

基于小型PLC的DCS电厂机电控制模块的优化设计

电厂的机电控制系统多采用DCS分散控制系统实现对电动机的整流耦合控制,传统的DCS是通过PLC和执行部件以及数据采集相连,进行机电控制模块设计,需要实时监测各个分离单元,同步跟踪控制性能较差。结合小型PLC可编程序逻辑控制器,提出一种基于三层前向神经元PID变压器结构控制的电厂DCS机电控制模块的优化设计技术。首先进行控制系统的总体设计,基于三层前向神经元PID变压器结构理论进行控制算法改进设计,最后进行控制模块的硬件设计,进行控制性能测试和仿真。仿真实验表明,采用该优化控制设计方法,具有更短的机电控制调节时间,当控制过程稳定后,电动机时滞耦合系统的解耦性能较好,提高同步跟踪控制性能,实现对电厂机电系统的逻辑控制,提高电厂机电系统运行的稳定性和可靠性。

冯 丰^{1,2}/1.天津电子信息职业技术学院机电技术系 2.天津优仕通自动化技术有限公司



冯 丰/副教授

关键词/Keywords

PLC ·
分散控制系统 ·
电厂 ·
神经元PID控制 ·

分散控制系统(Distributed Control Systems, DCS),又称为分散型控制系统,它是通过PLC和执行部件以及数据采集相连,实现对电厂机电系统的逻辑控制,提高电动机的稳定性和可靠性,DCS控制技术在业内广泛应用到煤电厂、火电厂和水利发电厂机电控制等领域,经过电厂运行的逻辑实现对各种执行部件的控制,这个是一个综合的系统,根据相关调查研究发现,一台30万kW的机组满负荷发电每天为720万kW·h,通过DCS控制技术可以提高1%的效率就是7.2万kW·h的发电效率。可见,DCS控制技术在电厂的机电控制领域具有重要的研究价值和发展前景,DCS是通过PLC和执行部件以及数据采集相连,因此,研究集合PLC的电厂DCS机电控制模块的优化设计技术具有重要意义,受到专

家学者的密切关注。

传统方法中,对电厂机电系统的DCS研究主要采用分离主频法、阻抗法等,人工神经网络、低压原理等智能方法,通过放大差值来控制调整机电系统的导通和控制状态^[1-4],从而达到稳定功率输出的目的。相关研究取得了一定的成果,其中,文献[5]中提出一种自适应模糊控制技术的小型PLC的DCS电厂机电控制模块设计技术,采用确定性分叉和边界的全局优化方法提高电动机性能,但该算法的自适应控制性能不好;文献[6]基于广域参数分布的反馈控制系统,对影响系统参量的所有参数建立关联矩阵,实现DCS电厂机电控制设计,但该控制系统在复杂的火力发电高温制约条件下,无法实现实时反馈控制;文献[7]采用微分线性组合控制方法,改变发电机的电磁转矩,得到模糊PID神经网络的学习输入相量,结合DCS分散控制系统实现对电厂机电控制,但该模型运行环境苛刻,直接影响发电厂的经济效益。综合分析传统方法可见,传统的DCS是通过PLC和执行部件以及数据采集相连,进行机电控制模块设计,需要实时监测各个分离单元,同步跟踪控制性能较差^[8-10]。针对上述问题,本文进行控制模块设计改进,结合小型PLC可编程序逻辑控制器,提出一种基于三层前向神经元PID变结构控制的DCS电厂机电控制模块的优化设计技术。首先进行控制系统的总体设计,然后进行控制算法改进设计,最后进行控制模块的硬件设

计,进行了控制性能测试和仿真,展示了本文设计控制模块的优越性能。

系统总体设计及DCS电厂机电控制策略

1. 基于小型PLC的DCS控制的电厂机电控制总体设计

首先进行控制模块的总体设计和问题分析描述,DCS电厂机电控制模块设计是制约电厂机电控制和发电的关键问题,电厂的DCS控制系统主要是电动机、中频发电机、拖动电动机、超导转子整流器、直流变换器和系统终端设备组成,为电力发电服务,电厂的DCS机电控制系统的构建框图如图1所示。

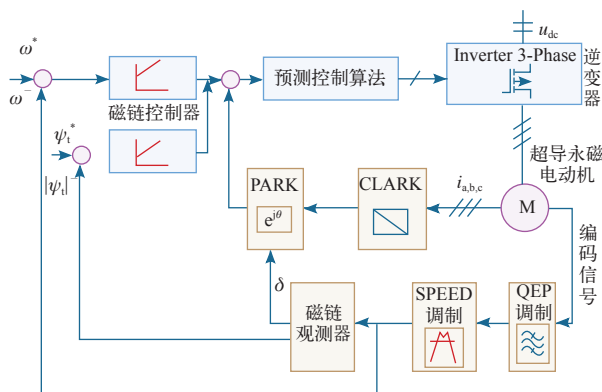


图1 电厂的DCS机电控制系统的构建框图

图1中,中频发电机的电能驱动电动机旋转,提供给系统中的各种控制器,构建DCS电厂机电控制功率放大器,其节点由处理器、射频芯片、外部Flash、USB桥接芯片和其他外围设备组成。调谐放大部分别包括:加法电路和两个移相电路,分别包括电容器或电感器和第一级电阻构成的串联电路,电路发射端电流为

$$I_c = \frac{U_{BE}}{RQ_1 + RQ_2} \quad (1)$$

电路设计中,设定 RQ_1 和 RQ_2 分别为 175Ω ,由 QS_1 集电极发出的整流信号为 $I_c = 4 \text{ mA}$ 。采用小型PLC可编程序逻辑控制软件来提高DCS电厂机电控制性能,整个小型PLC可编程序逻辑控制系统的体系结构可分成四个结构:PLC可编程序逻辑控制处

理器、小型PLC可编程序逻辑控制外围设备、小型PLC可编程序逻辑控制操作系统和PLC可编程序逻辑控制应用软件,其层次关系及操作流程如图2所示。

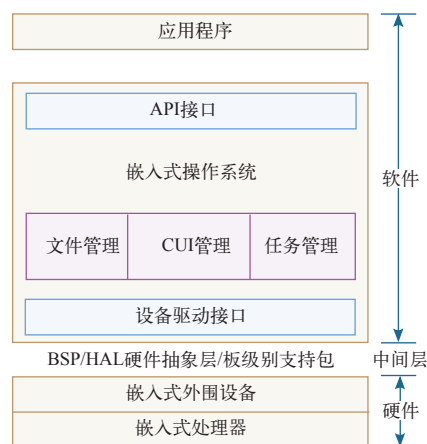


图2 小型PLC可编程序逻辑控制系统总体结构

图2中,PLC可编程序逻辑控制包括输入采样、DCS电厂机电控制执行和输出刷新三个阶段。主要控制部件除MCU、DSP、EMPU和SOC外,还包括用于控制存储、通信、调试和显示等辅助性能的其他硬件,通过上述分析,构建了基于小型PLC可编程序逻辑的DCS控制的电厂机电控制总体设计模型。以此为基础,基于体系结构对系统的软件、硬件进行详细设计。

2. DCS电厂机电控制算法设计

在电厂机电控制模块设计中,由于PLC可编程序逻辑控制应用软件是针对一定应用区域,基于固定的程序平台,来达到用户预想的PLC可编程序逻辑控制软件设计的目的,在此需要进行控制算法设计,采用PLC控制器进行DCS电厂机电控制时,发电的变化率、积分时间和微分时间通过线性组合的方式进行控制,DCS电厂机电系统的自相关控制状态方程为

$$v(u) = L_Q[f(u) + \frac{1}{U_J} \int_0^u f(u) du + U_E \frac{df(u)}{du}] \quad (2)$$

对目标电流矢量进行线性化处理,取 $\sin \theta_p = \theta_p$, $\cos \theta_p = 1$ 。此外, J_{p0} 是电流矢量对时间轴的转动惯量,DCS电厂机电控制系统的感应势能 T 和

高频噪声分量 V 分别为

$$T = \frac{1}{2} M_{RL} X_{RL}^2 + \frac{1}{2} M_{RR} X_{RR}^2 + \frac{1}{2} J_{RL} \theta_{RL}^2 + \frac{1}{2} J_{RR} \theta_{RR}^2 + \frac{1}{2} M_p [(\theta_p L \cos \theta_p + X_{RM})^2 + (-\theta_p L \cos \theta_p)^2] + \frac{1}{2} J_{p\theta} \theta_p^2 + \frac{1}{2} J_{p\delta} \delta^2 \quad (3)$$

$$V = M_{p\theta} g L \cos \theta_p \quad (4)$$

基于三层前向神经元PID变结构控制方法进行算法改进,设计三层前向神经元PID变结构模型,如图3所示。

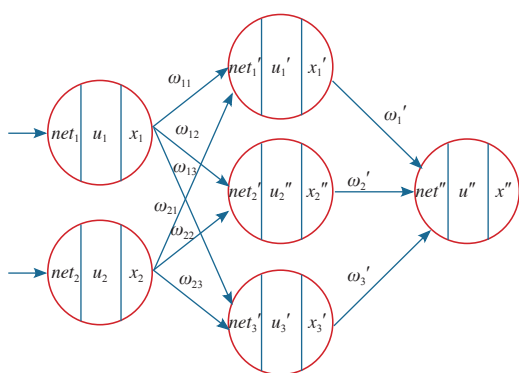


图3 三层前向神经元PID变结构模型

图3中,三层前向神经元PID变结构模型神经网络的学习输入相量

$$\mathbf{x}(t) = [x_0(t), x_1(t), \dots, x_{k-1}(t)]^T \quad (5)$$

通过微分线性组合PID变结构网络控制,得到输出模型为

$$\begin{cases} \sigma_1(\varphi_a, \varphi_a) = \frac{1}{1 + e^{-(\omega_{11}\varphi_a + \omega_{21}\varphi_a)}} \\ \sigma_2(\varphi_a, \varphi_a) = \frac{1}{1 + e^{-\int (\omega_{21}\varphi_a + \omega_{22}\varphi_a) dt}} \\ \sigma_3(\varphi_a, \varphi_a) = \frac{1}{1 + e^{-d(\omega_{11}\varphi_a + \omega_{21}\varphi_a)}} \end{cases} \quad (6)$$

通过上述控制算法设计,实现电厂的DCS机电控制的算法改进,嵌入到小型PLC可编程序逻辑控制系统中,进行控制模块设计改进。

机电控制模型设计与实现

在上述算法由于PLC可编程序逻辑控制器接收的信号必须是数字量,因此,数据采集板所采集到的输出电压、输出电流并载入MySQL数据库,采用较低的采样比来容许较高的信号带宽,设计逻辑控制电路如图4所示,通过开关的关断或接通来控制滤波器模式的选择,滤波器的工作时钟可通过DSP的时钟分频得到,其中,包括I/O电源(3.3 V)、内核电源(0.8~1.2 V)以及实

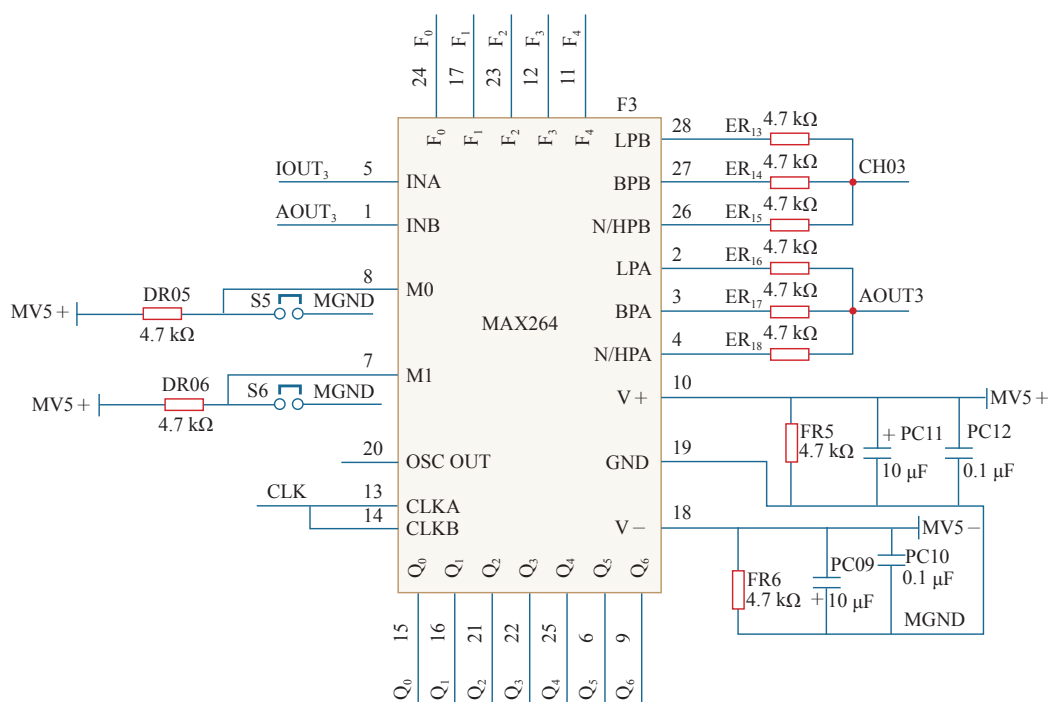


图4 DCS电厂机电控制逻辑电路设计

时时钟电源（3.3 V）。选用ADM706SAR DSP芯片，实现小型PLC的DCS电厂机电控制模块，把机电控制模块设计成四种复位方式：上电复位、看门狗复位、供电电压过低复位和手动复位。

其中，检测装置中为PLC供电的电源电压为5 V，采用专业基准源芯片PLC来产生参考源 V_{ref} ，送入AD5545将数字信号转换为模拟信号，可以配置报警门限，如alert、config、data、trans和user，载入控制算法，代码为

```
# cd /mywork/crosspile
# xzvf /linux/arm-linux-gcc-4.4.3.tar.gz
Export PATH=$PATH:/mywork/crosscompile/opt
/FriendlyARM/toolschain/4.4.3/bin
```

获得内核源码：

```
# cd /mywork/kernel
# tar xzvf
/linux/linux-2.6.32.2-mini2440-20110304.
tar.gz
```

获得vboot源码：

```
将vboot源码放在“/mywork/bootloader”目录下
# cd /mywork/bootloader
# tar xzvf /linux/vboot-src-20100727.tar.gz
```

操作系统编译完成后，就在应用层运行Android的应用程序，设计PLC控制板，如图5所示。综上分析，实现了控制模块的优化设计。

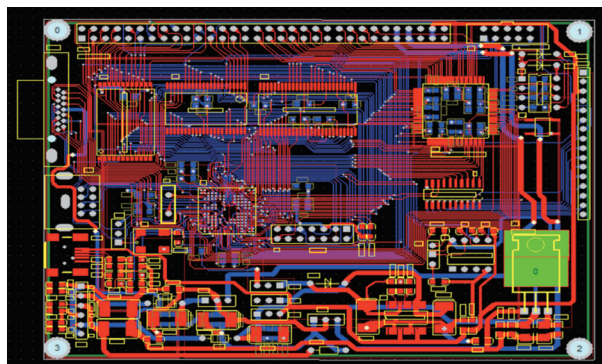


图5 小型PLC的DCS电厂机电控制模块

仿真实验与结果分析

为了测试本文设计的小型PLC的DCS电厂

机电控制模块性能，进行仿真实验，Matlab的Simulink为平台建立系统仿真模型，选用Machine库中DCS电厂机电控制系统作为被控对象，假设使用Uses表明组件完成自身功能需要其他组件提供的接口，并设置端口号为9002。电动机组的参数为：相电阻 $3.234\ \Omega$ ，相电感11 mH，转动惯量 $0.000\ 4\ \text{kg}\cdot\text{m}^2$ ，额定转速2 000 r/min，极对数为6，阻尼系数 $0.003\ \text{N}/(\text{m}/\text{s})$ ，PLC可编程序逻辑控制器片内含4 KB In-system programmable（ISP）的可反复擦写1 000次的Flash只读程序存储器，电厂机电控制模块的控制规则如下表所示。

表 控制规则

NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB	NB
NB	NS	ZO	NM	NM	NM	NS	NS
NM	NS	ZO	NM	NM	NS	ZO	PS
NS	NM	NM	NS	NS	ZO	PS	PM
ZO	NM	NS	NS	ZO	PS	PS	PM

上述实验环境和参数设定基础上，进行实验。仿真实验中，为对比算法性能，采用本文控制方法和传统的控制方法进行对比，以电厂的输出功率为测试指标，测试对输出功率的跟踪控制性能，得到电机A—D输入信号如图6所示。控制模块的输出结果如图7所示。从图6和图7可见，采用本文设计的电厂机电控制模块优化方案，加负荷后，本方案具有更短的调节时间，当控制过程稳定后，电机时滞耦合系统的解耦性能较好，提高同步跟踪控制性能，实现对电厂机电系统的逻辑控制，提高电动机的稳定性和可靠性。

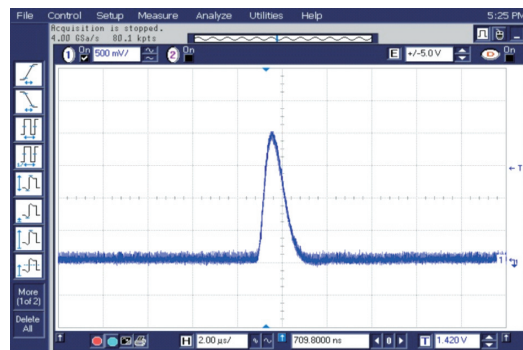


图6 控制模块输入



图7 控制模块输出

结束语

电厂的机电控制系统多采用DSC分散控制系统实现对电机的整流耦合控制,提高发电功率和效率。传统的DCS是通过PLC和执行部件以及数据采集相连,进行机电控制模块设计,需要实时监测各个分离单元,同步跟踪控制性能较差。结合小型PLC可编程序逻辑控制器,提出一种基于三层前向神经元PID变结构控制的电厂DSC机电控制模块的优化设计技术。首先进行控制系统的总体设计,然后进行控制算法改进设计,最后进行控制模块的硬件设计,进行了控制性能测试和仿真,研究表明,采用本文设计的电厂机电控制模块优化方案,加负荷后,本文具有更短的调节时间,当控制过程稳定后,电动机时滞耦合系统的解耦性能较好,提高同步跟踪控制性能,实现对电厂机电系统的逻辑控制,提高电厂机电系统运行的稳定性和可靠性。

参考文献

[1] 甄建军,张毅.基于螺旋平面线圈的感应电能传输技术研究[J].电气自动化,2014,36(2):

78-80.

- [2] 安剑奇,吴敏,熊永华,等.高炉炉顶压力智能解耦控制方法及应用[J].信息与控制,2010,39(2):180-186.
- [3] 李鹏,孙未蒙,李文强,等.一种改进积分滑模面在飞控中的应用[J].控制工程,2010,17(3):269-289.
- [4] David J R A, German G V, Pascale C. Assessment of the plug flow and dead volume ratios in a sub-surface horizontal-flow packed-bed reactor as a representative model of a sub-surface horizontal constructed wetland[J]. Eco-logical Engineering, 2012, 40(3):18-26.
- [5] Hwang C C, Chang J J. Design and analysis of a high power density and high efficiency permanent magnet DC motor[J]. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2000, 20(9):234-236.
- [6] 温阳东,宋阳,王颖鑫,等.基于模糊神经网络的电力变压器故障诊断[J].计算机测量与控制,2013,21(1):39-41.
- [7] 克智.基于智能变频的无线通信基站节能研究[J].科技通报,2012,28(8):62-65.
- [8] 雷邦军,费树岷,翟军勇,等.静止无功补偿器(SVC)的一种新型非线性鲁棒自适应控制设计方法[J].中国电机工程学报,2013,33(30):65-70.
- [9] 齐昕,周晓敏,马祥华,等.感应电机预测控制改进算法[J].电机与控制学报,2013,17(3):62-69.
- [10] 郭晓艳.油田管道不定衰减水声信号的仿真分析[J].计算机仿真,2014,31(3):118-121.

(收稿日期:2014-11-12) **EA**

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告