

DOI:10.16198/j.cnki.1009-640X.2018.01.004

陈红,吴严君,晏成明,等.基于变频控制的实体模型流量控制[J].水利水运工程学报,2018(1):23-26.(CHEN Hong, WU Yanjun, YAN Chengming, et al. Discharge control of physical model based on frequency converter [J]. Hydro-Science and Engineering, 2018(1): 23-26. (in Chinese))

基于变频控制的实体模型流量控制

陈红¹, 吴严君¹, 晏成明², 唐立模¹

(1. 河海大学 水利水电学院, 江苏 南京 210098; 2. 广东水利电力职业技术学院 水利工程系, 广东 广州 510635)

摘要: 设计了变频流量控制系统,改进了变频器控制方法,采用标准电压输出模块和电压检测模块组合成变频器反馈控制系统,实时调整变频器端子电压调节水泵流量输出。变频器和水泵输出流量成线性关系,通过试验测试了3台泵不同组合条件下频率流量关系,单台泵频率流量线性关系相关系数达到0.99,而多台泵频率流量关系不同于单台泵对应关系,且相关系数有所减小。因此,多泵变频控制系统应采用组合率定法标定不同泵组合时频率流量关系。以甬江模型为例,组合率定法流量控制偏差小于0.5%。

关键词: 流量控制; 变频控制; 频率流量关系

中图分类号: TV83

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2018)01-0023-04

流量控制是实体模型试验顺利开展的必要条件,而流量自动化控制是确保非恒定流过程准确模拟的关键^[1]。目前流量控制方法主要有电动调节阀和变频水泵流量控制,蔡守允等^[2-6]通过实时监测流量,反馈调节电动阀门开度实现流量控制。因阀门开度与输出流量缺乏数学解析关系,需通过流量计进行反馈控制阀门,系统结构更加复杂。变频流量控制通过调节水泵运行频率,按需出流。陈红^[1]基于变频控制开发了非恒定流控制系统,胡向阳等^[7]分析了调节阀模式和变频调节模式2种流量控制方式的能耗情况,结果表明,变频控制模式平均节能效率高达69%以上。变频控制系统结构更简单、能效比更高,广泛应用于实体模型非恒定流试验。然而,目前变频流量控制中上位机多直接采用通讯协议控制变频器。吴新生等^[8-12]基于变频器通讯协议编制计算机程序,实现对频率的调节,该方法系统结构及程序编制均比较简单。受不同变频器通讯协议限制,基于特定变频器开发的上位机系统难以扩展到其他变频器,通用性能差。

近年来,变频控制系统还应用于潮汐模型试验,吴新生等^[8]应用变频控制开发了潮汐模型生潮系统,黄静等^[9-10]通过多台变频器实现了涌潮模拟。潮汐模拟试验中水泵数量多,虽然单台水泵运行频率与输出流量存在线性关系,但该关系受水泵数量、淹没深度、工作电压等多因素影响,潮汐模拟试验中多台水泵频率流量关系更加复杂。

为提高系统通用性和控制精度,本文采用标准化电压输出模块、检测模块构建频率控制系统,通过试验建立了多泵组合条件下频率流量线性关系,实现了组合泵非恒定流实时控制。

1 变频控制系统设计

变频控制系统包括控制器、变频器、水泵以及信号传输装置,其控制流程为:将目标流量转换为目标频

收稿日期: 2017-03-16

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51309083); 重大科学仪器设备开发专项(2011YQ070055); 广东水利科技创新项目(2016-03)

作者简介: 陈红(1981—),男,重庆人,高级实验师,博士,主要从事流体测试技术、图像处理技术等研究。E-mail: 496443687@qq.com

率,控制器再将目标频率调制成相应信号输送至变频器,变频器识别信号控制水泵运行,水泵输出相应流量。

变频器控制方式主要有手动、通讯协议和模拟量端口等方式,手动方式难以实现自动化;通讯协议方式需根据变频器类型编制上位机系统,通用性能差。模拟量端口控制不受变频器类型影响,将模拟量信号加载至相应端子,调节模拟量幅值即可实现频率调节,通用性更优。模拟量端口控制主要有电压和电流两种形式,电压信号易于监测,信号处理更方便。因此,选取电压信号调节变频器输出频率。

以三频变频器为例,将电压正、负信号分别连接到5#和2#端子。通过更改变频器配置参数,建立电压信号与频率的对应关系。配置参数Pr.125表示输入5V电压时,变频器对应工作频率(一般设置为50Hz)。校正参数C2有利于降低低电压检测误差,C2参数通过修改配置参数Pr.902实现,将Pr.902设置为2.0,则变频器端子输入电压与频率对应关系为: $V = (3/50)P + 2.0$,其中, V 为电压(V); P 为变频器工作频率(Hz)。

上位机通过RS485与标准电压输出模块连接,目标频率转换为对应电压,标准电压输出模块生成相应模拟量信号,加载至变频器5#和2#端子。上位机发出启动信号,则电机即可按照对应频率运行。

2 多泵频率流量率定

电机工作频率与水泵流量成线性关系,控制频率实现流量调节。多泵运行时,频率流量关系与水泵单独运行时关系不同。为获取水泵数量对该关系的影响,选用相同功率的3台潜水泵,工作电压380V,采用稳压器和大容量水库确保工作电压和淹没深度保持基本不变,通过超声波流量计监测不同水泵组合输出流量。试验工况如表1所示,各工况控制变频器输出频率依次为25,30,35,45和50Hz。

单台水泵运行频率与流量关系见图2,1#,2#,3#泵频率与流量具有良好线性关系,相关系数均大于0.99。

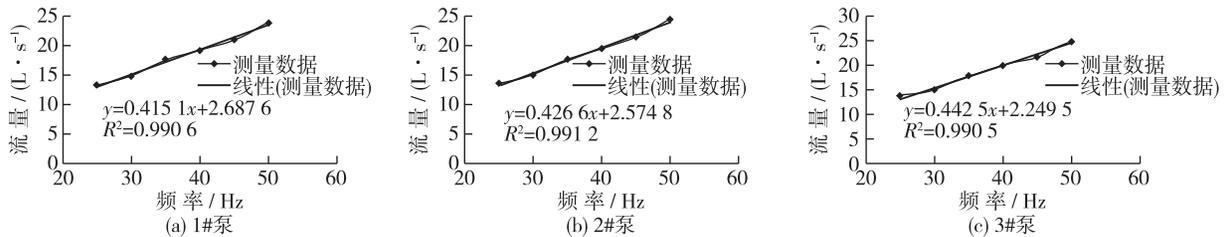


图2 1#~3#泵运行时频率流量关系

Fig. 2 Relationships between frequency and flow of 1#~3# pumps

2台泵组合运行时(如图3(a)和(b)),频率流量关系不等于对应水泵独立工作时流量频率关系的线性叠加,且线性相关系数有所降低,小于0.99。3台泵同时工作时频率流量关系如图3(c)。

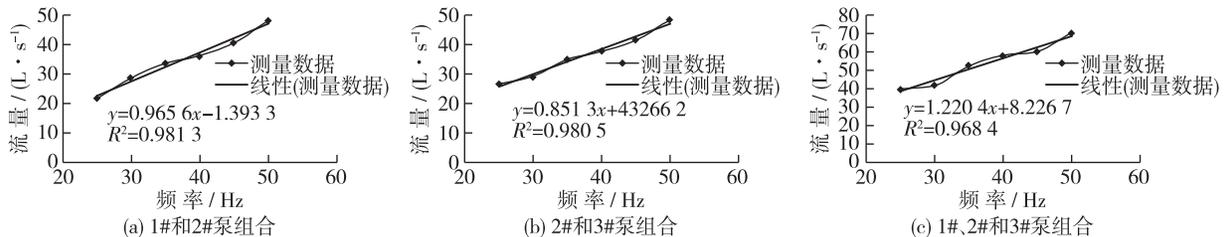


图3 泵组合运行时频率流量关系

Fig. 3 Relationships between frequency and flow of pumps combined operation

表1 试验工况

Tab. 1 Experiment conditions			
试验组次	1#水泵	2#水泵	3#水泵
1	工作	关闭	关闭
2	关闭	工作	关闭
3	关闭	关闭	工作
4	工作	工作	关闭
5	工作	关闭	工作
6	关闭	工作	工作
7	工作	工作	工作

从图3(c)可见,3台泵时线性相关系数进一步降低,相关系数仅有0.9684。试验表明,多台泵组合运行时,流量与频率关系应组合率定,不能运用各台水泵独立运行时的频率流量关系。

3 实际应用

以甬江潮汐模型为例,采用变频控制系统调节边界流量过程,边界流量数据由数学模型提供,以潮位相似为判别条件调整边界流量。模型包含姚江、奉化江和2个海域边界,各边界布置了3台水泵,按照组合率定原则,对水泵不同组合条件下的频率流量关系进行率定。流量控制时选取相应频率流量关系,控制效果如图4所示,流量控制偏差小于0.5%。图5为按照1#,2#,3#水泵独立工作的频率流量关系进行控制的效果图,流量控制偏差为3.5%。

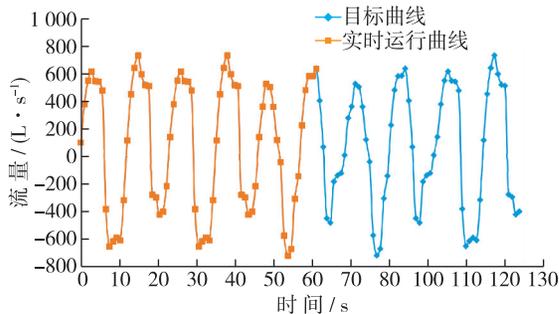


图4 组合率定法控制效果

Fig. 4 Controll effects of combined calibration method

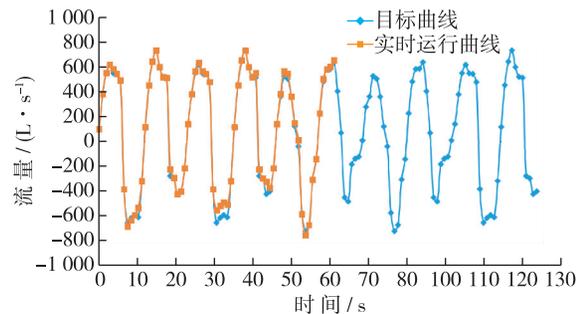


图5 线性叠加控制效果

Fig. 5 Controlling effects of linear superposition

4 结 语

流量控制是实体模型试验顺利开展的基础,水泵运行频率与输出流量存在一定线性关系,通过控制电机工作频率即可实现流量调节。因此,变频流量控制广泛应用于实体模型试验。为提高变频控制系统通用性,采用标准电压模块输出电压信号调节变频器输出频率,避免了通讯协议控制方式存在适用性差等问题。针对多泵运行系统,通过试验研究了不同泵组合工况条件下频率流量关系。试验结果表明,不同泵组合运行时的频率流量关系不同于各泵独立运行时对应关系。因此,多泵变频控制系统中必须率定不同水泵组合的流量频率关系。以甬江潮汐模型为例,组合率定法流量控制偏差小于0.5%,而按照独立运行频率流量关系,流量控制偏差大于3.5%。

变频控制系统中频率流量关系受多种因素影响,受条件限制,目前仅验证了3台泵运行条件下频率流量关系,还需要进一步考虑多泵情况下频率流量关系,总结水泵数量对频率流量关系的影响。

参 考 文 献:

- [1] 陈红. 大型实体模型智能化测控设计及关键技术研究[D]. 南京: 河海大学, 2016. (CHEN Hong. Design of intelligent measurement and control system and research on key technology of large scale physical model[D]. Nanjing: Hohai University, 2016. (in Chinese))
- [2] 蔡守允, 杨大明, 朱其俊, 等. 水利工程模型试验计算机测量与控制系统[J]. 计算机测量与控制, 2007, 15(10): 1325-1326, 1369. (CAI Shouyun, YANG Daming, ZHU Qijun, et al. Computer measurement and control system in hydraulic engineering model test[J]. Computer Measurement and Control, 2007, 15(10): 1325-1326, 1369. (in Chinese))
- [3] 蔡守允, 雷学锋, 魏延文. 河工模型试验测量与控制系统[J]. 水利水运科学研究, 1999(4): 402-408. (CAI Shouyun, LEI Xuefeng, WEI Yanwen. Control and measurement system of the river model test[J]. Journal of Nanjing Hydraulic Research Institute, 1999(4): 402-408. (in Chinese))

- [4] 王昕, 蔡守允, 张河. 河工模型试验计算机测控系统[J]. 水利水电技术, 2003, 34(5): 57-59. (WANG Xin, CAI Shouyun, ZHANG He. Computer control and measurement system for hydraulic model test[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2003, 34(5): 57-59. (in Chinese))
- [5] 吴俊, 丁牲奇, 余葵, 等. 基于 USB 的水工模型流量与水位控制系统研究[J]. 人民长江, 2011, 42(7): 67-69. (WU Jun, DING Shenqi, YU Kui, et al. Research on automatic system for discharge and level control of hydraulic physical model based on USB bus technology[J]. Yangtze River, 2011, 42(7): 67-69. (in Chinese))
- [6] 贺昌海, 雷川华, 周小平, 等. 模型试验流量与水位自动控制系统研制[J]. 长江科学院院报, 2007, 24(3): 72-74. (HE Changhai, LEI Chuanhua, ZHOU Xiaoping, et al. Research and development of automatic control system of discharge and water-level in model-testing[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2007, 24(3): 72-74. (in Chinese))
- [7] 胡向阳, 许明, 张文二, 等. 河工模型供水系统变频节能改造能效分析[J]. 长江科学院院报, 2013, 30(10): 127-130. (HU Xiangyang, XU Ming, ZHANG Wener, et al. Analysis of the energy-saving efficiency of flow control by frequency conversion regulating for the water supply system of river model experiment[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2013, 30(10): 127-130. (in Chinese))
- [8] 吴新生, 林木松, 廖小永, 等. 深圳河口潮汐模型变频生潮与量测控制系统[J]. 长江科学院院报, 2010, 27(4): 5-10. (WU Xinsheng, LIN Musong, LIAO Xiaoyong, et al. Tide generating with converting frequency and measurement control system for Shenzhen estuary tidal model[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2010, 27(4): 5-10. (in Chinese))
- [9] 黄静, 潘存鸿, 陈刚, 等. 涌潮的水槽模拟及验证[J]. 水利水运工程学报, 2013(2): 1-8. (HUANG Jing, PAN Cunhong, CHEN Gang, et al. Experimental simulation and validation of the tidal bore in the flume[J]. Hydro-Science and Engineering, 2013(2): 1-8. (in Chinese))
- [10] 黄静, 李最森, 潘存鸿, 等. Bore 2010 涌潮测控系统在涌潮水槽试验中的应用[J]. 水利水电科技进展, 2012, 32(2): 28-30. (HUANG Jing, LI Zuisen, PAN Cunhong, et al. Research of the tidal bore in the flume with Bore 2010 tidal bore monitoring and control system[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2012, 32(2): 28-30. (in Chinese))
- [11] 张清鹏, 张涛, 徐晓舂. 变频器控制在流量调节中的应用[J]. 电子测量技术, 2007, 30(6): 184-185, 188. (ZHANG Qingpeng, ZHANG Tao, XU Xiaochong. Application of frequency converter control in flux regulating[J]. Electronic Measurement Technology, 2007, 30(6): 184-185, 188. (in Chinese))
- [12] 孔柱新, 焦明华, 俞建卫, 等. 基于VB6.0的变频器与计算机通讯程序设计[J]. 控制工程, 2006, 13(6): 583-585, 612. (KONG Zhuxin, JIAO Minghua, YU Jianwei, et al. Design of communication between inverter and computer base on VB6.0[J]. Control Engineering of China, 2006, 13(6): 583-585, 612. (in Chinese))

Discharge control of physical model based on frequency converter

CHEN Hong¹, WU Yanjun¹, YAN Chengming², TANG Limo¹

(1. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Department of Hydraulic Engineering, Guangdong Polytechnic of Water Resources and Electric Engineering, Guangzhou 510635, China)

Abstract: Designing converting frequency flow control system, improving the frequency converter control method, combining the standard voltage output mode and the voltage detection module into the inverter feedback control system, and the inverter terminal voltage is adjusted in real-time for adjusting the pump flow output. There is the linear relationships between the inverter and the output flow of the pump. The relationships between the frequency and flow of the three pumps under different combinations are tested. The experiments show that when a pump works, the frequency and flow linearity reach 0.99; however, when several pumps work, the frequency flow relation changes and correlation coefficient is reduced. Therefore, for the multi-pump system, it is necessary to use the combination calibration method to calibrate the frequency flow relationships of different pump combinations, and the experiments by the Yongjiang model have showed the rate of flow control deviation is less than 0.5%.

Key words: flow control; frequency control; frequency flow relation