

# 水电站发电机励磁系统常见故障分析

戴琪凤

(泉州市山美水库水资源调配中心, 福建 泉州 362000)

**摘要:** 发电机励磁系统作为水电站的重要组成部分, 主要用于对同步发电机的励磁绕组提供可调直流电压以及电流, 其对于整个水电站的正常运行有着十分重要的影响。一旦发电机励磁系统发生故障, 继电保护装置无法及时动作, 将会对功率柜、励磁主回路以及转子绕组等设备造成严重的破坏, 威胁水电站以及电力系统的安全运行, 因此对水电站大电机励磁系统常见故障进行分析具有十分重要的意义。

**关键词:** 水电站; 发电机励磁系统; 故障分析

**中图分类号:** TM331

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1006-3951(2024)05-0146-03

**DOI:** 10.3969/j.issn.1006-3951.2024.05.036

## Analysis of Common Faults in the Generator Excitation System of Hydropower Station

DAI Qifeng

(Quanzhou Shanmei Reservoir Water Resources Allocation Center, Quanzhou 362000, China)

**Abstract:** The generator excitation system, as an important component of hydropower stations, is mainly used to provide adjustable DC voltage and current to the excitation winding of synchronous generators, which has a significant impact on the normal operation of the entire hydropower station. Once the excitation system of the generator malfunctions, the relay protection device cannot act in a timely manner, which will cause serious damage to equipment such as the power cabinet, excitation main circuit, and rotor winding, threatening the safe operation of hydropower stations and power systems. Therefore, it is very important to analyze common faults in the large generator excitation system of hydropower stations.

**Keywords:** hydropower station; generator excitation system; fault analysis

### 0 引言

随着我国社会经济的持续发展和人们生活水平的不断提升, 我国对于电能的需求在不断的增加。而水力发电作为一种生态环保、清洁化的能源, 在当今提倡“低碳”发展理念下, 也越来越受到社会的重视<sup>[1]</sup>。在当前我国的水电站中, 励磁系统主要负责对发电机出口电压和机组无功功率进行调节, 因而励磁系统运行的稳定性对于水电机组的安全运行有着重要的影响。通过对相关数据的统计和调查可知, 近年来我国水电站因励磁系统引发的故障时有发生, 造成了水电机组停运、水库弃水等严重事故, 而为了能够将发电机励磁

系统发生故障的概率降到最低, 有必要对励磁系统故障类型进行深入的研究。以 EXC9000 励磁系统为例对其运行中常见的故障进行了描述, 对其故障原因进行了分析, 并相应的提出了解决方案。

### 1 水电站励磁系统概述

通常来讲, 水电站的励磁系统结构较为复杂, 主要是包含电磁、电流、电源以及辅助性设备, 具有励磁调节器和励磁功率单元两部分结构。励磁系统的工作原理为: 励磁系统依据设定好的参数和标准来对水电站所发出的信号进行采集, 并将采集得到的信号转换为对应的电流信号进行传输。在水电站发电机转子转速达到某一临界值时

\* 收稿日期: 2023-03-07

作者简介: 戴琪凤 (1983-), 女, 福建泉州人, 高级工程师, 主要从事水电站机电检修工作。

就会产生电流,励磁系统的安全稳定运行对于整个电力系统具有十分重要的作用。一般来讲,水电机组的装机容量不同,其励磁电流也是不尽相同的,在水电机装机容量大于 500 kW 时,通常会采用自并励可控硅励磁;而在水电机装机容量小于 500 kW 时,通常都会采用双绕组电抗器分流自复励的励磁模式。大容量的水电机励磁系统中其设备包含了励磁变压器柜、调节柜等多个设备,其结构较为复杂,各个设备之间的相互关联共同构成了励磁调节系统。励磁系统中的调节器所采用的大都是自动电压调节控制方式,这种方式具有操作简便、易于控制等优点,通过自动调节可以维持系统电压一直处于稳定的工作状态,确保励磁系统的平稳运行,其主要的工作原理是利用调节器来对输出电流的大小进行控制,在这种模式下,调节器输入量的大小等于发电机电压差与设定值之间的误差。

通常来讲,大容量的水利发电机组最为常用的一种励磁方式就是自并励励磁,其主要是利用可控硅整流桥来和触发角进行连通,并通过控制电机转子速度来对电磁场电流大小进行调节,从而达到对电机端口电压以及无功功率大小进行调节的目的<sup>[2]</sup>。水力机组的励磁系统主要是由起励和灭磁单元、可控硅整流、励磁调节器以及励磁变压器构成,自并励励磁系统的工作流程如图 1 所示。

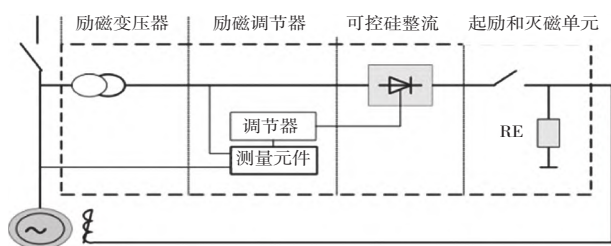


图 1 大容量水电机自并励励磁系统工作原理图

## 2 励磁系统常见故障分析及解决措施

### 2.1 起励失败

#### 2.1.1 故障描述

EXC9000 励磁系统具有机组残压起励和外部辅助电源起励两种不同的起励方式,通常来讲 EXC9000 励磁系统会采用机组残压起励的形式,如果在 10 s 之内正常建压至 100%,系统会通过外部辅助电源来进行建压,当大电机端电压达到额定值的 30% 后,外部辅助电源会自动退出转而开始采用系统自动起励直至达到系统设定电压值<sup>[3]</sup>。但在实际的起励过程中,EXC9000 励磁系统出现了起励

失败故障,在这种情况下系统起励程序自动中止。

#### 2.1.2 原因分析及处理措施

造成 EXC9000 励磁系统起励失败的原因有很多,较为常见的主要有:①对励磁系统进行检修之后安全措施恢复不到位,致使系统起励时回路出现工作故障,诸如灭磁开关未闭合、起励电源开关未投以及交直流侧刀闸未闭合等都会引起励磁系统出现“起励失败”的故障<sup>[4]</sup>;②励磁系统起励回路出现故障,而对于该种故障的判断方式为:再一次对 EXC9000 励磁系统进行起励操作,同时仔细观察起励接触器是否动作,如果接触器由吸合的声音,则可以判断起励回路工作正常,如果接触器并未吸合,则应主要对起励回路接线以及二极管、起励电阻等元器件进行检查;③无开机令,出现该种状况则应首先对调节器 I/O 板的第 9 号开关量输入指示灯进行检查,如果该指示灯处于常亮状态下则证明开关输入量正常,如果指示灯不亮,则应对系统上位机是否发送了开机指令以及发送开机指令的时间进行测试,以便找出具体的原因。

### 2.2 灭磁开关无法正常合闸

#### 2.2.1 故障描述

对水力发电机组励磁系统进行定期的维护保养过程中,按照规定应对灭磁开关进行检查,以检查其是否可以正常工作,在进行检查时技术人员发现灭磁开关无法成功进行合闸操作,即便是在手动操作模式下灭磁开关也出现了无法正常合闸的情况。

#### 2.2.2 原因分析及处理措施

EXC9000 励磁系统所采用的为直流磁场断路器,其主要是由合闸线圈、分闸线圈以及端口组成,是对励磁系统进行合闸之前进行储能的过程。通过对灭磁开关无法实现正常合闸故障进行分析发现,灭磁开关在手动模式下无法正确动作并非是由系统回路或者电源出现故障而造成的,其主要的原因是因为灭磁开关出现卡顿现象而导致的无法正常合闸<sup>[5]</sup>。此时就需要对灭磁开关进行拆卸来检查开关分闸回路和合闸回路的按钮是否出现了故障,而导致灭磁开关无法正常合闸和分闸的原因主要为以下两种:①开关内灰尘较多,这种情况下就需要对机械连杆、储能齿轮以及操作机构等部位的灰尘进行处理,并在清理完灰尘之后涂抹导电膏以增加润滑;②由于开关弹簧使用时间较长,造成了弹簧拉力减小,从而导致了分闸不到位的情况,这种情况下只需要更换同型号的灭磁开关即可解决该问题<sup>[6]</sup>。

## 2.3 PT 故障

### 2.3.1 故障描述

EXC9000励磁系统具有相互独立的两个通道,其中1个作为备用,该型号的励磁系统备用通道工作的判断逻辑具有以下两种:①系统自动对备用通道的发电机电压标幺值和运行通道发电机电压标幺值进行测定,并计算两者之间的差值,所得计算结果如果高于设定值偏差值的3%,那么系统就会自动的启动备用通道,并同时切换至备用通道;②系统对运行通道的可控硅电压标幺值和发电机电压标幺值进行测量,并对测量的数据进行计算,如果得出的计算结果大于设定偏差值的3%,那么系统也会自动切换至备用通道。如果出现了上述情况,那么就会发生PT熔断,此时在水电机组励磁系统运行过程中调节柜显示出了1或者2PT故障报警,与此同时PT故障通道自动退出了运行。

### 2.3.2 原因分析及处理措施

由于EXC9000励磁系统外部测量发电机机端PT是两路信号,其采用的是三相三线制输入方式,在这种情况下第1路PT信号对应的是A调节器电压反馈信号,第2路PT信号对应的是B、C调节器电压反馈信号。PT信号主要用于对微机调节器AVR单元的反馈电压以及发电机组频率进行检测,导致励磁系统PT熔断的主要原因有以下3种。①PT回路二次接线出现松动,在这种情况下只需要对二次回路接线以及PT插头接线进行紧固即可解决问题<sup>[7]</sup>;②PT高压侧保险丝出现熔断,此时就需要对PT输入端三相电压进行检测,查看其是否存在不平衡问题;③调节器DSP板出现故障,从而导致PT电压出现了测试不准确情况,此时就需要对调节器DSP板指示灯是否处于正常工作状态进行检查,如果出现故障可以考虑更换DSP板。通常来讲,发电机组励磁系统出现PT故障多数都是由于外部原因所导致的,其中以接线松动最多,这种故障有着持续时间较长,方便检查和解决的特征。但同时PT故障还有一些为瞬时故障,其发生时间只有短短的几十毫秒,而这种故障就较为难以处理,此时就需要在首先排除了外部原因之后再对励磁系统中的设备元件进行逐一的检查和判断。

## 2.4 冷却风机故障

### 2.4.1 故障描述

水电站的机组启动后,发电机的电压最初开始升高,当达到某一值时迅速下降,并最终降低至0,经过对励磁系统分析,可能是由于风机出现了故障<sup>[8]</sup>。为了检测出故障发生的原因,首先将

机组励磁方式由自动起励转变为手动起励,结果同先前情况一样,电压升到额定值后变为0,而且发出系统运行异常的声音。再对发电机定子和转子测量后,发现都稳定运行。接着,仅对发电机做出改变,将机组的励磁开关拉至一定位置,使电压升高,发电机的出口电压与额定电压是一样的。

### 2.4.2 原因分析及处理措施

造成冷却风机出现故障的原因较多,较为常见的主要有:①风压限位开关故障,出现这种故障主要是因为风压限位开关是1个常闭节点,而在风机处于停止状态时在重力的作用下会处于常开状态,而在风机开始运行时,又会变为常闭节点,此时如果风机限位开关无法正常转换为常闭节点,则风机就会出现故障,此时就需要在停机状态下对风压限位开关进行检查,如果出现故障则需要对其进行更换<sup>[9]</sup>;②固态继电器损坏,通常情况下励磁系统风机电源回路上都安装有固态继电器,其主要作用是用于对风机的过载保护,如果其发生故障也可能会导致风机无法正常运行,在这种情况下就需要对固态继电器指示灯工作状态进行检查,看其是否为常亮状态,如果指示灯未处于常亮状态,则需要更换同型号的固态继电器。

## 3 结束语

综上所述,对于水力发电机组来讲,励磁系统的正常运行具有十分重要的意义,而要想确保励磁系统时刻处于稳定的运行状态下,除了对其定期的维护之外,还应对励磁系统常见的故障进行深入的分析 and 归纳,并同时做好励磁系统故障防控措施,以便在最大程度上降低其运行期间出现故障的概率,保障发电机组安全、良好的运行。

### 参考文献:

- [1] 罗浩,王文超,李佳栋,等.大型水电站安全生产管理研究[J].云南水力发电,2022,38(4):263-265.
- [2] 李琪.水电站励磁系统出现故障的原因以及应对措施[J].中国水能及电气化,2016,(8):39-42.
- [3] 杨丹,贾玉.自并励励磁系统常见故障分析与处理[J].中国设备工程,2020,(17):73-74.
- [4] 宋通林.水电站机组励磁系统故障分析及应对[J].电子技术与软件工程,2015,(19):158-159.
- [5] 张利芬,刘兴荣.水电厂励磁系统常见故障分析及处理[J].科技创新与应用,2016,(3):132.
- [6] 余继乾,柳仲春.关于水电站运行人员转岗维护的若干思考[J].云南水力发电,2022,38(10):332-334.
- [7] 刘灏.发电机励磁系统滑环短路故障引发停机事故分析[J].水电与新能源,2022,36(8):71-75.
- [8] 胡运河.水电站励磁系统故障及处理分析[J].建材与装饰,2020,(21):258+261.
- [9] 杨鸿锋,陈炳森,唐正权,等.那降水电站励磁系统故障的检查与处理[J].广西水利水电,2020,(3):87-90+97.