

# 基于虚拟仪器的某型变频发电机组测试系统设计

张强, 程培源, 樊波, 杨旭峰

(空军工程大学导弹学院, 陕西 三原 713800)

**摘要:** 基于虚拟仪器的设计方法, 测试系统可以在空载和加载情况下测试变频发电机组的各类电参数的动态和静态特性, 并可实现变频发电机组的串联启动、并联工作、制动控制及其保护。系统软件基于分层思想设计了测试系统软件体系结构, 采用 Visual Basic 作为编程平台, 通过混合调用 NI Measurement Studio 和 Advantech Device Driver 进行虚拟仪器软件开发。实际应用表明测试系统工作可靠、效率高。

**关键词:** 虚拟仪器; 变频发电机组; 测试; 硬件; 软件

## Testing system design for frequency converter generator sets based on virtual instrument

ZHANG Qiang, CHENG Pei-yuan, FAN Bo, YANG Xu-feng

(The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan 713800, China)

**Abstract:** A testing system based on virtual instrument is capable to test various electric parameters when frequency converter generator sets (FCGS) launch load or work without load, and it controls generator sets to start in series, parallel-work, control brake and self-protect. The software frame of testing system is designed based on layering theory. System software mainly adopts Visual Basic as programmer platform and combines NI Measurement Studio and Advantech Device Driver to design VI software. Practical application shows that this testing system works reliably with high efficiency.

**Key words:** virtual instrument; frequency converter generator sets; testing; hardware; software

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)10-0114-04

## 0 引言

某型变频发电机组由一台三相异步电动机和一台变频同步发电机组成, 主要用来将移动电源车或市电送来的三相 50 Hz/380 V 交流电源变换为三相 400 Hz/220 V 交流电源, 供相关用户使用。其稳定可靠地工作对于供电质量的好坏起着至关重要的作用。及时掌握变频机的工作状态、准确地检测变频机的各项参数又是变频机可靠运行的前提。

随着计算机技术、电子技术的高速发展及其在电子测量技术与仪器领域中的应用, 仪器与计算机技术的深层次结合产生了全新的仪器结构概念——虚拟仪器。虚拟强调软件的作用, 提出了“软件就是计算机”的概念。

虚拟仪器就是在以计算机为核心的硬件平台上, 由用户设计定义, 具有虚拟面板, 测试功能由测试软件实现的一种计算机仪器系统。虚拟仪器的

实质是利用计算机显示器的显示功能来模拟传统仪器的控制面板, 以多种形式表达输出检测结果, 利用计算机强大的软件功能实现信号数据的运算、分析和处理, 利用 I/O 接口设备完成信号的采集、测量与调理, 使其成为完成各种测试功能的一种计算机仪器系统<sup>[1]</sup>。

## 1 变频发电机组测试系统总体组成

### 1.1 系统总体设计

变频发电机组测试系统由调压电源、变频机、负载柜、测试台及自动电压调节器等设备组成。变频发电机组测试系统总体组成框图如图 1 所示。测试台与发电机之间由专用的动力与信号电缆连接, 50 Hz 动力电缆通过测试台与电动机连接, 400 Hz 动力电缆通过测试台与负载连接, 在空载和加载情况下测试台可监控电动机的输入电压、电流和发电机的输出电压、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的串联启动、并联工作、停机控制、发电机的加载

基金项目: 总装武器装备预研基金 (9140A04050407JB3201)

和卸载控制; 实现电动机的低电压、过载、过流、缺相、相序等保护功能; 实现发电机的过载、短路等保护功能; 实时监测变频发电机组温升参数。

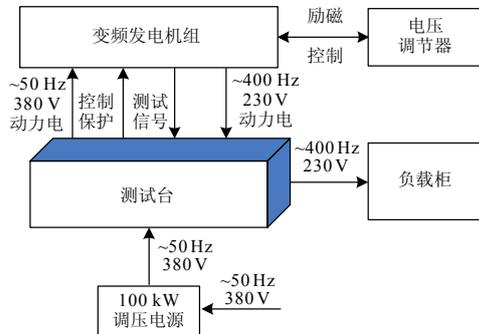


图1 变频发电机组测试系统总体组成框图

Fig.1 Architectural structure of FCGS testing system

系统软件基于分层思想设计了测试系统软件体系结构, 采用 Visual Basic 作为编程平台, 通过混合调用 NI Measurement Studio 和 Advantech Device Driver 进行虚拟仪器软件开发。

### 1.2 测试系统工作过程

变频发电机组测试系统设置有手动操作和微机自动控制两套独立的操作系统。测试系统工作时, 首先由按钮或工控机通过继电器组合发出起动命令, 电动机起动接触器闭合, 变频机开始串联起动, 同时测量电动机的电压和电流。若监测到电动机缺相、相序错或电压过低, 则不允许起动电动机。起动时间到后, 利用延时继电器控制, 使电动机转入并联工作, 此时测得的发电机电压即为空载电压。发电机电压正常后, 即可进行带载测量。通过按钮或继电器组合接通发电机输出接触器, 然后手动接通负载, 测量存储发电机的输出电压、电流和励磁电压、电流, 并实时显示。加载过程中同时监测电动机的电压、电流。

整个工作过程中, 始终监测发电机、电动机的电压、电流。若出现发电机过载超过所允许范围或发电机电压过低、缺相故障, 则切断负载实时保护。若出现系统所不能控制的其他以外情况, 由“紧急停机”按钮实施卸载关机保护。系统同时还通过红外温度传感器实时监测发电机的温升。

## 2 变频发电机组测试系统硬件设计原理

该变频发电机组测试台系统采用分布式计算机测控技术实现多任务、多进程实时并发处理, 并具有手动、自动两种控制功能, 满足不同层次操作要求, 同时也满足不同需求的测试要求。

测试系统从功能上可以分为: 工业控制计算机、

PC-1711 多功能卡、串口扩展卡、信号调理板、继电器输出板、8967B 综合电量监测仪(50 Hz)、8967B 综合电量监测仪(400 Hz)、红外测温装置、绝缘电阻测试仪、直流电参数测量表、相关的控制电路以及接触器、空气断路器、被测变频机等。系统硬件设计原理图如图2所示。

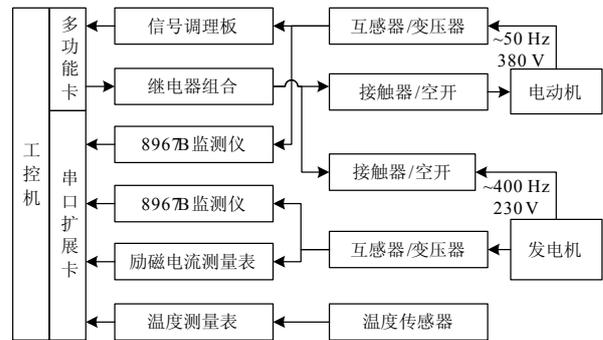


图2 变频发电机组测试系统硬件设计原理图

Fig.2 Hardware design principle of FCGS testing system

## 3 变频发电机组测试系统软件设计原理

虚拟仪器开发软件目前常用的是美国国家仪器公司(NI)的 LabView, 它以结构化数据流图作为编程工具, 结合虚拟仪器前面板和图标连接端口, 实现了图形化编程, 而高级语言采用的是文本编程。NI 公司考虑到众多程序员的使用习惯, 推出了 Measurement Studio 软件开发组, 它提供了可供 Visual Basic 和 Visual C++使用的 ActiveX 控件, 同时利用 Visual Basic 和 Visual C++强大的编程能力, 可以开发出功能更强, 使用更方便, 界面更友好的测控软件<sup>[2-3]</sup>。软件运行主界面如图3所示。



图3 软件运行主界面

Fig.3 Software main testing interface

### 3.1 变频发电机组测试系统软件结构体系设计

变频发电机组测试系统软件体系结构可以从两个层面来设计, 分别是控制层面和功能层面, 参见

图 4。

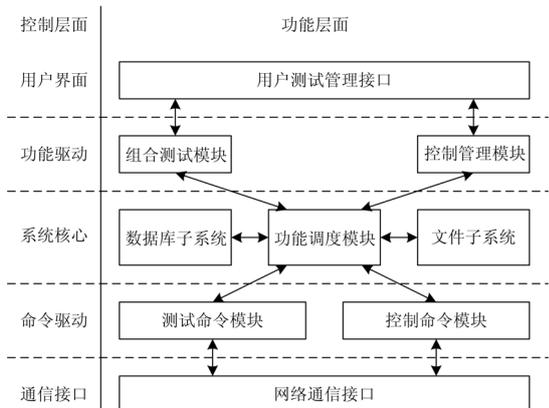


图 4 变频发电机组测试系统软件体系结构

Fig.4 Software system structure of FCGS testing system

系统体系结构将功能模块整体划分为 5 个层面，在每个层面设计了各种功能模块。

(1) 在用户接口层，主要实现用户测试管理接口功能。用户测试管理接口功能要完成需求文档中所涉及到用户操作的所有功能界面，操作功能可以划分为 2 类，即单元测试类和控制管理类。

(2) 在功能驱动层，主要为用户界面的各项功能提供功能驱动。针对用户界面的 2 类功能操作，功能驱动层主要设计了 2 个功能驱动模块，即单元测试模块和控制管理模块。

单元测试模块主要实现对用户界面的测试操作的功能驱动，将用户的测试操作进行解析，利用系统消息与下层功能调度模块交互，获取测试参数信息；控制管理模块主要实现对用户界面的控制操作的功能驱动，将用户的各种系统控制操作解释成各项控制命令，然后转发到控制命令模块。当接收到命令执行结果后，将结果提交给用户界面显示。

(3) 在系统核心层，主要完成系统的操作系统底层操作和系统运行调度功能。系统主要设计了三个功能模块，即数据库子系统、文件子系统和系统功能调度模块。

数据库子系统模块主要实现系统所有参数的存储、访问和管理机制，并与系统功能调度模块通过 ADO 接口进行数据交互；文件子系统模块主要对测试数据进行存储和访问；系统功能调度模块主要实现了系统的整体运行时序的调度功能，将系统的各功能模块之间的消息交互进行解析和转发。

(4) 在命令驱动层，主要完成了对系统产生的通信命令的发送和接收的控制管理功能。系统主要设计了两个功能模块，即测试命令模块和控制命令模块。

在测试命令模块中，主要完成对测试命令集的控制发送，以及测试结果的合并整理功能；在控制命令模块中，系统主要设计完成对各条控制命令进行发送和响应，并以每个命令为单位提交响应结果给上层功能模块。

(5) 在通信接口层，系统主要实现了系统的通信功能，将系统产生的各种通信消息进行封装，然后利用 Modbus RTU 协议发送给对应的仪表，然后接收仪表发送来的各种命令的执行结果，并将数据提交给对应的命令驱动模块进行整合处理。

### 3.2 系统处理流程

系统处理流程主要描述软件系统的关键运行流程。单元测试流程是系统处理核心流程，完成所有参数的测试工作。单元测试流程根据测试命令，依次测试各单元数据，然后给出测试结果，并保存到数据库文件中。主要步骤如下。

- 步骤 1: 根据被测参数，发布测试命令；
- 步骤 2: 与仪表进行通信获取测试数据，使用 PCI-1711 采集测试数据；
- 步骤 3: 判断测试是否完成，是则转步骤 4，否则转步骤 1；
- 步骤 4: 判断是否保存测试数据，是则转步骤 5，否则转步骤 10；
- 步骤 5: 保存测试结果到测试文件；
- 步骤 6: 保存测试信息到测试数据库；
- 步骤 7: 在用户界面中显示采集测试数据；
- 步骤 8: 判断测试数据是否超出所设定的正常范围，是则转步骤 9，否则转步骤 10；
- 步骤 9: 在软件用户界面中输出报警；
- 步骤 10: 结束。

### 3.3 测试结果实例

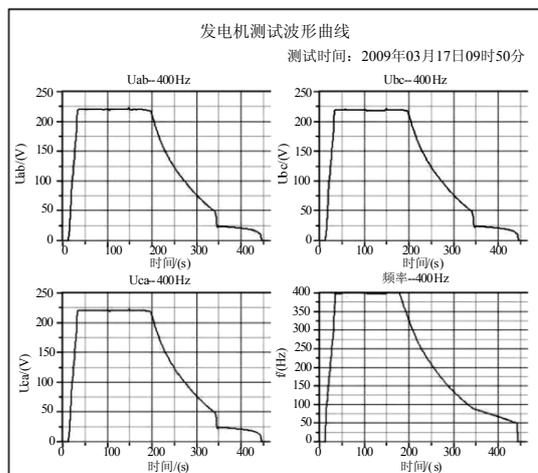


图 5 发电机测试波形

Fig.5 Test wave of generator

在测试系统自动开机到加载的测试过程中, 发电机的测试结果曲线如图 5 所示, 发电机测试波形显示了三个线电压及频率的变化过程。测试结果表明了测试系统的可靠性及有效性。

#### 4 小结

通过基于虚拟仪器的硬件和软件设计, 变频发电机组测试系统可以实现各项动态和静态测试工作。在空载和加载情况下测试系统可随时监控电动机的输入电压、电流和发电机的输出电压、电流、频率、功率与功率因数等电参数。通过控制信号与保护信号可完成对变频机的串联起动、并联工作、停机控制、发电机的加载和卸载控制; 实现电动机的低电压、过载、过流、缺相、相序等保护功能; 实现发电机的过载、短路等保护功能; 实时监测机组的温升参数。系统可储存各参数数据、并可显示与打印相应曲线, 人机界面友好。

#### 参考文献

- [1] 王海洋, 陈昕, 张波. Measurement Studio与VC++联合编程开发液压减振器试验台测控系统[J]. 机电工程技术, 2006, 35 (3): 20-21, 76.  
WANG Hai-yang, CHEN Xin, ZHANG Bo. The measure control system software development of the hydraulic damper test bench with mixing VC++ and measurement

studio program[J]. Mechanical & Electrical Engineering Technology, 2006, 35 (3): 20-21, 76.

- [2] 岳玮, 许宝杰, 王术军, 等. 基于Measurement Studio的数据采集系统的设计与实现[J]. 北京机械工业学院学报, 2006, 21 (3): 1-4.  
YUE Wei, XU Bao-jie, WANG Shu-jun, et al. Design and implementation of data acquisition system based on measurment studio[J]. Journal of Beijing Institute of Machinery, 2006, 21 (3): 1-4.  
[3] 杨新宇, 程培源, 杨旭峰, 等. 一种燃气涡轮发电机组在线监控系统的设计[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36 (14): 71-73.  
YANG Xin-yu, CHENG Pei-yuan, YANG Xu-feng, et al. Design of on-line monitoring system for gas turbo-generator set[J]. Power System Protection and Control, 2008, 36 (14): 71-73.

收稿日期: 2009-06-14; 修回日期: 2009-07-28

作者简介:

张强 (1973-), 男, 副教授, 博士, 主要研究方向为电力系统及其自动化, 人工智能; E-mail: zhangq292@126.com

程培源 (1967-), 男, 副教授, 硕士, 主要研究方向为电力系统及其自动化;

樊波 (1965-), 男, 副教授, 硕士, 主要研究方向为电力系统及其自动化。

### 许继光伏逆变器产品顺利通过“金太阳”认证

日前, 许继柔性输电系统公司先后收到北京鉴衡认证中心的通知和产品证书, 该公司研制的太阳能光伏逆变器产品顺利通过“金太阳”认证, 公司也成为国内第二家通过该类产品认证的企业。

“金太阳”认证由北京鉴衡认证中心组织实施, 是目前中国最权威的太阳能产品认证。根据财政部、科技部和国家能源局“金太阳工程”实施办法, 只有使用通过“金太阳”认证的太阳能光伏产品, 才能获得“金太阳工程”的财政补贴。此次通过认证的许继光伏并网逆变器, 是根据《400V以下低压并网光伏发电专用逆变器技术要求和试验方法》的要求, 由北京鉴衡认证中心负责, 中国电力科学院测试, 并经过全面、严格的工厂审查。

许继研制的并网逆变器顺利通过“金太阳”认证, 表明该产品已经能够完全满足国内外各种太阳能光伏并网发电系统的配套需求, 可为财政部“金太阳工程”的诸多项目提供质量保证。同时也标志着许继光伏逆变器产品的性能达到了国内领先水平, 公司在新能源领域的核心产品也由发展走向了成熟, 站在了太阳能光伏逆变器领域的制高点。