

基于 PLC 的模糊控制灌溉系统的研制

谢守勇^{1,2}, 李锡文², 杨叔子², 何丙辉¹

(1. 西南大学工程技术学院, 重庆 400716; 2. 华中科技大学机械科学与工程学院, 武汉 430074)

摘要: 该文利用模糊控制技术实现灌溉实时控制。利用 MATLAB 语言对其进行仿真, 得到了较为合理的模糊控制算法。并将这些模糊控制算法通过以可编程控制器 PLC 为核心的硬件控制电路应用于实际的灌溉控制, 通过实际温室育苗调试, 能够较好地满足温室育苗使用要求。

关键词: PLC; 灌溉系统; 模糊控制

中图分类号: S625^{*}.1

文献标识码: B

文章编号: 1002-6819(2007)6-0208-03

谢守勇, 李锡文, 杨叔子, 等. 基于 PLC 的模糊控制灌溉系统的研制[J]. 农业工程学报, 2007, 23(6): 208-210.

Xie Shouyong, Li Xiwen, Yang Shuzi, et al. Design and implementation of fuzzy control for irrigating system with PLC[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(6): 208-210. (in Chinese with English abstract)

0 引言

在温室育苗生产中, 粗放的灌溉方式与落后的灌水技术已不适应现代农业的要求, 发展节水灌溉势在必行。灌溉自动化可大大减轻灌水的劳动强度, 提高劳动生产率, 减少灌溉水量损失, 是灌溉管理现代化的标志, 是灌溉农业发展的方向和趋势^[1]。目前的一些灌溉系统大多还是人为决定灌溉时间与灌溉量的被动供水式灌溉^[2], 其灌溉时间和灌溉水量对育苗并不一定合理, 因此根据作物缺水信息实施精量控制灌溉是提高水的利用率和水的生产效率的重要途径之一^[3-5]。

目前, 灌溉控制硬件系统采用单片机、工控机等, 单片机控制系统成本低, 但是运行过程中干扰大; 工控机和计算机作为下位机控制系统价格较高, 而且其应有的功能未能得到充分体现。而且这些控制系统大多数未对作物缺水信息进行检测, 造成灌溉不合理, 降低了灌溉的效益。本文结合温室育(柑橘)苗特点, 对灌溉系统的控制进行研究, 提出以可编程控制器 PLC 作为控制核心, 采用模糊控制技术实现对温室内的柑橘苗灌溉进行控制, 以降低系统成本, 提高灌溉生产效益。

1 灌溉模糊控制策略设计

在模糊控制中, 模糊控制器是整个控制系统的核心, 其控制是建立在人的经验基础之上, 而这些经验并不依赖于被控对象的精确数学模型。在灌溉控制中, 柑橘苗的需水特征很难用精确的数学模型进行描述, 因此可以采用模糊控制策略对其灌溉进行控制。

1.1 确定模糊控制器的结构

模糊控制器的设计方法很多, 本文模糊控制器设计所采用

的方法是查表离线计算法, 具体就是根据人为经验事先离线计算出一个模糊控制表, 并通过计算机仿真对模糊控制表进行优化, 把优化后的模糊控制表存在计算机中, 在实际控制过程中通过读取表中的数据进行一定程度的变换, 就可以实现预期的控制目的。

1.2 确定模糊控制器的输入、输出变量

在灌溉控制系统中, 把田间持水量作为灌溉临界点。根据人工灌溉定额的经验, 以过度供水、充分供水、适度缺水、水分亏缺、严重水分亏缺作为供水的判断机制。过度的水分亏缺对植物生长有严重的抑制作用, 而适度水分亏缺可增强植株和树体渗透调节机能, 限制体内养分和能量的过度消耗, 增强生长潜势, 并提高水分利用效率^[6]。在本控制系统中, 输入变量是水分差 W (即土壤中的水分含量与田间持水量之差) 和含水率变化率 ΔW , 即含水量差的变化趋势, 输出变量为供水时间 t 。

1.3 求取模糊控制表

因为模糊集中隶属函数的形状, 对控制器的特性影响不大, 而各模糊子集的隶属函数对论域的覆盖面积的大小, 则对模糊控制器的特性影响较大^[7,8], 因此本文中隶属函数的形状选用三角形和梯形, 系统中的输入、输出语言变量选取 5 个语言值: 即 PB、PS、ZE、NS、NB, 对于水分差 W 在处于过度供水和充分供水情况下, 不再考虑供水, 因此, 水分差 W 的语言变量只选取 3 个, 即 NB(严重缺水)、NS(水分亏缺)、ZE(适度缺水); 含水率变化率的语言变量选取 5 个, 即 NB(水分损失严重)、NS(水分损失不严重)、ZE(水分没变化)、PS(水分增加较少)、PB(水分增加较多); 供水时间 t 的语言变量选取 3 个, 即 ZE(不供水)、PS(短时供水)、PB(长时供水)。根据实际经验, 农作物的适宜湿度的下限为田间持水量的 60%~70%^[9], 本文取土壤水分范围为 [0.6, 1.0] 田间持水量, 土壤水分差 W 在 [-0.4, 0], 含水率变化率 ΔW 为 [-0.4, 0.4], 供水时间 t 在 [0, 10] min, 经归一化处理, 确定出在各语言变量论域上描述其模糊子集的隶属函数 $u(W)$ 、 $u(\Delta W)$ 、 $u(t)$, 如图 1 所示。

收稿日期: 2006-06-19 修订日期: 2007-03-16

基金项目: 科技部十五重大专项(2001BA04A)

作者简介: 谢守勇(1969-), 男, 副教授, 博士研究生, 研究方向为设施农业及农业自动化研究。重庆 西南大学工程技术学院, 400716。

Email: xsyswu@163.com

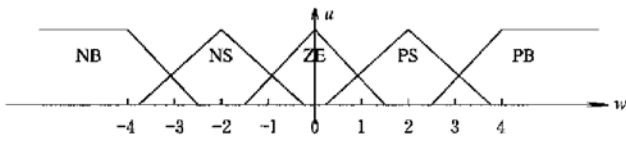


图 1 输入量、输出量的模糊定义

Fig. 1 Fuzzy definition of inputting and outputting variables

根据各模糊量的定义, 可以得出其模糊赋值表如表 1 所示。

在模糊控制中, 模糊规则的制定是一个非常重要而复杂的内容, 其制定的依据是根据操作者的实际经验来进行的。本研究中模糊规则采用“IF...AND...THEN...”的结构模式, 根据实际灌溉中的一些专家经验, 得到了模糊控制规则 25 条, 利用计算机仿真技术对规则进行优化得出有关模糊控制的规则 15 条, 并制定出模糊控制状态表(表 2)。通过计算可以得到模糊控制表(表 3)。在模糊控制中, 以控制表为基础, 通过查表的方式可得出输出控制量的论域值, 将其乘以一个比例因子就得到实际控制量, 从而实现对被控对象进行控制。

表 1 $W, \Delta W, t$ 模糊赋值表

Table 1 Fuzzy evaluation value table of $W, \Delta W$ and t

$W, \Delta W, t$	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
NB	1	0.333	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0.433	1	0.452	0	0	0	0	0
ZE	0	0	0	0.333	1	0.333	0	0	0
PS	0	0	0	0	0	0.452	1	0.433	0
PB	0	0	0	0	0	0	0	0.333	1

表 2 模糊控制状态表

Table 2 Fuzzy controlling state table

$W, \Delta W, t$	NB	NS	ZE	PS	PB
NB	PB	PB	PS	PS	ZE
NS	PB	PS	PS	ZE	ZE
ZE	PS	ZE	ZE	ZE	ZE

表 3 模糊控制表

Table 3 Fuzzy controlling table

$W, \Delta W, t$	-4	-2	0	2	4
-4	4	4	2	2	0
-2	4	2	2	0	0
0	2	0	0	0	0

1.4 仿真试验

为了验证该模糊控制器是否满足使用要求, 通过计算机仿真进行验证, 以节约试验时间, 降低试验费用, 本文采用 Matlab 语言编制程序, 以表 3 为依据进行仿真, 得到输入输出曲面, 如图 2 所示。从图 2 可以看出, 当水分差 W 为 -3, 含水率变化率 ΔW 为 2 时, 输出 t 为 2.5, 即需要灌溉 2.5 min, 与表 3 基本相一致。

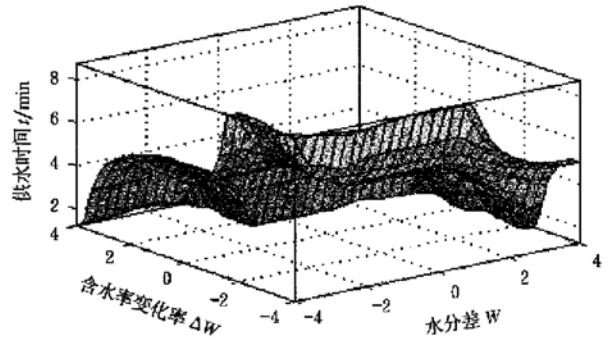


图 2 输入输出曲面图

Fig. 2 Plot of input and output

2 控制系统硬件设计

本文所研究的灌溉控制系统是以 PLC 作为控制核心, PC 机作为上位机对其进行定期的数据收集和存储以及进行一定程度的监控和数据设定。系统硬件结构^[10, 11]框图如图 3 所示。

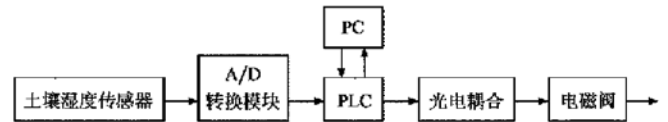


图 3 控制系统硬件结构示意图

Fig. 3 Structural sketch map of controlling system

在图 3 中, 传感器采用 SC0058 型土壤湿度传感器用于测量土壤湿度, A/D 转换模块是 OMRON 公司生产的 MAD02, 在灌溉控制中, 需要对 17 个点进行控制, 再加上温湿度控制(本文不进行研究), 因此 PLC 选用 OMRON 公司的 CPM2A。电磁阀是整个控制电路的执行元件, 该元件选用的是 24 V 交流驱动形式, 功率为 2 W。PC 机作为控制系统的上位机, 利用 VB 编程, 实现与 PLC 之间的通信, 完成数据交换, 即通过 PC 机输入控制参数, 实现对 PLC 所测试的数据进行定时上传, 保存在 PC 机中, 为以后的分析处理提供数据。

3 控制系统软件设计

本控制系统软件包括三个部分, 即 PLC 控制程序、PC 机控制程序和通信程序^[12, 13]。PLC 作为整个控制系统的底层单元, 对整个控制系统的信息采集和处理具有重要作用, 完成土壤湿度数据的采集, 将所采集到的土壤湿度数据经过 A/D 转换模块进行转换, 将所转换的数据利用模糊控制技术进行处理, 以实现自动灌溉的目的。该系统软件开发是利用 OMRON 公司的梯形图编程软件——CX-Programmer。在系统设计时, 为了更好地方便用户操作, 特设计了 PC 主界面。

在实际使用过程中, 需要对灌溉系统进行实时远距离在线监控, 所以要求 PC 机和 PLC 之间能够进行数据实时传输, 因此采用 VB 程序设计语言中的 MScmm 通信控件来实现。

4 控制系统调试运行

本控制系统在中国柑桔研究所温室中进行了应用试验调

试,并进行了一定程度的修改完善。整个系统在调试完成后,于2005年5月正式运行,经过2006年重庆70年不遇的特大干旱检验,对所有测试点的土壤含水率进行测量,发现其值均大于0.9田间持水量,因此本控制系统能够保持育苗钵营养土土壤含水率为0.9田间持水量。对良种繁育温室中的育苗生长进行测试统计,所育柑橘苗(2000株)生长发育良好,没有出现缺水现象。

5 结 语

本文采用OMRON公司的PLC作为控制系统的下层单元,利用PC机作为上位机,用梯形图语言编写了控制系统的下位机控制程序,用VB编写了上位机界面和数据实时传输的通信程序模块。控制系统根据用户使用要求以及幼苗生长的需求建立了模糊控制策略和控制硬件电路,经过实际运行,系统的控制实时性和可靠性都很好,能够满足柑橘育苗的需要,而且操作方便,有效地提高了育苗生产中水分管理的实时性、合理性和科学性以及经济效益。

[参 考 文 献]

- [1] 冯 磊,王一鸣,杨卫中,等.基于工控机的日光温室灌溉自动控制系统的开发[J].农机化研究,2006,(5):122-124.
[2] 陈喜靖,奚 辉.设施栽培反馈自控低压灌溉系统研究[J].农业机

- 械学报,2006,37(6):73-75.
[3] 谢守勇.重庆型智能温室控制系统的研究[J].西南农业大学学报,2000,(增刊).
[4] 张寄阳,段爱旺,孙景生,等.作物水分状况自动监测与诊断的研究进展[J].农业工程学报,2006,22(1):174-178.
[5] 康绍忠,蔡焕杰,冯绍无.现代农业与生态节水的技术创新与未来研究重点[J].农业工程学报,2004,20(1):1-6.
[6] 苏 臣,孙一源,陈 勇.新型节水灌溉控制原理的应用研究[J].水科学进展,1994,(2):142-148.
[7] 余永权,曾 碧.单片机模糊逻辑控制[M].北京:北京航空航天大学出版社,1995.
[8] Passino K M, Yurkovich S. Fuzzy Control[M].北京:清华大学出版社,2001.
[9] 魏胜利.田间持水量的测定与旱情分析[J].水科学与工程学报,2005,(增刊):53-54.
[10] 刘迎春,叶湘彬.传感器原理设计与应用[M].北京:国防科技大学出版社,2000.
[11] 董乔雪,王一鸣.温室计算机分布式自动控制系统的开发[J].农业工程学报,2002,(4):94-97.
[12] 谢克明,夏路易.可编程控制器原理与程序设计[M].北京:电子工业出版社,2002.
[13] 林 永,张乐强.Visual Basic 6.0用户编程手册[M].北京:人民邮电出版社,1999.

Design and implementation of fuzzy control for irrigating system with PLC

Xie Shouyong^{1,2}, Li Xiwen², Yang Shuzi², He Binghui¹

(1. College of Engineering and Technology, Southwest University, Chongqing 400716, China;

2. College of Mechanical Science and Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: A kind of real-time control irrigating system is put forward with fuzzy technology based on the characteristics of the water demand for young plant in greenhouse. And some reasonable fuzzy rules are found by computer simulation in MATLAB. Then, a hardware circuit that Programmable Logic Controller(PLC) is the control center was made, and these fuzzy rules were written in the ladder language. The hardware system was applied in real-time irrigating system for young plant in greenhouse. The debugging results show that it can meet the demands for young plant growing in greenhouse.

Key words: PLC; irrigating system; fuzzy control