

冶勒水电站发电机定子铁芯缺陷检查——EL CID 试验

春洪浩

(四川二滩建设咨询有限公司 四川 成都 610021)

摘要 :与国内其他电站通过常规铁损试验检查发电机定子铁芯缺陷不同 ,在冶勒水电站采用 EL CID 试验方法对定子铁芯进行检查。对 EL CID 试验原理及其在冶勒水电站的具体运用情况进行介绍和分析 ,结果表明 ,尽管 EL CID 试验设备要求较高 ,而且不能测定铁芯单位质量的损耗值 ,但是该试验没有噪声 ,铁芯没有温升和发热点 ,试验对铁芯匝间绝缘没有任何潜在的损伤 ,试验采用低电压、低电流 ,试验过程安全可靠。

关键词 :发电机定子 ;EL CID 试验 ;铁芯检查 ;铁损试验 ;冶勒水电站

中图分类号 :TM312 **文献标识码** :B **文章编号** :1006-7647(2006)S2-0027-02

冶勒水电站共安装了 2 台冲击式水轮机组 ,单机容量 133.33 MVA ,水轮发电机组及其附属设备、计算机监控系统等设备由法国 ALSTOM 厂家设计制造 ,发电机及其定子主要技术参数如下 :发电机额定电压 13.8 kV ,额定功率 120 MW ,铁芯高度 2.34 m ,定子铁芯的外径为 5.08 m ,内径为 4.2 m ,总长为 2.34 m ,齿高为 0.178 8 m ,槽数为 168 ,通风沟数为 48 ,通风沟宽为 0.006 m。

根据 ALSTOM 厂家提供的安装手册的要求 ,定子铁芯叠片完成后 ,用 EL CID(electro-magnetic core imperfection detection)试验检查铁芯及其叠装质量 ,没有使用国内常用的铁损试验方法。相比之下 ,EL CID 试验方法简单 ,采用小电流、低电压 ,铁芯在试验过程中没有产生任何振动和温升 ,更不会像铁损试验那样在试验过程中发出令人难以忍受的噪音 ,每台发电机定子 EL CID 试验只需 2 人即可完成 ,而且铁芯全部部位都在检查范围内。

1 试验原理

1.1 铁芯中电流产生的磁场

EL CID 试验方法是直接利用矽钢片之间的短路电流产生的电磁效应来发现故障点。

用一条小线径(线径为 1.5 mm 的铜线即可)的电线作为激磁绕组 ,使之产生 4% 额定磁通量的磁通 ,以便小故障电流流过铁芯的任何受损部位。对流过铁芯的电流的测量和探测是基于安培法则 ,即

对于任何闭合回路 ,流经导体的电流 I 等于导体磁场 H 的线形积分 :

$$I = \int H dl \tag{1}$$

如果该电流流经铁芯表面 ,则公式(1)需调整如下 :

$$I = \int H_{air} dl + \int H_{iron} dl \tag{2}$$

对于故障电流路径 ,该区域的磁场由流经铁芯表面的电流产生 , $H_{iron} = H_{air} / \mu_r$,其中 μ_r 为铁芯相关的磁导率 ,因此

$$I = \int H_{air} (1 + 1/\mu_r) dl = \int H_{air} dl \tag{3}$$

在 EL CID 试验中 ,使用低磁场 , $\mu_r = 2000$,空气中磁场的线性积分由流经铁芯表面的电流精确测得。

1.2 使用 Chattock 传感器测量故障电流

使用 Chattock 电压计可以容易地测出空气中相关磁场的线性积分。该电压计由两层细线均匀地绕在一个柔性的线圈架组成一个薄的电磁线圈 ,直径是 6 mm。输出电压的有效值为

$$V = \mu_0 \omega n A \int H dl \tag{4}$$

式中 : V 为位于两个端部之间延着线圈的线性积分 ; A 和 n 分别为通过每米线圈的截面和绕组数 ; ω 为有效值区域的角频率。

1.3 励磁绕组的作用

为了检查铁芯 ,Chattock 传感器的测量范围是可

以调整的,以便传感器的端部能放置在相邻齿的最远处之间,甚至在铁芯没有任何故障时通过励磁绕组可以在齿间产生一个较大的磁势差。考虑到试验时定子之间4%的磁通变化,安匝数 $A\omega$ 的正常取值是50 AT。

因为定子周围的磁导率是一个常数,线圈产生的磁动力几乎均匀地沿着铁芯分布,因此铁芯之间的磁势差传输的故障电流不是简单的 $A\omega/N$, N 为齿数。

通过使用相敏传感器辨别 I_w 信号,根据激磁电流的积分来测量所需补偿的磁势。

1.4 探测信号的处理

数字式 EL CID 信号处理单元包含一个高增益放大器和数字式相敏传感器(PSD)。通过检测激磁绕组产生的电流相位,测量线圈提供了 PSD 所需的相关信号。EL CID 产生的信号与流经铁芯的任何故障点的电流是同相的,且与它的积分分量成比例,该电流是通过 Chattock 传感器测量出来的,这些信号显示在 EL CID 的面板上,该面板可使用直流电压且相关信号可用 PC 机记录下来。

2 使用范围

EL CID 试验是在叠片和压紧后检查定子内腔和线槽中矽钢片之间可能存在的短路,它可应用于所有的发电机、电动机和同相补偿机。除了特殊的要求或不可能进行涡流加热法试验的情况,其他情况都可用 EL CID 试验方法进行铁芯检查,该方法采用减少的磁通密度,因此相应所需的设备也将减少。EL CID 试验和铁损试验都可以检查铁芯的叠片质量和矽钢片之间的绝缘情况,如果绝缘存在问题,在机组运行时将产生发热点。另外也可以在下线的过程中进行 EL CID 试验,它可看成构成铁芯检查的专门技术,若检查结果不合格则需重装。

3 试验设备及试验数据

a. 数字式 EL CID 标准配置:EL CID 单元 SPU,相位辅助试验回路校验单元,相位辅助变送器,相位辅助变送器端子箱,振动线圈,1.5 mm² 的铜芯电缆 200 m。

b. 励磁材料:电压变送器 0—240 V—3 kV(最小),10 A 交流电流表,交流电压表,220 V 交流电源。

c. 励磁电压计算:需知道满足励磁条件的电压值,根据铁芯长度,计算式如下:

$$V_r = \frac{U_N}{2 \times \sqrt{3} K t_p}$$

式中: U_N 为线电压; K 为根据节距和跨距而定的参

数,对于所有发电机,通常取 0.92; t_p 为参数,是每相串联绕组的 2 倍,即 $2 \times \text{槽数} / 3 \times \text{并联回路数}$; $V_r = 13800 / (2\sqrt{3} \times 0.92 \times 28) = 164.6 \text{ V}$,因此以标准值的 4% 作为测量线圈电压,即 $V_1 = 0.04 V_r = 6.19 \text{ V}$ 。

d. 合格标准如果所测量的电流峰值不高出平均值 30 mA,则没有故障;如果在某个区域所测的峰值高出平均值 30 mA,则在该区域仔细检查;如果在某个区域所测的峰值高出平均值 100 mA,则该区域存在故障。

4 试验过程及结果

4.1 铁芯安装质量试验检查

试验装置见图 1,试验时定子不得进行下线或其他工作,试验人员不能带有任何金属物品,要确保铁芯线槽没有金属物品,关闭移动电话等,以免对测量结果造成电磁干扰,试验需 220 V 交流电源。

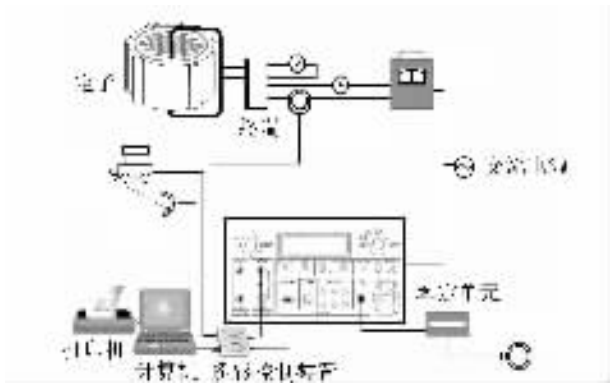


图 1 铁芯试验检查铁芯装配质量系统

试验前应检查各种电缆的状况,检查分析单元和带有校正单元‘Chattock’线圈的工作情况,检查定子绕组引线断开和接地情况,检查金属部分的缺陷并对铁芯的外观进行检查(振动、损坏区域……)。

4.2 励磁线圈安装质量检查

励磁线圈安装质量检查系统见图 2。

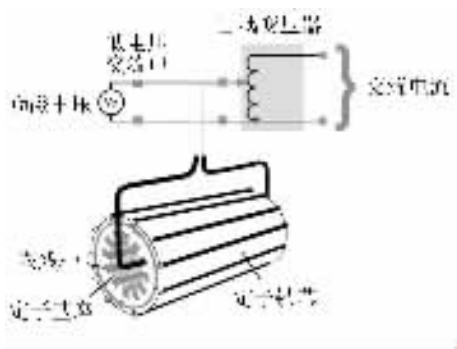


图 2 励磁线圈安装质量检查系统

安装励磁线圈:选择励磁线圈的匝数以得到额定值 2% ~ 10% 的磁通量,把线圈集中缠绕。如果定子铁芯是分瓣构成的,每部分励磁(下转第 67 页)

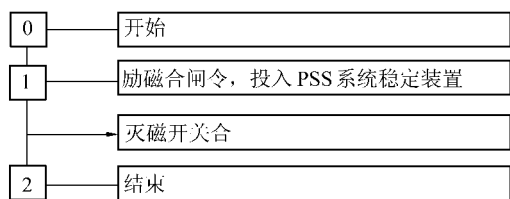


图 3 程序 2 空转→空载

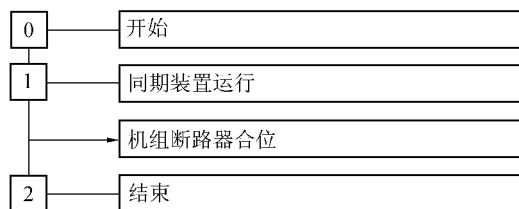


图 4 程序 3 空载→发电



图 5 程序 4 发电→调相

上看,会进一步向超小型及超大型方向发展;从产品的配套性上看,产品的品种会更丰富、规格更齐全,完美的人机界面、完备的通信设备会更好地适应各种工业控制场合的需求。PLC 在冶勒水电站自动控制中的应用为各种自动化控制设备提供了非常可靠的控制手段,大大提高了整个电站的整体自动化水平和运行效率,具有较大的经济效益和社会效益。

(收稿日期 2006-07-06 编辑 骆超)

(上接第 28 页)绕组单独缠绕且需安装在每部分的中间位置。如果需要,沿着励磁绕组安装相参考线圈而且相互之间保持绝缘(励磁和相参考线圈)。

试验时,采用 1 台自耦调压器与电源相连,在合上开关前把输出旋钮调到“零”,逐步增加输出,同时监控电流值和扫描电压值,直到满足试验所需的电压值。

使用 Chattock 传感器沿着铁芯槽缓慢滑动,同时监视输出电流的波形值,对于 4% 额定值的磁通量,显示的电流值如果比平均值高出 100 mA 时表明存在重大故障,当峰值高出平均值 30 mA 时,要求对铁芯进行彻底检查。如果磁通密度不是额定值的 4%,则故障电流的最大值需根据上述值进行调整。

如果发现故障,可以另外使用一个小尺寸的 Chattock 传感器,通过直接读取二次值进行现场检查,垂直移动传感器直到得到一个最大的二次轴电流值。水平位置采用相同的方法,可得到一个更精确的故障定位。

试验过程如下:在试验时,1 名试验人员使用木梯子移动 Chattock 传感器在定子铁芯上部和下部之间进行测量,另 1 名试验人员进行配合,1 号机试验准备和完成时间共用 1.5 d 时间(正常 1 d 时间就可完成)。试验时,移动 Chattock 传感器沿着铁芯的内表面对铁芯进行全部检查,试验最终所测的数据应比平均值低 30 mA 才符合厂家要求。

2 号机定子叠片过程中,不慎将 1 块整形块掉下,将铁芯端部砸出约 10 mm 的浅沟,经修复后得到厂家认可。2 号机在进行 EL CID 试验时,在该受损部位周围 3 槽内,虽然所测的数据低于 30 mA,但

可以观察到波形发生明显畸变,这也从另一个方面证实了 EL CID 试验的检测灵敏效果。

试验前,励磁绕组在布线时需要用木块等绝缘材料作为支撑,电线与定子机座保持至少 1 m 的距离,以避免励磁绕组与定子机座直接接触而对试验时的数据采集产生影响。

5 小 结

由于激磁电流小,EL CID 试验没有噪声,铁芯也没有温升和发热点,试验对铁芯匝间绝缘没有任何潜在的损伤,试验采用低电压、低电流,试验过程安全可靠,但相对于铁损试验来说,试验设备要求较高,试验必须用专用设备,而且 EL CID 试验不能测定铁芯单位质量的损耗值。

(收稿日期 2006-07-06 编辑 高建群)

