

单慧勇,赵 辉,杨延荣,等. 基于 PLC 的日光温室二氧化碳气肥调控系统设计[J]. 江苏农业科学,2015,43(8):388-390.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.08.126

基于 PLC 的日光温室二氧化碳气肥调控系统设计

单慧勇,赵 辉,杨延荣,郭俊旺,崔靖林

(天津农学院工程技术学院,天津 300384)

摘要:为了提高温室大棚农作物产量,设计出了一种新型温室 CO₂ 浓度调控系统。以海微 Hw-36MT-3DA 型 PLC 为控制中心,利用温湿度、光强、CO₂ 浓度等多路传感器对温室环境参数进行采集,采用模糊控制技术,控制电加热气肥发生器的工作状态,实现对温室 CO₂ 浓度的实时调节;上位机选用 MCGS 触摸屏,实现对系统状态的实时监控。

关键词:温室;二氧化碳;模糊控制;PLC

中图分类号:TP273⁺.4;S625.5

文献标志码:A

文章编号:1002-1302(2015)08-0388-03

现有的温室大棚主要通过控制温度、湿度和光照来达到增产目的,二氧化碳作为植物生长光合作用的必要原料,合理适时施用 CO₂ 气肥是提高设施农业产量和品质的重要手段^[1]。目前市场上电加热型二氧化碳气肥发生器多采用开环定时控制,不具备闭环控制功能,不能实时准确控制 CO₂ 施肥量,无法达到对 CO₂ 浓度的准确控制,尤其是在日出后光合作用旺盛期间经常处在亏缺状态,影响温室作物产量。因此,本研究拟设计一种基于 PLC 的智能日光温室环境监控

系统,实现对 CO₂ 气肥补施、温湿度、光照度等温室环境因子的综合调控。

1 系统硬件设计

系统下位机采用 PLC 为控制中心,通过温湿度、光强、CO₂ 浓度、土壤湿度等多路传感器将温室环境数据实时传到数据采集模块,再通过 RS485 总线传给 PLC,系统根据温室环境参数综合判断,控制执行机构进行 CO₂ 气肥补施。MCGS 触摸屏作为系统的上位机,通过 RS232 实现与 PLC 通信,具有实时显示、储存数据及对历史数据统计等功能。系统有自动/手动 2 种工作状态,自动模式下系统依据检测环境参数和相关设定自动调控气肥发生器,手动模式用于手动调节控制。系统组成结构如图 1 所示^[2]。

1.1 PLC 的选择

目前市场上 PLC 的种类很多,如三菱、欧姆龙、西门子

收稿日期:2014-07-25

基金项目:国家星火计划(编号:2012GA610028);国家大学生创新创业训练计划(编号:201310061014);天津市农业科技成果转化与推广项目(编号:201203060)。

作者简介:单慧勇(1977—),男,山西临汾人,硕士,副教授,从事机电一体化技术研究。E-mail:tjshyyr@sina.com。

离椒把,净化仓的具体长度及滚筒仓旋转速度的设计经过多次优化和配合设计,能达到较高净化率,不需要二次清选。

4 试验与测试

与国内外同类技术相比,该朝天辣椒采摘机在作业性能、安全性能、经济性能、适用性能上均有良好表现,如:设计新颖、结构简单、轻便灵活、操作简单、价格低廉,各项采摘性能指标均达到使用要求。

朝天辣椒采摘试样机经河南省南阳市农机试验鉴定站对其进行性能测试,在实地采摘试验中,该设备摘净率达到 97% 以上,破椒率不大于 6%,带柄率不大于 5%,清洁度高于 92%。试验结果证明该机在满足摘净率、破损率等的前提下,能极大地降低劳动强度,达到半机械化采摘的目的,能很好地满足用户需求^[5]。

5 结论

该机型可在我国种植有朝天辣椒的广大地区使用,只要有 220 V 交流电源即可,无其他任何地域或环境等外在条件要求。该研制项目通过了 2014 年度河南省科技成果鉴定,试

制样机也已经获得 3 项国家实用新型专利,申请的 1 项发明专利已经成功受理。

该朝天辣椒采摘机的批量性生产使其价格比较低廉,不仅适用于广大种植农户常年自用,也适用于农场和农业合作社对外进行收费租赁采摘(一般购机当年即可收回成本),得到了椒农、椒商的高度认可和赞誉,是农民致富不可多得的好帮手,也为农机客商带来了良好商机,具有良好的经济效益、环保效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 胡爽吉,陈永成,李玉林,等. 浅谈辣椒收获机械的研究现状[J]. 新疆农机化,2010(3):10-11.
- [2] 熊志远,陈永成. 新疆辣椒机械化采收的研究分析[J]. 农业机械,2011(1):111-113.
- [3] 胡爽吉,陈永成,袁银霞,等. 辣椒收获机的研究现状及前景[J]. 农机化研究,2011,33(8):237-240.
- [4] 袁银霞,陈永成,胡爽吉. 对辣椒机械化收获中几种清选分离形式的探究[J]. 农业机械,2011(3):98-100.
- [5] 刘晓飞,陈永成,秦新燕,等. 4LS-1.6 型线辣椒收获机的研制[J]. 农机化研究,2012,34(1):135-138.

等,根据设计要求,选择国产海微 Hw-36MT-3DA 型 PLC,具有可靠性高、抗干扰能力强及价格低廉等特点。该 PLC 可以直接驱动大功率电磁阀,通信接口有 RS232C、RS485、SPI_MS,36 路 I/O 输入输出,程序空间为 256K 步,不用电池记忆,无需维护,编程语言采用梯形图,支持高级语言(C、C++)混合。

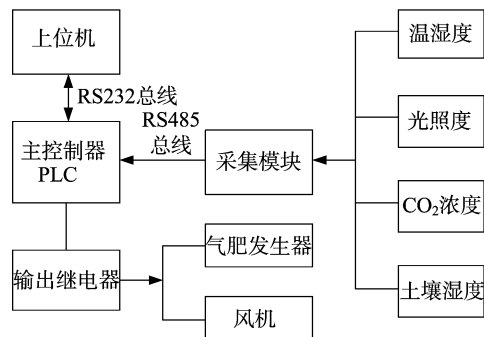


图1 温室环境监控系统结构

1.2 传感器的选择

1.2.1 CO₂ 传感器 CO₂ 传感器选用 CM1101,该传感器模块采用 NDIR 红外测量原理,即 CO₂ 在红外线波长区域具有吸收光谱,当对应某一气体特征吸收波长的光波通过被测气体时,其强度将明显减弱,强度衰减程度与该气体浓度有关,测量范围 0~5 000 mg/kg,供电电压 DC 5 V±5%,电压线性输出 DC 0.8~4 V。

1.2.2 温湿度传感器 采用 LM-300 智能温湿度采集模块,它是一种具有广泛前景的全数字化温湿度采集模块,采集温度范围 -40℃~+85℃,精确度 ±0.1℃,相对湿度范围 0~100%,精度为 ±10%。该模块可通过隔离的 RS485 通信接口与 RS485 现场总线连接,采用 MODBUS RTU 协议,有操作简单、实用性强、传输距离远、精度高、受环境影响小等特点。

1.2.3 光照度传感器 光照度传感器为 KZD 系统的光照度

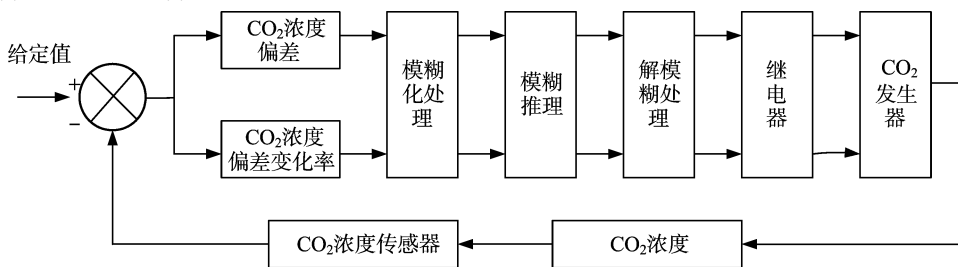


图2 系统控制器的结构

2.1.2 输入输出变量模糊化 系统采用双输入单输出的模型,将 CO₂ 浓度偏差 e 及其变化率 e_c ($e_c = de/dt$) 作为模糊控制的 2 个输入变量,控制二氧化碳发生器加热装置的继电器开启时长作为输出变量 T 。根据温室 CO₂ 浓度变化的历史数据进行分析,温室的 CO₂ 浓度偏差变化范围为 -6%~6%,是农作物最佳的生长环境。设置 CO₂ 浓度偏差 e 的变化范围为 [-6,6],模糊论域取值为 [-6,-5,-4,-3,-2,-1,0,1,2,3,4,5,6],则偏差的量化因子 $K_1=1$;CO₂ 浓度偏差变化率 e_c 变化范围为 [-1,1],模糊论域取值为 [-6,-5,-4,-3,-2,-1,0,1,2,3,4,5,6],则偏差变化率的量化因子 $K_2=6$ 。CO₂ 浓度的模糊语言变量设置为正大(PL)、正中

变变送器,由对弱光也有较高灵敏度的硅蓝光伏探测器组成,具有测量范围宽、线性度好、防水性能好、便于安装、传送距离远等特点。适用于各种场合,尤其是温室大棚。该传感器暗电流小,低照度响应,灵敏度高,电流随光照度增强呈线性变化;能输出较大的电流和范围较宽的工作电压,温度稳定性好,测量范围较广,范围为 0~105 lx。该传感器的供电电源为 DC 12~30 V,可采用二线制 4~20 mA 电流输出或三线制 0~5 V 电压输出。

1.2.4 土壤湿度传感器 采用 FDS100 土壤水分传感器,具有测量精度高、响应速度快、土质影响较小、密封性好、价格低廉等特点。该传感器输出为 DC 0~5 V,在饱和含水量范围内具有良好的线性特征。

1.3 人机接口

选用北京昆仑通态自动化科技有限公司型号为 TPC1062K 的触摸屏。触摸屏与 PLC 联机能实时显示传感器所测数据,设计与实际系统相近的组态界面,使系统在控制、功能、显示上更为具体直观。

2 系统的软件设计

2.1 模糊控制设计

2.1.1 模糊控制基本结构 日光温室环境具有时变性、非线性和时滞性的特点,很难用准确的数学模型去描述。模糊控制从本质上来说是一种非线性智能控制技术,它无须知道被控对象的精确数学模型,而是根据经验控制行为,遵循反馈及反馈控制思想,总结成一系列控制规则,并运用软件程序加以实现。因此采用模糊控制技术可以较好地实现温室 CO₂ 的灵活调节。

系统首先通过模糊控制器对输入变量 e 和 e_c 的精确量分别模糊量化成模糊量,再由 e 、 e_c 和模糊控制规则 R 根据推理合成规则进行模糊决策,得到模糊控制量,最后将模糊控制量解模糊成精确量输出。控制器结构如图 2 所示^[3]。

(PM)、正小(PS)、零(Z)、负小(NS)、负中(NM)、负大(NL)。隶属度函数选用三角形函数,输入变量隶属度函数如图 3 所示。

输出变量 T 不存在负值,变化范围为 [0,60],模糊论域取值为 [0,1,2,3],量化因子 $K_3=20$,控制器加热时间的模糊语言变量为零(Z)、短时(PS)、中时(PM)、长时(PL),输出变量隶属度函数如图 4 所示。为达到精确加热目的,将控制继电器开启时长分为 4 段:关闭、20 min、40 min、60 min。

2.1.3 模糊控制规则 模糊控制规则实质上是将操作者在控制过程中的实践经验(即手动控制策略)加以总结而得到的一条条模糊条件语句的集合。选取控制量变化的原则是当

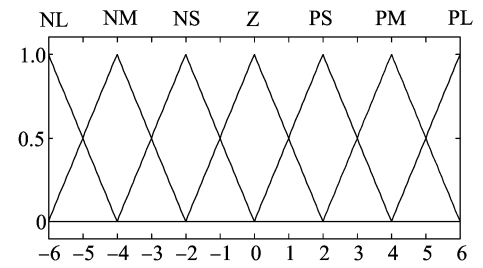


图3 输入变量隶属度

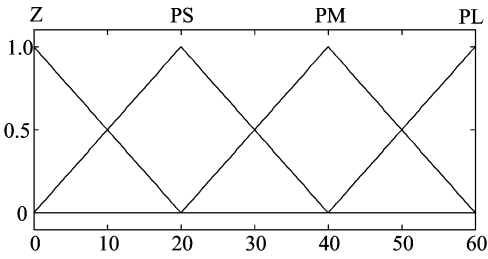


图4 输出变量隶属度

偏差大或较大时,选择控制量以尽快消除偏差为主;而当偏差较小时,选择控制量要以防止超调和保证系统的稳定性为主。

根据模糊控制的规则,对于双输入、单输出模型的模糊控制器,控制语句可写成“if - and - then”条件语句的形式,例如:if E = NL and EC = PL then T = PS,表明当前 CO₂ 浓度负大,且 CO₂ 偏差变化率正大,则控制器输出控制量为 PS,此时继电器开启短时工作模式;if E = PL and EC = PL then T = Z,表明当前 CO₂ 浓度正大,且 CO₂ 偏差变化率为正大,则此时

继电器关闭,停止加热。表 1 为模糊控制器的控制规则。在现实的应用当中,可根据不同情况对控制规则进行调整和完善,逐步形成最佳方案。

系统采用 Mamdani 模糊推理方法,根据模糊关系 $R = E \times E_c \times T$ 可算出所有控制规则所对应的,然后再根据偏差和偏差的论域值计算出模糊控制量,最后根据从属度最大原则进行模糊决策,使模糊量转换为精确量,将其乘以相应的比例因子 K_3 ,即得到继电器开启的时长^[4]。

表 1 模糊控制器的控制规则

| e_c | e | | | | | | |
|-------|-----|----|----|----|----|----|----|
| | PL | PM | PS | Z | NS | NM | NL |
| PL | Z | Z | Z | Z | PS | PS | PS |
| PM | Z | Z | Z | PS | PS | PS | PM |
| PS | Z | Z | PS | PS | PS | PM | PM |
| Z | Z | PS | PS | PS | PM | PM | PM |
| NS | PS | PS | PS | PM | PM | PM | PL |
| NM | PS | PS | PM | PM | PM | PL | PL |
| NL | PS | PM | PM | PM | PL | PL | PL |

2.2 人机界面的设计

人机界面由触摸屏通过 MCGS 组态软件设计实现,根据系统的设计要求,分为手动和自动两部分,系统启动进入自动模式完成相应设定后,组态就可以通过传感器模块自动采集环境参数,根据系统参数的设置,自动控制温室环境。手动模式下,用户可以任意控制设备,通过上位机界面直接控制,方便快捷。手动和自动二者互相协调,共同实现高效管理。设计上位机组态主界面如图 5 所示。

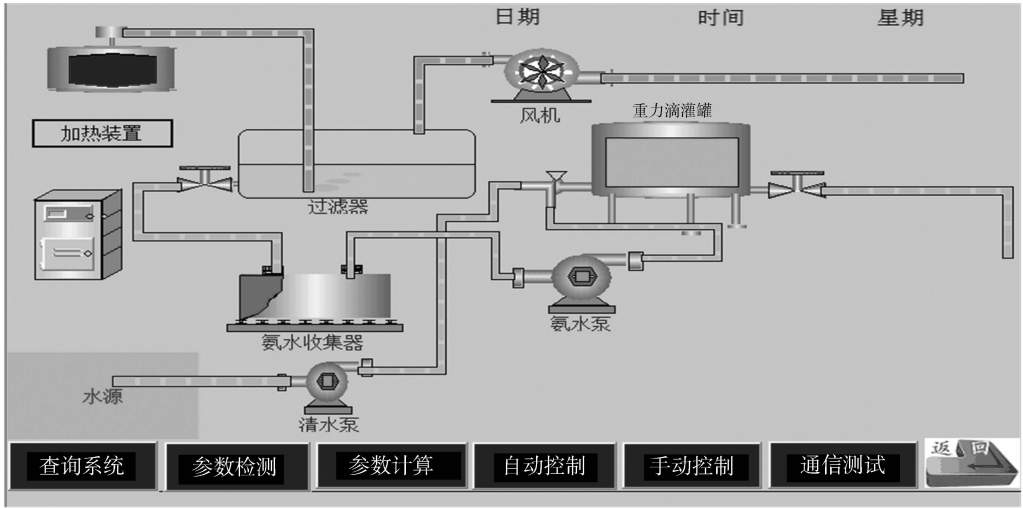


图5 上位机主界面

3 结论

通过测试和实际应用设计的温室二氧化碳测控系统具有以下特点:(1)系统以 PLC 为控制中心,利用多路传感器可对 CO₂、温湿度、光照度、土壤湿度等实时监测;(2)为取得理想的控制效果,采用模糊控制实现温室二氧化碳浓度的调控;(3)采用 MCGS 触摸屏,实时监控系统工作状态,人机交互友好;(4)为了增强系统的通用性和使用灵活性,硬件、软件均采用了模块化结构。

参考文献:

[1] 朱庆松,刘秀青. 设施蔬菜二氧化碳施肥技术[J]. 北方园艺, 2013(17):55-57.
[2] 王智乾. 基于 PLC 的温室模糊灌溉控制系统研究[D]. 昆明:昆明理工大学,2012.
[3] 李红萍,贾秀明,赵晓莉. 基于 MCGS 的 PLC 温度监控系统设计[J]. 工业仪表与自动化装置,2012(5):83-85,88.
[4] 崔天时,杨广林,刘磊,等. 基于模糊控制的温室灌溉控制系统的研究[J]. 农机化研究,2010,32(3):84-86.