

# 同步发电机转子倒送电试验浅谈

曾毕鹏, 黄柏华, 汪洁

(武汉市陆水自动控制技术有限公司, 湖北 武汉 430000)

**摘要:**用可控硅静止式励磁装置给发电机转子倒送电,可以有效检测可控硅是否同步以及烘烤发电机等试验,但是在试验中往往出现难以启动和突变的问题。因此,在励磁装置输出端并接一引导电阻以确保可控硅导通所需要的最低维持电流,以帮助整流桥面对发电机大电感转子的良好通流。

**关键词:**励磁系统;倒送电实践;方法;建议

**中图分类号:** V233.3+22;U464.331+.1

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1001-2184(2015)02-0109-02

## 0 引言

顾名思义,“倒送电”就是反送电过程送电;电厂送电是将电厂发出的电向系统送电,“倒送电”就是从系统向电厂送电。

出现“倒送电”的过程和意义,主要是基于下面三个原因,一个是电厂基建过程中,需要临时电源,有时这个电源会需要的很大,特别是在建设的后期,在建厂时修建的临时电源会不够用,就会从系统通过送电线路将电倒送过来,通过电厂的T0变压器进行供电;二是在电厂发电并网的时候,也需要将系统的电先倒送过来,然后调整发电机的励磁,使之与系统“同步”,然后并网发电;同时在电厂发电之前,需要将电厂的辅助设备先运转起来,由于此时发电机还未发电,不能提供电源,这个电源就只能通过系统“倒送电”来完成;三是在电厂检修的时候,也处于不发电的时候,同样需要用“倒送电”的方式,解决电厂检修电源的问题。本文讨论的是第二种情况——“同步”倒送电。

### 1 励磁系统的倒送电

对于三相全控桥式可控硅励磁系统,倒送电开环试验尤为关键,必须从励磁电压、电流的最小值开始逐步增加到额定值以检验励磁系统的工作状态。水轮发电机在静止状态时,当解开发电机出口处的接线,合上主开关断路器使励磁系统的PT、励磁变压器等均带电时,我们称之为励磁系统的倒送电。这种试验首先是解开励磁装置灭磁开关上的转子线,然后在灭磁开关上并接上一灯泡或电炉这一纯电阻的假负载。如图1:

收稿日期:2015-01-30

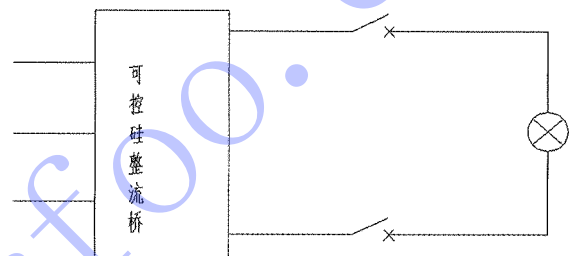


图1

系统倒送电来后,在励磁装置调节器上增大导通角,就能明显的看到输出电压和电流能从零开始平滑的往上升高,并能上下调节(负载太小时,看不到电流的变化),这时可确定励磁系统的基本功能应该是没有什么问题了。接下来第二步就是解除假负载,接上真负载转子试验。如图2:

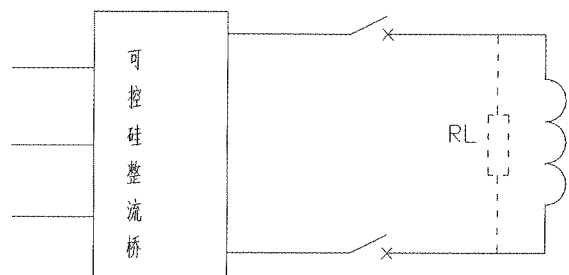


图2

## 2 励磁系统倒送电实践

### 2.1 发电机励磁开环试验

按照通常的步骤做试验,当导通角较小时,即整流区小于逆变区时,经常或多或少地看到励磁电压表指针反偏。慢慢增大导通角到励磁电压表为零时,再继续增大导通角,这时导通角已使桥整流区超过了逆变区,但往往看不到励

磁电压表和励磁电流表的启动上升。继续朝极限区增大导通角,励磁电压和励磁电流突然雪崩式的上升。这时人工的快速减磁都来不及把过高的电压、电流压下来,虽然逐渐能减下来,但在短时间内给设备造成很大的冲击和过载。这不是发电机励磁开环试验理论设想的结果。但这样的情况在机组首次启动时却时常出现。也使现场试验人员感到疑惑。

笔者曾就在四川某电站维修励磁的过程中就遇到这一问题。一号机组基本参数为:机组容量 $P=1\ 100\text{ kW}$ ,机端电压 $U_F=10.5\text{ kV}$ ,额定励磁电压 $U_L=147\text{ V}$ ,额定励磁电流 $I_L=342\text{ A}$ 。使用的是模拟型可控硅全控整流桥多调节板励磁装置,维修完脉冲板后,为了全面检查励磁系统的功能,业主提出做倒送电检查,首先带一 $1\ 000\text{ kW}$ 的电炉,手动旋转电位器慢慢增大,看见励磁电压表从0缓缓增加到 $260\text{ V}$ ,减小电位器又能降到零,取下电炉接上转子,增大电位器看见可控硅控制角表指针从0都快到最大,励磁电压、电流表还是0,再往增大方向旋转,励磁电压、电流值突然直往上升,手动迅速旋转控制电位器到最小,励磁电压、电流才降到零,当时,在场人员非常紧张。

笔者现场反复琢磨带假负载和带真负载的区别,重新将上一步带过的电炉也并接入转子两端做试验,这时的励磁电压、电流就能随着控制电位器的旋转从0到额定之间平滑的变化,实现了全面检查励磁系统的功能并安全倒送电。

## 2.2 倒送电的方法

加入适当的线性负载全方位检查励磁系统安全倒送电的方法,能有效地控制电流的突变,在实际的电站安装、调试中得到了肯定。2013年,在湖北某电站,采用微机型励磁装置。在启动前,业主要求做1#机励磁系统的倒送电试验,机组参数为 $P=16.67\text{ MW}$ ,额定励磁电流 $I_L=850\text{ A}$ ,额定励磁电压 $U_L=160\text{ V}$ 。在带转子负载升流时就遇到了导通角不断增加,可励磁电压和励磁电流就是不能从0开始启动逐渐升起,当导通角增大到一定时,转子突然升流到较大(强励),此时再将较高的开环励磁电流降下来要有个时间过程。这种现象不符合业主要求从零起升流以便检查励磁系统的要求。当时现场调试人员,百思不解,设计人员和总工研究,都认为是励磁系统的接线、极

性、软件有问题,围绕这些可疑问题检查了一天,结果没发现异常。在得知此情况,笔者提出在转子上并一个 $1\ 000\text{ W}$ 电炉,结果问题立即解决。励磁电流随着导通角的增加,励磁电流能很好地从零平滑的增加至额定。使试验顺利进行。

## 3 实现安全倒送电的原因及建议

全面检查励磁系统的功能并实现安全倒送电,究其原因,是因为发电机转子是一个感性负载,可控硅整流桥在开始整流状态下要给转子通电流,而感性负载是阻止电流突变的,哪怕在较小的可控硅维持电流的冲击下,这个电流也会造成转子很大的阻抗,因而可控硅不能导通。但当导通角增到越来越大甚至极限附近时,强大的整流电压克服转子的反电势在突破很小的维持电流后,可控硅就会雪崩式导通。这种人工控制的开环试验,没有闭环电子控制的反应速度快,给设备的冲击是有损害的。这里可能要提出了一个疑问,为什么励磁系统在闭环建压发电的启动阶段,没有像倒送那样的问题呢?这就是励磁系统带转子的开环与闭环的不同,倒送就是开环,发电状态下的励磁建压,是闭环状态,当给定额定电压建压时,导通角首先是全打开的,所以一开始就高起始电压、电流启动,此时就不存在转子起不了电流的问题了,由于是闭环的给定电压,随着机端电压的不断接近给定,导通角也就迅速的往回关小到一个平衡点,实现发电机的快速建压,这与倒送电人工来不及的手动回关导通角造成的冲击是不同的。转子电流、电压的突变造成的尖峰过电压对发电机转子和励磁系统均有害,务必避免。

当然并不是每台发动机倒送电都会遇到上述情况。我们现在可以理解转子内部并接了一纯电阻 $R_L$ ,这个阻值的大小与不同的发电机容量和机型有关,也与转子材质和加工工艺的不同而不同,只要外界电压达到能使可控硅维持导通的最低电流(一般约 $200\text{ 毫安}$ 左右)时转子就能正常零起上升,所以有的发电机转子的这一内部电阻较小,一开始就能驱动可控硅导通并使转子电流能平滑地调节。有的内阻 $R_L$ 较大以致调节到高导通角、高电压下转子才突然导通突变。鉴于转子的这种不确定性,电站常常又有倒送电的试验要求,在励磁整流输出端并接一软化转子特性的引导电

(下转第134页)

在一定程度上也制约了水电的开发。因此,在推动水电开发的同时,应提前做好电网规划和建设。

(3)印度尼西亚水电站大部分均具有灌溉和供水的作用,因此其建设对于周边农业、工业的发展具有积极的推动作用,印度尼西亚政府在大力进行水电开发除了用电需求的增加外、带动地区经济发展也是其中重要的考量因素之一。

(4)印度尼西亚政府环境保护工作的力度亟需加强,在参观的已建成的水库内均有大量的鱼

(上接第110页)

阻,改善可控硅全控整流桥的导通,以便励磁系统的稳定和试验,同时对励磁的闭环建压启动也有一定的好处,特别对倒送电的试验起到最好的效果,显得尤为重要。因此,建议励磁系统考虑这个外加引导电阻。为了保障可控硅整流桥一开始的维持电流,根据理论和经验计算,此引导电阻  $R_s$  一般取 100 欧姆/100 W 左右参数即可,如图 3:

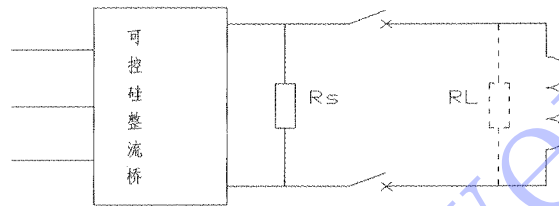


图 3

(上接第119页)

距水平地面深度不小于 3.2 m。防腐离子接地体的顶端距目前地面为 -0.2 m,采用引上线与接地扁钢连接。电极的安装和 HC 高能回填料的施工遵循产品配套的《施工演示光盘》或现场技术人员的指导。顶端的 0.2 m 区域,采用水泥灌浆密封固定,降阻的同时,加强整个水下地网的牢固性。

扁钢与扁钢之间采用电焊,焊接时应三面施焊,搭接长度不小于扁钢宽度的 2 倍,焊点作去渣防腐处理。

### 5 效果和经验

2014 年往子沟电站水下接地外延网改造完成后,实测电站的接地电阻为 0.8  $\Omega$ ,满足设计规范小于  $\leq 1 \Omega$  的要求。满足了电站正常投运发电的要求,改造资金投入相较于地面外延网投资约

类网箱养殖,已严重影响到水库的水质。

### 参考文献:

[1] 黄欣,印度尼西亚小水电投资市场初探. 能源·水利[J], 2014.8;104-106.

### 作者简介:

吴世勇(1965-),男,四川仁寿人,副总经理,教授级高工,博士,长期从事水力电力经济管理和水电建设管理;  
张德荣(1983-),男,山东聊城人,工程师,主要从事水电设计管理研究.

(责任编辑:卓政昌)

### 4 结 语

虽然励磁系统在闭环建压并网中没有任何异常,但遇上带转子倒送电时就有可能出现突变的危险,在励磁装置输出端并接一引导电阻以确保可控硅导通所需要的最低维持电流,以帮助整流桥面对发电机大电感转子的良好通流。避免励磁系统和发电机转子不必要的突变尖峰过压损害。

### 作者简介:

曾毕鹏(1964-),男,广东兴宁人,大学学历,工程师,现从事水电行业经营管理工作;  
黄柏华(1968-),男,湖北赤壁人,中专学历,工程师,现从事水电站电气二次维修及调试工作;  
汪 洁(1976-),女,湖北武汉人,本科学历,工程师,现从事水电行业技术管理工作.

(责任编辑:卓政昌)

节约 30% 左右,且达到了良好的降阻效果。本次改造证明了利用低电阻率的水源,敷设水下接地网是降低水电站接地电阻的主要方法之一,特别是高电阻率地区的小水电站,接地面积一方面受到地形地貌的限制与约束,另一方面由于土壤电阻率极高,对降低电阻设置了诸多难题与障碍。因此,采用水下接地网对降低水电站的接地电阻具有明显且切实有效的效果。

### 参考文献:

[1] 水利部水资源管理司,水利部水资源管理中心. 编著. 建设项目水资源论证培训教材. - 北京:中国水利水电出版社, 2005.

### 作者简介:

何 雪(1980-),女,四川内江人,工程师,从事电力系统及自动化工作.

(责任编辑:卓政昌)