

基于多智能体系统的水泵群控制策略研究

李 洁, 史腾飞

(青岛市排水运营服务中心, 山东 青岛 266000)

摘 要 城市化进程的加速让水资源的管理和利用越来越受到关注。在城市水资源管理和利用实际工作中, 经常需要对水泵进行群控制, 以满足不同的水需求。本文提出了一种基于多智能体系统的水泵群控制策略, 通过对水泵的状态进行监测和控制, 实现了对水泵群的协调控制, 从而有效地提高水泵群的效率和稳定性。实验结果表明, 该控制策略能够有效地提升水泵群的控制性能, 同时也具有一定的实用性和推广价值。

关键词 多智能体系统; 水泵群控制; 状态监测; 协调控制; 稳定性

中图分类号: TV67

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)09-0019-03

水泵是城市水资源管理和利用的重要设备之一, 其控制效率和稳定性对于城市供水系统的运行具有重要意义。在实际应用中, 经常需要对水泵进行群控制, 以满足不同的水需求。传统的水泵群控制方法往往存在着效率低下、控制精度不高、容易产生能耗浪费等问题。因此, 如何提高水泵群的控制性能成为当前研究的热点之一。多智能体系统作为一种新兴的控制方法, 具有协调控制、分布式计算等特点, 已经在多个领域得到了广泛应用^[1]。

1 绪论

1.1 研究背景及意义

水资源是人类生存和发展不可或缺的重要资源, 而城市化进程的加速也使得水资源的管理和利用越来越受到关注。在城市供水系统中, 水泵作为重要设备之一, 其控制效率和稳定性对于城市供水系统的运行具有重要意义。

1.2 国内外研究现状

目前, 国内外已经有很多关于水泵群控制的研究, 例如基于 PID 控制算法的水泵群控制、基于模糊控制算法的水泵群控制、基于神经网络的水泵群控制等。这些方法在一定程度上提高了水泵群的控制性能, 但仍然存在一些问题, 例如控制精度不高、能耗浪费等。

2 多智能体系统的基础知识

2.1 多智能体系统的概念与特点

2.1.1 多智能体系统的概念

多智能体系统 (Multi-Agent System, MAS) 是由多个智能体 (Agent) 相互作用所形成的系统, 其中每个智能体都具有自主决策和行为能力。多智能体系统

是一种分布式计算系统, 其特点是系统中的智能体相互协作、相互竞争、相互影响, 从而实现系统整体的智能化。多智能体系统是人工智能领域的重要研究方向, 在机器人、智能交通、智能制造等领域有广泛应用。

多智能体系统的研究内容主要包括多智能体的建模、协调控制、学习和交互等方面。多智能体系统的建模是指将系统中的智能体、环境和任务等元素进行描述和抽象, 以便进行系统分析和设计。多智能体系统的协调控制是指如何对多个智能体进行协调控制, 使得系统整体能够达到预期的目标。多智能体系统的学习是指如何对多个智能体进行学习, 提高系统整体的性能和适应性。多智能体系统的交互是指系统中的智能体之间如何进行通信和信息交换, 以便相互协作实现系统整体的目标^[2]。

2.1.2 多智能体系统的特点

多智能体系统具有以下几个特点:

1. 分布式性: 多智能体系统中的智能体分布在不同的位置, 通过通信和协作实现系统整体的目标。

2. 自主性: 每个智能体都具有自主决策和行动的能力, 能够根据自身的知识和经验进行决策, 并采取相应的行动。

3. 协作性: 多智能体系统中的智能体相互协作, 通过相互协作实现系统整体的目标。

4. 竞争性: 多智能体系统中的智能体之间存在竞争关系, 通过竞争提高系统整体的效率和性能。

2.2 多智能体系统的分类与组成

2.2.1 多智能体系统的分类

多智能体系统的分类主要根据智能体之间的关系进行分类, 包括独立型多智能体系统、互动型多智能

体系统和协同型多智能体系统。

具体如下:

1. 独立型多智能体系统: 系统中的智能体之间相互独立, 各自为政。

2. 互动型多智能体系统: 系统中的智能体之间通过相互协作和竞争实现系统整体的目标。

3. 协同型多智能体系统: 系统中的智能体之间相互协作, 通过相互协作实现系统整体的目标。

根据智能体之间的交互方式, 多智能体系统还可以分为基于协商的多智能体系统、基于市场机制的多智能体系统、基于组织的多智能体系统和基于自组织的多智能体系统等。

2.2.2 多智能体系统的组成

多智能体系统通常由以下几个部分组成:

1. 智能体: 多智能体系统中的基本单元, 每个智能体都具有自主决策和行为的能力。

2. 通信网络: 多智能体系统中的智能体之间通过通信网络进行通信和信息交换。

3. 环境: 多智能体系统中智能体的行为受到环境的影响, 环境对智能体的行为产生反馈。

4. 控制器: 多智能体系统中的控制器通过对智能体的行为进行调节和控制, 实现系统整体的目标。

2.3 多智能体系统的协调控制方法

在多智能体系统中, 协调控制是实现系统整体目标的关键。目前, 常用的协调控制方法包括以下几种:

1. 集中式控制: 集中式控制是指通过一个中央控制器对多个智能体进行控制和调度。

2. 分布式控制: 分布式控制是指每个智能体都具有一定的控制能力, 通过相互协作实现系统整体的目标。

3. 基于市场机制的控制: 基于市场机制的控制是指通过市场机制对智能体的行为进行调节和控制, 实现系统整体的目标。

4. 基于自组织的控制: 基于自组织的控制是指智能体通过相互协作和竞争, 自发形成系统整体的结构和行为。

在实际应用中, 不同的协调控制方法适用于不同的场景和问题。因此, 需要根据实际情况选择合适的协调控制方法。

3 水泵群控制的基本原理

3.1 水泵群控制的概念与应用

水泵群控制是指通过控制多台水泵的启停、流量和压力等参数, 实现对水泵群的智能化控制。水泵群控制技术广泛应用于供水、排水、循环水处理等领域,

能够提高水泵群的运行效率和安全性, 降低能耗和维护成本。

水泵群控制的应用主要体现在以下几个方面:

1. 城市供水系统, 水泵群控制可以实现城市供水系统的智能化控制和管理, 提高供水系统的运行效率和稳定性。

2. 排水系统, 水泵群控制可以实现排水系统的智能化控制和管理, 提高排水系统的运行效率和安全性。

3. 工业循环水系统, 水泵群控制可以实现工业循环水系统的智能化控制和管理, 提高循环水系统的运行效率和稳定性。

4. 农业灌溉系统, 水泵群控制可以实现农业灌溉系统的智能化控制和管理, 提高灌溉效率和节约水资源^[3]。

3.2 水泵群控制的技术路线

水泵群控制的技术路线主要包括:

1. 系统建模, 根据水泵群的工作原理和系统特点, 建立水泵群控制系统的数学模型。

2. 控制策略设计: 根据水泵群的工作特点和实际需求, 设计适合的控制策略, 包括启停控制、流量控制和压力控制等。

3. 控制器设计: 根据控制策略, 设计相应的水泵群控制器, 包括硬件电路和软件控制程序。

4. 通信网络设计: 设计水泵群控制系统所需的通信网络, 包括局域网、广域网和互联网等。

5. 系统实现: 将控制器和通信网络等组成完整的水泵群控制系统, 并进行调试和测试。

6. 系统优化: 根据实际运行情况对水泵群控制系统进行优化, 提高系统的控制精度和稳定性。

3.3 水泵群控制的关键问题

1. 系统建模: 水泵群控制的系统建模是实现控制的基础, 需要准确地描述水泵群的工作原理和系统特点。

2. 控制策略设计: 水泵群控制的控制策略直接影响系统的控制效果, 需要根据实际需求设计合适的控制策略。

3. 控制器设计: 水泵群控制器的设计需要考虑硬件电路的实现和软件控制程序的编写, 同时需要保证控制器的稳定性和可靠性。

4. 通信网络设计: 水泵群控制的通信网络需要满足实时性和可靠性的要求, 同时需要考虑网络的安全性和扩展性。

5. 系统实现: 水泵群控制系统的实现需要对控制器、通信网络和其他硬件设备进行选型、集成和调试等工作, 确保系统能够正常运行。

6. 系统优化: 水泵群控制系统的优化需要通过实际运行情况对系统进行监测和调整, 包括控制策略、控制器参数和通信网络等方面的优化, 从而提高系统的控制精度和稳定性。

4 控制策略的设计思路

基于多智能体系统的水泵群控制策略是一种分布式控制策略, 它将多个智能体组成一个智能体系统, 每个智能体负责控制一个水泵, 通过智能体之间的通信和协作, 实现对整个水泵群的控制。

该控制策略的设计思路是将水泵群控制问题转化为多智能体系统的协作问题, 通过智能体之间的信息交换和协作, 实现对水泵群的启停、流量和压力等参数的智能化控制。其中, 每个智能体需要具备自主决策能力和协作能力, 能够根据当前的工作状态和群体目标, 自主地调整自己的控制策略, 同时与其他智能体进行协作, 共同实现群体的控制目标^[4]。

5 仿真实验及结果分析

5.1 实验环境及参数设置

为了验证基于多智能体系统的水泵群控制策略的有效性, 我们进行了仿真实验。实验环境采用 MATLAB/Simulink 软件, 仿真模型由水泵群、控制器和通信网络三部分组成。水泵群包括四台水泵, 控制器采用基于多智能体系统的控制策略, 通信网络采用无线局域网。

实验参数设置如下:

1. 水泵参数: 每台水泵的额定流量为 500m³/h, 额定扬程为 100m, 额定功率为 90kW。
2. 控制器参数: 每个智能体的决策规则采用模糊控制算法, 控制周期为 1s。
3. 通信网络参数: 无线局域网通信半径为 50m, 通信延时为 0.1s。
4. 工况参数: 仿真工况包括常规工况和突发工况。常规工况下, 水泵群需满足稳定的供水需求; 突发工况下, 水泵群需迅速响应并处理突发水位上升的情况。

5.2 实验结果及分析

在仿真实验中, 我们对基于多智能体系统的水泵群控制策略进行了测试和验证。实验结果显示, 在常规工况下, 控制器能够及时响应水泵群的流量和压力变化, 保证水泵群的稳定供水; 在突发工况下, 控制器能够迅速调整水泵的启停和流量, 有效处理水位上升的情况, 保证水泵群的安全运行。

同时, 我们对控制策略的性能进行了评估。实验结果表明, 基于多智能体系统的水泵群控制策略具有

较高的控制精度和响应速度, 能够有效降低能耗和维护成本, 提高水泵群的运行效率和可靠性^[5]。

5.3 实验结论

综上, 基于多智能体系统的水泵群控制策略是一种有效的水泵群控制方法。该控制策略能够通过智能体之间的通信和协作实现对水泵群的智能化控制, 具有较高的控制精度和响应速度, 能够降低能耗和维护成本, 提高水泵群的运行效率和可靠性。在实际应用中, 该控制策略可以有效应用于城市供水、排水、循环水处理等领域, 实现对水泵群的智能化控制和管理。

6 研究不足与展望

尽管本文所提出的基于多智能体系统的水泵群控制策略在实验中取得了一定的成果, 但仍存在一些不足之处。首先, 本文只考虑了水泵群的控制问题, 未对水泵的故障诊断和维护进行研究。其次, 本文的实验环境和参数设置较为简单, 需要进一步扩展和优化。最后, 本文只对控制策略进行了仿真实验, 需要进一步在实际应用中进行验证。

针对以上不足之处, 我们展望未来的研究方向:

1. 水泵故障诊断和维护: 在基于多智能体系统的水泵群控制策略的基础上, 进一步研究水泵的故障诊断和维护问题, 提高水泵群的运行可靠性和效率。
2. 现场实验和优化: 在实际应用中进行现场实验, 优化控制策略参数, 提高控制效果和稳定性。
3. 与其他系统的协同控制: 将基于多智能体系统的水泵群控制策略与其他系统的协同控制相结合, 实现对整个供水、排水、循环水处理系统的智能化控制和管理。
4. 机器学习和人工智能的应用: 引入机器学习和人工智能的技术, 优化控制策略和算法, 提高控制效果和精度。

参考文献:

- [1] 唐丽霞, 王晓娜. 基于多智能体系统的水泵功耗优化控制方法研究 [J]. 计算机应用研究, 2011(01):334-337.
- [2] 钱新宇. 多 Agent 决策控制理论与实现技术——基于 AI 的系统建模与控制 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2002.
- [3] 张华恩, 武安克. 多智能体系统 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [4] 吴昭龙, 程可, 曹光年. 多智能体网络在水泵水平控制中的应用 [J]. 哈尔滨工程大学学报, 2010, 31(06):678-682.
- [5] 王璐, 古海燕, 韩晓敏. 基于多智能体网络的水泵群控制策略研究 [J]. 智能系统学报, 2012, 07(04):237-242.