

300 MVar调相机TSI振动保护干扰误动的原因分析及对策

陈翔斌,甘祎扬,刘 威,李 宣

(国网江西省电力有限公司超高压分公司,江西 南昌 330006)

摘 要:文中针对某300 MVar调相机组轴瓦保护干扰误动事件,通过调研国内已投产的上海电气调相机组采用的本特利及南瑞继保技术的测量链路、硬件配置与保护逻辑设计情况,分析调相机组振动保护干扰误动的原因,并对国内2种典型的振动保护配置中各个环节的延时对保护动作影响,进行深入分析,给出了保护延时逻辑设计优化的应对措施,并得到了试验验证,该延时整定策略能够为同类调相机的振动保护设置提供重要参考。

关键词:调相机;TSI;保护误动;轴瓦振动

中图分类号:TM 761 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-348X(2025)02-0059-04

0 引言

调相机安全监视系统(turbine supervisory instrumentation, TSI)作为调相机组本体主保护,在启(停)机或运行过程中,能防止本体各个部件之间的互相磨损,避免出现烧瓦等严重事故^[1-2]。实际运行经验表明,许多重大设备事故的先兆都会表现在振动上^[3-4],因此,TSI保护系统在调相机组稳定运行上起到重要作用,合理配置TSI保护系统逻辑是保证机组安全运行的重要因素^[4-5]。

近年来,由于TSI误动导致的调相机非停事故呈上升趋势^[6]。如某300 MVar调相机组采用美国本特利3 500振动监测装置及南瑞继保PCS-974及PCS-9552非电量保护装置,构成调相机振动保护系统,由于轴振4路通道误发“NOT OK”信号,导致振动保护误动跳机。而造成振动通道误发“NOT OK”的原因有多种,一般为雷击、电力拖动强迫换相、碳刷接地干扰等^[7-8]。因此,需要对振动通道“NOT OK”跳机逻辑进行分析和优化,以防止保护误动。

1 TSI振动保护误动事件分析

2023年5月28日22时04分52秒,当某换流站调相

机组第三大组交流滤波器母线进线开关33C1三相合闸后,第三大组交流滤波器母线充电完成,轴振跳机保护信号触发,1号调变组保护C1、C2、C3均收到轴振跳机信号,三取二装置保护动作,1号调相机跳机。事故前,1号调相机通过3601开关并网于61号母线上(进线开关为33A0、33A1),2号调相机通过3602开关并网于62号母线上(进线开关为33B0、33B1),63号母线为第三大组交流滤波器母线(进线开关为33C0、33C1)。

如图1监控系统记录波形显示,跳机的根本原因为第三大组交流滤波器母线充电时,轴振传感器测量回路受外部干扰,导致4路轴振探头的间隙电压超过测量电压范围,判断传感器为“NOT OK”状态,进而引发保护轴振通道均形成“NOT OK”跳机逻辑,造成保护误动。

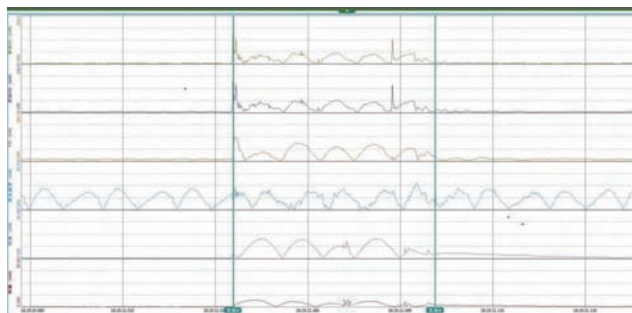


图1 某300 MVar调相机误动数据波形图

通过波形记录可以看出,三大组交流滤波器母线进线开关33C1三相合闸时,DCS系统报1号机励端

收稿日期:2025-01-02

作者简介:陈翔斌(1993),男,硕士,工程师,研究方向为继电保护。

故障分析 FAULT ANALYSIS

X向轴振品质坏、励端Y向轴振品质坏、励端X向瓦振品质坏、励端Y向瓦振品质坏、盘车端X轴振品质坏。6路振动信号均发生扰动,但由于盘车端Y轴振品质坏干扰较小,DCS未报品质坏信号,该次扰动持续约55 ms。

为了探究站内一次设备运行方式变化对振动干扰量的影响大小,文中统计了在2023年9月至10月站内操作时,二次屏柜内屏蔽地与临时接地电压和干扰电流的扰动量。期间,电压扰动计11次,其中直流控保有设备投运6次,设备投运时刻扰动数据见表1,测得的接地电压最大可达915.7 mV,测得二次信号干扰电流最大为99.6 mA,最长干扰时间持续了19 min 51 s。由于调相机二次屏柜信号均为低电压信号,因此可判断调相机二次屏柜受干扰较为严重,见表1。

表1 2023年9-10月投运期间振动干扰测试结果

序号	1	2	3	4	5	6
操作类型	33C1合	36 121合	36 151合	3625合	33711、33712、33822、3382合	3371合
干扰持续时间(ms)	1.4	58.5	62.9	112	19m 51s	0.9
TSI柜干扰电压(mV)	77.2	173.8	521.8	61.5	825.8	191.2
瓦振干扰电流(mA)	17.40	29.48	28.89	14.2	33.5	27.5
轴振干扰电流(mA)	72.0	99.6	87.10	66.8	88.2	80.2

1) 通过测试,统计本次调相机振动干扰测试及前期调相机TSI系统信号干扰排查结果,判断调相机二次屏柜中本体信号受干扰问题较为严重。

2) 直流投运操作:运行期间,小组滤波器投运均会造成振动信号干扰,甚至造成轴瓦振出现品质坏告警。

3) 虽部分干扰因幅值较小,未造成信号品质异常问题,但还存在振动信号受干扰时刻换流站未进行任何操作的情况。

2 轴振、瓦振通道均非“OK”跳机延时分析及对策

TSI振动保护通道非“OK”跳闸信号链路为从振动传感器输出电压超出测量范围保护逻辑判断跳闸,继电器板卡动作出口非电量保护,经防抖延时后,传至三取二装置,进行跳闸。

轴振、瓦振通道均非“OK”跳闸逻辑延时分为TSI与DCS系统耦合和非耦合两种情况。

1) TSI与DCS耦合

TSI通道轴瓦通道同时非“OK”跳机出口动作时序如图2所示。

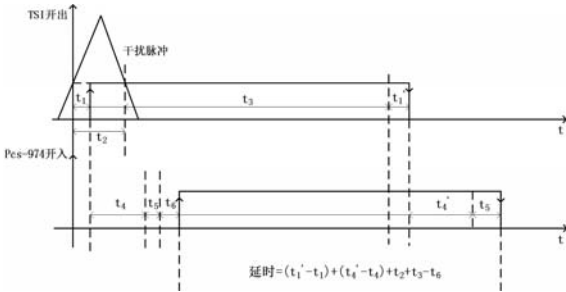


图2 TSI与DCS耦合下跳机信号时序图
其信号流程及跳机链路如图3所示。

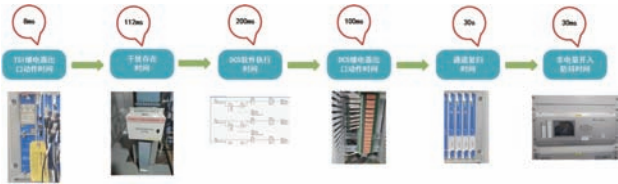


图3 TSI与DCS耦合下跳机信号流程图

图2中, t_1 为TSI保护逻辑判断与继电器板卡的继电器动作时间,TSI软件处理时间为毫秒级,最大取10 ms,该站TSI装置为本特利3500型号,出口继电器典型动作时间为8 ms,因此, t_1 时间为18 ms。

t_2 表示干扰脉冲从出现到消失的时间,即干扰存在时间。根据上节干扰时间统计,对于单一操作类型,干扰时长持续了112 ms。因此, t_2 时间取112 ms。

t_3 表示TSI在干扰消失后的复归时间,3500保护在轴瓦通道单次“NOT OK”后固化复归时间为30 s。因此, t_3 时间取30 s。

t_1' 表示TSI继电器板卡出口动作时间,为8 ms。

t_4 表示DCS出口执行需要的时间。DCS系统执行周期为100 ms,考虑TSI开入至DCS信号若无法赶上本次执行周期,需要下个执行周期才能完成,具有一定的随机性,取最大两个执行周期时间,即200 ms。

t_4' 表示DCS复归执行需要的时间。由于DCS执行周期具有一定的随机性, t_4 不等于取 t_4' , 两者相差 ± 100 ms。

t_5 表示DCS系统出口继电器动作时间,南瑞继保采用的继电器典型动作为0.4 ms。不同DCS系统厂家采用不同供应商提供的继电器差异。

t_6 为非电量开入防抖延时,一般取30 ms。需要指出的是,974保护的开入信号返回不存在防抖,电平仅从低到高变化经过延时处理。

通过图2中可以看出,在0时刻,由于干扰存在使得前置器输出电压超出TSI输入电压范围,判断通道均非“OK”跳机,经过TSI软件处理和继电器出口动

作时间 t_1 , 电平传输至 DCS 系统, 而干扰持续 t_2 时间后才消失, 使前置器输出电压在正常范围内。为考虑可靠出口, DCS 需要最多两个执行周期 t_4 , 且考虑 DCS 继电器出口动作时间 t_5 , 非电量保护 974 防抖延时 t_6 , 从 0 时刻起其经历 $t_1+t_4+t_5+t_6$ 时间, 非电量保护软件内部真正收到跳闸变位。

考虑干扰存在时间 t_2 和通过复归时间 t_3 及 TSI 继电器动作时间 t_1' , DCS 系统在从 0 时刻起 $t_2+t_3+t_1'$ 时刻收到 TSI 跳闸复归信号, 再经历 DCS 系统执行周期和出口动作时间, 非电量保护 974 在从 0 时刻起 $t_2+t_3+t_1'+t_4+t_5$ 时刻软件内部跳闸信号复位。

从以上分析可以看出, 非电量保护 974 跳开开入信号存在时间为:

$$t_2+t_3+t_1'+t_4+t_5-(t_1+t_4+t_5+t_6)=(t_1'-t_1)+(t_4'-t_4)+t_2+t_3-t_6 \quad (1)$$

因此, 理论上非电量保护开入延时设置在 $30\ 093 \pm 100 = 30\ 192\ \text{ms}$ 以上。 $t_4'-t_4$ 为 DCS 处理随机性造成的延时。考虑 DCS 系统在 TSI 跳机开入后逻辑程序动作复归执行的随机性, 以及发电厂和不同生厂商 DCS 系统差异, 逻辑组态最大扫描周期不高于 $500\ \text{ms}$, 延时至少设置在 $30\ 192\ \text{ms} + 500\ \text{ms} = 30\ 692\ \text{ms}$ 以上能够躲过由于干扰引起的误跳机。

2) TSI 与 DCS 解耦

其信号流程及跳机链路如图 4 所示。



图4 TSI与DCS非耦合下跳机信号流程图

TSI 轴瓦通道同时非“OK”跳机出口动作时序如图 5 所示。

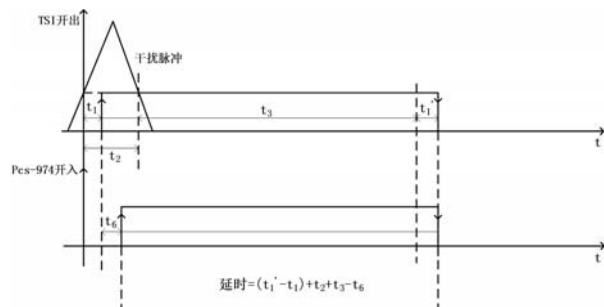


图5 TSI与DCS非耦合下跳机信号时序图

图 5 中, 时间定义与第一种情况相同。可以看出在 0 时刻, 从 0 时刻起其经历 t_1+t_6 时间非电量保护软件内部真正收到跳闸变位。

考虑干扰存在时间 t_2 和通过复归时间 t_3 及 TSI 继电器动作时间 t_1' 和非电量防抖延时 t_6 , 非电量保护 974 在从 0 时刻起 $t_1'+t_2+t_3$ 时刻软件内部跳闸信号复位。

从以上分析可以看出, 非电量保护 974 跳机开入信号存在时间为:

$$(t_1'-t_1)+t_2+t_3-t_6 \quad (2)$$

因此, 延时至少设置在 $(t_1'-t_1)+t_2+t_3-t_6 = 30\ 092\ \text{ms}$ 。

由以上分析可知, 对于 TSI 和 DCS 耦合与非耦合情况, 两者之间需要设置的延时差别在于 DCS 处理周期的随机性。因此, 综合两种情况, 设置 $30.692\ \text{s}$ 延时理论上应该能够满足躲过轴振, 或者瓦振通道均非“OK”引发的误跳闸现象。

3 振动通道均非“OK”跳闸延时整定试验

为了验证本文的延时分析及采用延时策略躲过干扰导致振动通道均非“OK”的延时值正确性, 采用信号发生器、TSI 装置、非电量保护装置、三取二装置之间的线缆连接进行模拟试验, 在 TSI 装置、非电量保护装置、三取二装置中按要求完成逻辑组态、程序编写和参数设定。

TSI 装置分别输出三路“振动通道异常 1-3”开变量信号至非电量保护 C1、C2、C3 屏, 再由非电量保护 C1、C2、C3 屏分别输出至两台三取二装置, 完成三取二逻辑后, 输出跳机指令。试验装置如图 6 所示。



图6 试验平台图

控制信号发生器输出信号输出中断 $112\ \text{ms}$ 后再

故障分析

FAULT ANALYSIS

恢复正常,模拟干扰信号,测试延时设置的正确性。针对跳机延时定值的测试,采用报文中收到对应保护动作信号时间和三取二装置出口跳闸时间做差值计算。试验结果如表2所示。

表2 振动通道均非“OK”跳闸延时整定值试验结果

序号	1	2	3	4	5	6
操作类型	33C1合	36 121合	36 151合	3625合	33 711、33 712、33 822、3 382合	3371合
干扰持续时间(ms)	1.4	58.5	62.9	112	19m 51s	0.9
TSI柜干扰电压(mV)	77.2	173.8	521.8	61.5	825.8	191.2
瓦振干扰电流(mA)	17.40	29.48	28.89	14.2	33.5	27.5
轴振干扰电流(mA)	72.0	99.6	87.10	66.8	88.2	80.2

从表中数据可以看出,不论是TSI与DCS耦合还是解耦状态下,传感器干扰时长为112 ms的0.95和1.05倍下,保护能够可靠躲过由于干扰导致的误动,证明了可以通过设置合理的延时,避免传感器收到干扰时的误跳问题。

4 结语

文中对某站调相机由于TSI系统传感器受干扰导致误跳故障进行分析,并统计分析了2023年9月至10月间,站内一次设备操作对TSI系统的干扰影响程度;此外,还分析了TSI与DCS系统耦合和解耦下的各个环节的延时分析,最后确定了延时设置的整定规则,通过

实际试验,验证了该延时定值整定方式的正确性。需要指出的是,文中在某站具体的保护配置下进行的定值整定试验,对于不同站的配置,各个环节的延时均需要根据实际进行计算。文中提出的延时整定规则对同类机组和水电机组安全运行具有推广和借鉴价值。

参考文献:

[1] 彭军,马涛,祁富志,等.新型调相机TSI振动保护系统典型问题分析研究[J].青海电力,2022,41(1):62-67.

[2] 王正伟,马春安,周军,等.某换流站调相机轴振保护跳机问题分析及处理[J].青海电力,2023,42(4):51-56.

[3] 马天逵,张芬芬.300 Mvar调相机瓦振跳机问题分析及处理[J].大电机技术,2024(3):51-56.

[4] 罗吉江.某核电站汽轮发电机组振动保护优化探讨[J].汽轮机技术,2022,64(3):229-232.

[5] 祁元堂,祁富志,李富荣,等.某换流站3号调相机振动保护单回路隐患分析及改进措施[J].青海电力,2023,42(2):57-62.

[6] 陈尚兵,王会.汽轮机振动保护逻辑的优化与探讨[J].浙江电力,2008,27(1):45-47.

[7] 李新岩.某调相机振动异常诊断分析与处理[J].大电机技术,2022(5):35-39.

[8] 文立斌.南宁电厂调相机振动故障的分析及处理[J].广西电力技术,1999,22(1):24-26.

(上接第54页)

5 结语

通过以上分析,漳州核电厂500 kV送出线路漳江大跨越采用锚-直-直-锚跨越方式:

- 1) 往东林方向线路大跨越段长为2 506 m,档距分布为501-1446-559,铁塔呼高分布为30-59-93-30。
- 2) 往五峰方向线路大跨越段长为2 410 m,档距分布为451-1433-526,铁塔呼高分布为30-59-93-30。
- 3) 推荐方案大跨越铁塔采用攀爬机登塔,攀爬机尺寸1 130 mm×1 042 mm×2 191 mm,额定载荷

300 kg,可一次运送2名检修人员或一定重量的检修工器具,速度为14 m/min。

参考文献:

[1] 国家能源局.110 kV~750 kV架空输电线路大跨越设计技术规程:DL/T 5485—2013[S].北京:中国计划出版社,2013.

[2] 王婉竹.漳州核电厂500 kV送出线路工程水文气象专题报告[R].福州:福建永福电力设计股份有限公司,2019.

[3] 中国电力工程顾问集团有限公司,中国能源建设集团规划设计有限公司[R].《电力工程设计手册》(架空输电线路设计).

[4] 吴竞.漳州核电厂500 kV送出线路工程大跨越估算书[R].福州:福建永福电力设计股份有限公司,2019.