

高压电机绝缘电阻在线监测仪 在水利泵站的应用

戴 健, 刘圣亚, 张 瑾, 张 漠, 韩宏宇
(江苏省太湖地区水利工程管理处, 江苏 苏州 215128)

摘要: 为提升水利泵站智慧建设, 提高工程开机运行效率, 结合泵站运行实际情况, 研制高压电机绝缘电阻在线监测仪, 推动操作方法由人工检测向自动监测方向发展, 实现了自动化数据采集与自动控制以及人身安全保障功能。

关键词: 泵站; 绝缘电阻; 自动监测; 数据采集

中图分类号: TV675 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-7839(2024)12-0061-0003

The application of online monitoring instrument for insulation resistance of high-voltage motor in water conservancy pumping stations

DAI Jian, LIU Shengya, ZHANG Jin, ZHANG Mo, HAN Hongyu

(Water Conservancy Engineering Management Office of Taihu Region of Jiangsu Province, Suzhou 215128, China)

Abstract: In order to improve the intelligent construction of the water conservancy pumping station and improve the start-up operation efficiency, an online monitoring instrument for insulation resistance of high-voltage motor was developed with the actual operation conditions of the pumping station, which promoted the development of the operation method from manual detection to automatic monitoring, and realized the functions of automatic data acquisition, automatic control, and personal safety.

Key words: pumping station; insulation resistance; automatic monitoring; data acquisition

泵站在开机前需测量电机定子绕组相对地绝缘电阻^[1], 一般使用数字兆欧表(绝缘电阻测试仪)测量, 测量目的是检查定子绕组绝缘的受潮和污染情况以及绕组与机壳之间是否短路, 以保证电机的安全运行。高压电机定子绕组的绝缘电阻和吸收比应符合相关规定, 即绝缘电阻应不小于 10 M Ω , 主电机绝缘吸收比应不小于 1.3(环氧粉云母绝缘吸收比不应小于 1.6)^[2-3]。目前, 电机定子绕组相对地绝缘电阻测量方法大致有 2 种。方法一: 在电机高压主引线盒处测量, 通常需拆开电机盖板和电机主

引线盒再进行测量, 检测后需复原; 方法二: 在中性点引线柜处测量, 有的泵站在设计时考虑到空间布置, 将中性点接线柜设置在电机梁上, 需用梯子攀登至该处测量, 空间狭小, 测量困难。上述方法均存在参加操作人员多、时间长、操作繁琐、高处作业等因素和风险。

为提升泵站智慧水平建设, 管理处与相关科研单位合作, 结合大型泵站多、机组台数多、开机时间长、电压等级高、潮汐泵站频繁操作启停次数多等特点, 共同研发了适合管理处工情的高压电机绝缘

收稿日期: 2024-09-14

作者简介: 戴健(1972—), 男, 高级工程师, 本科, 主要从事水利工程运行管理工作。E-mail: 987384011@qq.com

电阻在线监测仪,主要用于电动机定子绕组相对地绝缘电阻测量与监视。

1 绝缘电阻测量原理

1.1 绝缘电阻相关理论

绝缘电阻是施加于绝缘的直流电压除以某一时刻全部合成电流的商,总的合成电流(I_T)是4个不同电流的和:表面泄露电流(I_L)、几何电容电流(I_C)、电导电流(I_G)和吸收电流(I_A),绝缘电阻测试中各种电流分布等效电路如图1所示。

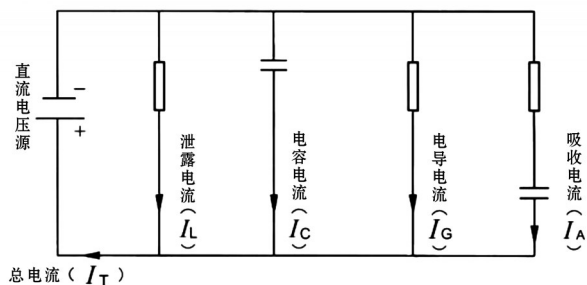


图1 绝缘电阻测试中各种电流分布等效电路

电容电流(I_C)通常不影响测量,因为这部分电流是由于电介质的电容效应造成的。当试样加压时,介质发生快速极化,其极化量相当于充电电容器产生的电流,是瞬时存在的,衰减速度快,通常在1 min内读取第一个读数时就不存在了。绝缘电阻测试中各种电流分布等效电路见图1。

吸收(极化)电流(I_A)减速衰减,电流与时间关系是幂函数,计算式为

$$I_A = Kt^{-n} \quad (1)$$

式中: I_A 为吸收电流; K 为特定绝缘系统和所施加试验电压的函数; t 为施加直流电压的时间; n 为特定绝缘系统的函数。

吸收电流有2个分量,第一个分量是由于浸渍材料极化所产生的。吸收电流的第二个分量是通过大部分有机材料的电子和离子的逐步漂移所产生的,通常对于清洁干燥的旋转电机绝缘,绝缘电阻主要由吸收电流决定。试验证明,绝大多数绝缘材料其吸收电流经过1 min已趋于稳定,这也是为什么吸收比用60 s和15 s的绝缘电阻值进行比较。此时,在聚酯和环氧云母绝缘系统中绝缘未受潮情况下,电导电流(I_G)几乎为零,泵站高压电机的定子主绝缘系统均采用少胶环氧云母绝缘材料。表面泄露电流(I_L)对于时间是恒定的,高的表面泄露电流及低的绝缘电阻通常是由于气候原因造成电机

内部受潮或其他类型的导电污染所引起的^[4]。

1.2 被测直流电流的特性

评价绕组的清洁和干燥状况时,有必要将绝缘电阻或总电流的变化与所加电压持续时间进行比较。如绕组被污染或受潮,总电流(I_T)相对于时间近似不变。因为 I_L 和 I_G 要远大于吸收电流(I_A)。如绕组清洁干燥,总电流(I_T)通常随时间而降低,则总电流受吸收(即极化)电流(I_A)的支配^[4]。

2 监测仪工作方式

2.1 工作方式

监测仪由检测装置和显示仪表组成,检测装置负责测量和数据处理,显示仪表负责结果的显示和存储。检测装置外壳与开关柜共用接地体(接开关柜的接地端),检测装置的输出引接线连接到断路器负荷端的任意一相母线,检测装置内发生电路产生的电压施加于电气设备与系统地之间,测量电气设备对地的绝缘电阻,接线如图2所示。

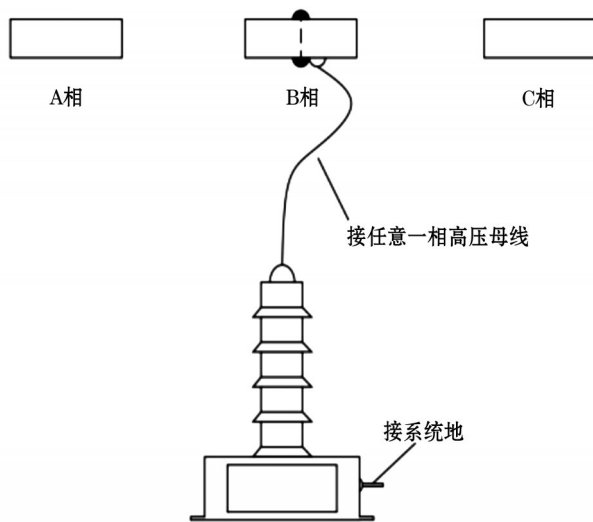


图2 电机绝缘检测装置接线示意

2.2 工作特点

2.2.1 自动化数据采集与自动控制功能

测试得到的绝缘电阻将显示在超高清TFT液晶显示屏上并通过RS485、Modbus RTU通讯接口上传至泵站中控室上位机电脑,可存储20次测量数据及相应的测量时间,并显示绝缘电阻变化趋势曲线,便于对比分析设备的绝缘状况。具有吸收比显示功能,可设定二级报警,预警表示绝缘电阻值低于规定下限值的600%,报警表示绝缘电阻值低于规定下限值或吸收比低于下限值,同时闭锁断路器

合闸回路,该台电机无法投入运行。

2.2.2 设备操作安全可靠

仪器内部采用真空继电器进行隔离,具有高压隔离功能,可长期连接在电气系统上,仅在测量过程中测量回路才与高压母线接触,平时测量装置与高压电机完全断开,且设计时充分考虑了爬电距离的影响。测量线路内部串有1个3 M Ω 限流保护电阻,即使高压母线对地绝缘为零,也不影响测量装置可靠运行,可确保操作人员人身安全。仪器的检测电路封闭在不锈钢壳体内,防尘、防潮性能好,抗干扰能力强。测量时有进度显示,测量完毕自动放电,放电时有放电电压显示,当低于安全电压时,认为放电结束,可进行其他操作。通过断路器辅助触点闭锁检测装置,只有断路器在分闸状态时,检测装置才能工作。

3 现场运行情况

高压电机绝缘电阻在线监测仪在界牌水利枢纽开展了试验比较,安装监测仪前采用较为快捷的在电机中性点处进行测量的方法,2个人测量9台电机的定子绕组相对地绝缘电阻,用时100 min。如采用拆电机盖板方式测量方法,用时180 min。安装监测仪后,1个人测量9台电机的相对地绝缘电阻,用时5 min。监测仪的控制方式可设置为自动和手动,设置为手动时,可在上位机上或现场操作,一键启动,自动完成,自动上传数据。设置为自动控制时,监测仪每天在设定的时刻自动进行测量,图3为高压电机绝缘电阻在线监测仪。

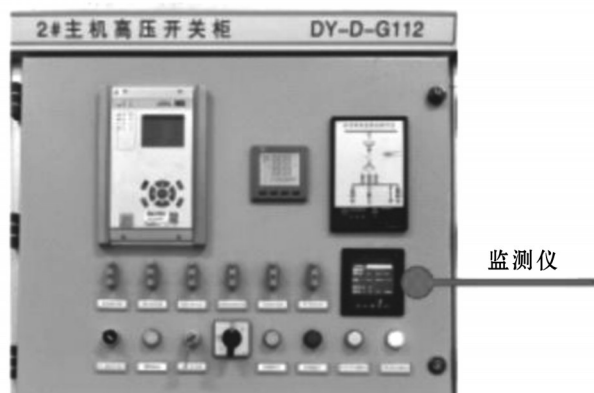


图3 高压电机绝缘电阻在线监测仪

4 监测仪精度测试

高压电机绝缘电阻在线监测仪检测范围为1~15 000 M Ω 。准确度:1~4 999 M Ω , $\pm 5\%$;5 000~

9 999 M Ω , $\pm 10\%$;10 000 M Ω 以上, $\pm 15\%$ 。首先采用2台符合规定不同型号的数字兆欧表和监测仪一起对同一块标准电阻进行了比对测量,数字兆欧表型号为TYBY-3105,FLUKE 1537,测试结果见表1。

表1 测试对比数据

标准电阻 值/M Ω	测量仪表各型号电阻值/M Ω			测量误差/ %
	TYBY-3105	FLUKE 1537	监测仪	
200	201	201	199	0.5
500	495	503	493	1.4
1 000	992	991	982	1.8
2 000	1 980	2 020	1 970	1.5
5 000	4 920	4 920	4 910	1.8

随后,对同一台电机的定子绕组相对地绝缘电阻进行测试,在温湿度条件基本相同且每次测量后充分放电30 min的情况下,由测量结果可知,绝缘电阻和吸收比的测量精度均可达到 $\pm 5\%$,验证了所设计的在线监测仪可以满足电机绝缘特性测试要求。

5 结 语

高压电机绝缘电阻在线监测仪与传统数字兆欧表测量高压电机绝缘电阻方法相比,实现了自动化数据采集与自动控制功能,具有操作便捷、安全、高效、自动定时测试的特点。特别是预见到可能要开机时,可设置每天定时自动监测电机定子绕组相对地绝缘电阻的变化,提高了机组开机前绝缘监测工作时效性。目前,该监测仪已在界牌水利枢纽和江阴水利枢纽得以运用,实际应用中注意事项如下。

(1)由于电机中性点是连接在一起并通过避雷器(过电压保护器)接地,所以监测仪只能用于测量三相电机定子绕组及与其相连接的所有设备(包括电流互感器)对地绝缘电阻。鉴于界牌水利枢纽、江阴水利枢纽属于新建泵站,定子绕组绝缘情况较好,绕组相间绝缘情况和拆除了附着设备的绕组对地绝缘情况可通过年度电气预防性试验获得。随着时间推移,电机绝缘性能会逐渐下降,在必要时应加密试验频次。

(2)在泵站日常养护工作中,需定期对检测装置及限流保护电阻表面的灰尘进行清理。

(下转第72页)

据通过内置的编码器换算得出速度和高度自动调节、修正闸门降落速度^[9]。快速降门时调速控制模拟系统流程如图4所示。

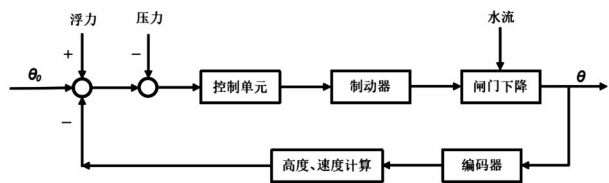


图4 快速降门时调速控制模拟系统流程

(5)系统内应设置闸门高度行程到位、超限位报警、超限值保护,闸门3种模式下降速度超限报警、速度检测和自动抱闸保护,AC电源、编码器异常、空开分合闸、通讯异常和硬件故障检测与保护等功能^[10]。

5 结 语

启闭机作为水利工程中的重要组成装置,其安全、可靠性直接影响水利工程整体安全运行。本文针对姜江枢纽存在的紧急停机、断电情况下不自动落门和松开刹车片落门无保护的问题,开展了详细分析与研究,对目前卷扬式启闭机的运行模式提出优化改造建议。本方案具有远程可控、性能可靠、

安全冗余量高等优点,有力保障卷扬式启闭机闸门运行安全,从而进一步提高水利工程运行效益。

参考文献:

- [1] 梁雪云. 水闸卷扬式启闭机制动器应用效果强化对策探究[J]. 黑龙江水利科技, 2019, 47(4): 176-178.
- [2] 管晓云. 卷扬式快速启闭机调速器的改进[J]. 江苏水利, 2003(10): 16-17.
- [3] 王高原, 张娇. 谈塔山新闸闸门维修[J]. 江苏水利, 2021(11): 69-72.
- [4] 梁姝颖, 冯志先. 南水北调中线天津段慢速卷扬式闸门启闭机设计[J]. 黄河水利职业技术学院学报, 2010, 22(1): 10-12.
- [5] 刘汉凌, 杨莉, 方蕾. 固定卷扬式启闭机安装方法探讨[J]. 中国水能及电气化, 2023(8): 28-33.
- [6] 盛国超, 费会新, 刘强. 智能制动系统在水电站卷扬式启闭机上的应用[J]. 起重运输机械, 2018(10): 104-107.
- [7] 连振荣, 郑春峰, 王波. 新型联动启闭机在太浦闸套闸工程中的应用[J]. 水利建设与管理, 2016, 36(10): 73-75.
- [8] 查六一, 邵建龙, 周玉岩, 等. 基于S7-200PLC的闸门卷扬启闭机的控制系统设计[J]. 水电能源科学, 2010, 28(3): 127-130.
- [9] 夏江涛. 泄洪闸门启闭机自动变速控制系统[J]. 电机与控制应用, 2008(1): 32-35.
- [10] 周勇, 周雨洁, 吉波, 等. 基于闸门安全运行的多功能行程控制装置技术[J]. 江苏水利, 2023(7): 55-58.

(上接第63页)

(3)在年度电气预防性试验中对限流保护电阻的阻值进行检查,确保阻值正常。

(4)定期用仪表及标准电阻在系统测试条件下对监测仪进行比对复核,保证测量精度。

参考文献:

- [1] 江苏省质量技术监督局. 泵站运行规程: DB32/T1360—

2009[S]. 南京: 江苏人民出版社, 2009.

- [2] 许建中, 李扬, 李娜, 等. 大型泵站主水泵机组安装与检修[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2020.
- [3] 国家能源局. 电力设备预防性试验规程: DL/T596—2021[S]. 北京: 中国电力出版社, 2021.
- [4] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 旋转电机绝缘电阻测试: GB/T20160—2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.