

宝珠寺水电厂转子过电压保护改造

朱志强

(宝珠寺水力发电厂,四川广元 628003)

摘要: 通过对我厂大功率可控硅自并励磁系统原转子过电压保护装置存在隐患的分析, 有针对性地进行了改造, 在电路设计上解决了氧化锌阀片老化的问题, 通过尖峰吸收器和非全相保护器的应用, 使过电压保护更加安全可靠, 过压保护更加完整。

关键词: 宝珠寺水电厂; 灭磁; 氧化锌阀片; 过电压保护; 换相尖峰电压

中图分类号: TV 736

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(1999)增-0079-03

1 原转子灭磁及过电压保护装置配置

保护装置型号为MB62-2 3/2 1。电路原理见图1。

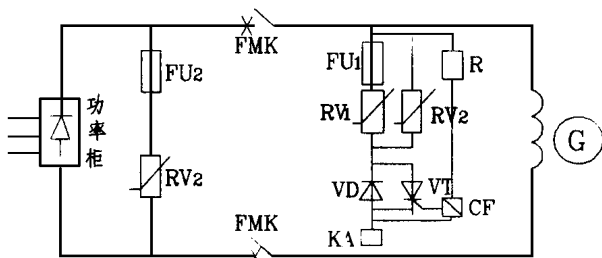


图1 灭磁及转子过电压保护原理图

压敏电阻RV2作为灭磁开关开断时整流电源侧的过电压保护,压敏电阻RV1和RV3作为转子正反过电压和灭磁过电压保护。RV1正向过电压保护动作值为2400V,反向过电压动作值为1950V。灭磁过电压由RV3承担,动作值为2100V。电流继电器KA用作灭磁和正反过电压显示。在设计上,RV1和RV3配合,作为正反向过电压和灭磁保护之用,氧化锌阀片总的容量为2.3MJ。从设计原则上看:考虑到转子绝缘的保护裕量,过电压限制在2400V~2100V之间,所以,氧化锌阀片的残压定为:RV1, $U_{残}=2400V, U_{10mA}=1540V, 1.6U_{10mA}=2460V$;RV2, $U_{残}=2100V, U_{10mA}=1900V$ 。由于氧化锌阀片的老化寿命要求,长期工作持续运行电压的最大值 $U_c=2U_{线}=1.414 \times 850V=1202V$,应小于 U_{10mA} 电压的70% ($U_{线}$ 为励磁变低压侧线电压)。对于RV1: $70\%U_{10mA}=70\% \times 1540V=1078V < 1202V$;RV2: $70\%U_{10mA}=70\% \times 1900V=1330V > 1202V$ 。因此,RV1不能满足

氧化锌阀片的老化寿命要求,而RV3能满足氧化锌阀片的老化寿命要求。所以在电路设计中,为保护氧化锌阀片,由R、TR、VT、VD组成可控硅跨接器,以阻止 U_c 。加在氧化锌阀片上,这样,由于可控硅VT和二极管VD承受长期工作电压 U_c ,灭磁和反向过电压时,电流从二极管VD流过,由阀片将电压限制在2100V内;正向过电压时,当电压达到2400V时,可控硅跨接器动作,由阀片将电压限制在1800V(RV1的正向过电压通态值,厂家实验数据)。电源侧氧化锌阀片RV2, $U_{10mA}=2700V$,直接跨接在可控硅整流电源两侧,假定 $U_c=1890V$,其荷电率 $K=70\%$,因而可以长期运行。

2 原保护装置存在的问题

图1所示的保护电路和参数是能够满足转子灭磁和出现突发性正反过电压保护要求的。但是,它作为转子过电压保护是不完全的。只要经过实测和分析就可知道,由于可控硅换相尖峰过电压的存在,原电路是不能满足氧化锌阀片老化寿命要求的,不能防止转子绝缘的老化;其阀片的能量设计也未考虑通过气隙传递过来的其它能量;其电流互感器KA在电路中所处的位置,也存在事故隐患;氧化锌阀片RV2实际上起不到什么作用。分述如下:

(1)由于可控硅换相尖峰过电压的存在,原电路不能满足氧化锌阀片的老化寿命要求和防止转子绝缘的老化。

可控硅换相尖峰过电压的测试。测试线路见图2。

图2中分压器、示波器、隔离变压器T1、T2在测试时全部用绝缘垫悬浮起来。分压器的分压比: $320k\Omega/320\Omega=1000/1$,直接加200V标准电压于示波器5V档上,200V电压升起2格,若经分压器

加于示波器输入上,升起应是 2 格/1 000,将示波器置 50 mV 档,应升起 2 格/1 000 × 5V/0.05 = 0.2 格,这样,每格电压为 200 V/0.2 = 1 000V/格。所测阳极尖峰电压波形如图 3。

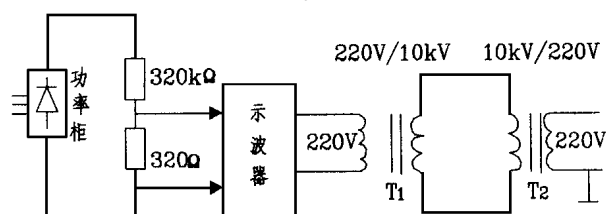


图 2 测试线路图

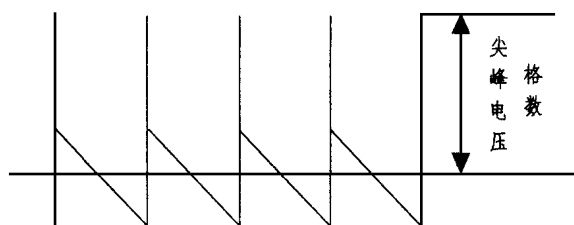


图 3 阳极尖峰电压波形图

通过实测,我厂 1~4 号机组的可控硅换相尖峰过电压在 2 390 V ~ 2 600 V 之间。

根据实测结果分析,当电源出现连续尖峰过电压 U_c 超过 1 890 V 时,原保护装置无法保护,保护不保护超出保护值的连续工作电压,这是过电压保护的原则。对于氧化锌阀片 RV 2,当 U_c 超过 1 890 V 时,其荷电率大于 70%,因而不能满足老化寿命的要求。对于氧化锌阀片 RV 1 和 RV 3,其荷电率远大于 70%,由于其有可控硅跨接器的保护,看似可以满足运行要求,但是,当尖峰电压超过跨接器的运行电压 2 400 V 时,跨接器将连续动作。实际上连续尖峰电压加在了阀片上,阀片承受不了;跨接器连续动作,为什么又没有过电压显示呢?这是因为尖峰过电压每个尖峰只有几个微秒,而电流继电器动作至少要几个毫秒。由以上分析可见,原电路是不能满足氧化锌阀片的老化寿命要求的,不能防止转子绝缘的老化,因此,我们不能让这种情况长期存在。

(2) 原装置阀片总的容量为 2.3 MJ,它是考虑到转子突然误强励时转子本身最大的磁场能量和灭磁过电压的能量全部可靠吸收而设计的,但不考虑通过气隙传递过来的其它能量。

当发电机组在投合和脱离电网时,因开关原因出现非全相运行是可能的。另外,由于误操作,发电机在大滑差下异步运行也会发生。在这两种情况下,定子负序电流产生的反转磁场以两倍同步转速切割转子绕组并在转子绕组中感应很大的电势,反转磁场的感应电势在转子绕组中产生剧烈的过电压,因而可能击穿转子绕组绝缘。同时来源于电网的电能

和转子轴上的机械能传递到转子中,由于这部分能量远超过通常灭磁装置的灭磁能量,并且不是一个定值。由于非全相运行的时间是不确定的,因此灭磁装置的氧化锌阀片将损坏并使与之串联的熔断器熔断,当灭磁装置的氧化锌阀片的熔断器全部熔断时,也将产生过电压并击穿转子绕组绝缘。

(3) 原装置中,作过压动作显示的电流继电器的线圈直接串接在过电压保护一次回路中,其动作电流为 11.8 A,而当过电压保护动作时,其线圈将流过上千安培的电流,该继电器的触头接在由 220 V 直流电源供电的二次回路中;一旦这只继电器线圈与触头之间在电压下击穿,使转子回路的高电位接入直流控制电源中,后果不堪设想。1999 年 7 月 27 日,我厂 1 号机就发生了因该继电器因电压击穿,而烧毁励磁操作柜的重大事故。

(4) 氧化锌阀片 RV 2 作为电源侧的过电压保护, $U_{10mA} = 2 700 V$,保护电压 $U_{残} = 1.6U_{10mA} = 1.6 \times 2 700 V = 4 320 V$,因而起不到保护功率柜中正反耐压为 4 200 V 的可控硅的作用;也抑制不了换相尖峰电压。

3 针对我厂转子过电压保护存在的问题采取的改造措施

1999 年 6 月,通过对我厂转子过电压保护的分析和参考国内部分水电厂由于转子过电压保护引发的事故,我厂结合 4 号机组励磁功率柜的改造,对 4 号机组转子过电压保护进行了彻底改造。改造后的电路如图 4 所示。

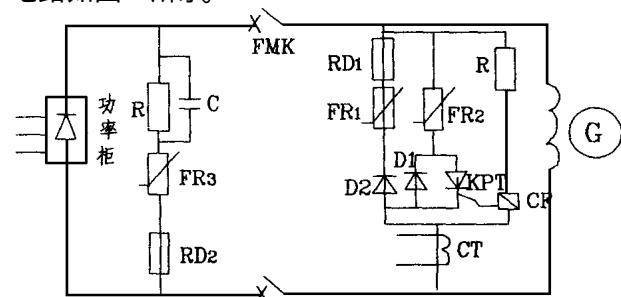


图 4 4 号机组转子过电压保护改造后的电路图

(1) 转子灭磁及反向过电压保护由氧化锌阀片 FR 1、RD 1、D 2 组成。

阀片总数为 220 片,4 串 55 并,总的容量为 2.2 MJ,并与非全相保护装置配合,将灭磁残压定为 $U_{残1} = U_{残2}/1.5 = 2 100/1.5 = 1 400 V$ 。

(2) 取消原过压保护电阻 RV 3,增设由 FR 2、D 1、KPT、R、CF 组成正反向过压、非全相运行及大

滑差异步运行过压保护器,并将FR2的残压定为 $U_{残2}=2100\text{V}$ 。因为 $U_{残2}$ 小于 2500V ,可以有效地保护转子绝缘安全,同时确保正反向过电压、非全相及大滑差运行工况出现时,保护可靠动作。

(3) 取消原过压保护RV2,增设尖峰吸收器SPA(由FR3、R、C组成),每个功率柜1只,共3只。SPA的压敏电阻FR3, $U_{10\text{mA}}=1120\text{V}$, $U_{残3}=1680\text{V}$ 。SPA将尖峰率降到1.5倍以下。

(4) 取消原转子回路的电流继电器,变更为CT,型号为LMZ-05,这样就能有效地防止一次高电压串入二次操作回路。

4 改造后达到的目的和效果

(1) 由图4可见,在发电机正常运行的情况下,非全相及大滑差异步运行保护器处于开路状态,仅有极小的(微安级)漏电流,在转子灭磁工况下,因保护器导通电压高于灭磁氧化锌电阻导通电压,故不参与灭磁过程,不吸收灭磁能量。当出现非全相及大滑差异步运行而产生剧烈正反向过电压时,保护器内部的氧化锌电阻阀片导通而将发电机转子绕组的电压限制在安全范围内。随着保护器吸收能量的增加和温度的升高,保护器导通电压迅速下降,低于灭磁氧化锌电阻导通电压,并使其退出工作。由于非全相及异步运行时转子电流近似恒流,只要降低了保护器电压即降低了输入保护器的功率,随着时间的增加,保护器电压不断降低,直至形成几乎短路的电流通路,使输入功率不断降低直至为零。这样就能始终确保在故障情况下流经保护器的电流在转子中产生抵消定子反转磁场的相反磁场,可靠地起到保护转子绝缘和FR2的作用。保护器在结构上采取了防潮密封及防爆措施,运行安全可靠。

(2) 由图4可见,电源侧增加了C、R和FR3,形

成了尖峰过电压吸收支路,该支路将产生尖峰过电压的磁场能量由C吸收,再在尖峰过电压的间隙中转化成电阻R上的热量耗散掉,而不由阀片限制。FR3, $U_{10\text{mA}}=1120\text{V}$, $U_{残3}=1680\text{V}$,其荷电率大于1,超出了阀片老化寿命的要求0.70很多,阀片运行有危险。但是,可控硅整流柜产生换相尖峰过电压是必然的,而从制造角度而言不易消除它,但又因FR1和FR2担任灭磁和非全相保护的任务,从保护原则上说也不能吸收尖峰过电压,转子绝缘和整流柜的安全又必须保护,所以,只有让FR3超负荷运行来消除尖峰过电压对其他设备的危害,即使自身运行一段时间受到毁坏也是值得的。为了延长运行时间,减少毁坏时对其它设备的危害以及缩短毁坏后的更换期,保护整流柜的安全,要作到FR3加强散热,在支路上装设较小直径的熔断器,以及加大整流桥电阻的吸收功率。为加强吸收尖峰过电压的效果,将FR3支路移入整流柜内,可使线路电感尽可能减少。采用以上措施后可以使FR3退出后机组仍可运行一段时间,直到FR3更换。FR3的毁坏不能认为是设备故障,而是一种保护方法。

(3) 由(1)和(2)的分析可见,3种过电压由3条支路分别限制和吸收。FR1支路由于有D1作用,不会再有 U_e 。对其造成老化损坏了。FR2限制非全相时的过电压,并保护转子绝缘,其可控硅动作值大于尖峰过电压 U_e ,也不承受尖峰过电压,故不受 U_e 之害。支路FR3吸收尖峰过电压。这样作,作用分明,功能增全,使转子过电压保护更加可靠。

(4) 改造后经试验检验表明,灭磁保护动作可靠,阳极换相尖峰过电压已限制在 1700V 以下,可以说,此次改造是成功的。

作者简介:

朱志强(1967年-),男,四川邻水人,宝珠寺水力发电厂生技部,工程师,学士,从事电气技术管理工作