

SCR-SPWM 变频调速系统

SCR SPWM VVVF System

广东工业大学 张 森 冯焱生 谢俊杰 (广州 510090)

摘要:介绍一种以 SCR 作主开关器件的 SPWM 控制方式的变频调速系统,并通过实验对提出的方案进行了验证。

Abstract: The paper presents a SPWM frequency-variable and velocity-variable system with SCR as main switching devices. The proposed scheme has been verified through experiment.

叙词:晶闸管 变频调速 脉宽调制/公共换流

Keywords: thyristor; VVVF; PWM/ common converting current

1 引言

作为变频器中的重要组成部分的逆变电路,目前主要采用大功率可关断开关器件。由于国内生产水平和工艺还比较落后,市场上的变频器和大功率可关断开关器件仍以进口为主。进口器件虽优越,但价格较贵。此外由于浪涌电压的存在,随之产生的浪涌保护电路会带来高的附加损耗,同时浪涌造成的高压也影响了变频器的可靠运行。

若能用 SCR 作为变频调速装置的功率元件,就会使功率开关器件的国产化成为可能。

本文介绍一种采用公共换流方式的 SCR 电压型逆变电路。该电路以 SCR 作为主功率器件,以 8098 单片机来产生 SPWM 信号,并在小功率电机上进行了试验,给出了试验波形^[1]。

2 系统的工作原理

2.1 主回路结构

图 1 为采用公共换流方式的 SCR 电压型逆变电路的主回路原理图,逆变电路六个桥臂的开关元件采用 SCR,公共换流电路由晶闸管 V_{Th7} 和 V_{Th8} 、晶体管 V_{T1} 和 V_{T2} 、换流电容 C 及电阻 R_i 组成。

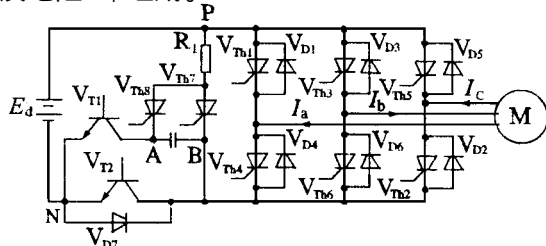


图 1 公共换流方式 SCR 逆变电路主回路原理图

2.2 换流原理

换流电路的工作原理见图 2 等效电路。以电机感性负载为例,将换流过程分为四个阶段。设换流前主回路的电流走向如图 1 所示,取直流电源端 N 为零电位。

(1) 第一阶段 将辅助晶体管 V_{T1} 、 V_{T2} 分别开通、关断,随后开通辅助晶闸管 V_{Th7} ,通过 V_{Th7} 给换流电容 C 充电,为关断逆变电路中的 SCR 作准备。给电容 C 充电回路有两条:主回路直流电源经电阻 R_i 、 V_{Th7} 和 V_{T1} 构成;逆变电路中的 SCR 继续导通经 V_{T1} 也给换流电容 C 充电。电路的电流走向见图 2a。

(2) 第二阶段 当换流电容 C 充电使 B 端电位趋于或等于逆变电路 P 端的电位 E_d 时,则 V_{Th7} 自然关断。但在感性负载和续流二极管的作用下,逆变电路中的 V_{Th2} 和 V_{Th4} 会继续导通,此时逆变电路的电流走向如图 2b 所示。

(3) 第三阶段 触发开通辅助晶闸管 V_{Th8} ,电容 C 的 A 端电位由原来的零电位变为 E_d ,B 端电位变为 $E_c + E_d$ 。电容 C 经 V_{Th8} 、电阻 R 和逆变电路的续流二极管放电,使得 B 端的电位高于 P 端的电位并能维持一段时间,从而使 V_{Th7} 和逆变电路中的晶闸管实现自然可靠关断。

由于感性负载的续流作用,负载电流暂经 V_{Th8} 、电容 C 和逆变电路中的续流二极管流通,电流走向如图 2c 所示。

(4) 第四阶段 开通 V_{T2} ,随着电容 C 充电至 E_c , V_{Th8} 自然关断,为下一开关周期作准备。

换流过程中,换流电路中 V_{T2} 开通时逆变电路中的晶闸管处于关断状态,即相当于零电流开通。由于换流电容 C 在关断过程中的充放电作用,使得逆变电路和辅助关断电路中的晶闸管电压上升率 dv/dt 和电流上升率 di/dt 大大降低,从而使浪涌电压大大降低,不需再加浪涌保护电路。

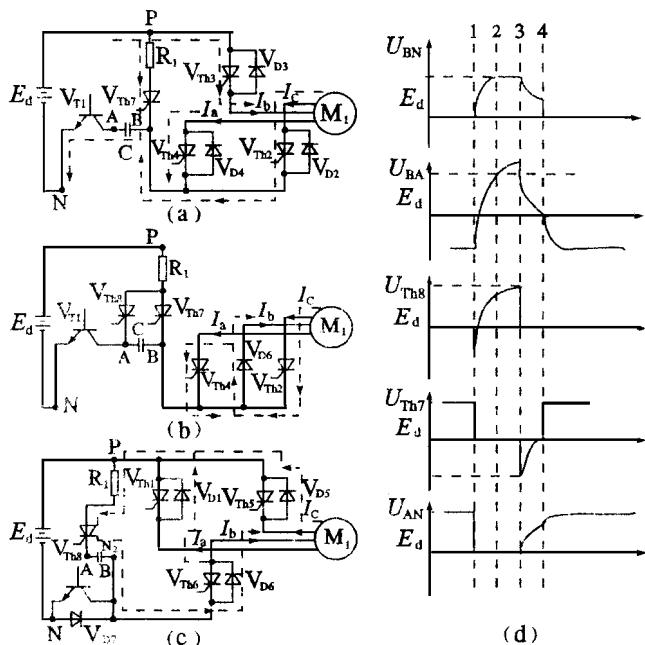


图2 公共换流方式逆变电路的工作原理和关断过程

3 控制系统的设计

3.1 硬件设计

控制系统的硬件设计以准 16 位单片机 8098 作为控制核心,利用 8098 单片机的六路 HSO 产生六路 SPWM 信号,利用其输入输出 P_2 口的两路信号,经外围编码电路来产生公共关断电路的四路控制信号。系统的结构如图 3 所示。

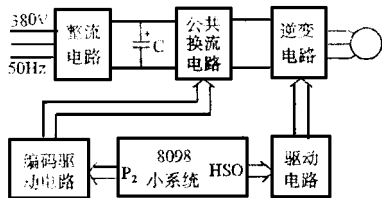


图3 系统结构框图

3.2 公共换流电路控制时序

图 4 为公共换流电路控制时序。

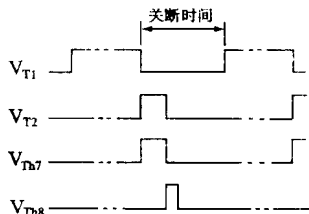


图4 公共换流电路各开关器件控制时序图

4 试验结果和结论

4.1 试验

采用以上介绍的控制电路和方案,我们在阻性负载和电机上分别进行了试验。试验电机参数为: $P_{ed} = 0.5kW$; $U_{ed} = 380/220V$; $I_{ed} = 1.04A$; $n_{ed} = 1400r/min$ 。辅助公共换流电路中换流电容 C 和电阻 R_1 的参数选择主要取决于主回路晶闸管的关断时间 t_q :

$$RC \geq t_q / [\ln(2u_d + u_{Th})]$$

$$t_s > t_q + RC \ln(u_{Th} + u_t)$$

式中 u_D 、 u_{Th} 、 u_t ——续流二极管、晶闸管、晶体管 V_{T1} 的导通压降

这里取:换流电容 $C = 1.1\mu F/800V$;换流电阻 $R_1 = 20\Omega/20W$;关断过程时间 t_s 取 $100\mu s$,载波频率 $300 \sim 500Hz$ 。

V_{T1} 、 V_{T2} 和 V_{D7} 耐压要求取决于主回路直流部分的电压,在此取 $1000V$ 。

图 5 为输出线电压和电机线电流波形。

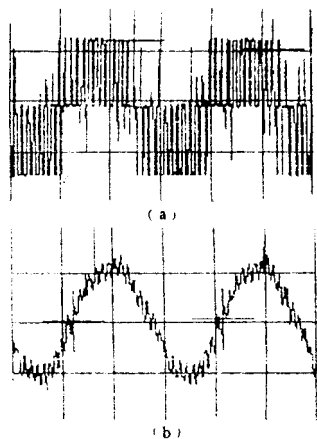


图5 变频调速系统输出电压和电机线电流试验波形

(a) 阻性负载电压波形 (b) 电机电流波形

(下转第 33 页)

格比。

(3) 基于电压空间矢量 PWM 算法控制的变频调速逆变器具有较高的直流电压利用率,且适合于数字实现。

(4) 基于电压空间矢量 PWM 算法的定子电流检测方法适用于全数字化交流调速系统,采样数据波动性小,增强了系统动态响应性能。

参 考 文 献

- 1 陈 坚. 交流电机数学模型及调速系统. 北京: 国防工业出版社, 1989.
- 2 Yoshihiro Huroi, Yuzuru Tzunchiro. 感应电动机传动用逆变器的 PWM 改进方式. 国际电力电子学会会议论文集, 北京: 机械工业出版社, 1987: 311 ~ 321
- 3 H. W. Vander Broeck, H. C. Skudely and G. V.

Stranke. Analysis and Realization of a Pulsewidth Modulator Based on Voltage Space Vectors. IEEE Trans. on IA, 1988, 24(1): 142 ~ 150

4 康 勇. 高频大功率 SPWM 逆变电源的研究 [博士论文]. 华中理工大学, 武汉, 1994.

5 张 宇等. 利用空间矢量法实现交流电机的数字化变频调速系统. CAVD '95, 1995: 189 ~ 195

6 冯江华. 通用变频器的双单片机的控制系统. CAVD '95, 1995: 315 ~ 322

7 钟彦儒等. 一种双微机矢量控制系统的实现. CAVD '95, 1995: 216 ~ 221

8 刘立志等. 80C196-8098 双单片机控制的全数字化矢量控制交流调速系统. CAVD '95, 1995: 243 ~ 249

收稿日期: 1996-09-18

作者简介

詹长江: 男, 1970 年 10 月生, 博士生. 研究方向为电力电子技术及电气传动自动化。

陈 坚: 男, 1935 年 8 月生, 教授, 博士生导师. 研究方向为电力电子技术及电气传动自动化。

康 勇: 男, 1965 年 10 月生, 博士, 副教授. 研究方向为电力电子技术及电气传动自动化。

段善旭: 男, 1970 年生, 博士生. 现从事电力电子技术方面的教学与科研。

(上接第 29 页)

4.2 结 论

通过小功率晶闸管 PWM 变频调速系统的试验表明, 采用公共换流方式的 SCR 逆变器输出电流接近正弦波, 谐波很小。它与由 GTR 组成的逆变器的变频调速系统相比, 成本差距不大。但随着功率的提高, 由 SCR 组成的变频调速系统的成本相对降低了。尤其当前国内生产大功率可关断器件的能力还很低, 而功率元件立足于国内, 这对发展晶闸管的 SPWM 变频调

速系统具有一定意义。

参 考 文 献

- 1 大西德生等. 公共换流方式 SCR 电力变换装置. 日本 1995 年电气学会产业应用部门全国大会论文集: 101 ~ 102

收到初稿日期: 1996-10-07

收到定稿日期: 1996-12-25

作者简介

张 淼: 男, 1968 年 8 月生, 讲师. 主要从事交流变频调速方面的研究。

冯垛生: 男, 1938 年 5 月生, 教授. 主要从事交流变频调速理论及应用方面的研究。

谢俊杰: 男, 1945 年 1 月生, 副教授. 主要从事电力电子应用方面的研究。