

变频空调电气控制系统设计

邹丁山,贾文超

(长春工业大学电气与电子工程学院,吉林 长春 130012)

摘要:介绍了空调系统的基本工作原理,对变频空调与定频空调的工作原理进行了比较,充分体现了变频空调的优越性,从室内外的硬件设计和软件设计介绍了家用一拖一变频空调,室外逆变电路部分由智能功率模块取代了分立的六路 IGBT 构成的逆变电路,有效地提高了系统的稳定性和可靠性,最后的整机测试波形论证了整个系统的可行性。

关键词:智能功率模块;IGBT;变频空调

中图分类号:TP29 **文献标志码:**A

随着生活水平的不断提高,空调已经成为家庭生活的必需品。人们对空调的要求从仅仅满足于制冷、制热的简单功能,发展到追求舒适、享受的多种功能,从而使得一种高效节能、高舒适度的空调——模糊控制变频空调,成为空调发展的方向。模糊控制与变频技术结合,可使空调较为节电。

1 空调系统工作的基本原理

1.1 空调系统制冷制热的基本原理

空调系统的压缩机把制冷剂蒸汽从低压状态压缩至高压状态,创造了制冷剂液体在蒸发器中低温下蒸发制冷、在冷凝器中常温液化的条件。压缩机不断地吸入和排出气体,才使制冷循环得以周而复始地进行。空调制冷循环中,室外热交换器为冷凝器,室内热交换器为蒸发器。此时四通阀线圈内的电流被切断时,阀芯因为重力作用而下落,使压缩机排气口与室外冷凝器接通,而吸气口与室内蒸发器接通。空调制热循环中,四通阀切换,线圈通电产生磁场,阀芯被吸到上方位置,压缩机排气口与室内热交换器接通,吸气口与室外热交换器接通,此时制冷剂蒸汽流动方向改变,室内热交换器向室内散热而成为冷凝器,而室外热交换器成为蒸发器,制冷剂蒸发吸收室外热量^[1]。

1.2 普通定频空调工作的基本原理

普通的家用定频空调是通过控制压缩机的启停来实现的,当室温达到设定值后,压缩机停止运转,反之压缩机启动。

1.3 变频空调工作的基本原理

变频空调则是通过一个变频逆变电路来改变压缩机的转速,通过 PWM 控制技术实现变频变压,在变频的同时协调地改变电机的端电压,通过控制压缩机的转速从而调节压缩机的吸气量来调节制冷量^[2]。空调刚启动时,由于房间冷负荷较大,空调压缩机电机以高频率快速运行,让空调的制冷能力达到最大,使房间温度能在最短时间内降下来;当房间冷负荷变小时,压缩机运行频率能随之降低,减少空调的制冷量,而不用整个空调停机来实现制冷量调节,减少了空调的起停次数及温度波动。

1.4 变频空调与定频空调的区别

变频空调与定频空调的差别主要是在控制系统即能量调节方式上不同,而空调的核心部分——制冷系统并无差别。在温度控制方面,与普通空调相比,变频空调具有降温速度快、起停次数少、房间温度波动小及节能的优点。

2 一拖一变频空调的基本结构

变频空调系统包括制冷系统和控制系统,笔者研究的变频空调为分体立式一拖一 2P 柜机,制冷系统由室内机和室外机组成,两者之间通过制冷管道和通信线连接起来,一拖一变频空调的室外制冷系统由变频压缩机、四通阀、电子膨胀阀、室内换热器、室外换热器和外风机等组成,其中压缩机为三相异步交流电机^[3];控制系统包括室外控制电路和室内控制电路,室外控制电路的主要组成部分

收稿日期:2010-01-07;修回日期:2010-02-08

作者简介:邹丁山(1982-),男,江西崇仁人,在读硕士,主要从事检测技术与自动化研究,E-mail:zds0710@126.com。

包括室外电源板和变频模块板，室内控制电路的主要组成部分包括遥控器、室内主控板、室内显示板。

3 室外电气系统的设计

节能和可靠性在可调速的电机驱动中变得越来越重要，在低压电机控制中，提出了简洁性、嵌入式控制和低成本的要求，整个驱动系统中，优化成本性价比，是衡量变频器实用性需要考虑的一个非常重要的问题。总之，这个系统必须低噪音、高效率、体积小、质量轻，在低成本条件下，实现先进的运行功能和精确的控制。

3.1 智能功率模块在变频空调中的应用

变频空调的逆变器电路通常通过 PWM 控制技术驱动 6 个 IGBT 的开关来调压调频，用智能功率模块 FSBB20CH60 取代六路 IGBT，智能功率模块是电力电子集成电路的一种，集功率器件 (IGBT)、驱动电路和保护功能于一体，内部含有门极驱动控制、故障检测和多种保护电路，其核心器件是 IGBT，将其应用于变频空调，降低了成本，提高了可靠性，与以往 IGBT 模块驱动电路的组件相比有如下优点：一是内含驱动电路，保证 IGBT 最佳驱动。二是内含过流保护、短路保护和过热保护。三是驱动电源欠压保护。四是驱动信号端兼容 3.3/5 V CMOS/LSTTL 电平。五是宽的电压输入范围，电压输入范围：13.5~16.5 V。六是内含故障输出 V_{FO} 脚，给单片机输出故障信号，当输出低电平时则为故障信号。

3.2 室外硬件电路设计

室外变频板芯片选用松下 MN103SFC2DXW 单片机，此单片机内含 PWM 产生器，室内主控板选用摩托罗拉 TMP86FH09NG 单片机，主要包括室内传感器电路、室内通信电路、外风门片电内风门片电路、室内风机 (直流风机)，图 1 为硬件电路室内外框图， IN_{UH} , IN_{VH} , IN_{WH} ; IN_{UL} , IN_{VL} , IN_{WL} 分别为内部 IGBT 的上下桥臂驱动电路， P , N 为整流后的 ± 310 V 直流电源，经过 PWM 控制六路驱动逆变成电压和频率可调的三相交流电源，通过 U , V , W 与压缩机连接， N_U , N_V , N_W 分别为 3 个下桥臂 IGBT 的源极，可以在 N_U , N_V , N_W 与 -310 V 之间接电阻检测相电流保护功率模块， V_{FO} 为故障信号输出脚，正常工作时为高电平，有故障输出时为低电平；室外硬件其他部分分别是：四通阀、交流风机、传感器电路、电子膨胀阀和室内外通信电路等。

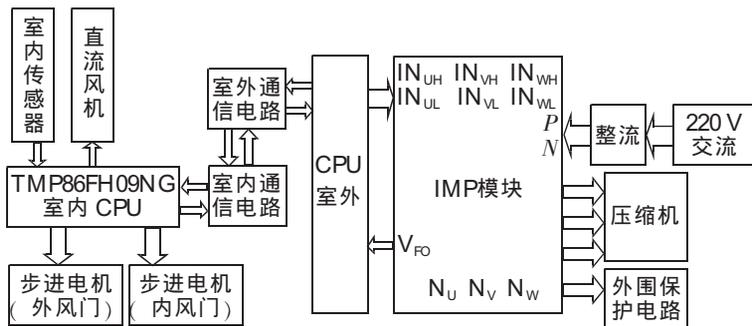


图 1 硬件电路室内外框图

3.3 室内外通信

通信电源由室内整流稳压后提供，室内外通信电路为 18 V 弱电通信，通信规则采用主从结构，规定以室外机为主机，室内机为从机，主机或从机每次发送一个数据包。通信开始时，主机先发送数据，从机接收数据，主机发送数据后等待接收从机数据，主机接收到从机数据并处理完后，隔一段时间再发送下一个数据。若主机发送数据后一段时间内接收不到从机数据或数据错误时主机再次发送数据，若主机连续一段时间接收不到从机数据或数据错误，则报通信故障。

4 室内外软件设计

室内外软件设计流程图见图 2。室内机的开关机标记传送给室外机，室内机要求开机时，室外机即开机；室机要求关机时，室外机进入关机状态，室内机其运转参数传送给室外机，室外机依程序演算及各种保护机能判定后，决定压缩机的频率及膨

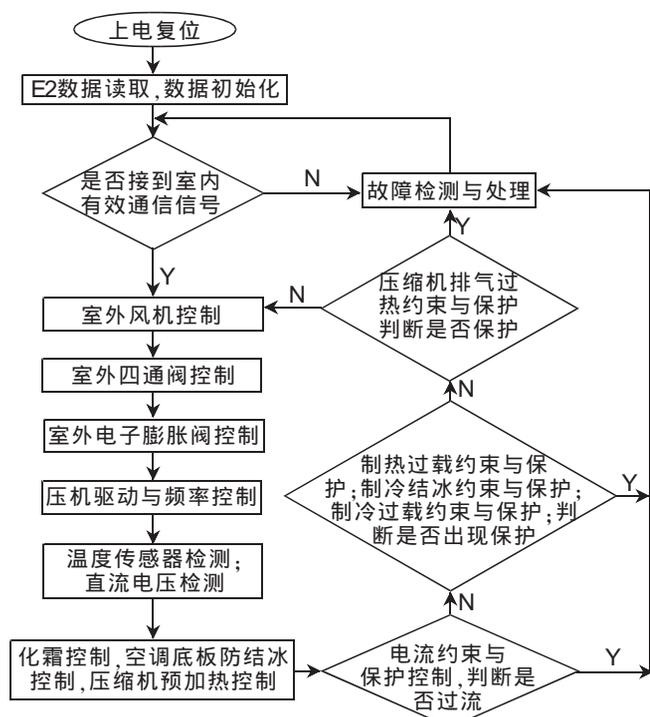


图 2 室内外软件设计流程图

胀阀的开度。

室内机的 ON/OFF 是由室内机自己判定, 室外机仅接收来自室内机的 ON/OFF 的命令, 之后依照室外机的程序做相应的控制, 而不是由室外机的程序决定室内机的 ON/OFF。当室内机进入 OFF 时, 压缩机停止运转, 进入待机, 当室内机进入 ON 时, 压缩机开始启动。

5 实验调试及波形

1) 选择一个 700 W 的三相异步交流压缩机, 确定其参数写入 EEPROM 内 (见表 1)。

表 1 三相异步交流压缩机参数

参数	设定值	参数	设定值	参数	设定值
定子电阻	1.415 Ω	转动惯量	0.013 1	启动频率	20 Hz
转子漏感	0.012 26 H	转动惯量	0.013 1	启动电流	5 A
励磁电感	0.332 9 H	极对数	2	保护相电流	18 A

2) 图 3 为示波器测试的波形。图 3 中 CH3 为 PWM 输出控制波形 (用示波器表笔测得); 波形的每个方格的高度为 5 V, 5 V 为高电平, 0 V 为低电平。CH4 为压缩机的启动波形 (用电流钳测得); 波形的每个方格的高度为 50 mV, 50 mV 对应的电流为 5 A。

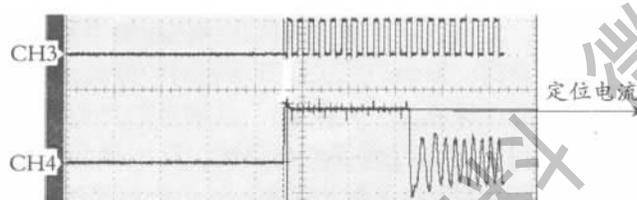


图 3 示波器测试的整机波形

通过改变逆变电路 6 路驱动的 PWM 输出的脉宽来改变压缩机的端电压, 改变 PWM 脉宽周期来

改变压缩机端电压的频率, 根据室内的环境温度的变化来改变 PWM 的输出, 从而达到控制压缩机的转速, 使室内温度的变化在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

压缩机启动电流为 7 A, 定位电流的时间可以在软件内设定, 此定位主要是方便软件控制压缩机的转速, 通过此定位可以确定压缩机的当前位置, 软件以此位置为基准来计算压缩机的位置, 从而达到控制压缩机的转速, 定位之后的波形为压缩机 U, V, W 三相电流波形, 理想的波形为标准的正弦波, 大小为正弦波的峰峰值, 通过波形的情况可以判断压缩机的控制情况, 如果波形出现抖动, 压缩机也会出现相应的震动, 就需要从软件或硬件方面使输出波形尽量稳定和接近正弦波, 例如, 由于外界信号的干扰, 就需要从硬件方面去解决。

6 结束语

智能功率模块 FSBB20CH60 取代六路 IGBT, 智能功率模块集功率器件 (IGBT)、驱动电路和保护功能于一体, 内部含有门极驱动控制、故障检测和多种保护电路, 其核心器件是 IGBT, 将其应用于变频空调, 降低了成本, 提高了可靠性, 在实际应用中得到了良好的效果。

参考文献:

- [1] 赵相宾, 年培新. 谈我国变频调速技术的发展及应用[J]. 电气传动, 2000, 30(2): 3-6.
- [2] 吴安顺. 最新实用交流调速系统[M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [3] 吕汀, 石红梅. 变频技术原理与应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.

(实习编辑 李洋)

Design of Electrical Control System of Inverter-aided Air Conditioning

Zou Ding-shan, Jia Wen-chao

(Institute of Electrical and Electronic Engineering, Changchun University of Technology,
Changchun 130012, China)

Abstract: In this paper, the author introduced basic operation principle of air-conditioning system. Comparing operation principle of inverter-aided air conditioning with operation principle of fixed frequency air conditioning, the author introduced one to one inverter-aided air conditioning from design of hardware and software. Intelligent power module took place of inverter circuit of IGBT which improved efficiently stability and reliability of system. Waveform of integrated testing proved feasibility of whole system.

Key words: intelligent power module; IGBT; inverter-aided air conditioning