

交流电机智能综合测试系统设计

朱彦军

(中航工业空空导弹研究院, 河南 洛阳 471009)

摘要: 为解决交流电机性能检测问题,建立了交流电机智能综合测试系统,对低压三相交流电机、高压三相电机、变频电机设计了3种不同的自动测试系统方案。应用结果表明,该测试系统操作方便,安全可靠,能提高交流电机的测试、检修效率,具有一定的工程指导价值。

关键词: 交流电机;智能;测试系统

中图分类号: TM34; TM932

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2012)02-0200-04

Design of intelligent integrated test system for AC motors

ZHU Yan-jun

(AVIC China Airborne Missile Academy, Luoyang 471009, China)

Abstract: In order to solve the problems of AC motors performance test, the intelligent integrated test system of AC motors was established. Three different automatic test systems were designed for low voltage three-phase AC motor, high-voltage three-phase motor and variable-frequency motor. The application results show that the test system is easy to operate, and it is safe and reliable. It can improve the efficiency of testing and maintenance of AC motor, and has a certain value guidance of works.

Key words: AC motors; intelligent; test system

0 引言

近年来,交流电机在各行各业中得到普遍应用,其性能与人们的生产生活质量密切相关。电机测试是对电机装配及返修后质量综合评价的重要环节,传统的试验设备和方法由于操作时间长,需观测的仪器多,人工读取、分析测试数据,在一定程度上影响了电机试验的质量和精度,安全性得不到充分的保证。

本研究设计的交流电机智能综合测试系统,采用工控机进行主控,由PLC执行操作,利用网络技术进行检测,可快速、安全地检测出电机性能^[1-4]。

1 交流电机智能综合测试系统原理

该系统主要由以下4个子系统组成:低压三相交流电机(660 V及以下)检修测试系统,变频电机检修测试系统、高压三相交流电机测试系统、测功机系统。由

于测功机系统的安装对平台有较高要求,而且需要安装一套冷却水循环系统,考虑到带载及最大力矩测试占机时间不长,该系统采用了一台测功机共用的方案,而且将其固定在一个区域平台上,要测试的电机通过吊装与测功机进行对接测试,这样对设备和场地的利用比较合理。该系统如图1所示。

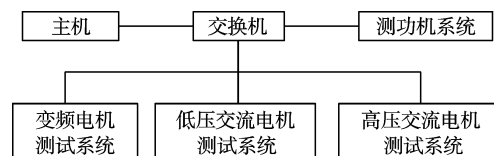


图1 测试系统组成

该系统各个子系统通过交换机组成一个小型的局域网,3个电机测试系统通过网络可以协同测功机完成带载测试,其他计算机主机可以通过网络访问测试数据,这样实现了设备的合理共用以及现场数据的透明管理。

2 电机智能综合测试系统设计

2.1 低压三相交流电机测试系统

该系统用于测试笼形三相异步电机,额定功率为最高400 kW,额定电压最高690 V。主要测试项目有:绕组直流电阻测量、绝缘电阻测量、匝间冲击耐压测试、耐压测试、堵转测试(配合测功机系统进行)、加载测试(配合测功机系统进行)、空载测试、超速试验、振动的测定试验、噪声的测定试验、最大转矩的测定试验等。

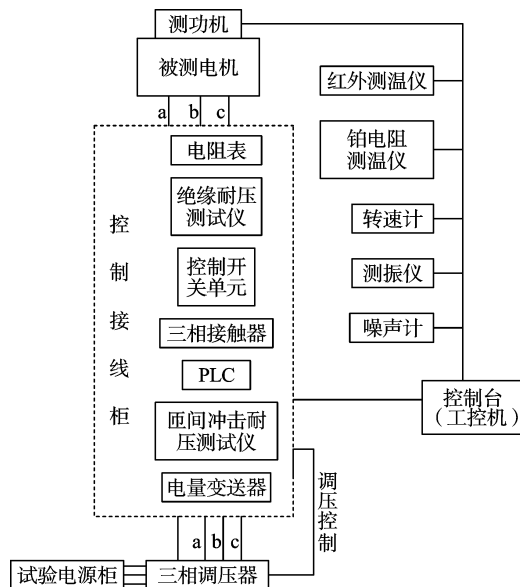


图2 低压电机测试系统

低压三相交流电机检修测试系统如图2所示。系统包括:

(1) 试验电源柜。380 V进线电源,功率1 000 kVA,带有空气断路器。

(2) 三相调压器。本研究选用三相感应调压器,额定输入电压380 V,频率50 Hz~60 Hz,输出电压0~700 V,额定功率1 000 kVA。调压器的传动装置由传动机构和控制部分组成,当电动发生故障时也可通过手动来完成操作。在该系统中由PLC在测试台指令下对升降压进行控制,以达到自动测试的要求,降低系统人为误操作的概率。

(3) 控制接线柜。由接触器、PLC、控制开关单元、电阻表、电量变送器、绝缘耐压测试仪、匝间冲击耐压测试仪、电压表、电流表等附件组成,可实现测试线路切换及时耐压、电压、电流测试功能。

(4) 电量变送器。包括电流变送器和电压变送器、功率表。测量400 kW及以下的电机,电流具有较大的变动范围。为了满足测量精度的要求,由电量变送器配合多量程电流互感器,将电流测量分为5组,分别是10 A,50 A,100 A,300 A,1 000 A,测量精度0.1级,实现电流测量。

电压变送器可选电压0~1 000 V,精度0.1级。

功率表可测量电机运行的有功功率及总功率,针对空载试验配有低功率功率表,可选配有485接口的功率表,可以将数据实时传送到计算机上。

(5) 电阻表。选用电阻测量范围0.1 mΩ~19.99 kΩ,精度0.2级,采用四线制测量,可以避免接线回路对测试值影响。工控机可通过485接口与其直接通讯。要求有冲击防护功能,保护仪表不受瞬态感应电动势、电源等的冲击而损坏。

(6) 绝缘耐压测试仪。按照国标进行绝缘电阻检测及耐压测试,配置灵活,效率较高。耐压测试输出电压100 V~5 000 VAC,最大输出电流100 mA。绝缘测试电压100 V~1 000 V,最大量程9 999 M。工控机可通过485接口与其直接通讯。

(7) 匝间冲击耐压测试仪。配合附件高压扫描仪可以测试三相三线制电机,波形重复性±5%。脉冲电压:0.5 kV~5.00 kV,100 V/step,精度:±(5%×设定值),重复精度:±1%,波形上升:≤0.5 μs,采集频率:5 kHz~40 MHz,15级调节。波形比较方式:电晕比较、面积比较、相位比较。

(8) PLC。可选用施耐德TWD LCAA 40DRF,有40个继电器输出,扩展有8路10位A/D模块。通过以太网口与工控机通讯,执行控制开关动作,包括调压器升降、仪器开关通断及继电器阵列的切换,系统利用其可靠的运行逻辑,在其上面设有安全控制,当系统出现问题,而工控机系统控制出现故障时,它可以立即自动给系统下电,以确保人身及设备安全。

(9) 控制开关单元。继电器阵列由31个施耐德RXM2AB1BD紧凑型继电器组成,在电极之间耐压2 500 V,机械寿命10⁵次以上,控制回路电压24 V DC。控制开关单元还包括美达高压继电器用于耐压、绝缘测试的开关切换和隔离。

(10) 三相接触器。可选工作电压1 140 V,最大工作电流为500 A,用于主供电回路的开关。

(11) 红外测温仪。用于电机各个部位的非接触式测量(如轴承等),测温透镜物距比为30:1,可远距离测量特性,红外测温量程:0~600 ℃,误差±2 ℃或2%(取大者),解析度0.1 ℃,重复性±1 ℃;测温仪有激光瞄准设备,方便现场安装定位。具备RS232输出接口,可以通过电脑来操纵主机进行温度测量。

(12) 铂电阻测试仪。可同时接6路铂电阻温度探头,用于电机各个部位的接触式测量,带有485接口,可将数据实时发回计算机。

(13) 转速计。测量范围从0~9 999 r/min,精度小于1 r/min,非接触测量方式,可将数字脉冲发回计算机。

(14) 测振仪。测量电机振动量值,测量频率范围:10 Hz~5 000 Hz,加速度(峰值): $0.1 \text{ m/s}^2 \sim 199.9 \text{ m/s}^2$,带有485接口,可将数据实时传回计算机。

(15) 噪声计。最大130 dB,精度1 dB,分辨率0.1 dB,带有485接口,可将数据实时传回计算机。

(16) 控制台。控制台由台体、工控机、UPS,显示器、打印机及附件组成。

工控机可选用研华工控计算机610H,机内扩有串口卡可以进行485及232通讯。系统通讯以工控机为中心,总线连接如图3所示。

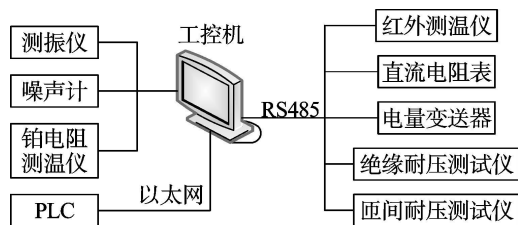


图3 工控机总线连接

测试台布局采用双联设置,尺寸($W \times D \times H$)1 200×1 100×1 200,液晶屏为45°嵌入式安装。电源开关可以关断控制台电源。由于计算机可以显示并控制所有信息及动作,在面板上没有更多的操作及指示装置。为了防止突然断电及电压波动,造成计算机数据存储失败或死机,测试台配备有1 kVA的在线式UPS。

2.2 变频电机检修测试系统

该系统用于测试笼形三相异步变频电机,额定功率为最高200 kW,额定电压1 140 V,频率0 Hz~150 Hz。主要测试项目有:绕组直流电阻测量;绝缘电阻测量;匝间冲击耐压测试;耐压测试;堵转测试;加载测试;空载测试;超速试验;振动的测定试验;噪声的测定试验;最大转矩的测定试验。

智能变频电机测试系统与低压三相交流电机检修测试系统相比,用变频电源柜代替三相调压器,无需三相接触器和电量变送器。

变频电源柜由高压空气开关、变频器组成,进线电压6 000 V,变频器最大功率275 kW,配有485接口与工控机通讯,工控机可直接控制变频器的输出并可实时读取变频器的频率、电压、电流及功率。

2.3 高压交流电机测试系统

该系统用于中高压三相异步电机:额定电压1 140 V~10 kV,额定功率为最高1 000 kW,额定最大电流350 A。测试系统如图4所示。

高压电机主要测试项目有:绕组直流电阻测量、绝缘电阻测量、匝间冲击耐压测试、耐压测试、堵转测试、加载测试、空载测试、超速试验;振动的测定试验、噪声的测定试验;最大转矩的测定试验。

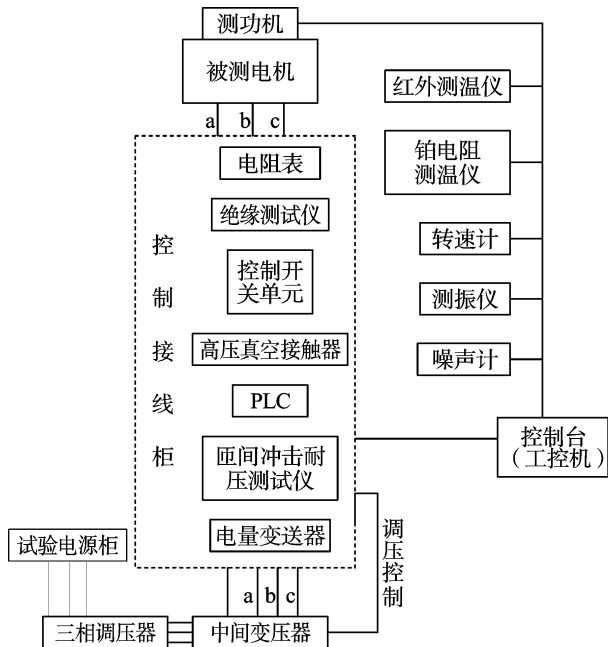


图4 高压电机测试系统

测试系统组成:

(1) 试验电源柜。进线380 V,输出电流最大1 500 A,带有空气断路器。

(2) 三相调压器。额定输出容量:1 250 kVA,输入电压380 V,负载电压14 V~650 V,负载电流1 110 A。

(3) 中间变压器。额定容量1 250 kVA,额定频率:50 Hz/150 Hz,多抽头结构;

输入电压600 V,输出电压:10 kV/120 A,6 kV/240 A,3.3 kV/350 A,1 140 kV/350 A。

(4) 高压真空接触器。额定工作电压10 kV,最大电流400 A。

(5) 电量变送器。电流测量多抽头电流互感器10 A、50 A、400 A,由PLC控制继电器来完成切换。精度0.1级。电压测量0 kV~10 kV,精度0.1级。功率测量:总功率、有功功率和功率因数测量。

(6) 绝缘表。测试电压500 V、1 000 V、2 500 V可选,测量范围200 MΩ~19.99 GΩ。

(7) 电阻表。电阻测量范围0.1 mΩ~19.99 kΩ,精度0.2级。采用四线制测量,可以避免接线回路对测试值影响。工控机可通过485接口与其直接通讯。

(8) 高压电机其他组成部分与低压电机相同。

2.4 测功机平台

测功机平台CW1 300~1 500/3 000配合电机试验系统完成加载测试和最大转矩测试,由测功机、水冷系统、测控单元组成,可测试功率、转速、转矩等参数。

(1) 测功机。电涡流测功机,额定吸收功率1 300 kW,主轴最高转速3 000 r/min,最大扭矩:8 270 N·m。制动力范围0~9 000 N。

(2) 测控单元。其功能是测量显示转速、扭矩、功率等参数,可以按照指令进行恒转速、恒扭矩的控制,它带有一个485接口,计算机可通过接口对测试机进行力矩及转速控制以及测量数据的回传。在该方案中由于3个电机测试系统都需要测功机配合进行测试,通过一个串口设备服务器将测功机接口连到以太网中,然后通过网线与3个测试台进行通讯,为了防止发生多台主机同进控制测功机,在软件上采取有控制权认证的措施。

(3) 水冷系统。为了满足测功机散热需要,必须安装一套水冷系统,考虑到工作环境及水质问题,本研究采用封闭型逆流式冷却塔作为散热设备,冷却水量 $>55.9 \text{ m}^3/\text{h}$,相关水泵、管件及配件配备按标准进行。

3 软件设计

系统测试软件用LabView语言编写,主要完成测试参数设置、用户管理、测试项目选择、测试控制、参数采集、数据处理、生成报表等功能。测试流程简化框图如图5所示。包括:

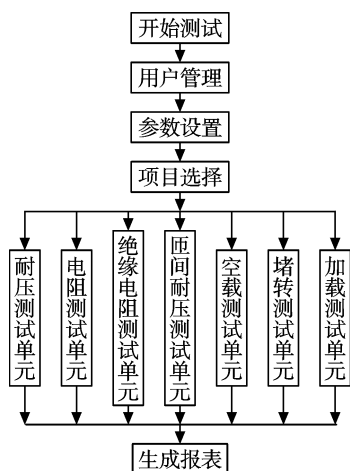


图5 测试软件组成框图

(1) 用户管理。设置管理者与一般用户,管理者可作为系统专业调试人员,具有各测试仪单独控制、系统软硬件调试权限,而一般用户只能按界面提示进行产品测试。

(2) 参数设置。完成电机功率、连接方式、指标要求的输入设置。

(3) 项目选择。用单选、多选或全选3种方式选择测试项目。

(4) 耐压测试单元、电阻测试单元、绝缘电阻测试单元、匝间耐压测试单元。

主控计算机通过局域网控制PLC断开无关电路,连通测试回路,给测试仪上电。然后主控计算机通过485总线给测试仪发测试命令字,测试仪自动测试,主

控计算机接收测试仪发来的测试数据,判断测试结果,完成自动测试功能。

(5) 堵转测试单元、空载测试单元。两部分工作方式基本相同,通过主控计算机控制PLC断开无关电路,连通测试主回路,再通过COM口与调压器或变频器通信,实现电机电压的升降功能,通过其他COM口分别采集电机电压、电流、温度、转速等参数,绘制曲线,实现自动测试功能。

(6) 加载测试单元。通过主控计算机控制PLC断开无关电路,连通测试主回路,连通测功机,通过其他COM口分别采集电机电量、温度、转速等参数,绘制曲线,实现带载或最大转矩自动测试功能。

(7) 生成报表。根据测试结果生成Word、Excel、Html等格式报表,或查阅历史数据、图表,完成数据对比、判别、打印等功能。

5 结束语

本研究利用工控机、PLC及网络技术组建的交流电机智能综合测试系统,配合数据处理、图形显示软件,可以自动进行测试,自动分析判断相关结果,并生成多种标准格式的报告,提高了电机试验测试效率,降低了操作人员劳动强度,提高了测试精度和试验质量,基本杜绝了人为误操作的发生,提高了操作安全性。

参考文献(References):

- [1] 金建军,金实斌,阮杰,等. 微机控制电机自动测试系统[J]. 机电工程, 2009, 26(5): 78-81.
- [2] 李宗帅,董春,刘颜. 国内外电力测功机发展现状[J]. 电机与控制应用, 2007, 34(5): 1-4.
- [3] WANG Li-qiang, LU Qin-fen, YE Yu-yue, et al. The Static Testing System of Three-phase Induction Motor Based on Virtual Instrument[C] //Proceedings of the 26th Chinese Control Conference. 2007: 281-285.
- [4] FINLEY W R, HODOWANEC M M, HUSSAIN K S, et al. Roper Selection of Induction Motor Tests [C] //Pulp and Paper Industry Technical Conference. Charleston: [s.n.], 2003: 9-20.
- [5] 国家标准化工作委员会. GB/T1032-2005 三相异步电动机试验方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [6] 国家标准化工作委员会. GB755-2008 旋转电机定额和性能[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [7] 王岩,孙增圻. 网络控制系统分析与设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.
- [8] 龚仲华. S7-200/300/400 PLC 应用技术 - 提高篇[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008.

[编辑: 罗向阳]