

以 MSP430 单片机为核心的同步发电机稳定性控制实验装置的研究

王孝

(中国计量学院机电工程系 浙江杭州 310018)

摘要:本系统用直流电动机模拟同步发电机的汽门,以 MSP430F149 单片机作为控制核心,用软件编程实现 PID 控制器对直流电动机转速的控制,保证当同步发电机负载发生改变时输出电压、频率保持不变。

关键词:汽门控制实验 单片机 同步发电机

中图分类号:TP368.1

文献标识码:A

文章编号:1673-0534(2007)04(c)-0033-02

衡量电能质量的两个重要指标是电压和频率,保证电压和频率合乎标准是系统运行调整的一项基本任务。本装置用与同步发电机同轴的直流电动机作为模拟汽门,这样,直流电动机的转速就直接反映同步发电机的输出频率。因此,保证直流电动机的转速恒定也就保持了发电机输出电压频率的恒定。为了在本科教学中加深学生对单片机、反馈控制以及同步发电机的工作原理,研制了这套同步发电机稳定控制实验装置。

MSP430F149 是 MSP430 系列中一个功能很强的单片机,内部采用冯·诺依曼体系,RISC 指令结构,运算器宽度 16 位。片内集成了 60KB 的 FLASH 程序存储器,2KB 的 SRAM 数据存储器,多个 16 位定时捕获/比较器,2 个串行口,12 位模数转换器,JTAG 程序下载线调试接口,看门狗定时器。采用 64 引脚封装,48 个 I/O 多功能引出线,其中的 P1 口和 P2 口具有位中断功能。具有指令执行速度快、外部电路简单、功耗低、节电管理方式完善、定位于嵌入式系统应用等特点。

1 同步发电机稳定性控制装置简介

同步发电机稳定性控制实验装置是在电力电子技术、电气测量技术、自动控制理论以及电力系统分析等理论基础,应用电力电子器件和 MSP430F149 单片机进行开发的,该装置既能作为同步发电机励磁自动控制器,又能作为同步发电机模拟汽门控制器。利用拖动实验中的直流电动机模拟发电机的汽门,以直流电动机的输入电压作为控制量,因直流电动机与同步发电机同轴,其转速也直接反应了系统的频率,因而直接控制直流电动机的转速就

能控制同步发电机的频率。

本装置的控制核心是 MSP430F149 单片机,它集成了 A/D 采样模块、PWM 波发生模块。用 C 语言编写的控制器程序写入存储器,给定和反馈信号从相应的管脚输入,控制器根据这两个信号输出控制量。控制量通过一定的运算转化为 PWM 波的占空比并通过 PWM 输出模块输出 3.3V 的控制信号。获得的 PWM 控制信号经过放大整形,输入到光耦 4N25,进行强弱电隔离,一方面保证控制回路的安全,另一方面消除主电路对控制电路的干扰。经隔离的 PWM 波控制大功率 N 沟道场效应管 IRFP450 的门极,从而对主电路直流电压进行斩波,驱动负载;主电路中还有相应的过流保护、稳压以及负载续流电路,保证装置的安全、稳定运行。其基本结构如图 1 所示。

当外部负荷变化等原因引起同步发电机的端电压频率发生变化时,转速也相应会发生变化,闭环控制器自动调节 PWM 波形的占空比,从而控制直流电动机的转速和输出功率保持稳定,使得同步发电机端电压频率恒定,完成发电机输出频率的自动调节过程。利用两台装置分别控制同步发电机励磁电压和直流电动机的端电压,可实现同步发电机励磁以及模拟汽门的协调控制。在实验过程中,通过调节外部负载使得发电机端电压或者频率发生变化。如在同步发电机模拟汽门控制实验中,使负载加重引起频率降低,脉宽调制波占空比自动进行调整,稳定后变宽,使直流电动机端电压增大,从而转速回升到变化前状态。

各部分电路介绍如下:

1.1 电源电路

电源部分主要由变压器和整流、滤

波、稳压电源组成。AC 220V 电压经变压器变压、整流、滤波和稳压后,形成 DC15V 和 DC22V 两种电源,其中 DC15V 电源用来提供芯片的工作电压(光耦 4N25 的工作电源)。DC 22V 电源用于励磁控制实验中为同步发电机励磁线圈提供电压。当控制器用于汽门控制时所需的 220V 直流电压由外部电源直接提供。

具体实现方法是 220V 交流电源通过变压器分别降压成交流 15V 和交流 22V,再将这个交流通过集成整流器 2W08 输出脉动的直流。为了滤除藕和的高频干扰同时起到平波的作用,2W08 输出端接 4.7uF 的电解电容。为了得到恒压电源,最后的输出级接集成线性稳压器,以便在负载改变时输出恒定直流。

1.2 光耦隔离

光耦的作用是将电路的弱电与强电隔离,减小了主电路对控制信号的干扰;确保人身及设备的安全,改善控制效果。光耦的输入端与单片机的 PWM 波输出相连,输出端分别连接 $\pm 15V$ 直流电源。当单片机的 pwm 输出管脚输出为 3.3V 时,光耦输出 +15V 信号,这个信号驱动后级主电路的电力电子器件的基极,使其开通。若单片机的输出低电平,则光耦输出为 -15V,从而使电力电子器件的关断。这样,单片机输出 pwm 信号就得到了放大同时也减少强电对单片机外围电路的干扰。

1.3 主电路部分

主电路由开关频率较高的 IRFP450 开关管及相应的续流、稳压元件组成,根据控制信号将直流电以 PWM 波的形式输出,通过控制占空比调节输出电压。通过光耦输出的 PWM 信号接电路的 PWM_MOS+ 端。当光耦输出 +15V 时,稳压二极管 D04 反向击穿,IRF450 的基极和发射极的外加电压为 +12V, MOS 管外加正向电压导通。当光耦输出为 -15V 时稳压二极管 D03 反向击穿,IRF450 的基极和发射极的外加电压为 -12V,因为 IRF450 为电压控制型 MOS 管,所以负压能加速管子的关断。这样,原来恒定的 220V 和 25V 直流电就被主电路按照单片机输出的 PWM 波的变化规律而变化。电路结构如图 2 所示。

1.4 反馈电路

同步发电机输出的正弦电压经过反馈电路的调理后输出同频率的方波。将输出的方波通入 MSP430 单片机定时器 A 的输入端口,定时器在收到第一个上升沿时开

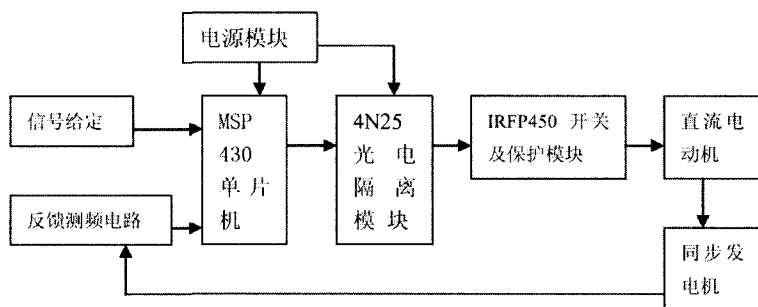


图 1 模拟汽门控制装置结构图

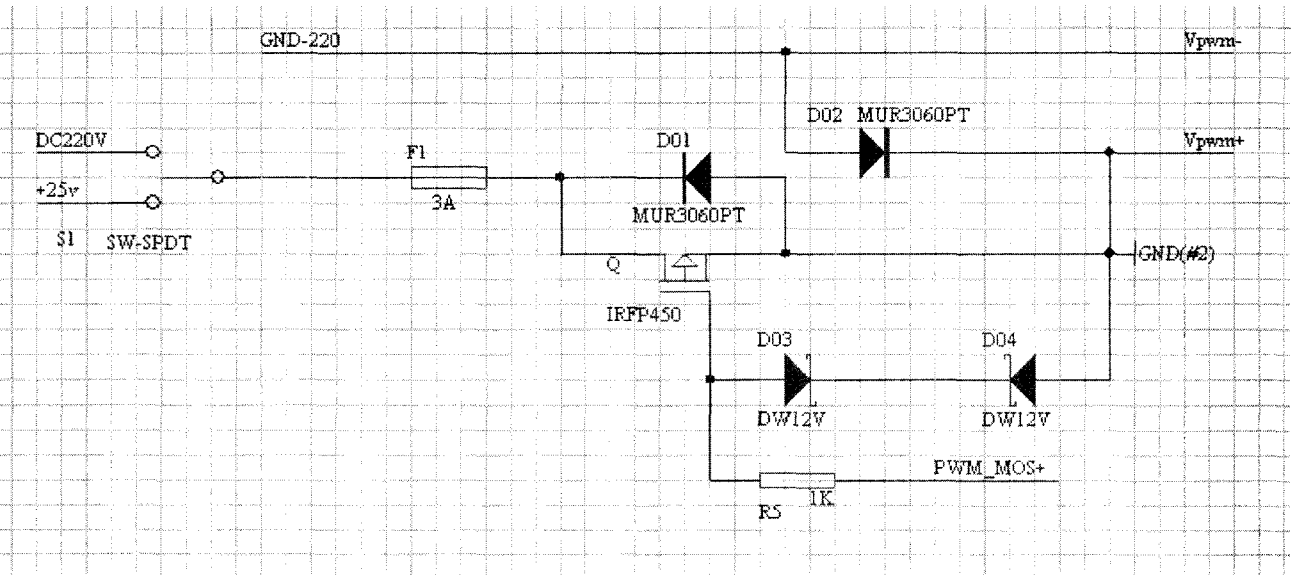


图2 主电路

始计数,在第二个上升沿到来时停止计数。测频程序根据定时器的工作频率和计数值算出正弦电压的频率。发电机输出的正弦电压从R1左端输入,经过两级RC滤波将多余的毛刺滤掉,电阻R5将运算放大器的输出与输入的正极连接产生了两个门限电压,解决了零点漂移问题。

2 单片机软件构成

单片机的软件设计是整套控制系统的核心,软件设计可以分为以下几个方面:

(1)初始化。用户通过软件对单片机各个模块进行初始化,初始化完成后单片机随即按照用户的要求工作。本系统需要初始化的模块主要有系统时钟频率初始化、TimerA定时器初始化、A/D采样模块初始化和I/O端口初始化。如果单片机受到严重的干扰而使系统无法正常工作,需要单片机立刻复位以免烧坏系统硬件,为了达到这个目的,我们在RAM区中选择几个固定单元,在初始化程序中将其设置成固定的数据,如“55H”或“0AAH”等,只要程序正常运行,这些单元的内容是不会改变的。如果因为程序“跑飞”或其它干扰导致这些RAM单元中的任何单元的数据发生了变化,说明单片机系统已经受到了严重的干扰,不能可靠地运行下去了。我们可以在程序执行的过程中适时地检查这些RAM单元的内容,一旦发现数据改

变,立刻执行LIMP0000H语句,强制单片机复位。

(2)频率测量程序。由于本实验设备电机最大转速为1500r/min,即工频50Hz,属于对于低频信号的测量,故采用周期测量法。用单片机内定时/计数器Timer_A对内部机器周期计数。定时器的开关由程序根据I/O口P1.5上的状态进行控制,检测到上升沿时Timer_A第一次计数,当紧接着的另一个上升沿被检测到时Timer_A第二次计数。将TAR中的两次计数值相减,则被测信号周期 $T_x = n_x T_c$ 。

(3)PID控制器程序。为了保证直流电动机转速恒定,采用比例-积分-微分控制器计算系统输出控制量。数字PID控制器是最常用的控制方法,但标准的PID数字控制器对变化缓慢的对象实现控制时,由于偏差较大或累加积分项太快,将会使系统出现超调,甚至引起震荡。例如,存在负的偏差时,输出量一直减少,直到微型机字长所能表示的最小负值为止。存在正偏差时,输出值就增大,一直增大到微型机字长所能表示的最大正值为止。显然,这样的数值转化成模拟量之后,会使执行机构向两个极端位置变化。为此,在本控制系统中,采用积分分离的方法:当阶跃信号加入,被调量开始跟踪,先取消积分作用;当被调量接近给定值时,再加入积分作用。

(4)PWM输出。通过设通用定时器

TimerA和TimerB的捕获/比较控制寄存器TBCTL可以使单片机的定时器工作在PWM输出模式。比如将OUTMOD位设置成001,则计数器的输出信号在TAR等于CCRx时置位,并保持置位到定时器复位或选择另一种输出模式为止。因此,通过PID控制器计算出的值还要通过一定的算法转化为寄存器CCRx的值,当CCRx的值随着PID输出的值改变时,输出占空比的值也就随着发生改变。

3 结论

本装置基于电力电子技术、电气测量技术、自动控制原理、电力系统分析等理论,专业知识与基础知识相结合,属于多学科知识的融合,技术较为先进,实验设置合理。并且能够利用拖动实验教学中的同步发电机和直流电动机等现有的实验设备,而且该装置本身成本低廉,适合一般院校的实验教学环节。

参考文献

- [1]黄耀群.同步电机现代励磁系统及控制[M].成都:成都科技大学出版社,1993.
- [2]谢剑英,贾青.微型计算机控制技术[M].北京:国防工业出版社,2001.
- [3]李朝青.单片机原理与接口技术[M].北京:北京航空航天大学出版社,1999.

(上接32页)

信息、机电设备监控等)与家居保安报警系统能通过局域网实现信息共享。

住宅小区应通过内部局域网与窄带网(PSTN,ISDN),宽带网有线电视网等公网的连接,充分利用公共信息资源,向住户提供各种类型的信息通信服务。

3.2 小区局域网

(1)基本配置

可提供语音通信、视频广播、宽带数据信息服务的网络系统。宽带数据信息服务的网络系统应采用光纤到楼。

(2)可选配置

通过“三网合一”、“一缆进楼”,提供各类信息服务。

3.3 家居布线

3.3.1 基本配置

每个家庭应设置统一的电话语音、通

信数据、有线电视配线箱可以实现家居信息连线的自由调配;起居室、卧室、书房均需设置不少于一组的语音、数据、有线电视信息口,卫生间应设置一个电话信息口。

3.3.2 可选配置

一些住宅可以考虑光纤到户(PITH)布线。