

# 柘溪水电厂融冰演习试验

熊尚峰<sup>1</sup>, 谭剑辉<sup>2</sup>, 冷华<sup>1</sup>

(1. 湖南省电力公司试验研究院, 湖南 长沙 410007; 2. 柘溪水电厂, 湖南 益阳 413508)

**摘要:** 详细介绍了柘溪水电厂2台250 MW水轮机组在自并励励磁方式下并列对一条220 kV线路进行融冰演习试验的过程, 介绍了试验机组和线路的基本情况, 采取了安全控制措施, 分析了试验过程中遇到的问题及相应采取的对策。本次试验的成功对其他水电厂进行类似操作有一定借鉴作用, 可为电网部门节省融冰规划投资提供实际案例依据, 同时也开拓了线路融冰的思路。

**关键词:** 自并励励磁; 融冰; 演习; 分析; 电网; 投资

## Ice-melting trial of Zhexi hydro power plant

XIONG Shang-feng<sup>1</sup>, TAN Jian-hui<sup>2</sup>, LENG Hua<sup>1</sup>

(1. Hunan Electric Power Test and Research Institute, Changsha 410007, China; 2. Zhexi Hydro Power Plant, Yiyang 413508, China)

**Abstract:** This paper introduces the process of the ice-melting trial of two 250 MW water turbine generators on 220 kV line in self-static excitation way at the same time in Zhexi Hydro Power Plant, the basic situation of the generators and the line, and the safety control measures adopted. It also analyzes the problems met with in the test and the corresponding solutions. The success of this test may be helpful for other plants in similar tests. It may provide basis for the state grid in saving investment in ice-melting plant. At the same time, it will broaden our mind in ice-melting.

**Key words:** self-static excitation; ice-melting; trial; analysis; state grid; investment

中图分类号: TM72 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)03-0136-04

## 0 引言

2008年的冰灾给电网造成重大损失, 为重要线路设计、配置融冰电源成为我国中南部电网的新课题。如果采用电厂输出电流作为融冰电流, 将为电网部门节省大量投资。提供融冰电流的电厂一般以水电厂为宜。但单台水电机组一般不能满足融冰所需容量, 必须多台机组同时提供融冰电流才能满足融冰所需容量。2008年冬季湖南柘溪水电厂为验证多台机组并列融冰方式是否可行, 进行了一次融冰演习试验, 为其他电厂今后进行类似操作提供了一定的经验。

## 1 融冰方案介绍

### 1.1 融冰机组概况

柘溪水电厂#7、#8机组为扩建机组, 出线独立于老厂部分, 特殊方式下可由老厂供厂用电源。#7、#8机组励磁方式为自并励方式, 机组额定有功250 MW, 额定电流10 182 A, 额定电压15.75 kV。励磁变变比为15 750/780 V, 额定容量为2 400 kVA。

两台机组通过主变升压连接到单母线GIS站, 通过两回220 kV出线(柘向I线、柘向II线)送往220 kV向阳变, 线路全长123 km。本次试验对柘向I线进行融冰演习试验。

### 1.2 方案简述

试验方案确定由#7、#8机在自并励方式下同时向线路输送融冰电流, 最大融冰电流以发电机额定电流为限。试验一次接线图如图1所示。

#### 1.2.1 励磁变容量计算

仅考虑融冰电流最大时的情况, 此时线路电流为1380 A(机端电流为额定电流), 线路电压 $U_x =$

$1380 \times \sqrt{4.436^2 + 36.874^2} \times 1.732 = 88.77$  kV, 对应机端电压约为额定电压的40%左右。此时励磁变输出电压 $U_L$ 为312 V, AVR最小控制角按 $10^\circ$ 计算, 此时所能输出最大转子电压为:

$$U_d = 1.35 U_L \cos \phi = 1.35 \times 312 \times \cos 10^\circ = 414.8 \text{ V}$$

转子电阻按额定转子电压与额定转子电流考虑:

$$R = 391 / 1701 = 0.23 \ \Omega$$

此时能输出的最大转子电流为

$$I_d = 414.8 / 0.23 = 1\ 803\ \text{A}$$

在融冰电流最大时对应励磁变输出电流为

$$I = 1\ 803 \times 0.816 = 1\ 471\ \text{A}$$

励磁变额定电流为 1 776.5 A, 满足融冰方案需要。

考虑到输出最大融冰电流时机端电压为 40%, 发电机电流为额定电流, 此时需要的转子电流会小于额定转子电流 (1 701 A), 因此励磁变容量满足融冰方案需要。

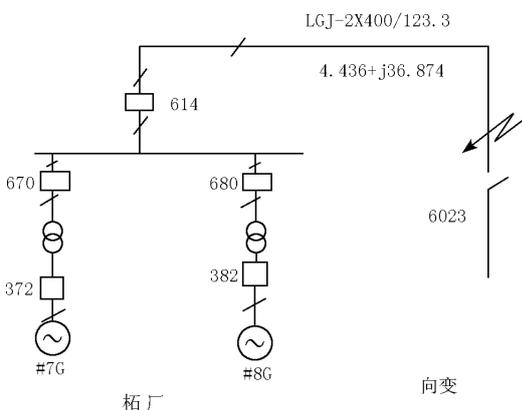


图 1 柘向 I 线融冰演习试验一次接线示意图

Fig.1 Sketch map of electric equipment in Zhe-xiang line I ice-melting test

### 1.2.2 试验步骤

柘溪 GIS 站、柘向 I 线停运, 在向阳变柘向 I 线路侧安装临时融冰短路线。柘溪 #7、#8 机在空载额定电压下通过自准同期装置空载并列。#7、#8 机并列后缓慢减磁, 降低机端电压到 40% 额定电压, 合柘向 I 线路 614 断路器, 向短路点冲击。冲击成功后, #7、#8 机缓慢增磁, 逐步增大线路融冰电流到 1 380 A, 稳定运行十分钟, 测量温升。然后 #7、#8 机缓慢减磁, 逐步减小机组转子电流, 当转子电流小于空载额定转子电流值 (800 A) 后, 拉开 #8 机灭磁开关, 联跳 #8 机出口断路器 382, 再拉开 #7 机灭磁开关, 联跳 #7 机出口断路器 372, 最后拉开 614 断路器。

### 1.3 安全措施

(1) 线路 614 断路器合上后断开操作电源, 设置为死开关。

(2) #7、#8 主变中性点同时接地, 一旦线路故障, 由主变零序保护动作, 跳机组灭磁开关, 零序保护定值由省调下达。

(3) 主变、发电机、水轮机保护都设置跳灭磁开关, 发电机过压保护设“1.1 倍, 0 s”。

(4) 试验过程中在水轮机调速器、灭磁开关处设专人值守, 一旦出现异常, 立即手动跳闸。

(5) #7、#8 机厂用电源由老厂供, 并制定保厂用电方案。

(6) #7、#8 机励磁方式均置为“手动”, 水轮机调速器一台机置“手动”, 一台机置“自动”。一台机的水轮机调速器置“自动”是因为融冰时机组要向线路提供有功。

## 2 试验过程

试验的关键点是合 614 断路器对线路短路点进行冲击时, 频率、电压可能会剧烈摆动, 引起发电机失磁、失步; 对线路短路点进行冲击后如果机端电压低于 10% 额定电压, 自并励方式下励磁系统将不能维持运行, 使发电机失磁、失步。

### 2.1 第一次对短路点进行冲击试验

#7、#8 机空载并列后, 缓慢降低两台发电机转子电流, 使机端电压降至额定电压的 40% 左右。合 614 断路器, 对短路点进行第一次冲击试验。试验录波图见图 2。

从图 2 可见, 614 断路器合上 3.3 s 后机端电压一直低于 1 300 V, 自并励励磁系统不能自维持运行, 转子电压、转子电流持续下降, 发电机处于失磁状态, 试验人员观察到转子电流下降到 150 A 后马上跳开两台机灭磁开关, 联跳两台机组出口开关。试验人员分析认为应升高机端电压对短路点进行第二次冲击。

图 2 中:  $U_{AB}$  为机端电压;  $U_{FD}$  为转子电压;  $I_{LD}$  为转子电流;  $I_A$  为机端电流;  $P$  为机组有功;  $Q$  为机组无功。以下各图标示相同的物理意义一致, 所有数据均为 #8 机数据。

### 2.2 第二次对短路点进行冲击试验

#7、#8 机再次空载并列, 调整机端电压到 45% 额定电压, 再次对短路点进行冲击试验, 试验录波图见图 3。

从图 3 可见, 在 614 断路器合上后机端电压维持在 2 200 V 左右, 约 15 s 后, 转子电压、机端电压和转子电流开始振荡, 振荡逐步增幅发散, 为安全起见手跳灭磁开关。试验人员分析认为: 对短路点进行冲击后, 发电机频率发生变化, 有一台机调速器置“自动”方式, 该调速器会对转速进行调整; 机端电压、转子电压和转子电流会随频率变化。转子电流的变化将引起励磁调节器干预, 如果频率变化“增强”了励磁调节器的调节作用, 转子电流将会发生增幅振荡。

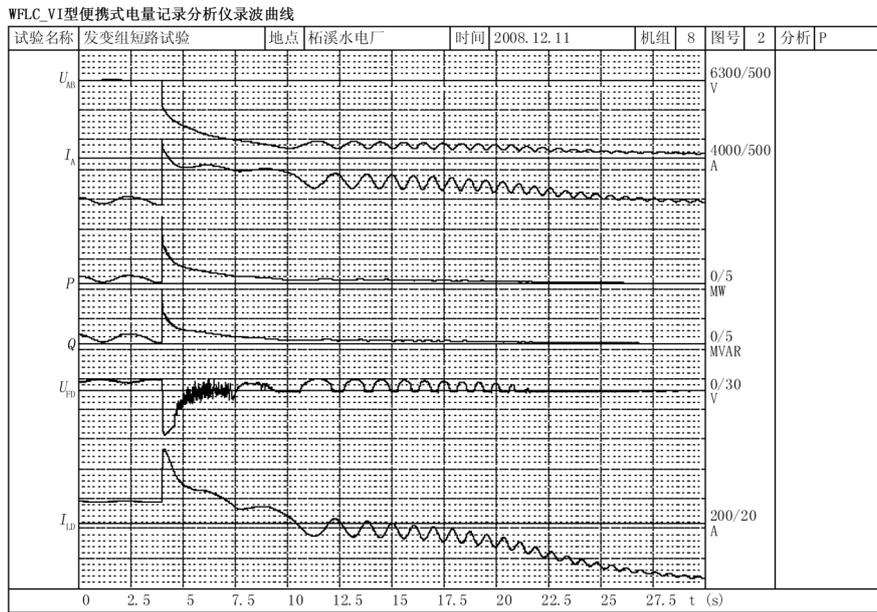


图 2 614 断路器第一次冲击试验录波图

Fig.2 The first impulsion test of 614 circuit-breaker

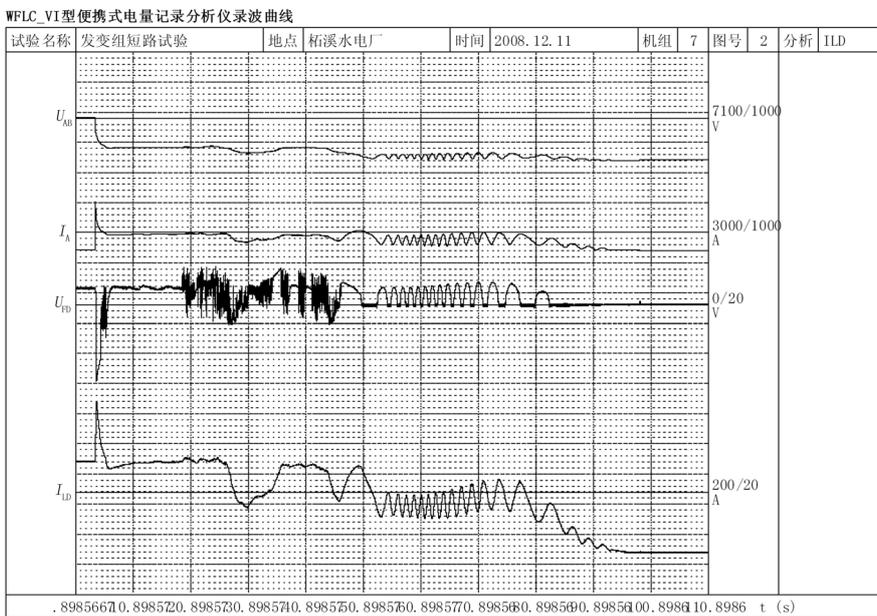


图 3 614 断路器第二次冲击试验录波图

Fig.3 The second impulsion test of 614 circuit-breaker

### 2.3 第三次对短路点进行冲击试验

根据上述原因分析在#7、#8机空载并列后将两台机调速器都置为“手动”方式。为了满足对短路点进行冲击后发电机要提供一定有功功率的要求，在冲击前将两台机频率都调整到51 Hz。在机端电压为50%额定电压的情况下进行第三次冲击

试验。试验录波图见图4。

从图4可见，在两台机调速器都置为“手动”方式下，转子电压和转子电流的振荡持续时间约为8.8 s，最终稳定了。至此，短路冲击试验成功。以后的试验步骤按试验方案进行，不再赘述。

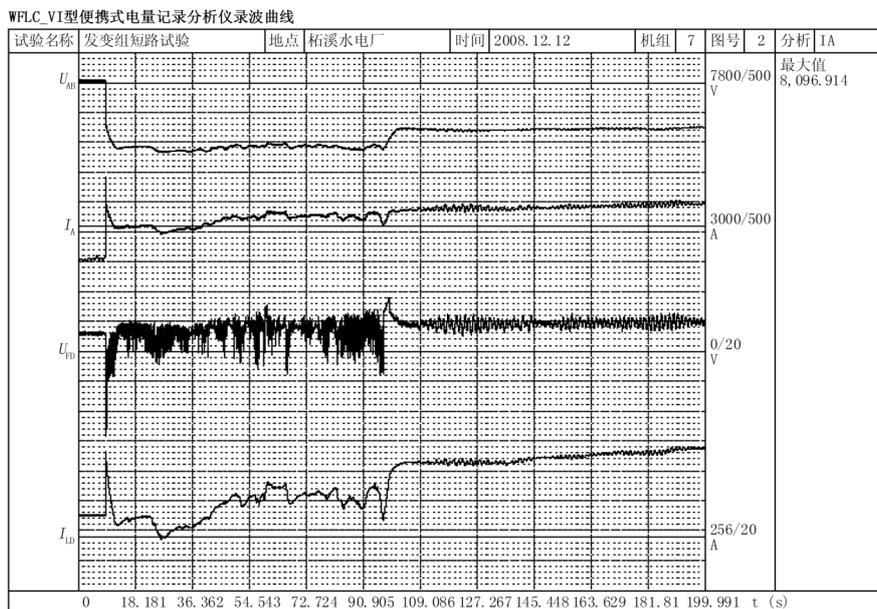


图 4 614 断路器第三次冲击试验录波图

Fig. 4 The third impulse test of 614 circuit-breaker

### 3 结论

本次试验表明:① 采用自并励磁方式的机组可以并列向线路提供融冰电流, 为电网稳定运行提供保障。② 有条件的电网, 可以依托水电厂提供融冰电流, 节省电网部门用于线路融冰的投资。

#### 参考文献

[1] 竺士章. 发电机励磁系统试验[M]. 北京: 中国电力出版

社, 2005.

[2] 电力系统继电保护原理[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.

收稿日期: 2009-02-24; 修回日期: 2009-04-09

作者简介:

熊尚峰(1977-), 男, 大学本科, 工程师, 长期从事电气自动专业工作。E-mail: xiongshangfeng@heptri.hn.sgcc.com.cn

(上接第 121 页 continued from page 121)

或间隔单元, 为变电站综合自动化系统结构实现分散式提供了技术支持。

### 4 总结

本文介绍了综合自动化系统的概况; 以实际变电站为例, 总结了新变电站调试过程中需注意的问题; 就综合自动化系统日常便于维护提了几点建议; 结合光电互感器、遥视系统和蓝牙等技术的发展应用, 探讨了变电站综合自动化系统的发展方向。

#### 参考文献

- [1] 福建省电力有限公司变电站综合自动化系统检验规程(2008 试行)[Z].
- [2] 防止电力生产重大事故及二十五项重点要求福建省电力系统继电保护实施细则文[Z].
- [3] 继电保护及安全自动装置反事故技术措施要点[Z].

[4] 国家电网生技[2005]400 号, 国家电网公司十八项电网重大反事故措施[S].

[5] GB14285-2006, 继电保护和安全自动装置技术规程[S].

[6] DL/T995-2006, 继电保护和电网安全自动装置检验规程[S].

[7] GB7261-2000, 继电保护和安全自动装置技术规程[S].

[8] 《〈继电保护和安全自动装置现场工作保安规定〉福建省电网继电保护实施细则》调继(2005)82 号[Z].

[9] DL/T5149-2001, 220-500 kV 变电所计算机监控系统设计规程[S].

[10] DL/T630-1997, 交流采样远动终端技术条件[S].

[11] DB/T3950-1999, 自动准同期装置[S].

收稿日期: 2009-02-22; 修回日期: 2009-05-17

作者简介:

方汀(1983-), 女, 工程师, 主要从事电力系统供电、继电保护及其自动化等领域的研究和管理。E-mail: fjiangkuan@163.com