

# System Application and Energy Control of Building Control System in Super Large Shopping Centers

Chun Lin

Department of Technology, Yinchuan Jianfa Commercial Management Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750000, China

## Abstract

The building control system of the super-large shopping center has complex composition and high energy consumption. In order to improve the energy control capability of the super-large shopping center, the energy control method of the super-large shopping mall building control system based on fuzzy PID multi-mode control is proposed. Constructing the energy transfer model of the super-large shopping mall building control system, using the periodic oscillation constraint method to adaptively adjust the energy output of the building control system, the fuzzy constraint parameter model of energy control in building control system is constructed. The harmonic energy components of the output control, the power gain and the harmonic components of the grid-connected current are used as the modulation object, and the fuzzy PID multi-mode control and optimization parameter adjustment of the energy control of the building control system are carried out. The simulation results show that the method has better robustness in energy control of the super-large shopping mall floor control system, reduces the energy loss of the ultra-large shopping center, and realizes the energy-saving design of the building.

## Keywords

building control system; super large shopping center; energy control

## 楼控系统在超大型购物中心的系统应用与能源控制

林春

银川建发商业管理有限责任公司技术部, 中国·宁夏 银川 750000

## 摘要

超大型购物中心的楼控系统组成复杂、能耗开销较大, 为了提高超大型购物中心的能源控制能力, 提出基于模糊PID多模控制的超大型购物中心楼控系统能源控制方法。构建超大型购物中心楼控系统的能量传输模型, 采用周期性振荡约束方法进行楼控系统能源输出自适应调节, 构建楼控系统能源控制的模糊约束参量模型, 以输出的能量损耗、功率增益以及并网电流各谐波分量为调制对象, 进行楼控系统能源控制的模糊PID多模控制和优化参数调节。仿真结果表明, 采用该方法进行超大型购物中心楼控系统能源控制的鲁棒性较好, 降低了超大型购物中心的能量损耗, 实现了建筑的节能设计。

## 关键词

楼控系统; 超大型购物中心; 能源控制

## 1 引言

随着绿色建筑节能及环保理念的不断深入, 在超大型购物中心中进行楼控系统的设计, 通过超大型购物中心楼控系统进行楼宇的能源管理和电力输出调节, 构建超大型购物中心楼控系统的能源输出控制模型, 结合对楼控系统的电力网络优化设计, 建立逻辑控制模型, 综合计算机、数据库等集成信息管理方法, 进行超大型购物中心楼控系统的能源综合控制管理, 提高超大型购物中心的能源输出稳定性, 降低能源开销, 实现绿色环保的节能购物中心设计<sup>[1]</sup>。研究超大型购

物中心楼控系统的能源控制方法在建筑节能设计中具有重要的应用价值。

对超大型购物中心楼控系统的能源控制是建立在对能源信息的采集和综合性调度基础上, 采用集中操作、分级管理等方法, 进行楼控系统的能源的自适应调节和参数优化控制<sup>[2]</sup>, 提高楼控系统的能源的主动管理和控制能力, 传统方法中, 对超大型购物中心楼控系统的能源控制方法采用远程集成控制方法, 结合电力调度和输出功耗调节方法, 进行超大型购物中心楼控系统的能源输出调节和自适应控制<sup>[3]</sup>, 但上述方法在对超大型购物中心楼控系统的能源控制中存在自适应性

能不好和鲁棒性不高的问题,针对上述问题,本文提出基于模糊PID多模控制的超大型购物中心楼控系统能源控制方法。首先构建超大型购物中心楼控系统的能量传输模型,以输出的能量损耗、功率增益以及并网电流各间谐波分量为调制对象,然后进行超大型购物中心楼控系统能源控制的模糊PID多模控制和优化参数调节,实现楼控系统在超大型购物中心的系统应用与能源控制。最后进行仿真实验分析,展示了本文设计系统在实现超大型购物中心楼控系统能源控制方面的优越性能。

## 2 楼控系统能源控制组网模型和能量传输模型

### 2.1 能源控制组网及总体结构

构建超大型购物中心楼控系统能源控制组网模型,采用无线传感器节点进行超大型购物中心楼控系统能源控制系统的网络优化设计,将 ZigBee 技术与物联网技术结合进行能源控制系统的节点优化部署,建立基于 RFID 的超大型购物中心楼控系统能源控制系统的网络节点分布模型<sup>[4]</sup>,通过嵌入式计算机网络技术进行数据收发转换调节和能源电力组网自适应调节,构建大型购物中心楼控系统能源控制组网结构,如图1所示。

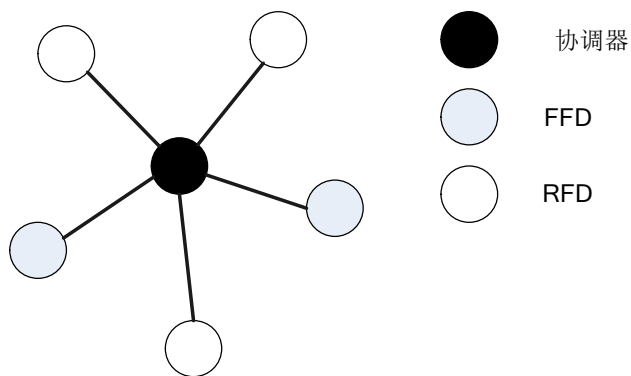


图1 超大型购物中心楼控系统能源控制组网结构

通过无线传感器节点进行超大型购物中心楼控系统能源消耗信号采集,结合 GPRS 实现超大型购物中心楼控系统的远程智能控制,在此基础上设计有效的能源控制算法,得到超大型购物中心楼控系统能源控制系统总体结构,如图2所示。

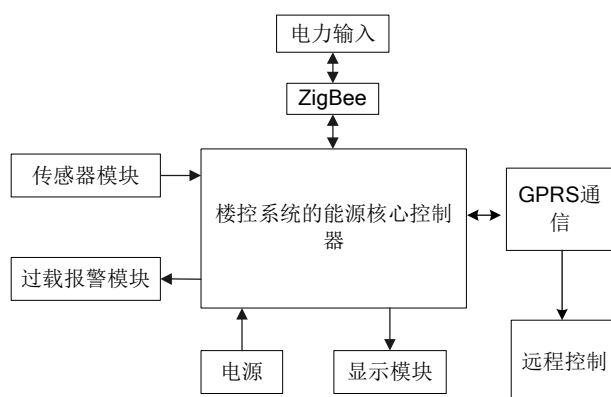


图2 超大型购物中心楼控系统能源控制系统总体结构

### 2.2 能量传输模型

根据上述构建超大型购物中心楼控系统的能源控制总体结构模型,进行控制系统的原始数据采样和特征分析<sup>[5]</sup>,实现能量传输模型设计,假设超大型购物中心楼控系统能源控制系统中有  $N$  个传感器数据采集节点,楼控系统的每个传感器节点的发射功率  $p$  满足  $p \in [0, p_1, p_2, \dots, p_{\max}]$ ,超大型购物中心楼控系统能源控制系统包括了对电力供电控制、空调温度调节控制、通风控制以及供暖控制等<sup>[6]</sup>,在超大型购物中心楼控系统能源控制系统中,需要进行能量储存设计和电力输出自适应调节,假设楼控系统的能源开销波动性负荷为:

$$P_{total} = P_{dynamic} + P_{short} + P_{leakage} \quad (1)$$

充分考虑能源发电的随机波动性对超大型购物中心楼控系统能源控制的影响,根据装置间不同频率系统的瞬时功耗  $P_{dynamic}$ ,得到购物中心楼控系统能源控制的动态功耗与供电耦合控制特征量,相互耦合的特征采样值表示为下式所示:

$$P_{dynamic} = ACV^2 f \quad (2)$$

构建超大型购物中心楼控系统的能量传输模型<sup>[7]</sup>,超大型购物中心楼控系统能源控制系统在谐波扰动下的励磁电感补偿电容的阻抗值,为:

$$G_V = \left| \frac{R_{eq} Z_2}{Z_3 Z_1} \right| = \left[ (ac - bd)^2 + (bc + ad)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$\frac{R_{eq}}{Z_3} = \frac{R_{eq}}{R_{eq} + Z_s} \quad (4)$$

采用周期性振荡约束方法进行超大型购物中心楼控系统能源输出自适应调节,根据不同工况下的间谐波特征分量<sup>[8]</sup>,得到了超大型购物中心楼控系统能源控制的系统功耗为:

$$P_{short} = I_{short} V_{DD} \quad (5)$$

在扰动步长和扰动周期作用下，通过实验测量的方法计算超大型购物中心楼控系统能源控制静态功耗  $P_{spc}$  和动态功耗  $P_{dpc}$ ，即：

$$P_{spc} = V_d I_d \quad (6)$$

$$P_{dpc} = V_d I_{\tau} + \alpha C_T f_p V_d^2 \quad (7)$$

式中： $I_{leakage}$  是超大型购物中心楼控系统能源开销瞬态电流， $A$  为间谐波分量，即大型购物中心楼控系统能源调度节点放电的平均次数； $C$  为外环和电流内环的控制电容； $V$  为系统的调制电压。根据上述分析，构建能量传输模型，进行超大型购物中心楼控系统的能源控制的算法优化设计和自适应参数调节。

### 3 楼控系统能源控制律优化

#### 3.1 参数优化调节

在上述构建超大型购物中心楼控系统的能量传输模型的基础上，进行超大型购物中心楼控系统能源控制算法的优化设计，本文提出基于模糊 PID 多模控制的超大型购物中心楼控系统能源控制方法<sup>[9]</sup>，采用周期性振荡约束方法进行超大型购物中心楼控系统能源输出自适应调节，得到能源输出内环控制的计算方程：

$$\begin{cases} W_{ik}(d) = \frac{IDF_1}{IDF_{const}} \times a(H_{ac}) \\ IDF_1 = tf_{ik}(d) \times \log\left(\frac{N}{n_k} + 0.01\right) \\ IDF_{const} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (tf_{ik}(d))^2 \times [\log\left(\frac{N}{n_k} + 0.01\right)]^2} \end{cases} \quad (8)$$

以输出的能量损耗、功率增益以及并网电流各间谐波分量为调制对象，输出的能量损耗满足  $Lev_a C \neq \phi$ ，如果  $C(x^*) > 0$ ，采用超低能耗调节方法进行逆变器输出电流的稳态调节，得到楼控系统的瞬时能源开销为  $U_{sc}(q, e)$ ，聚热量为：

$$U_{sc}(q, e) = C(x^*) > 0 = C_o(x^*) \quad (9)$$

采用热力学驱动变换方法进行超大型购物中心楼控系统

能源模糊 PID 控制<sup>[10]</sup>，由于  $C_o(x^*)$  是伪随机稳定凸函数，且  $C(x^*) < C_o(x^*)$ ，在扰动步长和扰动周期的作用下，能量损失满足：

$$gradE = \sum_i^M \sum_j^M \left( \frac{\partial E}{\partial \omega_{ij}} \right)^2 + \sum_i^L \sum_j^M \left( \frac{\partial E}{\partial \omega_{ij}} \right)^2 \quad (10)$$

上式与  $0 \in \partial C_o(x^*)$  矛盾，采用直接传热方法进行楼控系统能源循环加载，采用简化的工程实用数学模型构造楼控系统能源模糊 PID 极限控制律<sup>[11]</sup>，控制阈值满足：

$$C_o(x^*) < 0 \quad (11)$$

如果  $C_o(x^*) < 0$ ，则：

$$\Delta E = -\eta \left[ \left( \frac{\partial E}{\partial \omega} \right)^2 + \left( \frac{\partial E}{\partial b} \right)^2 \right] \quad (12)$$

如果  $C_o(x^*) = 0$ ，依据标准状况下的能源开销进行量化特征分析，实现楼控系统能源控制系统的参数优化调节，在最大功率点约束下，构建能量平衡方程为：

$$\begin{aligned} \dot{\sigma}(X, t) &= CE - CP(t) \\ &= C \cdot [e^T \ddot{e}^T \dots e^{(n)T}]^T - C \cdot [\dot{p}(t)^T \ddot{p}(t)^T \dots P^{(n)}(t)^T]^T \\ &= C_n [e^{(n)} - p^{(n)}(t)] + \sum_{k=1}^{n-1} C_k [e^{(k)} - p^{(k)}(t)] \\ &= C_n [x_1^{(n)} - x_{1d}^{(n)} - p^{(n)}(t)] + \sum_{k=1}^{n-1} C_k [e^{(k)} - p^{(k)}(t)] \\ &= C_n [\dot{x}_n - x_{1d}^{(n)} - p^{(n)}(t)] + \sum_{k=1}^{n-1} C_k [e^{(k)} - p^{(k)}(t)] \\ &= C_n [f(X, t) + \Delta f(X, t) + b(X, t)u + d(t) - x_{1d}^{(n)} - p(t)^{(n)}] \\ &\quad + \sum_{k=1}^{n-1} C_k [e^{(k)} - p^{(k)}(t)] \end{aligned} \quad (13)$$

结合超大型购物中心楼控系统能源输出稳态调节模型进行节能控制，实现楼控系统的能源控制参数优化调节。

#### 3.2 模糊 PID 多模控制

以输出的能量损耗、功率增益以及并网电流各间谐波分量为调制对象，进行超大型购物中心楼控系统能源控制的模糊 PID 多模控制，如：空调耗能调节和大型电器耗能调节等。

楼控系统的热阻关系分布方程计算为：

$$\begin{cases} \frac{\partial EU_{sc}(q, e)}{\partial q} = -(\lambda - 1) \left( \frac{h}{2} q + cq + g(e) \right) F(\bar{q}_{sc} - y(e)) \\ \quad - pF(q - y(e)) - \frac{h}{2} - c = 0 \\ \frac{\partial EU_{sc}(q, e)}{\partial e} = (\lambda - 1) pF(\bar{q}_{sc} - y(e)) y'(e) + \\ \quad pF(q - y(e)) y'(e) - g'(e) = 0 \end{cases} \quad (14)$$

上式中,  $\bar{q}_{sc}$  和  $p$  表示前馈解耦控制参数的热学控制参数, 内环 PI 调节器参数为  $\{v_1, v_2, \dots, v_v\}$ , 在输出振荡模式下的控制方程表示为:

$$X(C) = \sum_{k=1}^d \frac{|a_s|}{|E|} \times K(a_s) \quad (15)$$

在每个控制采样周期内的能量开销误差:

$$\Delta E = -\eta \left[ \left( \frac{\partial E}{\partial \omega} \right)^2 + \left( \frac{\partial E}{\partial b} \right)^2 \right] \quad (16)$$

在外环 PI 调节器参数调节下<sup>[12]</sup>, 得到购物中心楼控系统能源控制的优化解:

$$x^* \in F(x^*) = \{x^*\} - G(x^*) \quad (17)$$

计算每个控制采样周期内的输出稳态特征分布:

$$G\{x^*\} = \partial f(x^*) \quad (18)$$

得到简化的能量控制优化公式为:

$$\begin{aligned} \max_{p(t) \geq 0} & \sum_{i=1}^{N+1} \int_{S_{i-1}}^{S_i} \frac{1}{2} \log(1+p(t)) d(t) \\ \text{s.t.} & \sum_{i=1}^l \int_{S_{i-1}}^{S_i} p(t) d(t) \leq \sum_{i=0}^{l-1} E_i, \quad l=1, \dots, N+1 \end{aligned} \quad (19)$$

模糊加权系数为  $r_k$  和  $r_{k+1}$ 。则:

$$\begin{aligned} & r_i(S_i - S_{i-1}) \\ &= \frac{S_i - S_{i-1}}{2} \log \left( \frac{p_k(S_k - S_{i-1}) + p_{k+1}(S_i - S_k)}{S_i - S_{i-1}} \right) \\ &\geq \frac{S_k - S_{i-1}}{2} \log(p_k) + \frac{S_i - S_k}{2} \log(p_{k+1}) \\ &= r_k(S_k - S_{i-1}) + r_{k+1}(S_i - S_k) \end{aligned} \quad (20)$$

对能量函数求偏导如下:

$$\frac{\partial F}{\partial p_N} = \frac{-L_N}{2(1+p_N)} + \frac{L_N m_N}{E_0 + \dots + E_{N-1} - L_1 p_1 - \dots - L_N p_N} \quad (22)$$

通过上述设计, 进行超大型购物中心楼控系统能源控制的模糊 PID 多模控制和优化参数调节, 通过无线传感器采集能源消耗信号, 在建模后以输出的能量损耗、功率增益和并网电流各间谐波分量为控制对象, 对超大型购物中心冷热调节、照明、电梯等能耗项目进行调控, 从而在楼控系统中不

断的纠偏差, 达到楼控的设置运行策略, 从而确保经济运行和节能降耗的目的, 实现购物中心楼控系统能源控制律的优化设计。

## 4 仿真实验与结果分析

通过仿真实验验证本文方法在实现超大型购物中心楼控系统能源控制中的应用性能, 测试在不同的工况下的能量开销, 设定楼控系统对能源信息的控制采样周期为 0.15s, 交流侧的频率为 48.58Hz/55.5Hz, 直流功率的自动调节系数为 0.68, 在 0.072Hz 的振荡模式下进行 PID 参数调节, 阻尼振荡分量为 120KHz, 得到超大型购物中心楼控系统的输出电压分量如图 3 所示。

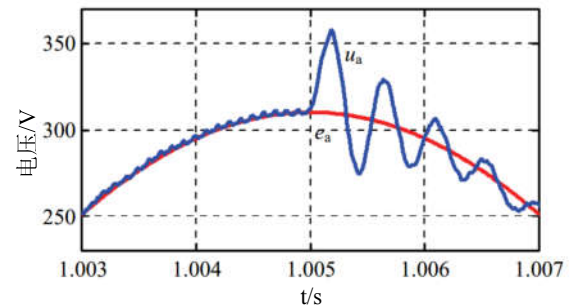


图 3 超大型购物中心楼控系统的输出电压分量

分析图 3 得知, 采用本文方法进行超大型购物中心楼控系统能源控制的输出电压峰值较大, 说明能力开销较小, 测定端电压和能源增益倍数, 结果见表 1。

表 1 参数测定结果

Kp	端电压峰值 / V	能源增益倍数
0.32	450	1.43
0.45	480	1.44
0.76	496	1.57
0.85	500	1.65

根据表 1 的参数测量结果, 采用周期性振荡约束方法进行超大型购物中心楼控系统能源输出自适应调节, 实现购物中心楼控系统能源控制优化, 得到控制收敛曲线如图 4 所示。

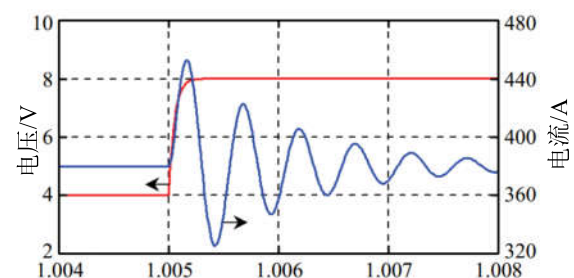


图 4 控制收敛曲线

分析图4得知,采用本文方法进行超大型购物中心楼控系统能源控制的鲁棒性较好,能量损耗较低,降低了超大型购物中心的能量损耗。

## 5 结语

构建超大型购物中心楼控系统的能源输出控制模型,结合对楼控系统的电力网络优化设计,建立逻辑控制模型,进行超大型购物中心楼控系统的能源综合控制管理,提高超大型购物中心的能源输出稳定性,本文提出基于模糊PID多模控制的超大型购物中心楼控系统能源控制方法。构建楼控系统能源控制的模糊约束参量模型,以输出的能量损耗、功率增益以及并网电流各间谐波分量为调制对象,进行超大型购物中心楼控系统能源控制的模糊PID多模控制和优化参数调节,实现购物中心楼控系统能源控制律的优化设计。研究得知,采用该方法进行超大型购物中心楼控系统能源控制的性能较好、输出增益较大,不仅提高了能源利用率,而且还能降低能源开销。

## 参考文献

- [1] 陈雨,蔡晔,曹一家,等.基于信息物理接口矩阵的 IEC61850 变电站自动化系统可靠性分析 [J]. 电力自动化设备,2019,39(01):84-90+98.
- [2] 曹文彬,王先培,田猛,等.基于 KELM 和 AT 的 SF<sub>6</sub> 变压器故障诊断 [J]. 变压器,2018,55(12):72-76.
- [3] 郭春义,蒋雯,殷子寒,等.弱交流电网下含 STATCOM 的 LCC-HVDC 系统的附加阻尼协调控制方法 [J]. 中国电机工程学报,2018,38(20):5957-5964.
- [4] 胡维庆.基于模糊自适应控制的数字电源设计与实现 [J]. 电子器件,2018,41(01):195-200.
- [5] 葛晓琳.考虑不确定性的电力电量平衡分析 [J]. 上海电力学院学报,2018,34(06):567-571+592.
- [6] 司马文霞,刘永来,杨鸣,等.考虑铁心深度饱和的单相双绕组变压器改进  $\pi$  模型 [J]. 中国电机工程学报,2018,38(24):7131-7140.
- [7] He Hao, Borhan M S, Kameshwar P, et al. Aggregate flexibility of thermostatically controlled loads [J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2015, 30(1): 189-198.
- [8] 李万磊,陈天星,刘善邦,胡瑞霞.基于数据处理一体化的输变电工程标准测量系统构建 [J]. 电子设计工程,2018,26(20):133-136.
- [9] 明平松,刘建昌.随机多智能体系统稳定性综述 [J]. 控制与决策,2016,31(03):385-393.
- [10] 李振华,刘旺开,任一.基于神经网络的 PID 控制在环境模拟测控系统中的应用 [J]. 计算机测量与控制,2013,21(3): 654-660.
- [11] 刘倩,谭文,李东海.一种多变量自抗扰控制结构的设计研究 [J]. 华北电力大学学报,2014,41(6):97-103.
- [12] 翁永鹏,高宪文,刘昕明.非仿射非线性离散系统的数据驱动二阶滑模解耦控制 [J]. 控制理论与应用,2014,31(3):309-318.