

冶金冷凝过程最优机械电气控制方法研究仿真

冶金冷凝过程中的机械电气控制主要包括电动机控制和稳压抗干扰控制等方面,对机械电气机组的稳压最优控制是保证冶金冷凝过程稳定高效的关键。传统的冶金冷凝过程电气控制方法主要采用神经元模糊控制方法,考虑更多的是有源单周控制,对大型冶金冷凝过程的机械电气控制稳压补偿和抗干扰性能不好。提出一种基于双向逆变稳压补偿模糊PID控制的冶金冷凝过程最优机械电气控制方法,首先构建了冶金冷凝过程中机械电气系统结构模型,然后设计双向逆变稳压补偿模糊PID控制算法,把双向稳压的PWM整流器设计为全桥式,采用负载双向补偿控制的方式,构建电动机的动态和静态模型结构,选取SPIDNN作为学习网络,实现控制算法改进。仿真结果表明,采用该控制方法进行冶金冷凝控制准确度较高,抗干扰能力较强,冶金冷凝系统机械电气机组控制响应速度更快,性能优越。

陶 勇^{1,2}/1.四川建筑职业技术学院机电工程系 2.安徽工业大学冶金工程学院



陶 勇/讲师

关键词/Keywords

冶金·
电气·
控制·
仿真·

冶金工业是从矿石中提取金属或金属化合物,采用各种加工方法将金属制成具有一定性能金属材料过程和工艺。火法冶金是在高温条件下进行的冶金过程。矿石或精矿中的部分或全部矿物在高温下经过一系列物理化学变化,生成另一种形态的化合物或单质,冶金包括:干燥、焙解、焙烧、熔炼、精炼、冷凝和蒸馏等过程。在冶金工艺中,冷凝过程是核心环节,冶金冷凝过程是利用电能转变为热能,借以加热金属盐类使之成为熔体,实现冶金制造中冷凝的目的。冶金冷凝过程中机械电气机组设备庞大复杂,工作环境恶劣,受到的干扰性较大,难以实现有效的电气控制,对冶金冷凝过程中的机械电气控制主要包括电机控制和稳压抗干扰控制

等方面,对机械电气机组的稳压最优控制是保证冶金冷凝过程稳定高效的关键,研究冶金冷凝过程中的大型机械电气控制方法对促进冶金工业的发展具有重要的意义^[1]。

当前,对冶金冷凝过程中的机械电气控制方法主要有神经网络控制方法、BP控制方法和模糊反馈非线性控制方法等,其中神经网络控制方法较为常用和典型,很多学者进行了深入的研究,取得了一定的成果^[2],关于对冶金冷凝过程中的机械电气控制主要研究成果诸如文献[3]中提出的基于广域参数分布的反馈控制冶金冷凝过程控制方法,实现对机械电气的模糊自适应控制,但算法复杂度高,在现有条件下,无法实现实时反馈控制;文献[4]提出一种采用冶金冷凝机械模糊控制系统的模糊功能,对于控制系统进行参数融合下的控制,可以适用于多数控制中,由于冶金电动机系统对参数分离不具有适用性,所以在复杂控制中效果不佳;文献[5]提出一种自适应模糊控制技术的电动机控制方法,实现对冷凝过程中的机械电气的PID自适应电动机控制,对影响系统参量的所有参数建立关联矩阵,计算最小反馈误差,实现反馈控制,但算法复杂度高,抗干扰能力较差;文献[6]提出基于虚拟阻抗双馈控制的冶金冷凝过程机电控制技术,基于一种柔性PID控制抑制电动机的电流输出脉动,但是该控制算法考虑更多的是有源单周控制,在高温高压等恶劣环境下对大型冶金冷凝过程的机械电

气控制稳压补偿和抗干扰性能不好。

针对上述问题,本文提出一种基于双向逆变稳压补偿模糊PID控制的冶金冷凝过程最优机械电气控制方法,并进行仿真分析,首先构建了冶金冷凝过程中机械电气系统结构模型,然后设计双向逆变稳压补偿模糊PID控制算法,实现对冶金冷凝过程机械电气控制方法的改进,最后进行仿真实验进行性能验证,展示了本文控制方法在抗干扰和提高控制准确度方面的优越性。

控制过程建模分析

根据控制过程中的相关硬件模型和结果设计情况,需要利用下述方法进行控制过程建模,把双向稳压的PWM整流器设计为全桥式,设置冶金电力控制模型需要符合下述条件:①电路磁性均匀分布;②控制系统电压可以在短时间内通断。

在冶金电力负载的情况下,电路中存在一定惯性。

在恢复器串联侧,采用负载双向补偿控制的方式,设置参考电压,参考电压与负载侧的电压相等,采用PID控制方式,设计冶金电力控制规则,通过功率激励模型分析,对冶金冷凝系统机械电气机组结构模型进行数学模型设计,此时系统的输入功率为

$$W(n+1)=W(n)+2ue(n)X(n) \quad (1)$$

采用常规PID控制器进行机械电气控制,此时冶金冷凝机械电动机组传动状态方程为

$$\begin{cases} C\frac{dV}{dt}=g_{Na}m^3h(E_{Na}-V)+g_Kn^4(E_K-V)+g_L(E_L-V)+I_{ext} \\ m=m_\infty=\alpha_m(V)/[\alpha_m(V)+\beta_m(V)] \\ \frac{dn}{dt}=\alpha_n(V)(1-n)-\beta_n(V)n \\ h=\max(1-1.25n,0) \end{cases} \quad (2)$$

电动机系统在 t_0 时刻电流误差出现急剧变化,远远大于允许范围的最大值,在冶金电力控制规则中,上述控制变量包括“负大”、“负小”、“零”、“正小”和“正大”几种不同的情况,这些变量的取值范围相同,其工作模型能够用式(3)描述

$$\begin{cases} u'_e = \frac{W_j - [S_i x m_2 \cos(P_s \vartheta)] j_p}{m_1 + m_2 \sin(P_s \vartheta)} \\ u'_i = \frac{W_j - [S_i P_s m_1 \cos(P_s \frac{2\pi\vartheta}{3})] j_c}{m_1 + m_2 \sin(P_s \vartheta - \frac{2\pi}{3})} \\ \vartheta' = \frac{x}{2} \\ x' = \frac{1}{K_i} \left[-\frac{1}{2} m_1 P_s j_s \cos(P_s \vartheta) \right] \end{cases} \quad (3)$$

式中, W_j 为冶金冷凝电动机控制过程中的电压值; S_i 为与其对应的电流值; P_s 为与其对应的电阻值; ϑ 为冶金冷凝电动机旋转角度; x 为冶金冷凝电动机角速度; x' 为冶金冷凝电动机负载惯量。

控制流程图如图1所示。

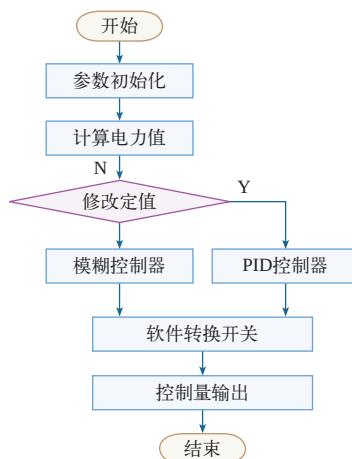


图1 控制流程图

综上实现了冶金冷凝过程的机械电气模糊PID控制,但是分析上述控制原理可见,采用神经元模糊控制方法,考虑更多的是有源单周控制,对大型冶金冷凝过程的机械电气控制稳压补偿和抗干扰性能不好,需要进行控制算法的改进。

控制方法改进实现

为了克服传统算法的弊端,提高对冶金冷凝过程机械电气控制的抗干扰能力,本文提出一种基于双向逆变稳压补偿模糊PID控制的冶金冷凝过程最优机械电气控制方法,为了计算参数的干扰控制律,首先采用高阶滑模控制,令其输入为被测系统的不直接可测状态变量,得到冶金冷凝系

统机械电气机组结构模型的干扰控制律的非线性微分方程表达式为

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_3 \\ \dot{x}_3 = f_\theta(X, t) + g_\theta(X, t)u(t) + d_\theta(t) \\ \dot{x}_2 = x_4 \\ \dot{x}_4 = f_x(X, t) + g_x(X, t)u(t) + d_x(t) \end{cases} \quad (4)$$

式中, $X = [\theta, x, \dot{\theta}, \dot{x}]^T$; $f_x(X, t)$ 、 $f_\theta(X, t)$ 、 $g_x(X, t)$ 和 $g_\theta(X, t)$ 分别为机械电气滑模控制干扰项。在复杂环境下需要进行干扰抑制, 干扰抑制中选取SPIDNN作为学习网络, 它是一个三层前向神经网络, 为 $2 \times 3 \times 1$ 结构, 控制模型结构如图2所示。

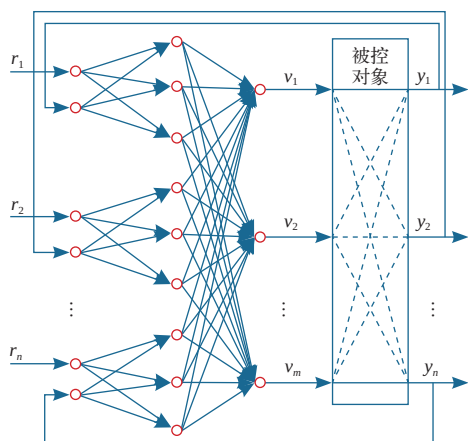


图2 SPIDNN的结构形式模糊神经网络控制系统模型

对于神经网络的第 j 个神经元, 其总输入 net_j 等于与其相连的各支路输出量 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 分别乘上权重值 $w_{1j}, w_{2j}, \dots, w_{nj}$ 后的总和, 即

$$net_j = \sum_{i=1}^n w_{ij} x_i(t) \quad i \neq j \quad (5)$$

控制系统由 M 和 $h(\varphi_a, \dot{\varphi}_a)$ 两部分组成, 构成电动机的动态和静态模型结构, PID神经网络的最优权值 ω_j^* 满足

$$\omega_1^* \sigma_1 + \omega_2^* \sigma_2 + \omega_3^* \sigma_3 - \bar{\rho}(t) = \varepsilon(\varphi_a, \dot{\varphi}_a) < \varepsilon_1 \quad (6)$$

基于双向逆变稳压补偿模糊PID控制方法, 得到输出层神经元的输出函数与网络中其他神经元的输出函数相同, 输出为

$$x''(k) = \frac{1}{1 + e^{-u'(k)}} \quad (j=1,2,3) \quad (7)$$

通过计算机组最大功率跟踪运行状态下电流矢量数据的信号, 这里固定输入层至隐含层的权

值 $\omega_{ij}(i=1,2; j=1,2,3)$, 仅调节隐含层至输出层的权值 $\omega_j'(j=1,2,3)$, 记 $\omega = [\omega_1' \ \omega_2' \ \omega_3']$, 求得PID控制器神经元 j 对最大电力能量的利用系数, 机组传动系数为

$$u_0 = -\text{sgn}(M_n) \bar{\rho}(t) \text{sgn}(s) \quad (8)$$

通过计算机组最大功率跟踪运行状态下电流矢量数据的信号, 实现对冶金冷凝过程中机械电气系统的最优控制。

仿真实验与结果分析

为了测试本文设计的控制算法在实现冶金冷凝过程机械电气控制中的性能, 进行仿真实验, 实验过程中利用abaqus在计算机上建立测试虚拟样机, 实现对冶金冷凝过程在线仿真, 了解复杂机械电气系统的过程控制和运行性能。本文把abaqus软件引用到机械电气控制系统模型分析中, 构建模糊数据库、模糊知识库和模糊推理机, 专家系统硬件设计中, 通过abaqus软件使用网线、232串口和USB等方式将程序下载至嵌入式系统中实现控制系统的性能测试。冶金冷凝机械电气系统输入电压为工程用电标准: 380 V, 测试输入电流、基准电压和输出电压及输出电流, 得到系统实验数据如下表所示。

表 输入电压为380 V的实验数据

负载阻值/ Ω	输入电流/A	基准电压/V	输出电压/V	输出电流/A
0	0.76	5.32	115.03	0
5.70	10.91	5.07	112.32	14.63
7.50	11.65	5.31	114.12	15.21
8.20	13.32	5.40	115.36	16.75
9.66	15.58	5.45	116.12	18.67

假设控制模块电阻为 $R_s = 0.734 \ 8 \ \Omega$, 负载电阻 $R_r = 0.740 \ 2 \ \Omega$, 互感为 $L_m = 0.125 \ 4 \ \text{H}$, 根据上述仿真环境和参数设定, 构建冶金冷凝机械电气控制系统, 采用本文设计的控制算法进行仿真, 在冶金冷凝电气系统中, 设定三种工况模式, 每种工况采集信号样本为50个, 共计2 500个样本, 得到冶金冷凝系统机械电气机组A—D输入信号如图3所示。

在不同的电场强度和冶金冷凝系统机械电气

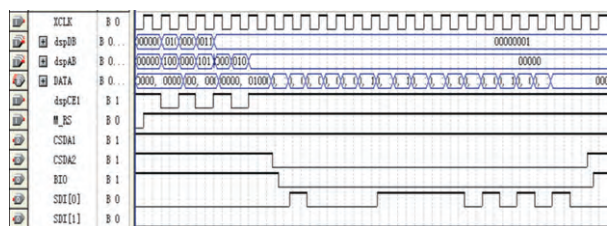


图3 冶金冷凝系统机械电气机组A-D输入信号

机组干扰频率下进行冶金冷凝系统机械电气机组抗干扰PIDNN控制仿真,为对比性能,采用本文算法和传统的PID模糊控制算法进行对比,得到控制准确度输出结果如图4所示。从图4可见,采用本文算法,具有较高的控制准确度,输出误差较少,冶金冷凝系统机械电气机组控制响应速度更快,超调和稳态误差几乎没有,说明控制方法较好。

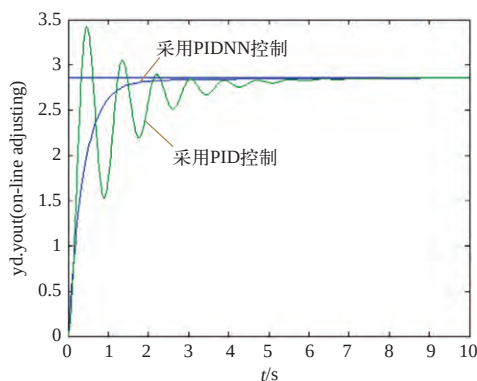


图4 控制性能对比

结束语

冶金冷凝过程中机械电气机组设备庞大复杂,工作环境恶劣,受到的干扰性较大,难以实现有效的电气控制,对冶金冷凝过程中的机械电气控制主要包括电动机控制和稳压抗干扰控制等方面,对机械电气机组的稳压最优控制是保证冶

金冷凝过程稳定高效的关键,研究冶金冷凝过程中的大型机械电气控制方法对促进冶金工业的发展具有重要的意义。本文提出一种基于双向逆变稳压补偿模糊PID控制的冶金冷凝过程最优机械电气控制方法,并进行仿真分析,首先构建了冶金冷凝过程中机械电气系统结构模型,然后设计双向逆变稳压补偿模糊PID控制算法,实现控制算法改进。仿真结果表明,采用本文控制方法,准确度较高,性能较好,抗干扰能力较强,具有较好的应用价值。

参考文献

- [1] 雷邦军, 费树岷, 翟军勇. 静止无功补偿器(SVC)的一种新型非线性鲁棒自适应控制设计方法[J]. 中国电机工程学报, 2013, 33(30): 65-70.
- [2] 张小冰. 变频器优化控制方法研究与仿真[J]. 计算机仿真, 2011, 28(11): 409-412.
- [3] 方支剑, 段善旭, 陈天锦, 等. 储能逆变器预测控制误差形成机理及其抑制策略[J]. 中国电机工程学报, 2013, 33(30): 1-8.
- [4] 曹玉丽, 史仪凯, 袁小庆, 等. 自平衡机器人变论域模糊PID控制研究[J]. 计算机仿真, 2013, 30(2): 347-350.
- [5] 李岳洪, 万频, 王永华, 等. 改进的细菌觅食算法求解认知无线网络频谱分配问题[J]. 计算机科学, 2013, 40(8): 49-52.
- [6] 安剑奇, 吴敏, 熊永华, 等. 高炉炉顶压力智能解耦控制方法及应用[J]. 信息与控制, 2010, 39(2): 180-186.

(收稿日期: 2015-01-05) EA

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告