

感应加热电源数字移相触发器设计

焦文潭, 布挺

(洛阳理工学院 电气工程与自动化系, 河南 洛阳 471023)

摘要: 用数字触发器的设计思想设计其硬件结构并对软件算法进行了改进。改进后的数字移相触发器简单可靠, 产生脉冲的对称性好, 抗干扰能力强, 能够保证捕获到每一个换相区并及时触发。

关键词: 晶闸管; 整流; 调功

中图分类号: TP271

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2010)20-0016-02

The design of digital phase shift trigger of the induction heating power supply

JIAO Wen Tan, BU Ting

(Department of Electrical Engineering and Automation, Luoyang Institute of Science and Technology, Luoyang 471023, China)

Abstract: In this paper, the phase shift trigger is referred and improved. The system is simple, reliable, has good performance of symmetry and against interference. It can assure capture every phase interval and trigger immediately.

Key words: thyristor; rectifier; power regulator

目前, 国内大容量全固态感应加热电源非常缺乏, 中频及超音频感应加热电源研制水平还比较底。其电路大多采用模拟控制电路, 其中整流桥移相触发电路通常采用模拟型锯齿波增益可调电路, 逆变输出负载端多采用 CD4046 进行模拟控制。本文设计了一套感应加热电源中三相整流桥的数字移相触发器。

1 问题描述

三相整流桥的电路结构如图 1 所示。

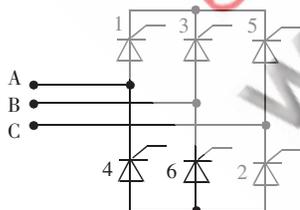


图 1 三相整流桥的电路结构

在电力电子中, 通常将三相电的一个周期分为 6 个触发换相区^[1,4]。整流桥采用晶闸管, 晶闸管是可控开关器件, 开通晶闸管必须具备两个条件: (1) 阳极和阴极之间外加正向电压; (2) 门极(控制极)与阴极之间被施加触发脉冲。调整触发延迟角 θ 即可实现对整流输出功率的控制。

2 算法基本思想及改进策略

在模拟型移相触发器中, 触发脉冲的延迟通过改变锯齿波的斜率实现。通过增益调节实现对锯齿波斜率的改变, 从而达到移相的目的。本文设计的数字触发器通过改变计数脉冲频率的方法来实现移相。

本文采用 VHDL 语言进行算法编程^[2], 控制器采用 Altera 公司 EP2C5T144C8。整个方案硬件分为: 同步电路^[3]、反馈环节、驱动部分。A、B、C 三相的同步电路结构相同。同步电路^[3]结构如图 2 所示。

同步电路由低通滤波器和限流电阻组成。由于低通

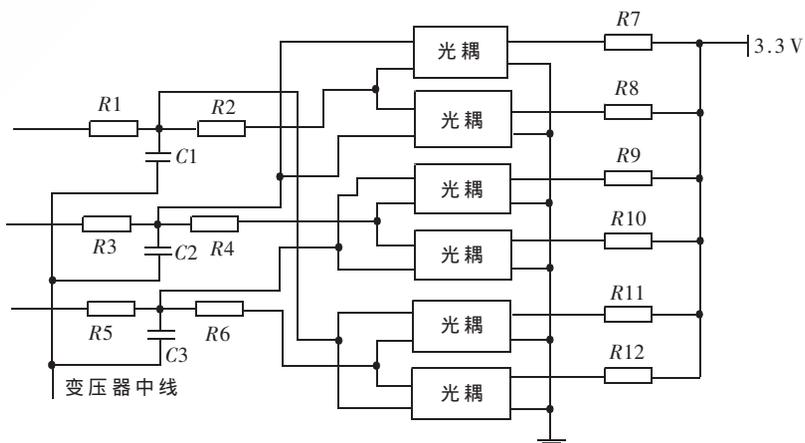


图 2 同步电路结构

滤波器的存在,会导致三相电的相移,由于后级每一个光耦的输入都是两路同步电路的输入。因此低通滤波器导致的相移可以抵消。要合理选择同步电路的参数,尤其是电容的参数,电容不易过大。电阻的选择要考虑与后端光耦的匹配。同步信号经过光耦隔离转换为数字信号后送入 FPGA。

由于 FPGA 的 IO 标准是 3.3 V, 因此要驱动晶闸管还需要进行放大处理。本电源中采用脉冲变压器。感应加热电源负载部分的 IGBT 逆变桥由 DSP 控制, DSP 采用 TMS320F2812, DSP 控制 IGBT 逆变桥跟踪负载上的信号频率, 监测 IGBT 的温度, 根据 IGBT 的温度通过反馈环节给前端 FPGA 一个可控频率方波, 从而确定移相角的大小, 构成闭环系统。可控频率方波则直接决定着移相角的大小。

2.1 算法介绍^[3]

三相整流桥调功算法部分可以分为同步信号预处理、移相模块、脉冲配置模块三部分。

6 路同步信号经过光耦隔离后转换为方波送入 FPGA 芯片内, 由于光耦固有延迟的存在, 所以光耦输出的方波信号边沿变化缓慢, 如图 3 所示。



图 3 光耦输出的方波信号

由于同为两相电压产生的两路同步信号, 频率、幅度相同, 相位差半个周期。为了节省芯片资源, 可将两相电压产生的两路同步信号进行异或处理, 异或处理之前要对两路同步信号进行“打拍”处理, 两路同步信号“打拍”的次数决定着负脉冲的宽度, 仿真波形如图 4 所示。plusea0 与 plusea1 打拍后, 作异或运算及仿真结果。

移相模块电路结构如图 5 所示。移相触发模块由 T 触发器、两个逻辑门和计数器组成。当计数器输入由‘0’变成‘1’时, 计数器开始计数。当计数溢出时, 送出窄脉冲进位信号导致 T 触发器输出高电平, 从而实现对该计数器的复位, 等待下一个脉冲到来时重新计数, 实现了循环计数自动清零功能。

经过移相仿真后波形如图 6 所示。相位移动角度为 θ , 相位移动的参考基准是异或门的负脉冲, 即得到的触发时刻是相对于同步信号延迟 θ 角后的时刻。

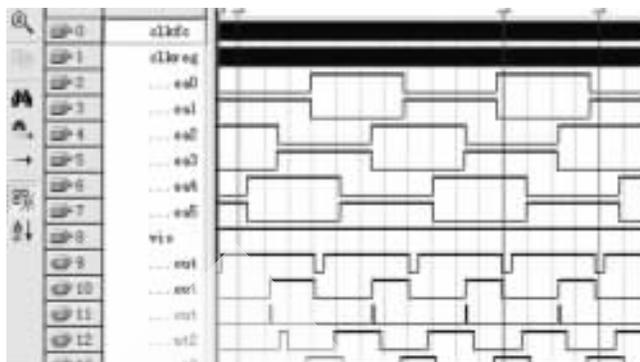


图 4 打拍处理后的仿真波形

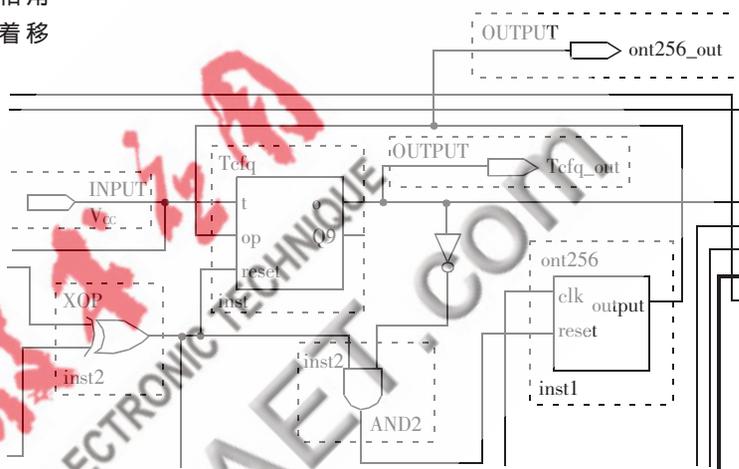


图 5 移相模块电路结构

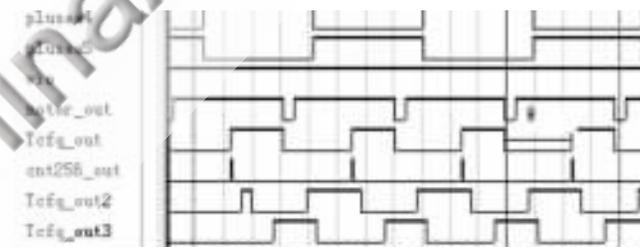


图 6 移相后的仿真波形

三相电的一个周期包含 6 个换相区, 若晶闸管脉冲触发模块采用单脉冲触发, 经实验发现, 当电网电压波动时, 会出现漏触发现象。

2.2 改进策略

本算法中脉冲触发模块的设计由触发相区判断单元和触发脉冲单元两部分构成。判断单元的作用是根据前级电路触发器输出的 6 路提示信号(如图 7 中 q1~q6), 判断当前移相角所对应的换相区间。脉冲触发单元是根据判断单元结果决定所需要触发的晶闸管对。

本算法中采取锁相环倍频措施, 将脉冲触发模块的同步时钟在系统时钟基础之上进行倍频处理, 本系统中主时钟为 20 MHz, 脉冲触发模块同步时钟倍频至 100 MHz, 算法中采用多脉冲连续触发的方式, 即换相触发时刻到

来时,由触发脉冲单元在高频时钟的同步下,连续触发相应的晶闸管,确保不出现漏触发现象。仿真波形如图7所示。

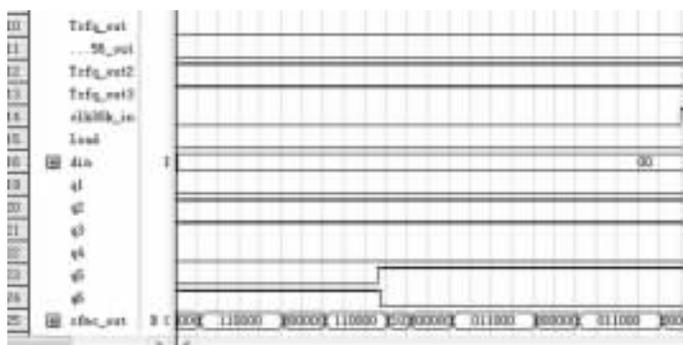


图7 本算法前级电路触发器输出信号仿真波形

触发脉冲单元根据判断单元送出的6路当前触发提示信号,对应相应的晶闸管进行连续触发。脉冲触发单元输出的六位信号经过脉冲变压器分别对应触发图1所示晶闸管的标号。

3 实验结果

从仿真结果看:触发脉冲稳定连续,能够满足使用

要求。采用双通道示波器能够清晰地看到对应的两个触发脉冲(实验中采用的示波器是Agilent DSO3062A)。通过仿真和相应波形测试证明:该数字触发器简单可靠,产生的脉冲稳定、连续、抗干扰能力强。本系统正应用于200 kW大功率感应加热电源的三相全控整流桥。

参考文献

- [1] 陈坚. 电力电子技术[M]. 北京:高等教育出版社,2002.
- [2] 潘松,黄继业.EDA技术实用教程[M].北京:科学出版社,2006.
- [3] 张均华,肖国春.基于CPLD的三相晶闸管数字移相触发器设计[J].工业加热,2004,33(5):45-47.
- [4] 许静.感应加热电源数字控制技术研究[D].杭州:浙江大学硕士学位论文,2002.

(收稿日期:2010-06-24)

作者简介:

焦文潭,男,1982年生,硕士,助教,主要研究方向:嵌入式系统应用。

布挺,男,1982年生,硕士,助教,主要研究方向:嵌入式系统应用。