

# 锦屏一级水电站励磁系统及其主要特点

孙新志, 郭洪娜, 张育宾, 叶添铨

(中国电器科学研究院有限公司、广州擎天实业有限公司, 广东 广州 510860)

**摘要:** 锦屏一级水电站6×600 MW水轮发电机组励磁系统装置使用的是UNITROL6800型自并励静态励磁系统, 主要由励磁调节器、功率整流柜、灭磁及过电压保护装置、起励装置、励磁变压器及其它辅助设备等组成。本文结合UNITROL6800励磁系统的特点和功能, 重点介绍了光纤通讯技术、智能均流技术、电源回路冗余、顺序功能图编程技术等锦屏一级电站励磁系统中的应用, 对今后国内巨型水轮发电机组励磁系统的设计、制造等具有很好的借鉴意义。

**关键词:** 励磁系统; 主要部分; 锦屏一级; 主要特点

中图分类号: TV7; TM331

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2015)01-0105-04

## 1 概述

锦屏一级水电站位于四川省凉山彝族自治州盐源县和木里县境内, 是雅砻江干流下游河段(卡拉至江口河段)的控制性水库梯级电站, 下距河口约358公里。电站总装机容量360万千瓦, 枯水年枯期平均出力108.6万千瓦, 多年平均年发电量166.2亿千瓦时, 是国家“西电东送”的标志性工程。

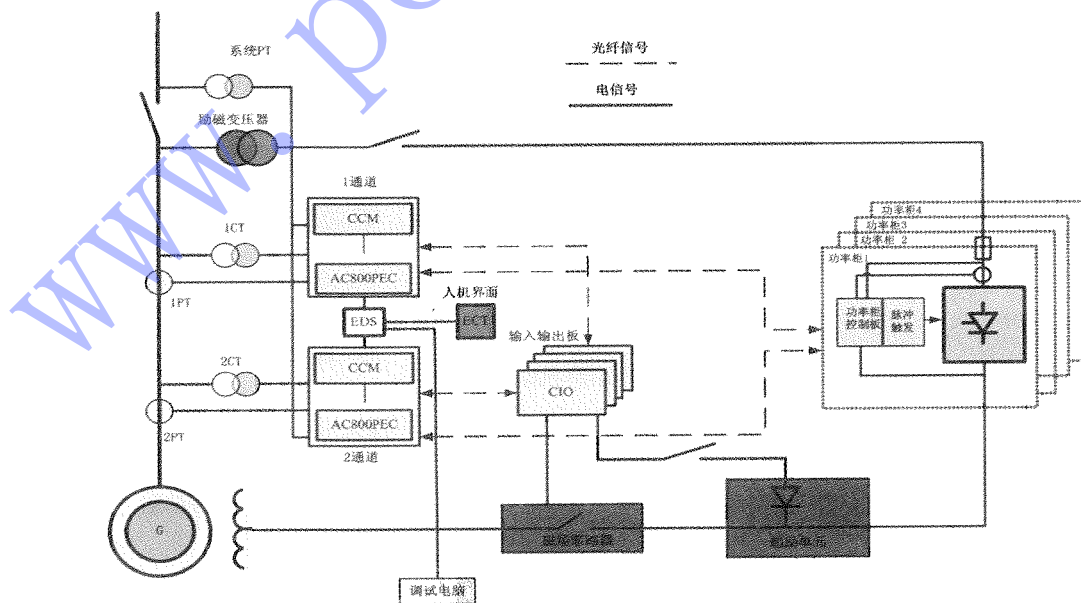
电站水轮发电机组励磁系统装置使用的是UNITROL6800型静态励磁系统, 型号为A6S-0/U241-S4500。该励磁系统既秉承了UNITROL系列励磁系统的设计优点, 同时又增加了很多技

术创新, 如电源回路冗余设计新思路、光纤通讯技术的广泛应用、智能均流技术的升级换代等, 这些都大大提高了系统的可靠性和稳定性。本文对这些重要特点进行了分析, 对今后国内巨型水轮发电机组励磁系统的设计、制造等具有很好的借鉴意义<sup>[1]</sup>。

## 2 励磁系统组成的主要部分

### 2.1 总体结构

锦屏一级水电站励磁系统主要由励磁调节器、功率整流柜、灭磁及过压保护装置、起励装置、励磁变压器及其它辅助设备等组成, 其系统原理框图如下图1所示。



收稿日期: 2014-11-18

图1 励磁系统原理框图

### 2.2 励磁调节器

励磁调节器硬件采用双通道冗余配置,每个通道均采用的高性能的 AC800PEC 64 位浮点运算控制器,AC800PEC + CCM 框架结构<sup>[2]</sup>。

其中 AC800PEC 主要用于运算、逻辑控制、与其他系统的光纤通讯等;CCM 板主要用于整个励磁系统的通讯控制和模拟量信号采集,包括 PT、CT、系统 PT 等信号的采集及 PSS 功能的实现;CIO 板,用于跟外部系统如 DCS 系统的开关量,模拟量信号的接口;人机界面 ECT 既可以用于参数显示,还可以用做励磁系统的调试工具。

### 2.3 功率整流柜<sup>[3]</sup>

励磁系统功率整流桥采用 UNL13300 型整流桥,单柜额定输出电流 2 000 A,强励 4 000 A。选用四(4)柜并联运行模式,每柜装有一个三相全控整流桥,各支路串联元件数为 1。功率柜设计原则按 n-2 考虑冗余,2 桥故障时能满足发电机包括强励在内的所有运行工况要求。

整流桥交流侧采用集中式阻容保护,可以有效降低整流桥操作过电压及换向过电压,减小可控硅的 di/dt,保护可控硅原件不受损害。

### 2.4 灭磁及过电压保护装置

锦屏一级水电站励磁系统在正常停机时采用逆变灭磁,事故停机时跳灭磁开关将能量转移到灭磁电阻进行灭磁。灭磁采用瑞士 Secheron 公

司生产的直流单断口灭磁开关,此开关具有结构设计简单直观,运行稳定、可靠、维护量小等特点。开关的合闸线圈有一路,分闸线圈分为两路,从而保障了系统发生事故时,灭磁开关的可靠跳闸。

灭磁电阻采用的是英国 M&I 公司生产的 SiC 灭磁电阻,既用于事故灭磁,也用于转子侧过压保护。

转子正反向过压保护采用可控硅跨接器(CROWBAR) + SiC 灭磁电阻的方式,整定方法简单,无须维护。

### 2.5 起励单元

锦屏一级电站采用高频脉冲列起励技术,在起励过程中首先使用残压起励,高频脉冲列连续触发可控硅直至其能够正常工作,如果残压起励不成功,则投入备用直流起励电源回路进行起励。

## 3 锦屏一级站的励磁系统的主要特点

### 3.1 冗余的光纤通讯技术

在国内,常规的励磁系统采用 CAN 总线、ARCNET 总线等技术,采用的是串行通讯,即整个励磁系统由一条通讯通道组成,如果中途通讯中断,调节器与功率柜、灭磁柜等的联系即会中断。而 UNITROL6800 型励磁系统实现了近 100% 的光纤通讯控制,这使得励磁系统具备了更高的抗电磁干扰能力。其光纤连接图如下图 2 所示:

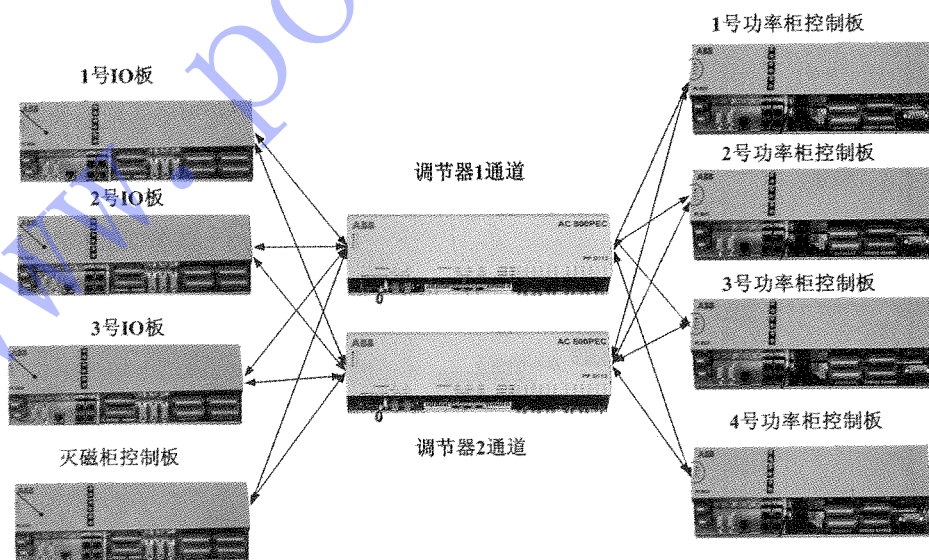


图2 冗余的光纤通讯控制

可以看出,在 UNITROL6800 励磁系统中,以光纤控制实现励磁各调节器到功率柜、灭磁柜

及 IO 输入输出板之间的树状连接,实现了点对点通讯,任何一点脱落进步会影响励磁系统的正常

运行,整个励磁系统具备更高的冗余能力。

### 3.2 智能均流技术的使用

对于大型水轮发电机组,励磁功率柜大量采用三柜或更多柜并联方式运行。当多柜并联运行时,由于各功率柜电流回路的电势参数和(或)阻抗参数的不一致,从而引起功率柜输出电流不平衡,因此需要采取措施实现功率柜之间的输出电流均流。<sup>[4]</sup>

UNITROL6800 励磁系统中采用的智能均流技术为第二代均流技术来实现各整流桥之间的智能均流。所谓智能均流技术,即是励磁调节器通过触发角控制原理将总励磁电流平均分配给各个功率柜晶闸管单元。

在该电站励磁系统中,整流桥电流的测量使用的是三相交流侧安装 3 个 CT 来进行测量,测量设备体积小,接线方便,测量原理简单,原理接线图如图 3 所示。其次电流均衡控制功能由 CCI 上的电流控制器和 AC800PEC 的平均电流两个主要部分组成,电流控制器调节各个晶闸管的电流,晶闸管电流的六个参考值则是从 AC800PEC 得到并与其实际值进行比较,原理图如下图 4 所示。

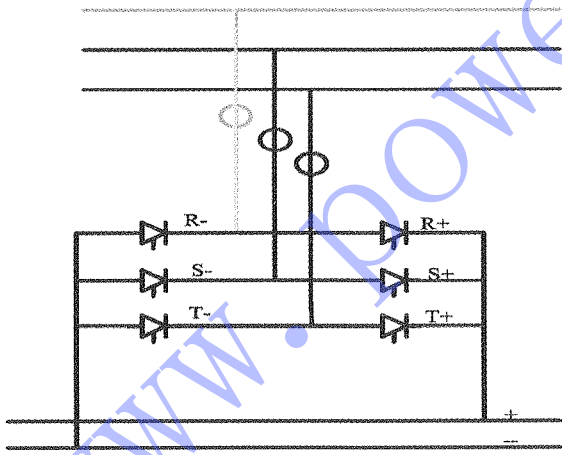


图 3 可控硅电流测量

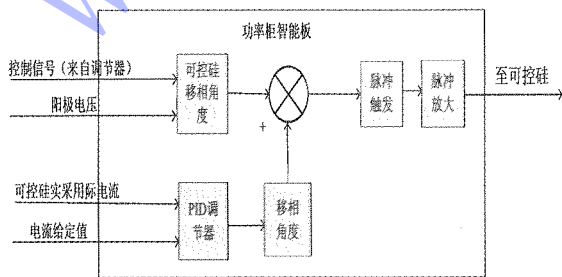


图 4 智能均流原理框图

现场试验表明,四柜并联运行时均流系数达到在 97% 以上,在任意一个整流桥退出时,其余三柜无需人工调整,自动保证均流系数在 97% 以上。现场实际均流情况记录如下表:

表 1 现场实际均流情况记录表

总输出 电流	动态 均流	1#柜	2#柜	3#柜	4#柜	均流 系数
1 505	退出	330	359	385	431	87%
	投入	367	379	378	381	98.7%

智能均流技术的使用,可以使多柜并联的整流桥在运行时均流系数保达到 97% 以上,可控硅参数将不再重要,功率柜机械结构布置及母排设计将大为简化。

### 3.3 电源回路的冗余设计

在 UNITROL6800 励磁系统中,采用了多种电源的双冗余设计,包括调节器电源及功率灭磁柜电源,如图 5 所示。

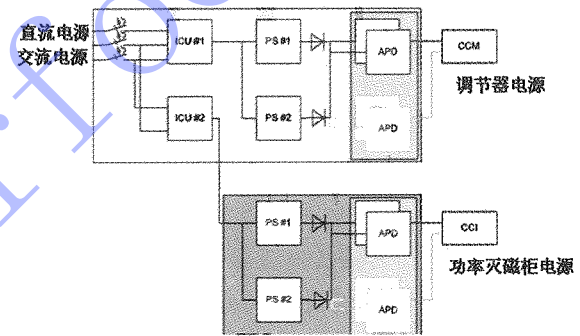


图 5 电源回路设计方案

可以看出,在本套励磁系统中,励磁调节器与功率灭磁柜电源回路完全独立,每个电源回路均设计两路电源模块供电,各板件电源由 APD 电源分配器分配,当有板件故障时相应的 APD 电源回路自动切断该路电源,不会影响到励磁系统其它器件的正常运行,这种设计方案极大地提高了设备运行的安全性。

### 3.4 顺序功能图编程技术的应用

UNITROL6800 励磁系统的调试软件是面向对象的 control builder 软件,其中大量使用了顺序功能图编程技术。顺序功能图(SFC, Sequential Function Chart)采用 IEC 标准的语言,用于编制复杂的顺控程序。利用这种先进的编程方法,初学者也很容易编出复杂的顺控程序,大大提高了工作效率,也为调试、试运行带来许多言传的方便。

下面是灭磁开关分合闸的 SFC 框图,左图是



总的灭磁开关控制流程图,右图是点击 FBFImaOff 装置调试、排除故障方面非常方便。模块后相应的子流程图,清晰的流程使得在励磁

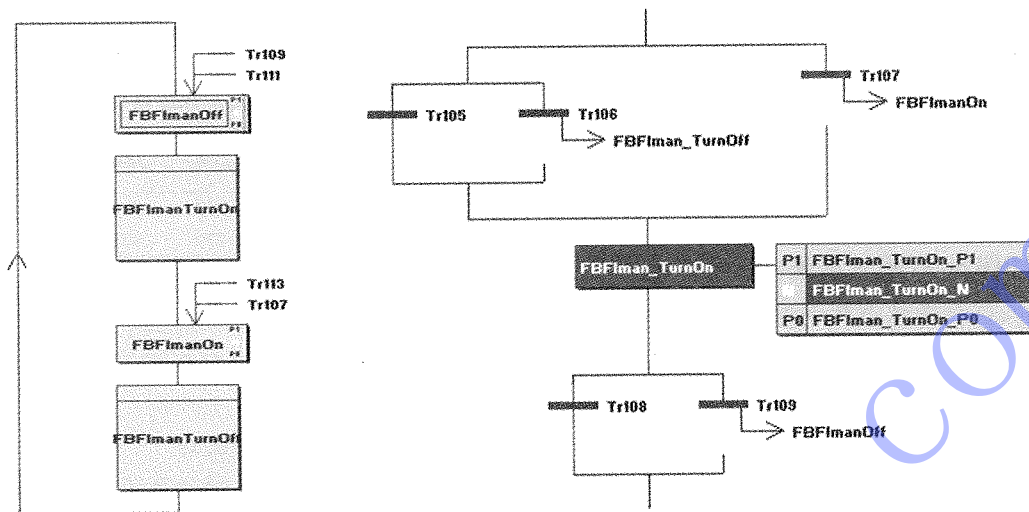


图6 灭磁开关分合闸控制 SFC 逻辑图

除此之外,如三通道调节器的实现、PSS4B 功能的实现、IEC61850 智能化通讯规约在励磁系统中、SNTP 网络对时的应用等也是 UNITROL6800 励磁系统的显著特点<sup>[5]</sup>。

#### 4 结论

锦屏一级水电站励磁系统主要由励磁调节器、功率整流柜、灭磁及过压保护装置、起励装置、励磁变压器及其它辅助设备等组成。本文结合 UNITROL6800 励磁系统的特点和功能,重点介绍了光纤通讯技术、智能均流技术、电源回路冗余、顺序功能图编程技术等锦屏一级电站励磁系统中的应用。

截止 2014 年 7 月,锦屏一级电站 6 × 600 MW 水轮发电机组均已经全部投入运行,励磁系统运行良好,为锦屏一级电站发电机组可靠安全运行提供了有力保障。现场试验及运行情况表明:励磁系统满足电网运行需求,整体运行良好。其先进的励磁控制技术、完善的调节限制功能、方便的调试手段得到了用户的赞赏,为后续大型水电站励磁系统设计、制造提供技术依据,具有很好的借鉴意义。

#### 参考文献:

- [1] 潘道明, UNITROL6800 励磁系统在隔河岩水电厂的应用[J]. 水电与新能源 2013 年 1 期.
- [2] 李亚松, 顾和鹏, 等. 锦屏水电站双自动通道励磁调节器的应用分析[J]. 水电与新能源 2013 年 3 期.
- [3] 杨云峰, 冶海廷, 等. 拉西瓦水电站励磁装置典型结构及特点[J]. 水力发电 2009 年 11 期.
- [4] 陆继明, 毛承雄, 王丹, 李国栋, 等. 励磁功率柜智能均流暂态过程分析[J]. 华中科技大学学报(自然科学版) 2005 年 11 期.
- [5] ABB UNITROL 6800 Function Description [M]. ABB 2010. 11.

#### 作者简介:

孙新志(1979-),男,河南武陟人,西安理工大学水利水电工程,硕士,工程师,就职于广州擎天实业有限公司,主要研究方向电力电子技术及同步发电机励磁设计、研发;  
 郭洪娜(1980-),女,湖北襄樊人,武汉理工大学自动化专业,硕士,工程师,就职于广州擎天实业有限公司,主要研究方向电力电子技术及同步发电机励磁设计、研发;  
 张育宾(1987-),男,河南温县人,南昌大学电气工程,硕士,工程师,现于广州擎天实业有限公司从事励磁系统设计、调试工作;  
 叶添铨(1985-),男,江西龙南人,南京农业大学农业电气化与自动化,本科,工程师,现于广州擎天实业有限公司从事励磁系统设计、调试工作。  
 (责任编辑:卓政昌)

### 大渡河沙坪二级水电站 500 千伏送出工程获核准

1 月 30 日,国电大渡河沙坪二级水电站 500 千伏送出工程获得四川省发改委核准。沙坪二级水电站 500 千伏送出工程全长约 62 千米,其中新建单回线路 53 千米(含 20 毫米重冰区 11.3 千米),利用 500 千伏普天线已建双回线路铁塔单边挂线 9 千米,由四川省电力公司投资建设。线路由电站构架往西北出线,途经乐山市金口河区、峨边县、峨眉山市、沙湾区、市中区等五个区县,接入乐山南天 500 千伏变电站。