

基于回差技术的汽车空调 制冷系统控制电路的设计

刘 克, 关朴芳

(福建船政交通职业学院 机械工程系, 福州 350003)

摘要:各种原因引起的蒸发器温度波动,造成汽车空调系统的核心部件压缩机不合理的频繁启动和停止,影响了制冷效力。为避免此种情况,有效保障压缩机正常运行,研究了一种基于回差技术且适合经济型汽车空调系统使用的控制电路。

关键词:回差技术;汽车空调制冷系统;控制电路;压缩机

中图分类号:TP29 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-349X(2016)06-0037-04

DOI:10.16160/j.cnki.tsxyxb.2016.06.010

On the Design of Control Circuit for Automotive Air Conditioning System Based on Hysteresis Technique

LIU Ke, GUAN Pu-fang

(Department of Mechanical Engineering, Fujian Shipping & Transportation Vocational College, Fujian 350003, China)

Abstract: Due to the evaporator temperature vibration caused by various factors, the compressor, the most essential component of the automotive air conditioning system, has to start and stop frequently, affecting the cooling efficiency. In order to avoid this situation and ensure the normal operation of the compressor, the authors of this paper have developed a control circuit for the air conditioning system of economical vehicles based on hysteresis technology.

Key Words: hysteresis voltage method; control circuit; compressor; vehicle air conditioner

汽车空调制冷系统主要由压缩机、冷凝器、蒸发器等机构组成,制冷方式主要通过压缩制冷剂来完成。其制冷过程:从压缩机出来的高温高压制冷剂由高压软管进入冷凝器,制冷剂大量吸热而汽化,成为低温低压湿蒸汽进入蒸发器,通过热交换使得蒸发器温度降低,产生了制冷降温的效果;汽化了的制冷剂被压缩机抽吸压缩,又变成高温高压状态的气体,通过高压软管送至冷凝器,从而完成一个制冷系统的热力循环。在此循环中,压缩机扮演着促使制冷剂在制冷系统管路中循环流动、完成气液两态转

换而达到制冷目的的重要角色,它是制冷系统的核心^[1]。

1 汽车空调压缩机的运行机理

经济型汽车空调制冷系统通常采用的是非独立式手动空调。所谓非独立式的空调制冷系统是指压缩机的驱动动力来自于汽车的发动机。离合器是发动机向压缩机传递动力的关键部件,通过控制离合器电磁线圈的得电、失电,实现离合器与发动机的吸合或分离,从而决定压缩机的运转或停止^[2]。

在手动式汽车空调制冷系统中,当发动机和压

基金项目:福建省教育厅 B 类课题(JB13289)

作者简介:刘克(1961—),男,河南南阳人,副教授,主要从事机电产品开发研究。

缩机转速信号正常,且串接于压缩机电源电路的四个开关——空调器开关(A/C)、鼓风机开关、压力开关、恒温开关都处于闭合状态时,汽车用的空调放大器就有电压输出,驱动离合器线圈得电,使发动机带动压缩机工作^[3]。

2 恒温开关的作用

恒温开关(蒸发器的传感器)感受蒸发器的表面温度,是温度控制的开关元件。当蒸发器表面温度上升到设定值时,开关导通,离合器闭合,压缩机工作;当蒸发器表面温度低于设定值时,开关脱开,离合器分离,压缩机停止工作。

这个传感器一般采用具有负温度系数的热敏电阻^[4],其阻值与蒸发器表面温度成反比,如表 1 所示。

表 1 热敏电阻的温度—阻值变化表

序号	温度/℃	阻值/Ω
1	-40	235.830
2	0	28.224
3	1	26.978
4	2	25.796
5	3	24.674
6	4	23.608
7	5	22.595
8	25	10.000
9	40	5.810

3 问题的提出

压缩机和离合器的损坏在汽车空调制冷系统故障率中的占比较高^[2],其中一个重要因素是没有正确选择好温控开关的控制方式。

在理想条件下,汽车空调压缩机在高于温度控制值(本研究设定为 3.5℃)时运行,低于温度控制值时停止,其运行过程如图 1 所示。

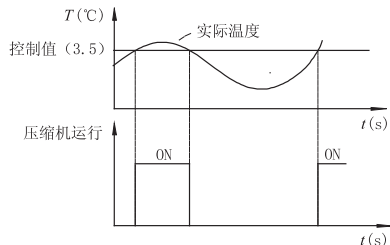


图 1 理想条件下压缩机的运行过程

但在实际运行过程中,由于各种因素的干扰,温度在控制值附近产生波动,压缩机会发生如下现象:短时间里当温度在控制值附近上下波动时,离合器

的分合就会在极短的时间内发生,造成离合器烧毁、压缩机产生大的启动冲击电流以及电路经历频繁的“换路过程”,如此将会缩短离合器和压缩机的使用寿命、降低电路的抗电磁能力。温度在控制值附近波动时压缩机的运行过程如图 2 所示。

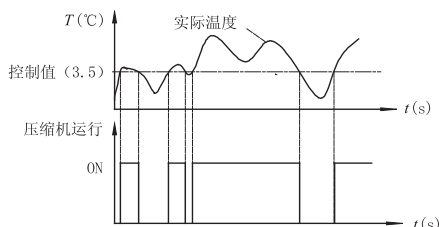


图 2 温度波动时压缩机的运行过程

为此,我们基于回差技术为汽车空调制冷系统设计了一款经济实用的控制电路来避免上述现象的发生。

4 温度回差控制设计

4.1 模型分析

设定温度控制的上阈值(5℃)和下阈值(2℃),应用回差控制在反馈电路中形成一个温度回差区域。温度回差控制传输特性如图 3 所示。

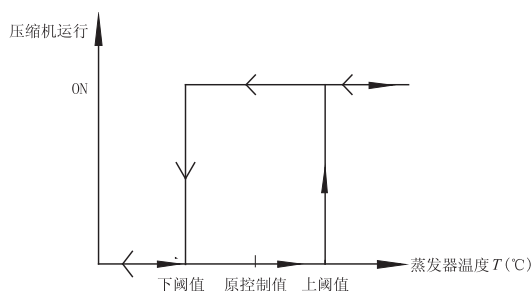


图 3 温度回差控制传输特性

当蒸发器温度从低温区域逐步上升至下阈值时,压缩机保持原状态,温度继续上升,当达到上阈值时,离合器闭合,压缩机启动(如图 3 所示实芯箭头指示的方向);当蒸发器温度从高温区域逐步下降至上阈值时,压缩机保持原状态,温度继续下降,当达到下阈值时,离合器分离,压缩机停止(如图 3 所示非实芯箭头指示的方向)。

由于采用了回差温度区域,这样实际温度在原控制值附近发生温度变化时,不会造成压缩机在短时间里的频繁启动或停止,由此克服了大电流的冲击,减少了电路的“暂态过程”。回差温度控制状态下压缩机的运行过程如图 4 所示。

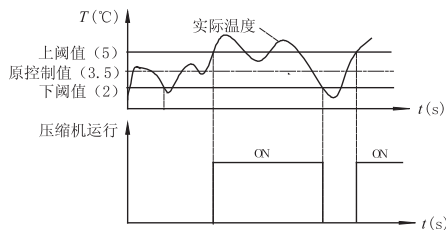


图4 回差温度控制状态下压缩机的运行过程

4.2 回差电路的设计与分析

基于回差技术设计的经济型汽车空调压缩机的运行控制电路如图5所示。

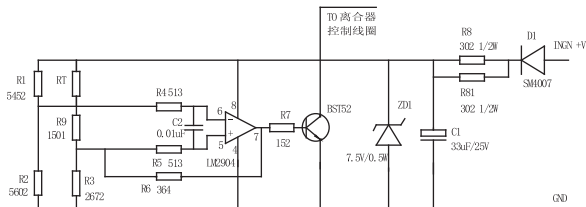


图5 经济型汽车空调压缩机运行控制电路

电路各组成部分的功能如下:

(1) INGN+V, D1, C1, ZD1: 直流电源。

(2) R1, R2: 运算放大器的负输入端电压(参考电压)的采样电阻。

(3) R3, R9, RT, R6: 运算放大器的正输入端电压的采样电阻。其中 RT 是热敏电阻, R6 是反馈电阻(运算放大器输出电压反馈到其正输入端)。

(4) LM2904: 电压比较器。

(5) BST52: 离合器线圈的驱动三极管。

由于反馈电阻的存在, 使电路从一个简单的单限比较方式变为一种具有回差性质的控制电路^[5]。

运算放大器的输入端电压的计算过程如下。

设定电路供电电压(INGN+V)为 7.5 V, 运算放大器的负输入端电压 U_- 为固定值:

$$U_- = 7.5 \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 7.5 \times \frac{56}{54.5 \times 56} = 3.80 \text{ V}.$$

运算放大器有两个正输入端电压值 U_+ : 当运算放大器输出为 H(正向饱和电压)时, 其值为式(1)的计算结果; 当运算放大器输出为 L(负向饱和电压)时, 其值为式(2)的计算结果。

$$U_+^H = 7.5 \times \frac{\frac{R_3 \times R_6}{R_3 + R_6}}{RT + R_9 + \frac{R_3 \times R_6}{R_3 + R_6}} + 7.5 \times$$

$$\frac{(R_9 + RT) \times R_3}{(R_9 + RT) + R_3}, \quad (1)$$

$$U_+^L = 7.5 \times \frac{\frac{R_3 \times R_6}{R_3 + R_6}}{RT + R_9 + \frac{R_3 \times R_6}{R_3 + R_6}}. \quad (2)$$

查看表1在不同温度时所对应的热敏电阻值 RT 和图5所示的各电阻值, 代入式(1)和式(2)中进行计算, 结果如表2所示。

表2 运算放大器的输入端电压及其比较

蒸发器温度/°C	计算数据 U_+/V	实验数据 U_+/V	实验数据 U_+ 与 $U_- (3.8 \text{ V})$ 比较
2	$U_+^L = 3.57$	3.56	小于
3	$U_+^L = 3.65$	3.63	小于
4	$U_+^L = 3.73$	3.70	小于
5	$U_+^L = 3.80$	3.80	等于
5	$U_+^H = 4.06$	4.02	大于
4	$U_+^H = 3.99$	3.96	大于
3	$U_+^H = 3.92$	3.90	大于
2	$U_+^H = 3.80$	3.80	等于

从表2中的“计算数据”看: 运算放大器的正输入端电压值 U_+ 为 3.8 V 时, 其对应的蒸发器温度是不同的, 它们分别是 5 °C (放大器低电平输出时) 和 2 °C (放大器高电平输出时), 这样形成了两个比较值, 即上阈值和下阈值, 它们之间有 3 °C 的回差值, 可以有效控制外部因素对温度的影响。

5 实验的结果分析

对电路中运算放大器的正输入端电压测试得到表2中的“实验数据”, 将实验数据“ U_+ ”与“ U_- ”进行比较分析:

(1) 当运算放大器输出为 L 时, U_+^L 都小于 U_- , BST52 三极管截止, 离合器线圈失电, 压缩机不工作; 但当蒸发器温度将从 2 °C 继续回升到 5 °C 时, U_+^L 等于 U_- , 运算放大器输出从 L 翻转为 H, BST52 三极管饱和, 离合器线圈得电, 压缩机工作(如图3中实芯箭头指示的方向)。

(2) 当运算放大器输出为 H 时, U_+^H 都大于 U_- 的电压, BST52 三极管饱和, 离合器吸合, 压缩机运行; 但当蒸发器温度从 5 °C 继续下降到 2 °C 时, U_+^H 等于 U_- , 则运算放大器输出就会从 H 翻转为 L, BST52 三极管截止, 离合器线圈失电, 压缩机停

止工作(如图 3 中非实芯箭头指示的方向)。

从 2 °C 到 5 °C 温度上升的过程中,运算放大器输出只能在上阈值点(5 °C)翻转(运算放大器输出从 L→H,压缩机启动);从 5 °C 到 2 °C 温度下降的过程中,运算放大器输出只能在下阈值点(2 °C)翻转(运算放大器输出从 H→L,压缩机停止)。此为温度回差控制过程。因此,回差控制技术的使用解决了由于蒸发器温度的波动造成的压缩机急速振荡,保证了压缩机的制冷效果以及汽车空调系统的正常运行。

参考文献:

[1] 毛翼,张海煊,张磊.定排量压缩机节能控制策略[J].

汽车工程师,2016(1):27-30.

[2] 廖鹏程.汽车空调压缩机用电磁离合器动态特性试验台的设计[J].西南师范大学学报:自然科学版,2014,35(2):190-196.

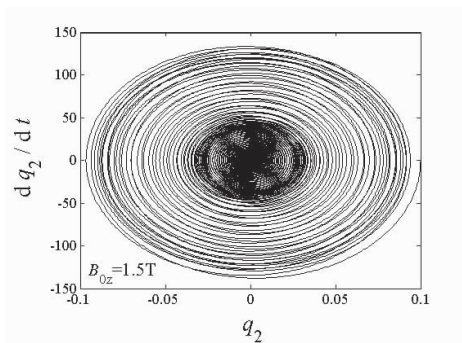
[3] 张建峰.浅谈汽车空调的电路控制技术[J].科技创新导报,2010(32):96.

[4] 三浦宏文.机电一体化实用手册[M].北京:科学出版社,2007:201-205.

[5] 童诗白,华成英.模拟电子技术[M].北京:高等教育出版社,2001:412-417.

(责任编辑:李秀荣)

(上接第 5 页)



(d)二阶模态相平面图

图 6 系统内共振响应图($B_{0z} = 1.5 \text{ T}$)

3 结论

本文根据横向磁场中矩形导电薄板的磁弹性振动方程导出了矩形薄板无量纲化的横向振动微分方程组。通过数值算例,利用数值方法求解了系统的内共振问题。结果表明:系统能量在两个振动模态之间不断地交换,体现出 1:3 内共振特性。有阻尼时,系统的前两阶振动模态呈现出耦合衰减的趋势且随磁场强度的增强而加速衰减。

参考文献:

[1] 郑晓静,刘信恩.铁磁导电梁式板在横向均匀磁场中的

动力特性分析[J].固体力学学报,2000,21(3):243-250.

[2] Hu Y D, Li J. The magneto-elastic subharmonic resonance of current-conducting thin plate in magnetic filed [J]. Journal of Sound and Vibration, 2009, 319(3-5): 1107-1120.

[3] 胡宇达.轴向运动导电薄板磁弹性耦合动力学理论模型[J].固体力学学报,2013,34(4):417-425.

[4] Anlas G, Elbeyli O. Nonlinear vibrations of a simply supported rectangular metallic plate subjected to transverse harmonic excitation in the presence of a one-to-one internal resonance [J]. Nonlinear Dynamics, 2002, 30(1):1-28.

[5] Tekin Ayla, Özkayas, Bağdatlır S M. Three-to-one internal resonance in multiple stepped beam systems [J]. Applied Mathematics & Mechanics, 2009, 30(9):1131-1142.

[6] 胡宇达.传导薄板在磁场环境中的非线性磁弹性振动问题[J].工程力学,2001,18(4):89-94.

[7] Амбарцумян С А, Багдасарян Г Е, Белубекян М В. Магнитоупругость тонких оболочек и пластин [М]. Москва: Наука, 1977:146-199.

(责任编辑:夏玉玲)