

图 1 变频机组在线监控系统原理图
Fig.1 Principle diagram of frequency convertor
on-line monitor and control system

变频机组在线监控系统采用较为先进的分布式微机测控技术来实现实时监控,具有手动和自动两种控制功能,满足不同层次的操作要求和测试要求。在空载和加载情况下实时监控电动机和发电机的电压、电流、频率、功率与功率因数等电气参数。通过控制信号与保护信号可完成对变频机组的串联启动、并联工作、停机控制、发电机的加载和卸载控制;实现机组的过压、欠压、过载、过流、缺相、相序、短路等保护功能。

另外,该测试系统还可以实时监测机组的温升参数。在变频机组静态不带电的情况下,通过绝缘电阻测试仪还可以测量异步电动机的各相绕组、中频发电机的各相电枢绕组、励磁绕组以及机壳等相互之间的绝缘状况。

2 硬件控制电路设计

2.1 50 Hz 动力电源电路的设计

监控系统的 50 Hz 电源电路原理图如图 2 所示, A 相电作为整个系统断路器、接触器等设备的控制电源。DL1 为监控系统 50 Hz 动力电源输入电动断路器, K1 为控制回路保护空气开关。由于起动电动机时冲击较大, 为保证系统可靠工作, 工控机、综合电量监测仪以及其它测量仪表的工作电源单独采用市电。接通 K1, 则监控系统接触器、断路器控制回路得电。控制 DL1 动作后, 其主触头闭合, 三相动力电进入监控系统, 相应信号灯 DX1 亮。

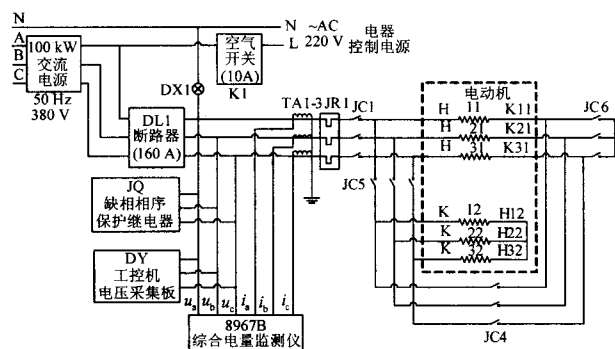


图2 50 Hz 电源电路原理图

Fig.2 Principle diagram of 50Hz power

机组启动时,接触器 JC1、JC4 线圈得电工作,主触头闭合,则电动机串联启动。启动时间到后,由时间继电器控制,接触器 JC1、JC5、JC6 工作,主触头闭合,则电动机并联工作^[1]。JR1 为三相结构热继电器,用于电动机的过载保护。JQ 为缺相、相序保护继电器,TA1~3 为电流互感器。综合电量监测仪采用了单片机技术,可测量 50 Hz 的三相电

压、电流、三相功率、总功率、功率因数、频率、累计电能等电参数。同时,工控机通过电压检测板DY检测电动机的电压和电流。过压、欠压、过流时,综合电量监测仪一方面驱动蜂鸣器、LCD报警,另一方面辅助触点工作,断开负载实施保护。

2.2 400 Hz 动力电源电路的设计

DL2 为监控系统 400 Hz 动力电源输出电动断路器。DL2 动作后, 其主触头闭合, 三相 400 Hz 动力电进入负载柜, 相应信号灯 DX3 亮^[2]。为了确保发电机性能检测的准确性, 本监控系统采用原变频机组配套的电压调节器, 励磁电流采用分流器测量。JR2 为三相结构热继电器, 用于发电机的过载保护。TA4-6 为电流互感器, 综合电量监测仪测量显示发电机的电参数, 同时, 工控机通过电压检测板 DY 检测发电机的电压和电流, 经过信号调理后, 送入数据采集卡。监控系统 400 Hz 电源电路原理图如图 3 所示。

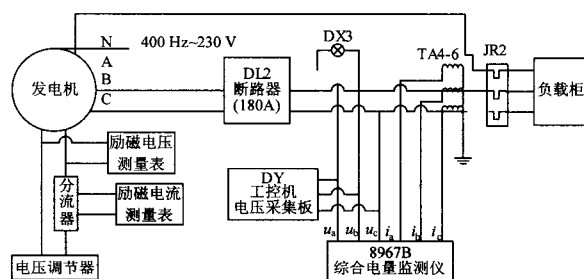


图3 400 Hz 电源电路原理图

Fig.3 Principle diagram of 400Hz power

3 软件系统设计

3.1 软件分析

变频机组监控软件测试的主要参数包括电动机电源参数、发电机电源参数、变频机组温度、励磁电压和励磁电流等,要求能够进行实时显示采集数据,并能够驱动继电器实现机组的微机控制。本软件以工控机为核心,包括实时测控系统、数据库系统和故障诊断系统。实时测控系统包括人机界面、信号采集和输出报警。数据库系统可进行测试数据的管理、记录、查询和报表打印。为了便于实时监控机组的运行,软件增加了电动机参数曲线和发电机参数曲线的实时波形显示,相应波形可通过虚拟示波器显示出来,同时将波形保存在指定的数据库中。软件以 Visual Basic6.0 作为平台,并结合 Measurement Studio 开发而成。软件控制全过程的数据采集记录,采集过程一开始,软件就会按照设置的时间间隔记录每个测点的数据然后进行分析处理,并且每个数据都设有时间标签。

3.2 数据采集控制

PC-DAQ(PC Data Acquisition)系统以数据采集卡、信号调理电路、计算机为仪器硬件平台组成插卡式仪器系统。PC-DAQ 系统是目前构成虚拟仪器的最基本方式,能够依托计算机实现数据采集控制。采集温度、励磁电流、励磁电压等信号时使用了具有串口通信功能的仪表。Visual Basic 有专门串行通信 MSComm 控件,可有效进行串口连接设备的通信,且使用简便。

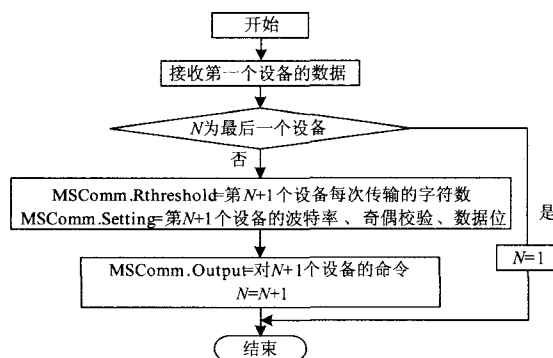


图4 数据采集流程图

Fig.4 Data acquisition flow chart

设定第 N 台检测仪 MSComm.Rthreshold 和 MSComm.Setting 的初值,然后发出数据采集命令。第 N 台采集完毕后,会产生 comEvReceive 事件,设定第 $N+1$ 台的初值,并发出数据采集命令,依次类推^[3],如图4所示。所有采集通道的配置皆采用虚拟地址方式,可在软件中自由分配测点的通道地址。其通信方式可分为查询方式和中断方式。中断方式避免了查询方式存在的问题,有明显的优势。

3.3 波形显示

曲线实时反映采集数据的变化,最能直观地反映出机组的工作现状和变化趋势。NI Measurement Studio 使用标准的程序开发语言,提供了创建虚拟仪器所需的工具^[4]。它是一套包含各种常用开发模式的工具包,包括面向对象的程序开发,ActiveX 和微软的.NET 技术,能在很短的时间里完成测试,测量和控制等应用的开发。

Measurement Studio 提供了很好的用户接口工具,这些接口控制器模仿了实际的面板元件,例如开关,LED,图表和标尺,它们直观而又容易理解,所有的 Measurement Studio 用户接口都具有 3D 外观和质感。Measurement Studio 还包含高级的可视化特性,比如 2D 和 3D 的实时绘图。使用这些高级工具,可以将复杂的数据用简洁的方式展示给用户,相对于自己编程显示这些数据,可以利用其强大的

可视化功能节省开发时间。

下面以 2D 实时绘图为例来说明 Measurement Studio for Visual Basic 的编程方法。2D 实时绘图可以使用 Measurement Studio 提供的 CWGraph 控件。CWGraph 控件提供了众多可供编程的属性、方法和事件。在 Visual Basic 中设置 CWGraph 控件的属性设置与在 NI LabView 中类似。要显示测量数据波形,只需要使用 PlotXvsY、PlotXY 或 PlotY 函数。实时显示采集的交流电压例程如下:

```

Dim GraphdataX(100), GraphdataY(100)
For i = 0 To 99
    GraphdataX(i) = i    'X 轴数据
    'Y 轴数据, userbuf(i)为采集得到的数据
    GraphdataY(i) = Format(userbuf(i), "##0.00")
Next i
'显示 100 个数据构成的电压信号波形
CWGraph1.PlotXvsY GraphdataX, GraphdataY
  
```

3.4 数据库的应用

本系统采用了 Data 控件和数据访问对象(DAO)这两种与 Jet 数据库引擎接口的方法,用 DAO 创建数据库,用 Data 控件来绑定访问数据库。DAO 是面向对象的界面接口,它不是可视化的对象,全部靠编码来完成 DAO 的调用。建立数据库后用 TableDef 对象建立表,首先定义一个 TableDef 类型的对象,然后用 TableDef 中 Append 方法将其添加到数据库中。同时用 CreatField 的方法创建一个 Field 对象,向表中添加字段。测试结束后将数据库 mdb 文件导入 Excel 是一个自动的过程。测试时需要将大量的数据导入到 Excel 中,采用 CopyFromRecordset 方法导出数据可以大大缩短了导出时间,只需要几秒钟就可将 mdb 文件导入 Excel。然后用户就可通过 Excel 强大功能对数据进行分析处理^[5]。

作为一个系统监控软件,对于历史检测结果的查询与再现是非常必要的。本系统需要对每次检测的整个结果进行查询和历史再现,即对一个数据库进行查询。因此建立了一个专门的查询数据库,使用结构化查询语言来存取数据。将每次试验的数据库名称作为一条记录存入查询数据库中,然后通过查询数据库的查询,就可以完成历史记录查询。虽然实现起来要有一定难度,但通过对这个查询数据库特定字段的排序和选择,可以很方便地查询到目的数据库。在每次试验结束后,给 query 表中添加一条记录,方便以后查询,Update 方法将修改的记录内容保存到数据库中。

4 检测流程及测试结果

4.1 测试过程

为避免没有使用权限的用户误操作,系统设置了两级密码。用户成功登录后,系统进入测试系统主界面,如图5所示。这是整个测试软件的主界面,界面共分为7个区域。分别为交流电压波形显示区域、50 Hz 测试电参数显示区域、400 Hz 测试电参数显示、其他测试参数显示区域、控制按钮区域、通道选择及系统信息显示区域、系统控制按钮区域。

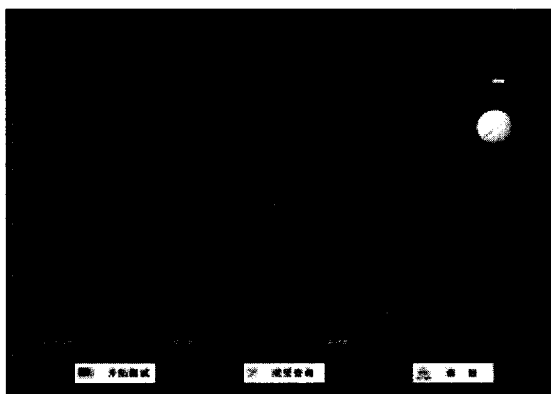


图5 测试系统主界面

Fig.5 Main interface of the test system

4.2 测试结果查询

在测试主界面中点击“成果查询”按钮会进入测试结果查询系统。系统会将每次测试的数据保存到以该年月日为子目录名的路径中,只需选中日期,点击“查看该日所有记录”,系统会在测试结果列表中显示出该日所有时间的测试列表,同时还可显示各个参数的变化曲线波形。报表输出则会显示出该次测试的测试结果报表至 Excel 中,文档包括 2 张电子表格,可以编辑和打印输出。

4.3 数据的打印

试验报告的打印采用的是 VB 中的 Printer 方式打印。用 Printer 对象打印可以自定义打印格式,打印页数,表格的粗细,字体大小等。在该 Printer 对象打印模块中还调用了一个 PrintPictureToFitPage 函数,该函数实现的功能是实现打印对象与打印纸张的匹配,通过调整缩放比例,页边距来实现打印的最佳效果。

5 总结

本课题设计的变频机组监控系统可根据监控需要选择控制方式。硬件控制电路实现变频机组的手动控制和电气保护。基于虚拟仪器的软件系统采用 PC-DAQ 结构,具有硬件控制电路的各项功能,同时实时显示采集数据的波形曲线,并且具备远端控制功能。在综合测试中,监控系统灵活高效,操作方便,测试效果良好,满足了各项监控需求,受到用户一致好评。

参考文献

- [1] 余梦泽. 中压同步电动机磁控软起动系统仿真[J]. 大电机技术, 2008, (1): 27.
YU Meng-ze. The Simulation of Medium-voltage Synchronous Motor Soft Starter Based on Magnetic-valve Controllable Reactor[J]. Large Electric Machine, 2008, (1): 27.
- [2] 戈宝军. 同步电机异步-同步起动过程分析[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(5): 93-97.
GE Bao-jun. The Analysis of Asynchronous-synchronous Starter on Synchronous Motor[J]. Proceedings of the CSEE, 2005, 25(5): 93-97.
- [3] 钟瑜. VB 环境下倍差试验台数据采集监控软件的研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2006.
- [4] 马宏忠. 电机状态监测与故障诊断[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [5] 求是科技. Visual Basic6.0 程序设计与开发技术大全[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.

收稿日期: 2008-12-07; 修回日期: 2009-03-07

作者简介:

董涛 (1984-), 男, 在读硕士, 研究领域为军用电源设备; E-mail: dongtao-gaojian@163.com

程培源 (1967-), 男, 硕士生导师, 副教授, 主要从事军用电源设备教学和科研工作。

樊波 (1965-), 男, 硕士生导师, 副教授, 主要从事电力系统自动化教学和科研工作。