

文章编号: 1671-6612 (2022) 01-115-05

大型绿色装配建筑暖通空调系统节能技术优化

冯 琢

(重庆保税港区开发管理集团有限公司 重庆 400000)

【摘 要】 传统装配建筑暖通空调系统节能方法忽略了对供风端电压波动的抑制, 导致空调系统输出稳定性较差, 节能效果不明显。为解决该问题, 提出新的基于模糊 PID 控制的大型绿色装配建筑暖通空调系统节能控制方法。以空调换流机的输出稳态特征量为控制对象, 构建装配建筑暖通空调节能控制约束参数模型。结合热电机组气动功率以及电磁功率的 PID 模糊约束方法, 实现对暖通空调系统节能输出稳态性调节。建立空调系统供风端电压波动的模糊 PID 控制模型, 结合气动功率的小扰动抑制方法, 实现对大型绿色装配建筑暖通空调系统节能优化控制。实验结果表明, 所提暖通空调系统节能控制方法的输出稳定性较好, 与传统方法相比, 所提方法下空调系统电压增益更大, 且功耗一直低于 20kWh, 在实验测试过程中, 所提方法的平均能量开销少于传统方法, 以上实验结果验证了所提方法具有更好的应用性能。

【关键词】 绿色装配建筑; 暖通空调; 节能控制; 稳态性调节; PID 控制模型

中图分类号 TM614 文献标识码 A

Energy-saving Technology Optimization of HVAC System in Large Green Assembly Building

Feng Zhuo

(Chongqing Bonded Port Development and Management Group Co., Ltd, Chongqing, 400000)

【Abstract】 The traditional energy saving methods for HVAC systems of assembly buildings ignore the suppression of voltage fluctuation at the air supply end, resulting in poor output stability of the air-conditioning system and insignificant energy saving effect. To solve this problem, a new energy saving control method based on fuzzy PID control for HVAC system of large green assembly building is proposed. Taking the steady-state output characteristic quantity of air conditioning converter as the control object, the energy-saving control constraint parameter model of HVAC in assembly buildings is constructed. Combined with the PID fuzzy constraint method of wind turbine pneumatic power and electromagnetic power, the steady-state regulation of energy saving output of HVAC system is realized. A fuzzy PID control model for the voltage fluctuation at the air supply end of the air conditioning system was established. Combined with the small disturbance suppression method of aerodynamic power, the energy-saving optimization control of HVAC system in large green assembly buildings was realized. The experimental results show that the proposed the output stability of the hvac system energy saving control method is better, compared with traditional methods, the proposed method under voltage gain greater air conditioning system, and power consumption has been lower than 20 kWh, in the process of test, the proposed method of average energy costs less than traditional methods, the above experimental results verify the effectiveness of the proposed method has better application performance.

【Keywords】 Green assembly building; HVAC; Energy saving control; Steady-state regulation; PID control model

作者(通讯作者)简介: 冯 琢(1983.01-), 男, 本科, 高级工程师, 主要研究方向为建筑工程及建筑工程管理, 收稿日期: 2020-11-20

0 引言

节能减排大环境下, 装配建筑暖通空调系统的

节能设计受到人们的极大关注, 越来越多的专家开始研究通过构建大型绿色装配建筑暖通空调系统

节能控制模型来提高建筑节能性,从而降低能量开销,促进建筑绿色建筑产业发展^[1]。因此,采用绿色装配建筑暖通空调节点优化部署方法提高节能效果,在大型绿色装配建筑发展和施工建设中具有重要的指导意义^[2]。

大型绿色装配建筑暖通空调系统节能技术需建立在空调系统的节能控制算法的基础上,结合暖通空调系统节能控制参数融合处理以及优化辨识,构建大型绿色装配建筑暖通空调系统节能控制模型^[3]。传统方法中,对大型绿色装配建筑暖通空调系统节能控制方法主要有基于差异度融合评价的大型绿色装配建筑暖通空调系统节能控制方法^[4]、基于模糊检测的大型绿色装配建筑暖通空调系统节能设计方法^[5]以及基于负载均衡控制的节能控制设计方法^[6]等。以上传统方法结合模糊信息融合和特征检测,建立空调系统节能控制对象参数辨识模型,通过空调节点的分布式检测和融合,实现大型绿色装配建筑暖通空调系统节能控制,但在传统方法的应用过程中发现暖通空调的电压输出稳定性较差,影响空调使用寿命,能耗开销较大。该现象表明传统方法自适应性不够理想,无法得以广泛应用。

为解决以上传统方法存在的问题,本文提出基于模糊 PID 控制的大型绿色装配建筑暖通空调系统节能控制方法。结合空调热机组气动功率以及电磁功率的 PID 模糊约束方法,增强暖通空调系统输出稳定性。进一步引入模糊 PID 控制模型,结合气动功率的小扰动抑制法,实现大型绿色装配建筑暖通空调系统节能的优化控制。为验证所提方法的有效性设计仿真实验。仿真测试结果验证了所提方法在提高大型绿色装配建筑暖通空调系统节能控制效果方面具有优越性能。

1 暖通空调系统节能输出稳态性调节

1.1 空调机组的气动功率调节模型

为实现大型绿色装配建筑暖通空调系统节能控制,构建大型绿色装配建筑暖通空调节能控制的约束参数模型,以暖通空调换流机的输出稳态分布特征量作为约束自变量,采用模型参数识别的方法,构建暖通空调节能的样本参数分析模型^[6],实现控制对象模型构建和特征参数优化识别,暖通空调系统节能控制的实现步骤如图 1 所示。

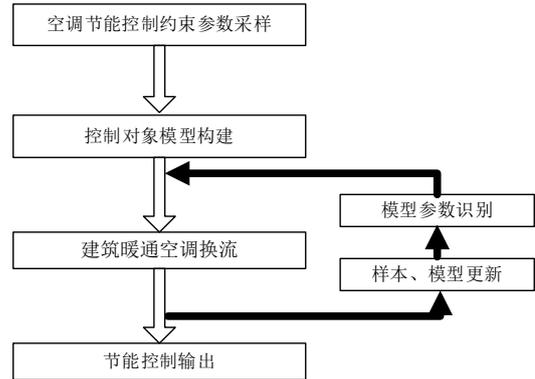


图 1 节能控制步骤框图

Fig.1 Block diagram of energy saving control steps

分析装配建筑暖通空调系统的末端电能消耗,通过无功控制和负载均衡调度方法^[8],得到建筑暖通空调节能系统的负载强度为:

$$A = 2pw(t) \quad (1)$$

式中, p 为冷负荷功率, $w(t)$ 为单位时间 t 内电能消耗量。

利用热机组自身的功率因素参数,在建筑物中,通过空调出风节点的优化部署^[9],在区域 s 内,得到装配建筑暖通空调系统的能量开销为:

$$B(s) = \frac{w(t) - A \tan e_s}{p} \quad (2)$$

式中, e_s 代表电压波动的无功控制参数。采用电流三环串级控制的方法,得到空调出风节点的恒功率因数分别为 p 和 q , 相对耗能为:

$$C = B(s)\sqrt{p^2 + q^2} \quad (3)$$

采用多模状态特征参数融合的方法,构建大型绿色装配建筑暖通空调系统节能状态函数为:

$$D = \cos\left(\frac{C\sqrt{p}}{2} \sin q\right) \quad (4)$$

在限定条件下,对经过全网能量均衡解析变换得到空调机组的气动功率调节模型:

$$E = (1-D)^2 + \frac{(q+D)^2}{p} \quad (5)$$

根据空调机组的气动功率调节模型,获取下文建筑暖通空调系统节能输出稳态性调节 PID

模糊控制函数,为暖通空调节能控制奠定基础。

1.2 空调系统节能控制的联合状态方程

以大型绿色装配建筑暖通空调换流机的输出稳态特征量作为控制对象,结合热电机的气动功率和电磁功率的模糊约束方法,构建对大型绿色装配建筑暖通空调系统节能输出稳态性调节 PID 模糊控制函数为:

$$F = E \left\{ \frac{[\sqrt{a-b}]}{[\sqrt{a+c}]^2} \right\} \quad (6)$$

其中: a 为大型绿色装配建筑暖通空调系统输出控制参数; b 为大型绿色装配建筑暖通空调系统输入控制参数; c 为大型绿色装配建筑暖通空调系统模糊时滞特性参数。

采用有功-无功联合控制的方法,得到装配建筑暖通空调系统节能配置的节点个数 m ,分析电机组的额定功率^[10],得到输出节点的权值状态分配模型为:

$$G = \frac{\cos\left(\frac{dl}{g}\right)v^2\sqrt{g}}{mh} \quad (7)$$

式中, g 为空调风机的粘滞系数, d 为功率-最优转速, l 为空气密度, h 为功率波动传递系数, v 为额定风速。当定速机组处于稳态状态下,得到装配建筑暖通空调系统节能控制的联合状态方程为:

$$H = \frac{dl}{G-kg} \quad (8)$$

式中, k 为恒功率段的补偿因子。通过联合惯性参数融合分析,提高装配建筑暖通空调系统节能控制灵敏度。

2 空调系统节能技术优化

2.1 模糊约束条件

结合热电机的气动功率和电磁功率的模糊约束方法,实现对大型绿色装配建筑暖通空调系统节能输出稳态性调节^[11],根据变速热电机组的功率波动特性,得到热电机的气动参数记为:

$$r = H\sqrt{\frac{k}{D^2}} \quad (9)$$

采用模糊 PID 调节器,构建大型绿色装配建筑

暖通空调系统节能控制的转矩参考值设定为 u ,热电机组在全风速段内,得到控制参数分布的上界估计值为:

$$I = |H|^2 - \frac{2}{r} \quad (10)$$

在任意时刻 t ,恒功率段以前的区域的第 j 个神经元中,采用模糊 PID 控制,得到额定风速时机组的输入 f_j ,根据稳态参数调节,得到机组追踪最佳叶尖速比为:

$$J = \frac{\lambda \sum_{j=1} f_j}{\rho I} \quad (11)$$

其中, λ 为权重系数, ρ 为定子侧的转子电流。其中装配建筑暖通空调系统节能控制的转矩特征量表示为:

$$K = \lambda \cos\left(\frac{2\pi}{J} + h\right) \quad (12)$$

根据传递函数作出伯德图^[12],采用模糊 PID 控制,得到装配建筑暖通空调系统节能控制的模糊约束条件为:

$$L = \alpha \sin(3k + \beta) / K \quad (13)$$

其中: α 为空调机的功率波动输出参数; β 为转速环参数。其中,在模糊 PID 神经网络中,输入

层至隐含层权值为 ω_j ,功率波动分量为 σ_j ,根据上述分析,构建大型绿色装配建筑暖通空调系统节能输出稳态性调节模型。

2.2 空调系统的节能控制输出

在限定初始条件下,得到装配建筑暖通空调系统节能控制的模糊学习向量:

$$M = \sigma_j \sum_{j=1} \left| -\frac{\alpha \omega_j}{2L^2} \right| \quad (14)$$

在模糊 PID 神经网络的输入层,引入功率波动分量产生的电压波,结合知识模型库,得到装配建筑暖通空调系统节能控制的神经网络自适应学习控制输出为:

$$P = \frac{1}{M} \int_{j=1} \omega_j \sigma_j dj \quad (15)$$

式中， $\int(\bullet)dt$ 是装配建筑暖通空调系统节能控制的积分器。分析有功、无功水平值，采用水平偏差和动态偏差联合调节的方法，得到装配建筑暖通空调系统节能控制的优化参数解析过程：

$$Q = 1 + \frac{\pi P \cos C}{0.9\beta} \tag{16}$$

分析有功波动分量对电压波动的影响，得到转速波动频域调节下装配建筑暖通空调系统节能控制的有功功耗为：

$$U = \frac{Q(\alpha + \beta)}{\sin J} \tag{17}$$

根据机端电压波动，得到装配建筑暖通空调系统的输出效率为：

$$W = \frac{\alpha^2 r}{U + 2\pi\rho} \tag{18}$$

采用负载均衡调节方法，进行误差反馈调节^[13]，得到大型绿色装配建筑暖通空调系统的电磁耦合控制方程为：

$$\eta = (2\pi/J)^2 + \sqrt{W} \tag{19}$$

采用有功波动的平滑跟踪的方法，得到等效控制律为：

$$\phi = \frac{|W|^2 \eta}{\lambda} \tag{20}$$

根据以上步骤实现大型绿色装配建筑暖通空调系统节能优化控制。

3 仿真实验设计与结果分析

为验证本文方法在实现大型绿色装配建筑暖通空调系统节能控制中的有效性，采用 Matlab 仿真平台设计以下仿真实验。设定大型绿色装配建筑暖通空调系统风力机为 1.5MW 定速机组，转速环参数为 0.36，变速热电机恒转速为 256rad/s，功率因数角为 14rad，装配建筑暖通空调系统的波动频率为 0.02Hz。图 2 为装配建筑暖通空调供暖管道仿真结果。

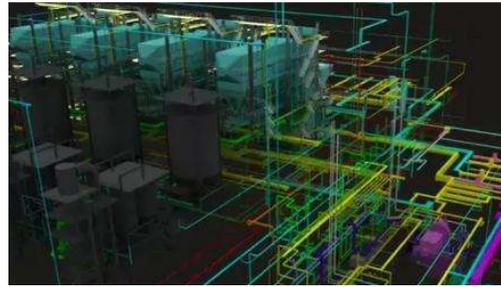


图 2 装配建筑暖通空调供暖管道仿真

Fig.2 Simulation of HVAC heating pipeline for Assembly building

对温度 PID 调节器的输出信息进行分程控制，信号处理如图 3 所示。

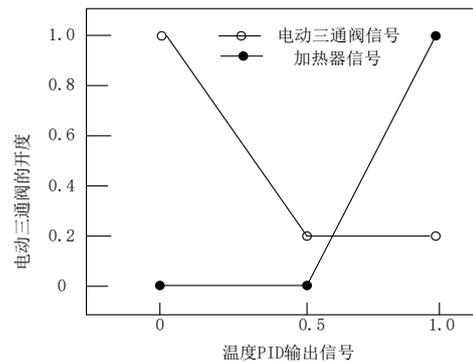


图 3 温度 PID 分程控制图

Fig.3 Temperature Pid split-range control chart

温度 PID 调节器同时控制空调电动三通阀及加热器，当 PID 信号值从 0 到 0.5 变化时，电动三通阀的开度由 1 降到 0.2，减少空调风力机转速，此时空调加热器输出为 0；当信号值从 0.5 变化为 1 时，电动三通阀开度保持 0.2 不变，空调加热器输出可高达 100%。以上实验数据可验证温度 PID 分程控制可提高空调供暖过程的智能化，具有应用可靠性。

为证明所提方法的应用效果，下面以电压增益、功耗输出以及能量开销为测试指标，文献[4]提出的基于差异度融合评价的大型绿色装配建筑暖通空调系统节能控制方法、文献[5]提出的基于模糊检测的大型绿色装配建筑暖通空调系统节能设计方法以及文献[6]提出的基于负载均衡控制的节能控制设计方法为实验对照方法，与所提方法的指标测试结果进行对比，具体实验结果如图 4、图 5 以及表 1 所示。

不同方法在功率变化下空调系统的电压增益测试结果如图 4 所示。

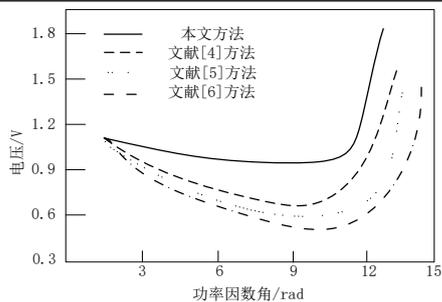


图 4 功率因数角变化下空调系统的电压增益

Fig.4 Voltage increase of air conditioning system with power factor angle change

分析图 4 得知,采用本文方法进行装配建筑暖通空调系统节能控制,电压增益较大,电压波动较小。

功耗输出测试结果如图 5 所示。

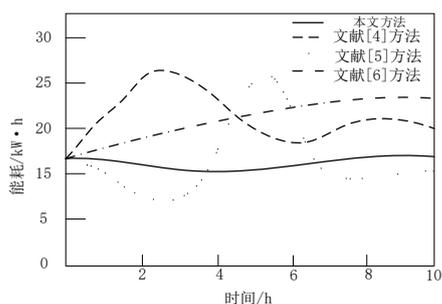


图 5 系统输出功耗

Fig.5 System output power consumption

分析图 5 得知,采用本文方法进行大型绿色装配建筑暖通空调系统节能控制的输出功耗更小,控制稳定性较好。不同方法进行大型绿色装配建筑暖通空调系统节能控制的能量开销对比结果见表 1,分析表 1 得知,本文对大型绿色装配建筑暖通空调系统节能控制的能量开销较小,平均为 15kWh,说明节能效果较好。

表 1 不同方法能量开销对比(单位 kWh)

Table 1 Comparison of energy costs of different methods (kWh)

测试次数	本文方法	文献[4]方法	文献[5]方法	文献[6]方法
10	12.3	21.8	19.2	24.5
20	14.8	25.7	21.4	28.3
30	15.4	29.4	25.4	29.1
40	17.5	32.5	32.4	32.5

4 结语

构建大型绿色装配建筑暖通空调系统的负载均衡调度模型,采用大型绿色装配建筑暖通空调节点优化部署方法,提高大型绿色装配建筑暖通空调系统节能效果,本文提出基于模糊 PID 控制的大型绿色装配建筑暖通空调系统节能控制方法。通过空调换流控制的方法,分析大型绿色装配建筑暖通空调节能控制的状态参数集,结合热电机的气动功率和电磁功率的模糊约束方法,实现对大型绿色装配建筑暖通空调系统节能输出稳态性调节和节能控制。研究表明,本文方法进行大型绿色装配建筑暖通空调系统节能控制的稳定性较高,可靠性较好。

参考文献:

- [1] 倪有源,何强,王群京.双层 Halbach 永磁电机解析建模与优化[J].电机与控制学报,2020,24(1):53-60.
- [2] 荆朝霞,陈达鹏,谭慧娟,等.城市输电网最大供电能力改进 Benders 算法[J].中国电机工程学报,2019,39(15):4373-4384.
- [3] 马美玲,王杰,王子强,等.多机系统全局相轨线的暂态稳定性分析[J].中国电机工程学报,2019,39(15):4385-4394.
- [4] 江宏玲.建筑物供暖空调系统节能控制仿真[J].节能,2019,38(8):13-17.
- [5] 李浩.某卷烟厂储丝间的空调节能控制系统改造设计[J].自动化应用,2020,(1):12-13,19.
- [6] 洪刚.绿色建筑中暖通空调节能控制方法研究[J].工程技术研究,2020,5(8):239-240.
- [7] 沈银东,蔡浩,侍寿永.校园空调节能控制装置的研制[J].电工技术,2020(16):14-16.
- [8] 黄毅,彭可,王文潮,等.大功率高压开关电源变压器的损耗分析及散热控制[J].中南大学学报(自然科学版),2019,50(5):1089-1097.
- [9] Guo Chunyi, Yang Zhizhong, Ning Linru, et al. A novel coordinated control approach for commutation failure mitigation in hybrid parallel-HVDC system with MMC-HVDC and LCC-HVDC[J]. Electric Power Components and Systems, 2017,45(16):1773-1782.
- [10] Egea-Alvarez A, Fekriasl S, Hassan F, et al. Advanced vector control for voltage source converters connected to weak grids[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2015,30(6):3072-3081.
- [11] Li Tan, Zhao Chengyong. Recovering the modular

- multilevel converter from a cleared or isolated fault[J]. IET Generation, Transmission & Distribution, 2015,9(6): 550-559.
- [12] 陈翰澍,周焕林,邱新刚,等. 构架空间多支管节点试验研究与力学分析[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2019,42(2):237-242.
- [13] 许国平,李昶,张建风,等. 数据中心热回收型专用空调系统智能控制及改造成效[J]. 智能建筑,2020,(5):27-31.