

动态电压波动调节的智能建筑电气节能设计

针对当前的智能电气节能控制中,经常出现设备电压的非正常动态波动,影响了信号调节的准确度,造成能耗过高,提出了一种基于多层低误差神经网络的电压调节方法,并应用到智能电气的节能设计中。首先通过设计控制电压误差的模型,消除电压控制中的过控制和模糊控制等弊端。通过设定误差产生,保证控制准确度,设计多层神经网络模型,对电压进行智能控制,进而实现对电压强度的准确控制,达到节能的目的。实验结果说明,这种方法可以对智能建筑中的控制准确度进行有效的改进,并且在节能方面也起到了很好的效果。

周 芒^{1,2}/1.重庆电子工程职业学院机电工程学院 2.重庆大学自动化学院



周 芒/讲师

关键词/Keywords

智能电气·
动态电压·
神经网络·

随着我国电气设备智能化程度的不断增加,对建筑节能的要求也越来越高,各种电气的设计朝着节能化发展,建筑电气的节能性能的高低很大程度上决定着设备的总体性能。因此,选择合适的方法对建筑电气的节能性进行控制,有着较大的意义。当前,针对建筑设备的节能性进行研究的方法很多,节能环保是一个大趋势。大部分的电气都以电压为工作单元,因此,对设备电压进行合理有效的控制,是实现节能控制的关键。一些大型企业也组织了专门的力量,对建筑电气的节能方法进行了研究。我国对相关学科的研究还处在起步阶段,但是,随着节能减排的推进,相关方法也会引起越来越多的关注^[1-2]。

当前的智能建筑电气的节能研究,几乎都以控制阀门开关为主^[3-4],大都通过智能化的判断一些特殊的场景,对开关进行开启、关闭。建筑电气的组成形式较为复杂,受到电压的波动情况影响较大,电压无法形成有效的、无干扰的

供给,造成设备长期处在波动电压控制下,不但对设备的寿命造成了影响,并且会使能耗增加。造成设备长期处在过能耗电压控制环境下,不利于建筑电气设备的节能^[5]。本文提出了一种基于多层去噪神经网络的电压调节方法,并应用到智能电气的节能设计中,首先通过设计去噪模型,消除电压控制中的过控制和模糊控制等弊端。通过设定误差产生,保证控制准确度,设计多层神经网络模型,对电压进行智能控制,进而实现对电压强度的准确控制,达到节能的目的。

电压控制中的误差模糊性消除

在智能建筑电气的节能控制中,电压波动会使得电压控制信号存在较大误差,使得控制过程在准确度表达方面存在模糊性。为了去除这种模糊性,设置一种可以描述电压波动控制误差的参数 E 。控制系统中,电压波动形成的信号误差设为 $e(t)$,电压的波动率设为 EC ,表达式为 $ec(t)$, K 为根据经验设定的可变控制系数,可得

$$E = Ke(t) \quad (1)$$

$$EC = Kec(t) \quad (2)$$

在电压波动的情况下,对电压信号的控制律为

$$U = \beta E + (1 - \beta)EC \quad (3)$$

式中, β 为电压波动幅度系数,正常情况下设置为1; $Kec(t)$ 为微分系数。

可以对上式进行改造,得

$$\beta = \beta_0 + K\beta|E||E|_{\max} \quad (4)$$

式中, β_0 表示 $|E|=0$ 时,电压波动调整

系数, $0 \leq \beta_0 \leq 0.5$, $0 \leq \beta \leq 1$, $K\beta$ 是常数 $0 \leq K\beta \leq (1 - \beta_0)$ 。

可以根据电压在发生较大波动的情况下,对误差进行有效统计。

电压波动下的信号控制能够对整个控制过程进行测试,电压波动下的控制误差 e 与 u 间的联系,是不稳定的。

在得到较多的采集数据下,可以根据采集的数据分析得到参数 Δk_p 、 Δk_i 和 Δk_d 在电压波动的情况下,参数值会发生一些变化。需要把这种变化参数归一化到 $(-1, 1)$ 中。对产生变化的参数 e' 、 ec' 、 Δk_p 、 Δk_i 、 Δk_d 的可能电压波动区域进行限制,可以得到: e' 、 ec' 、 Δk_p 、 Δk_i 、 $\Delta k_d = \{-5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5\}$ 。

参数变化的模糊子集为: e' 、 ec' 、 Δk_p 、 Δk_i 、 $\Delta k_d = \{NB, NM, NS, O, PS, PM, PB\}$,对已经产生变化的 Δk_p 、 Δk_i 、 Δk_d 的模糊标准表进行设置, e' 、 ec' 、 Δk_p 、 Δk_i 、 Δk_d 这些参数满足正太分布。为了消除这些变化因素,需要对这种波动变化进行确认,通过设计模糊变量的隶属度完成规则确定。当这种表格建立之后,可以通过查询表的方式,对这种变化程度进行量化,有

$$\begin{cases} k'_p = k_p + \Delta k_p \{e', ec'\}_p \\ k'_i = k_i + \Delta k_i \{e', ec'\}_i \\ k'_d = k_d + \Delta k_d \{e', ec'\}_d \end{cases} \quad (5)$$

在准确计算得到电压波动性,控制参数 e' 、 ec' 、 Δk_p 、 Δk_i 、 Δk_d 的变化规则后,可以对这些参数进行最优化的关联控制,以保证波动的干扰被消除。为了衡量这种量化效果,需要对控制参数的关联性进行量化函数设计,计算公式为

$$J = \int_0^t |e(t)| dt = \min \quad (6)$$

式中, J 为电压波动环境下的控制信号的准确度测量结果。主要是通过对信号的响应时间、控制过程和信号的信噪比等参数进行衡量。

为了消除这种影响,需要对确定参数 e' 、 ec' 、 Δk_p 、 Δk_i 、 Δk_d 进行寻优组合。依据干扰消除的最优规范,对以上参数进行合理的调整,最终获取最佳的组合值。为了更好地消除这种电压波动

的干扰,需要设定明确的干扰消除规则,根据规则进行参数的组合,以保证干扰最小。可依据如下规范对其进行寻优: $0 \leq \beta_0 \leq 0.5$; $0 \leq K\beta \leq (1 - \beta_0)$, $0 \leq K\beta \leq (1 - \beta_0)$,最终完成对以上波动参数的优化控制,通过合理的参数组合方式,保证干扰最小,实现电压波动下的电压控制信号的准确调控。

基于多层神经网络的电压节能控制

在电压波动环境下的建筑电气节能控制中,利用多层次神经网络能够很好地完成电压的智能调节。多层神经网络是一种前向网络,电压变化也呈现非线性,神经网络的输入和输出层是线性的,因此可以用电压的控制过程中的输入参数作为数据,最优电压作为输出层的数据,隐含层由主要负责电压的动态变化学习过程。设定电压波动控制函数,多层神经网络下的电压控制图如图1所示。

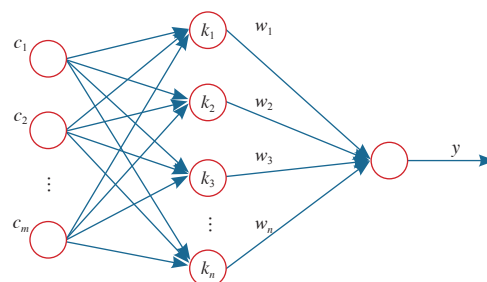


图1 电压控制多层神经网络

$C = [c_1, c_2, \dots, c_m]$ 为电压波动信号数据, $K = [k_1, k_2, \dots, k_n]$ 为数据的分类中心, $W = [w_1, w_2, \dots, w_n]$ 为电压稳定控制的矩阵。输入层到隐含层只考虑进行节能电压的数据传递,不考虑电压的损耗, y 为最优电压输出结果,则输出层的电压 i 的输出最优值为

$$y = \sum_{j=1}^n w_j \exp \left[-\frac{\|C - k_j\|^2}{2\sigma_j^2} \right] \quad (7)$$

式中, $\|\cdot\|$ 为约束规范的特殊符号; w_j 为隐含层到输出层的波动特征约束控制矩阵的第 j 个值; k_j 为第 j 个隐含层中分类的中心; σ_j^2 为电压波动的宽度范围。

对应节能控制的效果,可以用公式进行描述

$$y = \mathbf{H}^T \mathbf{W} = [h_0, h_1, \dots, h_n] \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{pmatrix} \quad (8)$$

式中, n 为隐含层的电压输出; $\mathbf{H} \in R^{N \times n}$; $\mathbf{W} \in R^{n \times 1}$, 当 $N=n$, 且 $\mathbf{H}$ 为正定矩阵时, 可以得到最优的电压控制输出解。电压控制的输出过程如下所述:

1) 根据数据采集结果对电压进行统计, 得到电压约束控制矩阵 $\mathbf{H}$ 。

2) 利用隐含层的电压控制矩阵 $\mathbf{H}^T$ 进行分解, 可得

$$\mathbf{H}^T = \mathbf{A} \mathbf{A}' \quad (9)$$

式中, $\mathbf{A}$ 为下三角矩阵。

3) 由于 $\mathbf{A}$ 为下三角矩阵, 因此能够得到电压波动下的最优输出, 为了减少计算量, 最优解的递推公式如下所述

$$w_n = b_n / a_{nn} \quad (10)$$

$$w_i = \left[b_i - \sum_{k=1}^{n-i} a_{i+k,i} w_{i+k} \right] / a_{ii} \quad (11)$$

根据上面三个步骤, 能够得到神经网络输出层的电压权值, 由于这种方法具有高效的训练效率, 并且不存在由于初始值设置不当引起的局部最小值的问题。因此, 电压节能控制准确度得到极大地提高。

实验结果分析

为了对本文提出的智能电压调节的方法进行有效的验证, 采用实验分析的方式完成。实验过程中, 采用智能建筑中最常用到的大型监控设备作为控制对象。该设备采用 10~30 mA 的电流作为能量源, 硬件包括: 单片机核心处理器硬件; 高准确度信号采集卡。建筑智能设备的使用电流保证在安全范围内, 通过核心处理器搜集数据, 并通过转换装置转换成可用电压, 运用本文的方法对电压进行合理的调控, 保证电压在一个高准确度的区间内合理的变化, 实现对设备的准确节能调控, 将各种参数

地变化结果输入到计算机中进行统计。

实验环境设置为建筑电气设备采用长期工作的过程, 中间不经过停顿。对设备能耗特性进行有效的采集, 对采集的信号进行有效的设定, 设信号的相位 $\varphi_m = 45^\circ$, 幅值为 $A_m = 2$, 通过式 (5) 能够得到在波动换下下的参数原始值 $k_p = 1.232$, $k_i = 0.232$, $k_d = 0.342$ 。通过优化前后设备的节能响应曲线对比, 完成实验对比, 如图2所示。

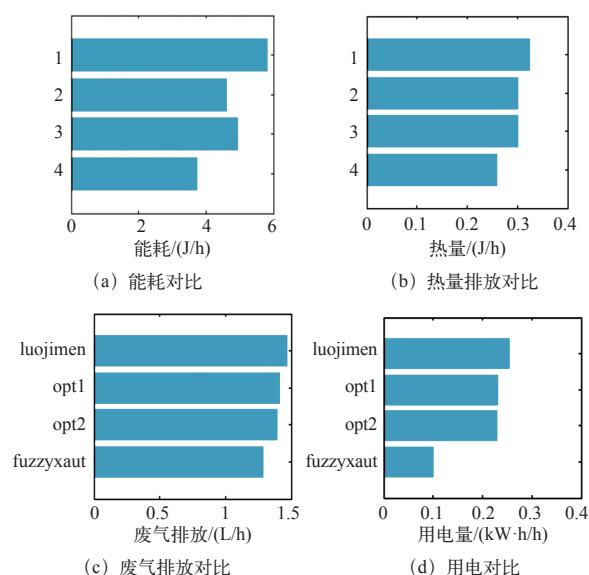


图2 本文方法的响应曲线

图2的统计结果如表1所示。

表1 实验结果对比

项目	系统优化控制前	电压调节优化后	
		最小能耗	最小废气排放
能耗/ (J/h)	4.233 3	3.634	1.346 1
热量排放/ (J/h)	0.345 3	0.312 3	1.378 9
废气排放/ (L/h)	1.346	1.236	1.123
用电对比/ (kW·h/h)	5.345	4.129	1.229 2

图4描述了采用本文方法在进行电压优化调节前后具有的节能特性, 说明本文方法能够对电压的波动性进行有效的控制, 控制的误差保证在一个很小的范围内, 大范围的电压波动环境可以得到有效的控制。该智能设备的控制参数如表2所示。

分析表2可得, 本文的波动电压控制方法对不同的建筑电气输入电压的控制参数都在合理的范围内, 很好地解决了电压波动造成的控制能耗高、控制不准等问题, 有利于建筑电气的智能化发展。

表2 设备电压控制参数

输入电流 /mA	波动范围 (%)	控制时间 /s	输入电流 /mA	超调范围 (%)	控制时间 /s
2.5	13	1.6	8.5	33	2
3.1	15	1.8	3.1	44	2.2
6.6	20	1.8	7.7	66	1.7
7.3	32	3.1	2.3	45	1
7	44	3.9	15	60	1.7

结束语

本文提出了一种基于多层去噪神经网络的电压调节方法，并应用到智能电气的节能设计中，首先通过设计去噪模型，消除电压控制中的过控制和模糊控制等弊端。通过设定误差产生，保证控制准确度，设计多层神经网络模型，对电压进行智能控制，进而实现对电压强度的准确控制，达到节能的目的。实验结果说明，这种方法可以对智能建筑中的控制准确度进行有效的改进，并

(上接第102页)

补PWM波，对应的IGBT驱动电路输出的PWM波形如图6所示。其中，横坐标为时间，纵坐标为电压幅值，上下两段波形分别对应两路PWM脉冲信号。由图6可知，方波频率为1 kHz，占空比为50%，正偏压约为15 V，负偏压约为-7.5 V，能够有效地驱动IGBT。

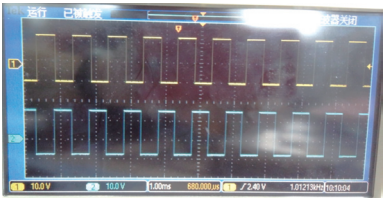


图6 PWM脉冲信号

由此可知，通过单片机定时器，可以实现任意频率和占空比的PWM信号输出，并且该信号可以触发IGBT驱动电路，使其发出频率和占空比相同但电压幅值不同的PWM信号，驱动电路输出的PWM波其正负偏压可以满足对IGBT驱动的要求。

结束语

本论文以石油管线电伴热系统为背景，针对

且在节能方面也起到了很好的效果。

参考文献

[1] 杨伟清, 王化祥. 智能电气阀门定位器的参数自整定 [J]. 电子测量技术, 2008, 1 (31): 39-42.

[2] Shinsky F G. Process control systems- application, design and tuning [M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.

[3] 解怀仁. 智能型电气阀门定位器 [J]. 化工自动化及仪表, 1995, 22 (2): 51-55.

[4] Harsha S P. Nonlinear dynamic analysis of a high-speed rotor supported by rolling element bearings [J]. Journal of Sound and Vibration, 2006 (290): 65-100.

[5] 李东明, 孙宝元, 张化岚, 等. 气动执行器技术现状与展望 [J]. 化工自动化及仪表, 2003, 30 (2): 73-75.

(收稿日期: 2014-12-09) EA

电伴热带工作过程中电流不恒定，导致电伴热带烧毁的问题，设计了一套输出电压可调的恒流源方案，仿真结果和实验测试都表明该方案具有控制简单、成本低等优势，能够切实地解决企业的实际问题，具有很好的发展前景。

参考文献

[1] 高峰. 恒功率电伴热带在生产中的应用 [J]. 电工技术, 2012, 8 (3): 55-57.

[2] 翟晓烨. 三相交流调压电路的仿真与研究 [J]. 科技资讯, 2009 (33): 243-245.

[3] 尚明伟, 孙佃升. 斩控式三相交流异步电动机节能控制技术研究 [J]. 电气应用, 2012 (4): 26-28.

[4] 荣军, 张敏, 李一鸣, 等. 基于单片机的恒流源技术研究 [J]. 电子器件, 2011, 34 (1): 63-65.

[5] 黄守道, 张铁军, 陈颖, 等. 一种三相PWM整流器控制方法研究 [J]. 电气应用, 2005 (3): 106-109.

[6] 张伟. 电伴热在长距离PX输送管线中的应用 [J]. 石油化工设计, 2010 (1): 52-53.

(收稿日期: 2014-12-15) EA