

一种输出功率连续线性可调的小型微波干燥试验装置设计

尚书磊, 张云伟* (昆明理工大学现代农业工程学院, 云南昆明 650500)

摘要 设计了一种可以满足科学试验需要的小型微波干燥装置, 该装置磁控管的微波输出功率可以连续线性调整, 并且可以通过比较当前和预设的温度值, 自动的调整输出功率, 实现设定温度的自动控制。最后通过试验得到了该设备的微波输出功率曲线, 验证了该装置的微波输出功率是连续线性可调的。
关键词 微波干燥装置; 功率线性可调; 交流调压; 磁控管; 单片机
中图分类号 S24 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)08-03718-02

A Small Experimental Microwave Drying Device Whose Power Output can be Continuously Adjusted
SHANG Shu-lei et al (Faculty of Modern Agricultural Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan 650500)
Abstract A small microwave drying device that satisfy the scientific experiments requirement was designed, the microwave output power of the magnetron of the device can be continuous linear adjustable. The device can automated adjust output power and achieve the automatic control of the temperature by comparing the current and the preset temperature. Finally, the curve of the microwave output power of the device was obtained by the experiments. It was also confirmed that the microwave output power of the device is continuous linear adjustable.
Key words Microwave drying device; Adjustable power; AC voltage regulator; Magnetron; Microcontroller

目前, 市场上缺乏满足科学实验需要的小型微波干燥装置, 然而大型专用的微波干燥装置的价格非常昂贵, 并且主要是应用于工业生产领域^[1-7]。因此, 实验室所使用的小型微波干燥实验装置大多直接使用家用微波炉。由于传统家用微波炉的微波输出调节系统主要是由控制通断时间的定时器组成, 在磁控管的微波输出功率一定的情况下, 通过调节定时器来改变磁控管接通电源时间的通断比即改变某一段时间内的平均功率来达到功率调整的效果^[8-9]。但是, 这种方法的输出功率控制不精确, 不能连续调节磁控管的微波输出功率, 不能保证干燥过程的自动控制, 对干燥过程及干燥品质有较大影响, 难以满足科学试验的要求。一般的微波干燥试验装置输出功率不能连续线性可调输出, 只能按照最大输出功率的几种固定的百分比输出, 这导致了对试验物料干燥时不彻底或者过干燥, 使干燥试验过程的误差加大。

为了克服现有实验室用小型干燥试验装置的输出功率只能阶越式的分级调整, 干燥过程中不能自动控制磁控管输出功率大小, 该文提供一种输出功率连续线性可调的小型微波干燥试验装置, 该微波干燥试验装置不仅能对物料进行干燥, 而且能自动地或手动地调节其输出功率, 使微波输出功率连续线性可调, 满足不同物料的干燥要求。

1 设计方案

由图 1 可知, 在普通家用微波炉的升压变压器的一次侧增加交流调压电路, 该电路的输入为 50Hz、220V 交流电, 输出为 50Hz、0~220V 连续可调交流电。调节升压变压器的输入端电压: 通过单片机产生的脉冲信号来控制交流调压电路的输出电压, 被调节的输出电压经过升压变压器的 1 次侧升压到

2 次侧接入倍压整流电路, 倍压整流电路后接磁控管。同时, 为了使调压过程中磁控管的灯丝电压不改变, 还要给磁控管配备 1 个灯丝变压器。加装的温度传感器会实时监测干燥的温度, 当超过或者低于设定的限制温度时, 温度传感器会给单片机发出相应信号, 单片机接收信号后会改变脉冲信号的占空比, 降低或者升高调压电路的输出电压, 通过高压变压器和倍压整流电路后, 降低或者升高磁控管的阳极电压, 从而使得磁控管的微波输出功率连续线性自动化可调。

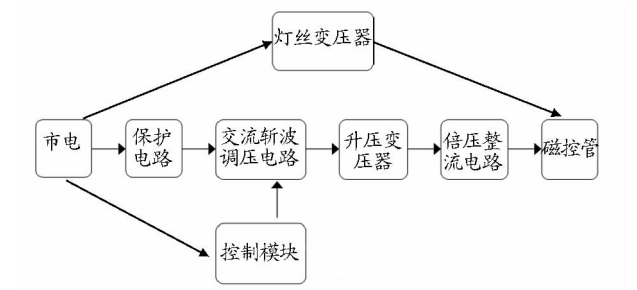


图 1 主电路原理

1.1 主电路 主电路的设计如图 2 所示, 由于调整阳极变压器输入电压的同时, 灯丝电压也会改变, 这会导致磁控管的功率曲线随阳极电压的减少而急剧下降, 呈现非线性趋势。为了得到线性的功率曲线, 需要在灯丝上单独接入一个灯丝变压器, 使灯丝电压恒定不变。该变压器绕组对铁芯和绕组匝间的绝缘等级要与阳极变压器的相同, 输入 220V/50Hz, 输出 3.3V/50Hz。

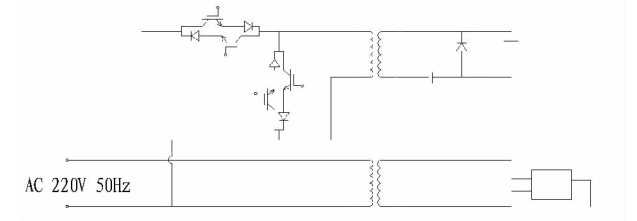


图 2 主电路图

基金项目 国家自然科学基金项目 (编号 31060118), 昆明理工大学人才培养基金 (编号: 2010-07)。
作者简介 尚书磊 (1987-), 男, 黑龙江齐齐哈尔人, 在读硕士研究生, 研究方向: 信息化与自动化技术。* 通讯作者, 硕士生导师, 从事信息自动化技术的研究, E-mail: 1657824262@qq.com。
收稿日期 2013-03-28

1.2 控制电路 控制部分使用 MSP430 单片机作为核心元件,MS430 单片机具有低功耗,自带 PWM 脉冲波输出,可以同时输出多路脉冲信号,中断源较多,并且可以任意嵌套,使用时灵活方便。当系统处于省电的低功耗状态时,中断唤醒只需 5 μ s。

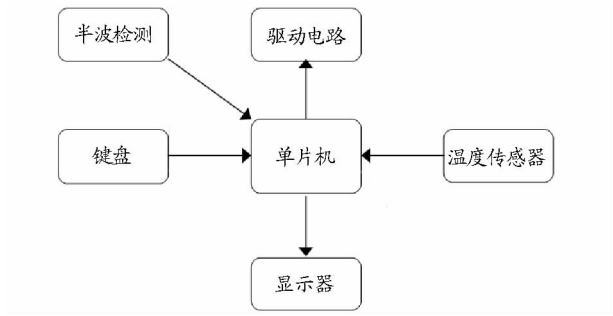


图3 控制系统原理

由图 3 可知,单片机在接收外部的半拨检测电路发出的信号后,由 TIMERB 生成相应的 4 路脉冲信号,输入到驱动电路中,驱动对应的 IGBT。同时温度传感器检测实时的干燥温度,通过不断的与设定温度的比较,采用中断的方式实时改变 MSP430 单片机的输出脉冲波的占空比。显示器显示实时的干燥温度以及当前的调压电路的输出电压。通过键盘的输入,调整预设的温度和调压电路当前的输出电压。

1.3 驱动电路 驱动电路的结构如图 4 所示,采用 KA962 驱动 IC,KA962 是 M57962 的兼容升级型,带封锁功能的过流保护,输出电流 6A,只需单电源供电。该驱动电路能够输入多路 PWM 信号,产生隔离的多路输出。IGBT 短路时的集射极电压阈值的设定可以用电阻精细调节,也可以使用稳压管调节(芯片接线图如图 6 所示)。

2 试验验证

为了验证该小型微波干燥实验装置的输出功率能够线

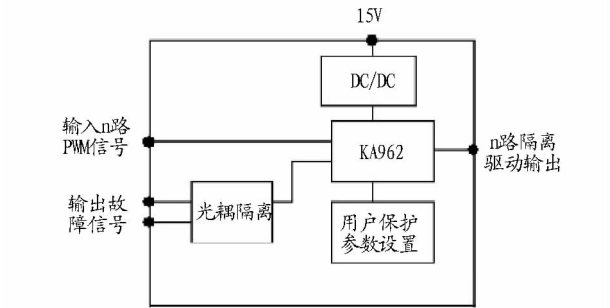


图4 驱动电路结构图

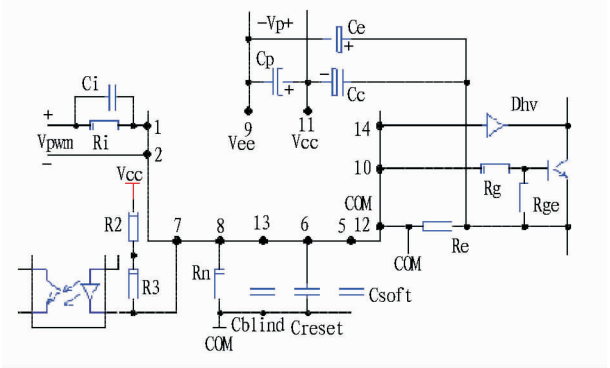


图5 芯片接线示意图

性连续调整,通过试验得出了磁控管的微波输出功率与阳极变压器输入电压的数值关系,绘制出了磁控管的微波输出功率曲线,并且确立了磁控管阳极变压器输入电压的有效调整的范围和该调控曲线的误差。

2.1 调控模型的确立 由于磁控管阳极电压较高,不易直接测量,且磁控管阳极高压与变压器的输入电压成正比,所以在实验过程中,改变并测量阳极变压器输入电压即可得出磁控管输出功率和磁控管阳极电压的关系(表 1)。

表 1 磁控管的微波输出功率与阳极变压器输入电压的数值关系

灯丝电压变化			灯丝电压恒定		
阳极变压器输入电压//V		磁控管微波	阳极变压器输入电压//V		磁控管微波
空载电压	负载电压	输出功率//W	空载电压	负载电压	输出功率//W
220	210	365.143	220	213	388.458
215	206	372.389	215	209	376.047
210	201	360.000	210	204	371.293
205	197	326.170	205	199	360.000
200	191	311.753	200	194	352.258
195	187	281.284	195	189	333.153
190	183	260.256	190	185	296.471
185	178	247.258	185	180	284.046
180	173	210.494	180	175	248.182
175	169	163.085	175	172	213.515
170	165	141.750	170	166	196.109
169	165	64.661	165	162	160.254
			160	158	82.963

为了便于试验,将磁控管阳极变压器输入电压分别记为有负载时和无负载时,负载为阳极变压器后的升压电路和磁控管。每次试验时先在断开负载的情况下确定并记录阳极变压器的输入电压,然后再连接负载,使微波炉正常工作,测

量并记录有负载时的阳极变压器的输入电压和磁控管的微波输出功率。将无负载时的阳极变压器输入电压依次减小,得出全部的试验数据。

杯”农业职业技能大赛中,有课件负责人指导的学生刘佳,获得园林景观设计项目二等奖。2009 年 6 月参加滨州职业学院第五届多媒体课件比赛一等奖。2009 年参加全国第九届多媒体大赛(名称:园林 AutoCAD)获优秀奖。2009 年参加的第三届全国实践大赛(名称:景观 CAD 设计)获二等奖。总之,园林 AutoCAD 课件从以上的总体思路到设计再到部分成果的取得,园林 AutoCAD 课件都起到了一定的作用。学生变成主体,使学生“在练中学,在学中练”,强化了技能,提高了素质;同时提高了教师的专业技能及综合素质,培养了专

业团队,提高了教学质量,并推动了学校的内涵建设。

参考文献

[1] 杨希燕. 浅谈教师如何增强学生的学习动机[J]. 长春工业大学学报:高教研究版,2004(4):77-48.

[2] 闫启东,陈红. 交叉互动式校内生产性实训基地建设的探究[J]. 实验技术与管理,2009(11):120-122.

[3] 赵青华,张法琴. 高职园林 AutoCAD 课程教学设计方案探讨[J]. 安徽农业科学,2009,37(17):8270-8271.

[4] 赵青华. CAD 在高职“园林制图”中的步骤及细节问题[J]. 农业网络信息,2005(12):77-80.

[5] 吴永志,周丽英. 多媒体教学环境的分类、配置及特点[J]. 电化教育研究,2000(3):33-35.

(上接第 3719 页)

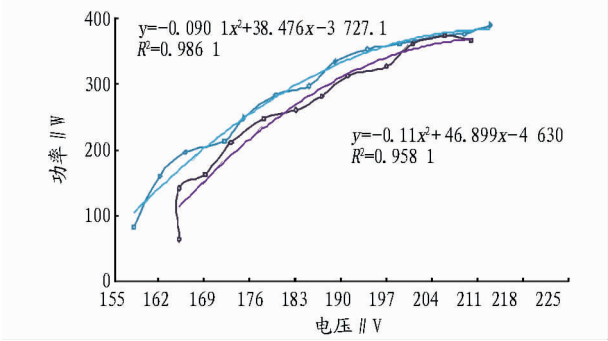


图 6 有负载时磁控管输出功率-阳极变压器输入电压曲线

2.2 对调控曲线的误差分析 通过对图 6 中拟合出的函数,求出不同输出功率下对应的电压值,将变压器的输入电压分别调整成这些电压值,测量磁控管的实际输出功率,与预期输出功率进行误差分析,绘制功率曲线如图 7 所示。

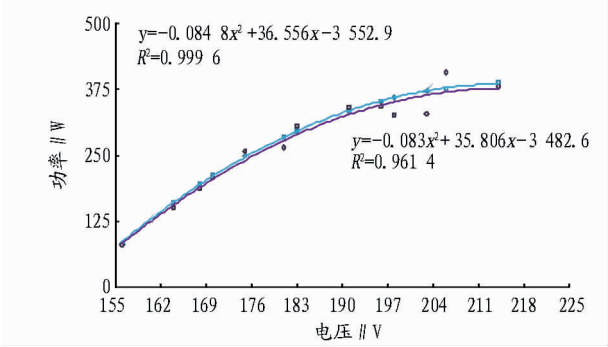


图 7 实际功率输出曲线与预期功率输出曲线

表 2 磁控管的实际输出功率与预期输出功率

变压器 输入//V	期望输 出//W	实际输 出//W	误差	误差比
214	388.458	380.565	7.8930	0.0207
206	376.047	406.772	-30.7250	-0.0755
203	371.293	328.000	43.2930	0.1319
198	360.000	326.364	33.6360	0.1031
196	352.258	342.549	9.7090	0.0283
191	333.153	340.958	-7.8050	-0.0229
183	296.471	304.351	-7.8800	-0.0259
181	284.046	264.943	19.1030	0.0721
175	248.182	256.947	-8.7650	-0.0341
170	213.515	206.584	6.9310	0.0335 5
168	196.109	186.443	9.6660	0.0518
164	160.254	151.431	8.8230	0.0583
156	82.963	79.668	3.2950	0.0413 5

3 结论

在一定的电压范围内,家用微波炉磁控管的微波输出功率与磁控管阳极电压呈现单调的线性关系。当磁控管灯丝电压恒定时,磁控管的有效电压调整范围大,输出功率拟合曲线的回归系数高,输出功率与输入电压的线性关系好(图 6)。在没有给磁控管灯丝配备独立的灯丝变压器的情况下,传统家用微波炉的磁控管灯丝变压器和阳极变压器是耦合在一个铁芯上的。在减少阳极变压器输出电压的同时,灯丝电压也随之减少。由于磁控管的电子激发受到阳极电压与灯丝电压共同控制,当磁控管阳极变压器输入电压为 165V 时,灯丝电压下降过低,灯丝中毒,导致电子激发困难,功率曲线与 X 轴垂直下降,磁控管基本停止工作。当给灯丝配备独立的灯丝变压器之后,由于保证了灯丝电压的稳定,使得磁控管的电子激发单独受到阳极电压的控制,磁控管的微波输出功率曲线在阳极变压器输入电压为 213~160V 的范围内呈现连续线性的输出,所以该小型微波干燥试验装置的微波输出功率能够连续线性可调。在干燥试验过程中,能够通过调整磁控管阳极变压器的输入电压,按照拟合后的功率输出曲线,得到需要的输出功率点。

参考文献

[1] CHOE G H,WALLACE A K,PARK M H. An Improved PWM Technique for AC Choppers[J]. IEEE Transactions on Power Electronics,1989,4(4):496-505.

[2] PARK S J,KIM W Y. AC-chopper application for CW CO₂ laser[J]. Optics & Laser Technology,2010,42(2):269-273.

[3] AHMED N A,EL ENEZI F Q,AL-OTHMAN A K. Comprehensive analysis and transient modeling of symmetrical single phase PWM AC-AC voltage converters[J]. Electric Power Systems Research,2011,81(1):57-65.

[4] SMEDLEY K M,CUK S. One-Cycle Control of Switching Converters[J]. IEEE Transactions on Power Electronics,1995,10(6):625-633.

[5]. FERRANTE M A. The Art of Drying[J]. Food Engineering,1996(4):103-109.

[6] BENGTSSON N E,LYCKE E. Experiments with a heat camera for recording temperature distribution in foods during microwave heating[J]. Journal of Microwave Power,1969,4:48-54.

[7] YANG Z,DUAN J L. Microwave Drying and development[J]. Grain and Oil Processing and Video Machines,2000,3:5-7.

[8] 周旋,张云伟,姜涛,等. 一种输出功率连续线性可调的小型微波干燥实验装置[C]//Proceedings of 2010 The 3rd International Conference on Computational Intelligence and Industrial Application(Volume 9). Wuhan, China:[s. n.],2010.

[9] 张云伟,姜涛,杨薇,等. 一种输出功率连续线性可调的小型微波干燥实验控制装置:CN,200920253620.0[P]. 2009-10-29.