大短路电流为 1.9442kA, 满足选择性的要求。

定时限过电流保护, 在系统最小运行方式下鸡氮线末端两相短路时的短路电流为 1.2204kA, 段完全能够动作切除故障, 其灵敏度为 6.102, 满足要求。而鸡氮线 311<sup>#</sup> 开关保护处于电网的终端, 动作时限无需与

下一线路配合,这里选择动作时限为1s。

对2#主变35kV侧复合电压闭锁方向过流保护进行校验:

鸡石湾变电站2#主变35kV侧复合电压闭锁方向过流保护反应2#主变的外部故障以及作为2#主变内部故障时差动保护和瓦斯保护的后备保护,其整定值为700A,当鸡氮线末端发生三相短路故障且鸡氮线311#开关电流保护“拒动”时,应能动作跳35kV母联300#开关,从而切除故障。当最大运行方式下鸡氮线末端三相短路时,流经母联300#开关的电流为1.0597kA,超过2#主变35kV侧复合电压闭锁方向过流保护的整定值(700A)而动作跳闸。动作时限取1.5s,保证了选择性。因此,2#主变35kV侧复合电压闭锁方向过流保护的整定值和动作时限满足要求。

### 3.2 故障后系统电磁暂态过程对保护的影响

用EMTP对故障后系统电磁暂态过程进行仿真,流经鸡石湾变电站35kV侧出线311开关与母联300开关的故障电流如图2、3所示。

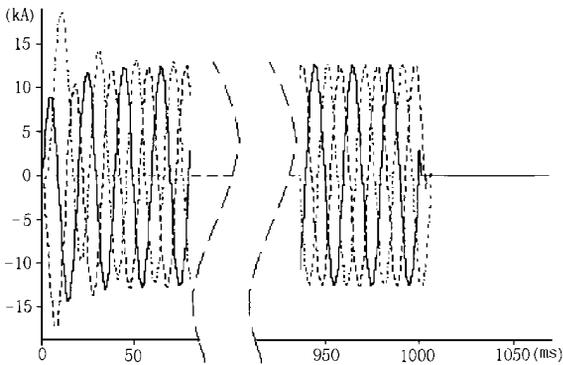


图2 故障发生后流经311#开关的短路电流波形

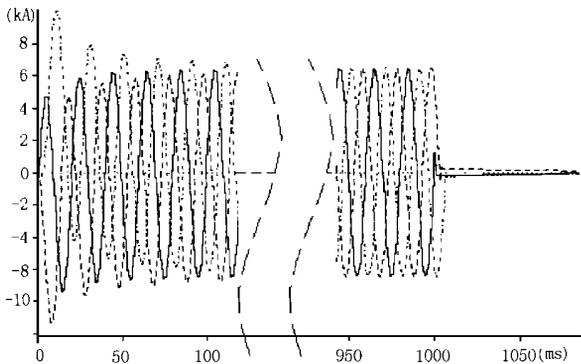


图3 故障发生后流经300#开关的短路电流波形

由以上两图分析可知,流经鸡氮线311#开关短路电流小于速断保护的整定电流 $I_{zd} = 3120A$ ,线路速断保护不动作,但远远大于鸡氮线311#开关限时过流保护

的整定电流 $I_{zd} = 300A$ ,该保护应在其整定时间 $t = 1.00s$ 时动作,系统中短路故障被切除。在 $t = 1.5s$ 时,流经鸡石湾变电站302#开关电流为零(不计负荷的影响),不会引起300#开关动作。

可见,仅仅分析系统故障后电磁暂态过程,找不到引起母联300#开关动作的原因。

### 3.3 故障后机电暂态过程对保护的影响

正常运行的电力系统初始功角 $\delta(0)$ 大约在 $30^\circ$ 左右,图4中列出了110kV鸡石湾变电站35kV鸡氮线311#开关过流保护在 $t = 1.0s$ 动作跳闸,各种不同的初始功角所对应的系统功角变化曲线(图4)。

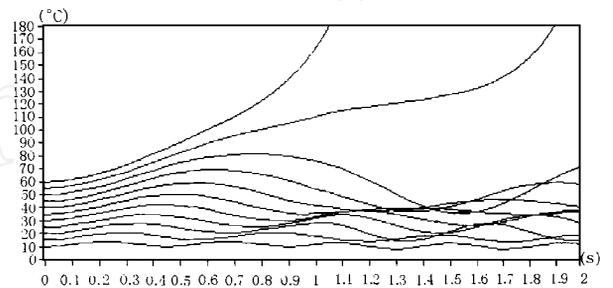


图4 短路后系统的 $\delta - t$ 变化曲线

由图中功角曲线的变化情况可知,对事故而言,如果系统的初始功角 $\delta(0) = 55^\circ$ 时,发电机与系统的功角的相对值将大于 $180^\circ$ ,发电机进入异步运行状态,功角 $\delta$ 将不断增大,发电机与系统之间最终失去同步。

由图4中的 $\delta - t$ 曲线,绘制出其对应的 $I - t$ 曲线,如下图所示(图5)。

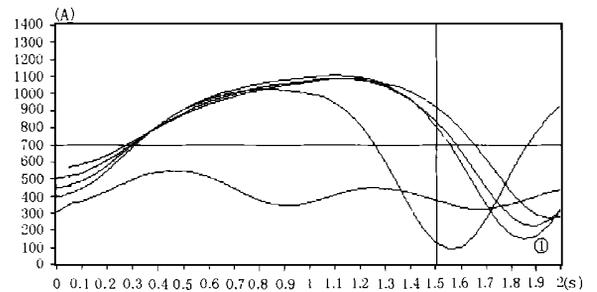


图5 短路后系统的 $I - t$ 变化曲线

由图5所示,当鸡氮线末端发生三相短路后,110kV鸡石湾变电站35kV鸡氮线311#开关过流保护在 $t = 1.0s$ 动作跳闸后,系统中振荡电流的变化情况。由于等值发电机与系统的功角相对值发生变化,而引起系统中振荡电流 $I$ 产生和变化,虽然由图4可知系统发生振荡后经过若干周期就会被拉入同步,但它仍可能会导致电流保护误动。

当鸡氮线末端发生三相短路后,流过2#主变

35kV 总路 300<sup>#</sup> 开关的电流  $I = 1958A$  远大于 300<sup>#</sup> 开关过流保护的整定电流  $I_{zd} = 700A$ , 300<sup>#</sup> 开关过流保护将起动, 110kV 鸡石湾变电站 35kV 鸡篦线 311<sup>#</sup> 开关过流保护在  $t = 1.0s$  动作跳闸后, 由于系统中存在振荡电流, 假设系统正常工作时初始功角  $(\alpha)$

30°, 其振荡电流如图 5 曲线 所示, 当  $t = 1.0s$  时, 振荡电流  $I = 1089A$  大于 300<sup>#</sup> 开关过流保护的整定电流, 300<sup>#</sup> 开关过流保护不会复归, 并且在  $t = 1.0 \sim 1.5s$  期间振荡电流  $I$  始终大于 700A 即大于 300<sup>#</sup> 开关过流保护的整定电流, 当  $t = 1.5s$  时由于 300<sup>#</sup> 开关过流保护的整定时间  $t_{zd} = 1.5s$ , 300<sup>#</sup> 开关过流保护就动作。

由上面分析可知引起保护误动的原因是: 等值发电机与系统的功角相对量发生变化, 引起系统中有振荡电流的产生, 致使 300<sup>#</sup> 开关误动作。

表 1 等值发电机转动惯量为 20kg·m<sup>2</sup> 时, 300<sup>#</sup> 保护整定电流取值范围(单位:A)

线路保护故障切除时间	初始功角		
	30°	35°	40°
0.5s	700	700	700
0.6s	700	700	700
0.7s	700	700	700
0.8s	700	700	760
0.9s	700	768	866
1.0s	700	907	950
1.5s	700	979	1090

表 2 等值发电机转动惯量为 25kg·m<sup>2</sup> 时, 300<sup>#</sup> 保护整定电流取值范围(单位:A)

线路保护故障切除时间	初始功角		
	30°	35°	40°
0.5s	700	700	700
0.6s	700	700	700
0.7s	700	700	727
0.8s	700	700	817
0.9s	700	825	896
1.0s	700	929	960
1.5s	799	1103	1081

## 4 防止保护误动的措施

### 4.1 对原有传统保护进行改进

通过以上的分析可知, 互联系统发生故障后, 由于等值发电机与系统的功角相对量发生变化, 引起系统中有振荡电流的产生, 致使开关误动作。该地方电网的设备大多都是传统的电磁式继电器, 可从其整定值与整定时间上进行改进。

- 1) 缩短 311<sup>#</sup> 开关保护的動作时间;
- 2) 增大 300<sup>#</sup> 开关过流保护的整定电流;

3) 延长 300<sup>#</sup> 开关过流保护的動作时间;

具体配合关系见下表:

(1) 表 1、2, 可根据系统不同的初始状态, 查找确定鸡石湾变电站 35kV 侧 300<sup>#</sup> 开关过流保护的整定电流值, 从而可避免系统故障后保护受振荡电流的影响, 保证保护正确动作。

(2) 通过表 3、4, 可根据系统不同的初始状态, 查找确定鸡石湾变电站 35kV 侧 300<sup>#</sup> 开关过流保护的動作时间与 110kV 鸡石湾变电站 35kV 出线过流保护整定时间, 从而可避免系统故障后保护受振荡电流的影响, 保证保护正确动作。

表 3 等值发电机转动惯量为 20kg·m<sup>2</sup> 时, 两保护时间配合关系(单位:s)

线路保护故障切除时间	初始功角		
	30°	35°	40°
0.5s	1.04	1.11	1.17
0.6s	1.13	1.21	1.28
0.7s	1.25	1.32	1.36
0.8s	1.36	1.45	1.49
0.9s	1.49	1.56	1.61
1.0s	1.62	1.69	1.76
1.5s	2.15	2.23	2.31
2.0s	2.72	2.87	2.98

表 4 等值发电机转动惯量为 25kg·m<sup>2</sup> 时, 两保护时间配合关系(单位:s)

线路保护故障切除时间	初始功角		
	30°	35°	40°
0.5s	1.07	1.15	1.21
0.6s	1.17	1.24	1.33
0.7s	1.29	1.36	1.41
0.8s	1.40	1.49	1.53
0.9s	1.53	1.61	1.66
1.0s	1.67	1.73	1.81
1.5s	2.20	2.27	2.34
2.0s	2.77	2.92	3.04

### 4.2 采用检测突变量起动的微机保护

检测突变量起动的保护能正确地区分系统故障与系统振荡, 避免保护因系统振荡而误动作。

## 5 结论

本文针对内江电网鸡石湾变电站 300<sup>#</sup> 母联保护误动作而不明原因的实际情况, 从故障后系统电磁暂态和机电暂态两个方面出发, 分析了该互联电网继电保护装置误动的原因, 得出了有价值的结论。

1) 文中所采用的用 EMTP 电磁暂态仿真计算和编制的机电暂态数字仿真方法, 适用于互联电网的保护行为分析, 能够有效地进行较准确的定量计算;

所提方法和编制的软件具有一定的推广使用价值;

2) 通过详细的计算得出了鸡石湾变电站出线保护动作时间与联络开关保护整定时间和整定值定量关系,为解决该保护经常误动问题提供了定量依据;

3) 本文所提分析方法及计算结论对解决互联电网类似问题具有一定的参考价值。

#### 参考文献:

- [1] 王维俭. 电气设备继电保护原理与应用. 北京:中国电力出版社,1996.
- [2] [加拿大]Dommel H W 著,李永庄等译. 电力系统电磁暂态计算理论. 北京:水利电力出版社,1991.

- [3] 陈衍. 电力系统稳态分析. 北京:水利电力出版社,1985.
- [4] 李光琦. 电力系统暂态分析. 北京:水利电力出版社,1985.
- [5] 杨奇逊. 微机继电保护基础. 北京:水利电力出版社,1988.
- [6] 高洵. 电网交流互联对电网暂态稳定性的影响. 电网技术,2000,24(6).

收稿日期: 2001-06-19

作者简介: 余锐(1976-),男,硕士研究生,研究方向为电力系统继电保护。

### Analysis of protection maloperation caused by oscillation current in interconnected system and countermeasures

YU Rui, DENG Yong-sheng

(Chongqing University, Chongqing 400044, China)

**Abstract:** A maloperation of the protection can be resulted by oscillation current in the faulted interconnected system. Therefore, the solution to this problem is proposed in this paper.

**Key words:** interconnected networks; oscillation; electromechanical transient process; maloperation of the protection

·国内唯一的文摘类实用电子电脑技术报纸·

## 电子文摘报

邮发代号:61-87 全年订阅价:31.20元

<p>☐ 电子版</p> <p>一版: 综合信息版 二版: 新技术·新器件·资料版 三版: 实验与制作版 四版: 国外电路荟萃版 五版: 视听技术版 六版: 电视技术与维修版 七版: 实用维修版 八版: 初学入门版·港台电子专版</p>	<p>☐ 电脑版</p> <p>九版: 电脑综合信息·新品版 十版: 软件天地版 十一版: 电脑编程·单片机版 十二版: 电脑维修版 十三版: IT屋版 十四版: 技巧与方法 ·电脑入门版 十五版: 网络·通信机版 十六版: 市场·产品·游戏版</p>
--	--

2001年《电子文摘报》合订本(上、下):35元/套

·现代家庭实用电子电脑月刊·

## 家庭电子

邮发代号:61-189 全年订阅价:42.00元

月刊,每月1日出版,大16开64页,每期邮局订阅价:3.50元,全年订价42.00元。

主要栏目:消费天地、家庭电脑、生活与家电、电子实验(国外电子、产品开发、产品剖析、电路集锦)、视听世界、入门向导、家电维修(跟我学维修、维修技巧、小家电维修专版、维修实例、检修分析、维修集锦等)、网络与通信、家庭资料库

2001年《家庭电子》合订本:35元/本

地址:(610031)四川省成都市抚琴东南路10号二单元七楼  
电话:(028)7778358 7787948 传真:7778793

## 电气传动自动化

国内订价:4.00元  
全年定价:24.00元

ELECTRIC DRIVE AUTOMATION

(双月刊,大16开版本,国内外公开发行)

### 欢迎订阅、欢迎投稿、欢迎刊登广告!

- 中国电工行业技术类核心期刊
- 甘肃省优秀科技期刊
- 中国科学引文数据库来源期刊
- 中国学术期刊(光盘版)入编期刊

**重点栏目:**

- 电气传动自动化技术综述
- 交直流传动技术
- 控制理论与技术
- 计算机与PLC技术应用
- 功率因数校正技术
- 无功补偿技术
- 经验交流

本刊稿件质量、版面设置、广告设计等各方面多年来深受国内外广大读者、作者、专家学者及广告客户的赞誉和好评。

本刊2002年度期刊征订及广告征订工作已经开始,请新老读者及时到当地邮局办理订阅手续(本刊国内邮发代号为:54-91),也请新老广告客户尽快与本刊广告部联系广告发布事宜,切勿错过订期!

地址:甘肃省天水市长开路53号 邮编:741018  
电话:(0938)8383492 转 2302 传真:(0938)8384023  
E-mail: tsdes@public.lz.gs.cn http://www.tsedri.com