



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111338210 A

(43)申请公布日 2020.06.26

(21)申请号 202010145205.4

(22)申请日 2020.03.05

(71)申请人 江苏元和自动化科技有限公司
地址 214426 江苏省无锡市江阴市新桥镇
锦园路

(72)发明人 崔晓波 张伟锋 周鑫 章赋
王胜东

(74)专利代理机构 江阴市轻舟专利代理事务所
(普通合伙) 32380

代理人 孙燕波

(51)Int.Cl.
G05B 13/04(2006.01)

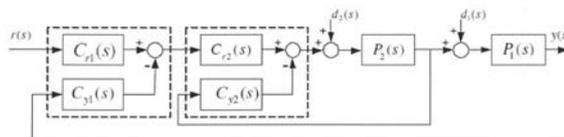
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种基于独立调制串级策略的垃圾发电机组蒸汽温度控制方法

(57)摘要

本发明涉及一种基于独立调制串级策略的垃圾发电机组蒸汽温度控制方法,所述方法采用独立调制串级策略,在原传统串级控制策略基础上对外回路以及内回路的设定值与反馈值回路上增加调制环节,外回路设定值与反馈值的调制环节分别采用比例积分环节与比例积分微分环节,内回路设定值与反馈值的调制环节均采用比例积分环节,然后通过控制策略参数整定方法得出整定参数。本发明解决了垃圾发电机组蒸汽温度波动大的技术问题,降低了运行人员的操作强度,提高了垃圾发电机组运行的安全性与经济性。



1. 一种基于独立调制串级策略的垃圾发电机组蒸汽温度控制方法,其特征在于:所述方法采用独立调制串级策略,在原传统串级控制策略基础上对外回路以及内回路的设定值与反馈值回路上增加调制环节,外回路设定值与反馈值的调制环节分别采用比例积分环节与比例积分微分环节,内回路设定值与反馈值的调制环节均采用比例积分环节,然后通过控制策略参数整定方法得出整定参数。

2. 根据权利要求1所述的一种基于独立调制串级策略的垃圾发电机组蒸汽温度控制方法,其特征在于:在所述独立调制串级策略中内回路的设定值 r_2 计算表达式为:

$$r_2(s) = K_{c1} \left[\beta_1 r_1(s) - y_1(s) + \frac{1}{T_{i1}s} (r_1(s) - y_1(s)) - \frac{T_{d1}s}{T_{d1}/Ns + 1} y_1(s) \right]$$

式中, $r_2(s)$ 为内回路的设定值; s 为拉氏算子; $r_1(s)$ 为蒸汽温度设定值; $y_1(s)$ 为导前温度实际值; N 为微分滤波常数,数值为10; K_{c1} 为外回路比例因子、 β_1 为外回路设定值调制因子、 T_{i1} 为外回路积分时间、 T_{d1} 为外回路微分时间,均为整定参数;

喷水阀的开度指令表达式为:

$$u(s) = K_{c2} \left[\beta_2 r_2(s) - y_2(s) + \frac{1}{T_{i2}s} (r_2(s) - y_2(s)) \right]$$

式中, $y_2(s)$ 为主汽温度实际值; K_{c2} 为内回路比例因子、 β_2 为内回路设定值调制因子、 T_{i2} 为外回路积分时间,均为整定参数。

3. 根据权利要求2所述的种基于独立调制串级策略的垃圾发电机组蒸汽温度控制方法,其特征在于:所述控制策略参数整定方法包括以下步骤:

1) 首先通过现场阶跃响应试验获得现场数据,基于系统辨识方法建立被控对象导前区 $P_2(s)$ 与滞后区 $P_1(s)$ 的传递函数模型,表达式如下:

$$P_1(s) = \frac{K_1 e^{-L_1 s}}{T_1 s + 1}, \quad P_2(s) = \frac{K_2 e^{-L_2 s}}{T_2 s + 1}$$

式中, K_1 与 K_2 分别为滞后区与导前区模型比例增益; T_1 与 T_2 分别为滞后区与导前区模型惯性时间; L_1 与 L_2 分别为滞后区与导前区模型纯滞后时;

2) 基于内回路滞后因子 τ_{o2} 得出内回路设计参数 τ_{c2} ,计算表达式如下:

$$\tau_{o2} = L_2/T_2, \quad \tau_{c2} = \begin{cases} 1 - \tau_{o2} & \tau_{o2} \leq 0.4 \\ 0.2 + \tau_{o2} & 0.4 \leq \tau_{o2} \leq 1.0 \end{cases};$$

3) 计算系统等效参数:等效比例系数为 $K = K_1$;等效滞后时间为 $L = L_1 + L_2$;等效惯性时间为 $T = T_1$;等效惯性时间修正系数 $a = \tau_{c2} T_2 / T_1$;

4) 计算内回路整定参数,计算公式为:

$$K_{c2} = \frac{2\tau_{c2} - \tau_{c2}^2 + \tau_{o2}}{(\tau_{c2} + \tau_{o2})^2} K_2$$

$$T_{i2} = \frac{T_2(2\tau_{c2} - \tau_{c2}^2 + \tau_{o2})}{1 + \tau_{o2}}$$

$$\beta_2 = \min \left\{ \frac{\tau_{c2} T_2}{T_{i2}}, 1 \right\};$$

5) 根据性能需求设定好期望的闭环时间常数 T_c , 设定外回路设计参数为 $\tau_{c1} = T_c/T$;

6) 计算外回路整定参数, 计算公式为:

$$\tau_0 = L/T$$

$$\tau_{i1} = \frac{(21\tau_{c1} + 10\tau_0)[(1+a)\tau_0 + a] - \tau_{c1}^2(\tau_{c1} + 12\tau_0)}{10(1+a)\tau_0 + 10a + 10\tau_0^2}$$

$$K_{c1} = \frac{10\tau_{i1}}{(21\tau_{c1} + 10\tau_0 - 10\tau_{i1})K}$$

$$T_{i1} = \tau_{i1}T$$

$$T_{d1} = T \frac{12\tau_{c1}^2 + 10\tau_{i1}\tau_0 - (1+a)(21\tau_{c1} + 10\tau_0 - 10\tau_{i1})}{10\tau_{i1}}$$

$$\beta_1 = \min \left\{ \frac{\tau_{c1} T}{T_{i1}}, 1 \right\}。$$

一种基于独立调制串级策略的垃圾发电机组蒸汽温度控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于独立调制串级策略的垃圾发电机组蒸汽温度控制方法。属于热能动力工程和自动控制领域。

背景技术

[0002] 垃圾发电机组蒸汽温度控制基本原理是通过在蒸汽管道中喷入低温水进行调节的(如附图1所示),它是垃圾发电厂最关键的控制系统之一。目前垃圾发电厂大多采用两种控制策略,一种是基于单回路闭环控制该方法对蒸汽温度的控制效果较差新建垃圾发电机组已很少采用;二是采用基于串级控制策略的控制方案(如附图2所示),为当前的主流控制策略,所调整的喷水调门开度指令为 u ,蒸汽温度为 y ,图中 $P_1(s)$ 为惯性区传递函数模型, $P_2(s)$ 为导前区传递函数模型, $C_2(s)$ 为副调节器传递函数模型, $C_1(s)$ 为主调节器传递函数模型, $r(s)$ 为蒸汽温度设定值, $d_2(s)$ 为内回路扰动, $d_1(s)$ 为外回路扰动。

[0003] 传统的串级温度控制策略,存在以下问题:

[0004] (1) 由于蒸汽温度被控对象普遍存在大滞后、大惯性问题,导致为保证整个系统的稳定性在串级控制系统的主调控制器参数整定过程中将主调节器作用整定较弱,使控制系统的外回路抗扰动能力较差。

[0005] (2) 由于反馈回路采用单位反馈,对于大惯性、大滞后对象反馈不及时导致蒸汽温度调节存在滞后,尤其是外回路的反馈使蒸汽温度整体调节性性能较差。

[0006] 针对上述第一个问题,可增加调制环节,对设定值跟踪与扰动抑制进行独立调制,从而消除设定值跟踪性能与扰动抑制性能的耦合;针对第二个问题,可在反馈调制环节中增加微分环节,根据被调量的变化方向与变化率大小改变反馈值,实现反馈值的预测,减小调节的滞后性。

[0007] 但到目前为止,还未见过针对上述二类问题而改进的垃圾发电机组蒸汽温度串级控制方案的报道。

发明内容

[0008] 本发明所要解决的技术问题是针对上述现有技术提供一种基于独立调制串级策略的垃圾发电机组蒸汽温度控制方法,将蒸汽温度自动有效投入,同时降低蒸汽温度波动幅度减小控制系统振荡。

[0009] 本发明解决上述问题所采用的技术方案为:一种基于独立调制串级策略的垃圾发电机组蒸汽温度控制方法,所述方法采用独立调制串级策略,在原传统串级控制策略基础上对外回路以及内回路的设定值与反馈值回路上增加调制环节,外回路设定值与反馈值的调制环节分别采用比例积分环节与比例积分微分环节,内回路设定值与反馈值的调制环节均采用比例积分环节,然后通过控制策略参数整定方法得出整定参数。

[0010] 优选地,在所述独立调制串级策略中内回路的设定值 r_2 计算表达式为:

$$[0011] \quad r_2(s) = K_{c1} \left[\beta_1 r_1(s) - y_1(s) + \frac{1}{T_{i1}s} (r_1(s) - y_1(s)) - \frac{T_{d1}s}{T_{d1}/Ns + 1} y_1(s) \right]$$

[0012] 式中, $r_2(s)$ 为内回路的设定值; s 为拉氏算子; $r_1(s)$ 为蒸汽温度设定值; $y_1(s)$ 为导前温度实际值; N 为微分滤波常数, 数值为 10; K_{c1} 为外回路比例因子、 β_1 为外回路设定值调制因子、 T_{i1} 为外回路积分时间、 T_{d1} 为外回路微分时间, 均为整定参数;

[0013] 喷水阀的开度指令表达式为:

$$[0014] \quad u(s) = K_{c2} \left[\beta_2 r_2(s) - y_2(s) + \frac{1}{T_{i2}s} (r_2(s) - y_2(s)) \right]$$

[0015] 式中, $y_2(s)$ 为主汽温度实际值; K_{c2} 为内回路比例因子、 β_2 为内回路设定值调制因子、 T_{i2} 为外回路积分时间, 均为整定参数。

[0016] 优选地, 所述控制策略参数整定方法包括以下步骤:

[0017] 1) 首先通过现场阶跃响应试验获得现场数据, 基于系统辨识方法建立被控对象导前区 $P_2(s)$ 与滞后区 $P_1(s)$ 的传递函数模型, 表达式如下:

$$[0018] \quad P_1(s) = \frac{K_1 e^{-L_1 s}}{T_1 s + 1}, \quad P_2(s) = \frac{K_2 e^{-L_2 s}}{T_2 s + 1}$$

[0019] 式中, K_1 与 K_2 分别为滞后区与导前区模型比例增益; T_1 与 T_2 分别为滞后区与导前区模型惯性时间; L_1 与 L_2 分别为滞后区与导前区模型纯滞后时;

[0020] 2) 基于内回路滞后因子 τ_{o2} 得出内回路设计参数 τ_{c2} , 计算表达式如下:

$$[0021] \quad \tau_{o2} = L_2/T_2, \quad \tau_{c2} = \begin{cases} 1 - \tau_{o2} & \tau_{o2} \leq 0.4 \\ 0.2 + \tau_{o2} & 0.4 \leq \tau_{o2} \leq 1.0 \end{cases};$$

[0022] 3) 计算系统等效参数: 等效比例系数为 $K = K_1$; 等效滞后时间为 $L = L_1 + L_2$; 等效惯性时间为 $T = T_1$; 等效惯性时间修正系数 $a = \tau_{c2} T_2 / T_1$;

[0023] 4) 计算内回路整定参数, 计算公式为:

$$[0024] \quad K_{c2} = \frac{2\tau_{c2} - \tau_{c2}^2 + \tau_{o2}}{(\tau_{c2} + \tau_{o2})^2} K_2$$

$$[0025] \quad T_{i2} = \frac{T_2 (2\tau_{c2} - \tau_{c2}^2 + \tau_{o2})}{1 + \tau_{o2}}$$

$$[0026] \quad \beta_2 = \min \left\{ \frac{\tau_{c2} T_2}{T_{i2}}, 1 \right\};$$

[0027] 5) 根据性能需求设定好期望的闭环时间常数 T_c , 设定外回路设计参数为 $\tau_{c1} = T_c / T$;

[0028] 6) 计算外回路整定参数, 计算公式为:

$$[0029] \quad \tau_0 = L/T$$

$$[0030] \quad \tau_{i1} = \frac{(21\tau_{c1} + 10\tau_0) \left[(1+a)\tau_0 + a \right] - \tau_{c1}^2 (\tau_{c1} + 12\tau_0)}{10(1+a)\tau_0 + 10a + 10\tau_0^2}$$

$$[0031] \quad K_{c1} = \frac{10\tau_{i1}}{(21\tau_{c1} + 10\tau_0 - 10\tau_{i1})K}$$

$$[0032] \quad T_{i1} = \tau_{i1}T$$

$$[0033] \quad T_{d1} = T \frac{12\tau_{c1}^2 + 10\tau_{i1}\tau_0 - (1+a)(21\tau_{c1} + 10\tau_0 - 10\tau_{i1})}{10\tau_{i1}}$$

$$[0034] \quad \beta_1 = \min \left\{ \frac{\tau_{c1}T}{T_{i1}}, 1 \right\}$$

[0035] 与现有技术相比,本发明的优点在于:

[0036] 本发明通过增加调制环节,对设定值跟踪与扰动抑制进行独立调制,从而消除设定值跟踪性能与扰动抑制性能的耦合;通过在反馈调制环节中增加微分环节,根据被调量的变化方向与变化率大小改变反馈值,实现反馈值的预测,减小调节的滞后性。

[0037] 本发明通过采用独立调制串级策略与其对应的具体控制器参数整定方法,具有控制器设计简单,同时可实现蒸汽温度设定值跟踪与扰动抑制独立调制的先进控制方法,较好的解决蒸汽温度无法投入自动,可有效降低垃圾发电机组蒸汽温度的波动幅度。

附图说明

[0038] 图1为传统垃圾发电机组蒸汽温度控制的工艺流程图。

[0039] 图2为传统垃圾发电机组串级控制传统方案。

[0040] 图3本发明实施例的垃圾发电机组串级温度控制方案。

具体实施方式

[0041] 以下结合附图实施例对本发明作进一步详细描述。

[0042] 本实施例提出的一种基于独立调制串级策略的垃圾发电机组蒸汽温度控制方法如附图3所示。

[0043] 该蒸汽温度控制方法采用了独立调制串级策略以及具体的控制策略参数整定方法。

[0044] 其中采用的独立调制串级策略,即在原传统串级控制策略基础上对外回路以及内回路的设定值与反馈值回路上增加调制环节,外回路设定值与反馈值的调制环节分别采用比例积分环节与比例积分微分环节,内回路设定值与反馈值的调制环节均采用比例积分环节。

[0045] 内回路的设定值 r_2 计算表达式为:

$$[0046] \quad r_2(s) = K_{c1} \left[\beta_1 r_1(s) - y_1(s) + \frac{1}{T_{i1}s} (r_1(s) - y_1(s)) - \frac{T_{d1}s}{T_{d1}/Ns + 1} y_1(s) \right]$$

[0047] 式中, $r_2(s)$ 为内回路的设定值; s 为拉氏算子; $r_1(s)$ 为蒸汽温度设定值; $y_1(s)$ 为导前温度实际值; N 为微分滤波常数, 数值为 10; K_{c1} 为外回路比例因子、 β_1 为外回路设定值调制因子、 T_{i1} 为外回路积分时间、 T_{d1} 为外回路微分时间, 均为整定参数。

[0048] 喷水阀的开度指令表达式为:

$$[0049] \quad u(s) = K_{c2} \left[\beta_2 r_2(s) - y_2(s) + \frac{1}{T_{i2}s} (r_2(s) - y_2(s)) \right]$$

[0050] 式中, $y_2(s)$ 为主汽温度实际值; K_{c2} 为内回路比例因子、 β_2 为内回路设定值调制因子、 T_{i2} 为外回路积分时间, 均为整定参数。

[0051] 采用了具体的控制策略参数整定方法, 具体整定参数的设定步骤如下:

[0052] (1) 首先通过现场阶跃响应试验获得现场数据, 基于系统辨识方法建立被控对象导前区 $P_2(s)$ 与滞后区 $P_1(s)$ 的传递函数模型, 表达式如下:

$$[0053] \quad P_1(s) = \frac{K_1 e^{-L_1 s}}{T_1 s + 1}, \quad P_2(s) = \frac{K_2 e^{-L_2 s}}{T_2 s + 1}$$

[0054] 式中, K_1 与 K_2 分别为滞后区与导前区模型比例增益; T_1 与 T_2 分别为滞后区与导前区模型惯性时间; L_1 与 L_2 分别为滞后区与导前区模型纯滞后时。

[0055] (2) 基于内回路滞后因子 τ_{o2} 得出内回路设计参数 τ_{c2} , 计算表达式如下:

$$[0056] \quad \tau_{o2} = L_2/T_2, \quad \tau_{c2} = \begin{cases} 1 - \tau_{o2} & \tau_{o2} \leq 0.4 \\ 0.2 + \tau_{o2} & 0.4 \leq \tau_{o2} \leq 1.0 \end{cases}$$

[0057] (3) 计算系统等效参数: 等效比例系数为 $K = K_1$; 等效滞后时间为 $L = L_1 + L_2$; 等效惯性时间为 $T = T_1$; 等效惯性时间修正系数 $a = \tau_{c2} T_2 / T_1$ 。

[0058] (4) 计算内回路整定参数, 计算公式为:

$$[0059] \quad K_{c2} = \frac{2\tau_{c2} - \tau_{c2}^2 + \tau_{o2}}{(\tau_{c2} + \tau_{o2})^2 K_2}$$

$$[0060] \quad T_{i2} = \frac{T_2 (2\tau_{c2} - \tau_{c2}^2 + \tau_{o2})}{1 + \tau_{o2}}$$

$$[0061] \quad \beta_2 = \min \left\{ \frac{\tau_{c2} T_2}{T_{i2}}, 1 \right\}$$

[0062] (5) 根据性能需求设定好期望的闭环时间常数 T_c , 设定外回路设计参数为 $\tau_{c1} = T_c / T$ 。

[0063] (6) 计算外回路整定参数, 计算公式为:

$$[0064] \quad \tau_0 = L/T$$

$$[0065] \quad \tau_{i1} = \frac{(21\tau_{c1} + 10\tau_0)[(1+a)\tau_0 + a] - \tau_{c1}^2(\tau_{c1} + 12\tau_0)}{10(1+a)\tau_0 + 10a + 10\tau_0^2}$$

$$[0066] \quad K_{c1} = \frac{10\tau_{i1}}{(21\tau_{c1} + 10\tau_0 - 10\tau_{i1})K}$$

$$[0067] \quad T_{i1} = \tau_{i1}T$$

$$[0068] \quad T_{d1} = T \frac{12\tau_{c1}^2 + 10\tau_{i1}\tau_0 - (1+a)(21\tau_{c1} + 10\tau_0 - 10\tau_{i1})}{10\tau_{i1}}$$

$$[0069] \quad \beta_1 = \min \left\{ \frac{\tau_{c1}T}{T_{i1}}, 1 \right\}$$

[0070] 本发明的一种基于独立调制串级策略的垃圾发电机组蒸汽温度控制方法可在所有分散控制系统DCS中采用组态方式实现,该控制方法已在某垃圾发电厂#3锅炉的蒸汽温度控制中成功应用。在采用本发明之前,蒸汽温度自动无法投入,采用运行人员手动调节的方式,汽温的最大动态偏差达17℃。而采用本发明后,在各种扰动下,将蒸汽温度的最大动态偏差控制在6℃之内,有效提高了串级蒸汽温度控制系统的稳定性,同时提高了垃圾发电机组的运行经济性与安全性。

[0071] 除上述实施例外,本发明还包括有其他实施方式,凡采用等同变换或者等效替换方式形成的技术方案,均应落入本发明权利要求的保护范围之内。

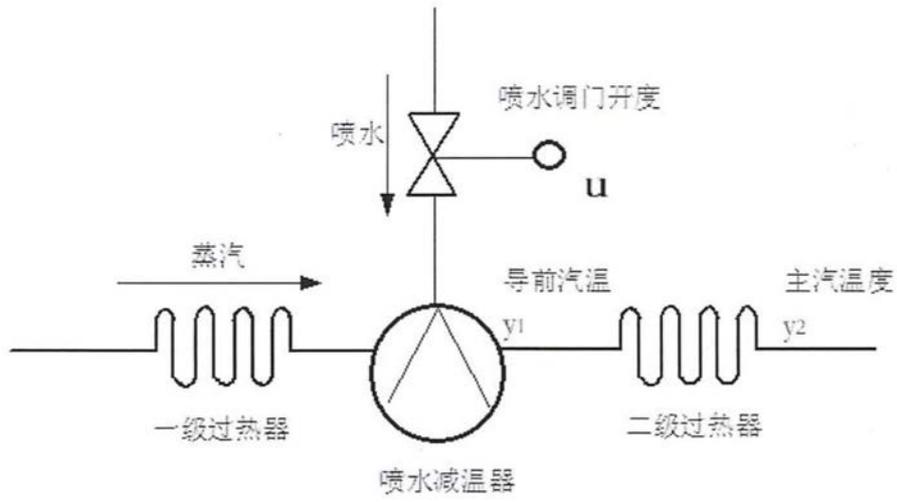


图1

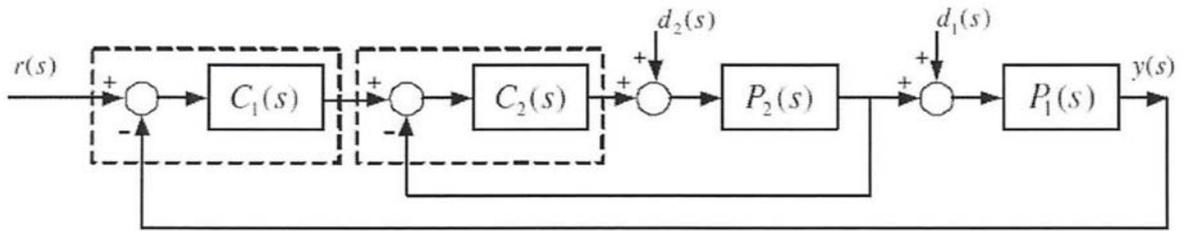


图2

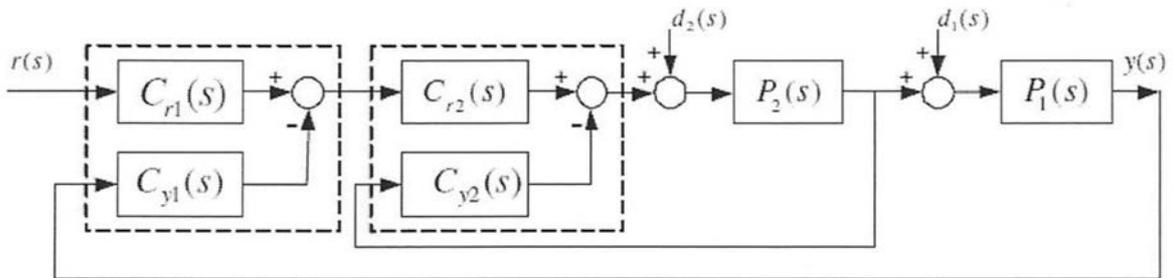


图3