



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110268148 B

(45) 授权公告日 2022. 03. 04

(21) 申请号 201880010739.7

(22) 申请日 2018.02.22

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110268148 A

(43) 申请公布日 2019.09.20

(30) 优先权数据  
2017-032682 2017.02.23 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2019.08.07

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/JP2018/006436 2018.02.22

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02018/155552 JA 2018.08.30

(73) 专利权人 三菱动力株式会社  
地址 日本国神奈川县

(72) 发明人 高木一茂 斋藤昭彦 竹中竜儿  
福本皓士郎 岩崎好史

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任  
公司 11021

代理人 韩聪

(51) Int.Cl.  
F02C 9/00 (2006.01)  
F01D 25/00 (2006.01)

(56) 对比文件  
CN 101566105 A, 2009.10.28  
JP 2016023604 A, 2016.02.08  
JP 2012002126 A, 2012.01.05  
JP 2016044654 A, 2016.04.04  
CN 105849389 A, 2016.08.10

审查员 胡浩

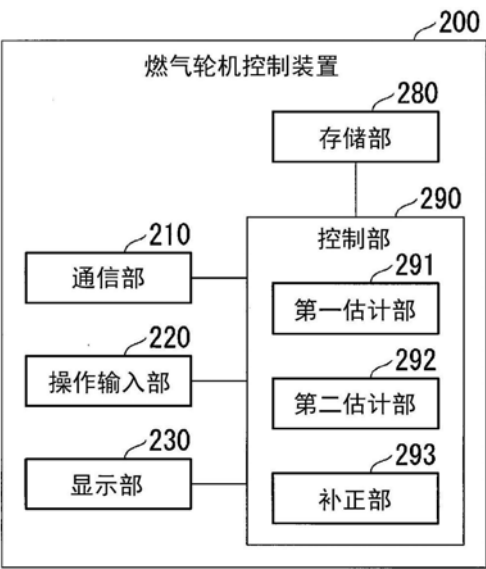
权利要求书1页 说明书11页 附图4页

(54) 发明名称

燃气轮机控制装置、燃气轮机成套设备以及  
燃气轮机控制方法

(57) 摘要

燃气轮机控制装置具备：第一估计部，估计  
基于利用向燃气轮机的燃料流量的物理模型即  
第一模型的涡轮入口温度估计值即第一温度；第  
二估计部，估计基于利用所述燃气轮机的废气温  
度的物理模型即第二模型的涡轮入口温度估计  
值即第二温度；和补正部，基于所述第二温度补  
正所述第一温度来算出涡轮入口温度估计值。



1. 一种燃气轮机控制装置,具备:

第一估计部,其估计基于利用向燃气轮机的燃料流量的物理模型即第一模型的涡轮入口温度估计值即第一温度;

第二估计部,其估计基于利用所述燃气轮机的废气温度的物理模型即第二模型的涡轮入口温度估计值即第二温度;

输入值补正部,其对成为向所述第一模型的输入的估计值使用在利用所述第二模型的计算中得到的估计值来进行补正;和

补正部,其使用滞后要素,基于所述第二温度补正所述第一温度来算出涡轮入口温度估计值,以使得在所述燃气轮机的状态的静定时,补正后的涡轮入口温度估计值与所述第二温度相等。

2. 根据权利要求1所述的燃气轮机控制装置,其中,

在利用所述第二模型的计算中得到的所述估计值是所述燃气轮机的状态为恒定的静定时的估计值。

3. 根据权利要求1所述的燃气轮机控制装置,其中,

在利用所述第二模型的计算中得到的所述估计值是燃料流量的估计值或空气流量的估计值。

4. 根据权利要求1~3中的任一项所述的燃气轮机控制装置,其中,

所述第一估计部基于表示燃烧器中的热收支的所述第一模型来估计所述第一温度,

所述第二估计部基于利用所述燃气轮机的废气温度的表示热平衡的所述第二模型来估计所述第二温度,

所述补正部使用基于所述第一温度与所述第二温度的比例决定的补正系数来补正所述第一温度。

5. 一种燃气轮机成套设备,具备权利要求1所述的燃气轮机控制装置。

6. 一种燃气轮机控制方法,包含如下步骤:

估计基于利用向燃气轮机的燃料流量的物理模型即第一模型的涡轮入口温度估计值即第一温度;

估计基于利用所述燃气轮机的废气温度的物理模型即第二模型的涡轮入口温度估计值即第二温度;

对成为向所述第一模型的输入的估计值使用在利用所述第二模型的计算中得到的估计值来进行补正;和

使用滞后要素,基于所述第二温度补正所述第一温度来算出涡轮入口温度估计值,以使得在所述燃气轮机的状态的静定时,补正后的涡轮入口温度估计值与所述第二温度相等。

## 燃气轮机控制装置、燃气轮机成套设备以及燃气轮机控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及燃气轮机控制装置、燃气轮机成套设备以及燃气轮机控制方法。

[0002] 本申请基于2017年2月23日在日本申请的特愿2017-32682号来主张优先权,将其内容援用于此。

### 背景技术

[0003] 有在燃气轮机的控制中使用涡轮入口温度的情况。对于此,有燃气轮机的入口成为高温,难以高精度地实测涡轮入口温度的情况。为此提出用于估计涡轮入口温度的技术。例如在专利文献1中记载了基于燃气轮机的燃烧器中的热收支来估计涡轮入口温度的技术。

[0004] 在先技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献:日本特开2005-240608号公报

### 发明内容

[0007] 发明要解决的课题

[0008] 通过基于燃烧器中的热收支来估计涡轮入口温度,能够确保过渡期中的响应性。进而,若能够提高涡轮入口温度的估计精度,则能够提高燃气轮机的控制的精度。

[0009] 本发明提供对于涡轮入口温度的估计能够确保响应性且提高估计精度的燃气轮机控制装置、燃气轮机成套设备以及燃气轮机控制方法。

[0010] 用于解决课题的手段

[0011] 根据本发明的第1方案,燃气轮机控制装置具备:第一估计部,其估计基于利用向燃气轮机的燃料流量的物理模型即第一模型的涡轮入口温度估计值即第一温度;第二估计部,其估计基于利用所述燃气轮机的废气温度的物理模型即第二模型的涡轮入口温度估计值即第二温度;和补正部,其基于所述第二温度补正所述第一温度来算出涡轮入口温度估计值。

[0012] 所述第一估计部基于表示燃烧器中的热收支的所述第一模型来估计所述第一温度,所述第二估计部基于利用所述燃气轮机的废气温度的表示热平衡的所述第二模型来估计所述第二温度,所述补正部也可以使用基于所述第一温度与所述第二温度的比例决定的补正系数来补正所述第一温度。

[0013] 所述燃气轮机控制装置也可以具备输入值补正部,其对成为向所述第一模型的输入的估计值当中至少1者使用在利用所述第二模型的计算中得到的估计值来进行补正。

[0014] 根据本发明的第2方案,燃气轮机成套设备具备所述的任一者燃气轮机控制装置。

[0015] 根据本发明的第3方案,燃气轮机控制方法包含如下步骤:估计基于利用向燃气轮机的燃料流量的物理模型即第一模型的涡轮入口温度估计值即第一温度;估计基于利用所

述燃气轮机的废气温度的物理模型即第二模型的涡轮入口温度估计值即第二温度;基于所述第二温度补正所述第一温度来算出涡轮入口温度估计值。

[0016] 发明效果

[0017] 根据上述的燃气轮机控制装置、燃气轮机成套设备以及燃气轮机控制方法,对于涡轮入口温度的估计能够确保响应性且提高估计精度。

## 附图说明

[0018] 图1是表示第一实施方式所涉及的燃气轮机成套设备的功能结构的概略框图。

[0019] 图2是表示第一实施方式所涉及的成套设备主体的结构的概略结构图。

[0020] 图3是表示第一实施方式所涉及的燃气轮机控制装置的功能结构的概略框图。

[0021] 图4是表示第一实施方式中的基于利用发电机输出的热平衡模型的涡轮入口温度估计值的第一例的图表。

[0022] 图5是表示第一实施方式中的基于利用发电机输出的热平衡模型的涡轮入口温度估计的第二例的图表。

[0023] 图6是表示第一实施方式所涉及的函数LAG的值的示例的图表。

[0024] 图7是表示第一实施方式所涉及的燃气轮机控制装置求取涡轮入口温度估计的处理次序的示例的图。

[0025] 图8是表示第二实施方式所涉及的燃气轮机控制装置的功能结构的概略框图。

[0026] 图9是表示第二实施方式所涉及的燃气轮机控制装置求取涡轮入口温度估计值的处理次序的示例的图。

## 具体实施方式

[0027] 以下,说明本发明的实施方式,但以下的实施方式并不限定权利要求书的范围所涉及的发明。另外,实施方式中说明的特征的组合的全部并不限于在发明的解决手段是必须的。

[0028] <第一实施方式>

[0029] 图1是表示第一实施方式所涉及的燃气轮机成套设备的功能结构的概略框图。如图1所示,燃气轮机成套设备1具备成套设备主体100和燃气轮机控制装置200。

[0030] 以下,以燃气轮机成套设备1是燃气轮机发电成套设备的情况为例来进行说明。但燃气轮机成套设备1并不限于燃气轮机发电成套设备,只要是具备燃气轮机的成套设备即可。

[0031] 成套设备主体100遵循燃气轮机控制装置200的控制而动作,来生成旋转力,以生成的旋转力进行发电。

[0032] 图2是表示成套设备主体100的结构例的概略结构图。图2的示例中,成套设备主体100具备燃气轮机110和发电机120。燃气轮机110具备入口引导翼111、压缩机112、机室113、燃烧器114、涡轮115和旋转轴116。

[0033] 燃气轮机110使燃料气体燃烧来生成旋转力。

[0034] 压缩机112将空气(大气)取入并进行压缩。压缩机112压缩过的压缩空气经由机室113流向燃烧器114。在压缩机112的空气吸入口设置有入口引导翼111。入口引导翼111通过

遵循燃气轮机控制装置200的控制调整入口引导翼111自身的翼开度,来调整向压缩机112的吸气量。

[0035] 燃烧器114使从燃料提供管线提供的燃料气体和来自压缩机112的压缩空气混合并燃烧。通过燃烧产生的燃烧气体向涡轮115流入,碰到涡轮115的翼而使涡轮115旋转。

[0036] 涡轮115、压缩机112和发电机120通过旋转轴116连接。旋转轴116从涡轮115向压缩机112传递旋转力,压缩机112以来自涡轮115的旋转力进行空气的压缩。此外,旋转轴116从涡轮115向发电机120传递旋转力,发电机120以来自涡轮115的旋转力进行发电。

[0037] 燃气轮机控制装置200控制成套设备主体100。特别是燃气轮机控制装置200实施求取涡轮入口温度估计值,基于得到的估计值来估计燃气轮机110。这里所说的涡轮入口温度是涡轮115的燃烧气体入口中的温度。

[0038] 燃气轮机控制装置200例如使用EWS (Engineering Work Station,工程工作组) 或PLC (Programmable Logic Controller,可编程逻辑控制器) 等计算机构成。

[0039] 图3是表示燃气轮机控制装置200的功能结构的概略框图。如图3所示,燃气轮机控制装置200具备通信部210、操作输入部220、显示部230、存储部280和控制部290。控制部290具备第一估计部291、第二估计部292和补正部293。

[0040] 通信部210与其他设备进行通信。特别是,通信部210从设于成套设备主体100的各传感器接收传感器数据。此外,通信部210对成套设备主体100的各部发送控制信号。

[0041] 操作输入部220具备例如操作盘或键盘、或者它们的组合等输入设备,接受用户操作。

[0042] 显示部230例如具备显示盘或液晶面板等的显示画面、或它们的组合等的显示装置,显示各种信息。

[0043] 存储部280使用燃气轮机控制装置200所具备的存储设备而构成,存储各种信息。

[0044] 控制部290控制燃气轮机控制装置200的各部来执行各种功能。控制部290例如通过燃气轮机控制装置200所具备的CPU (Central Processing Unit、中央处理装置) 从存储部280将程序读出并执行而构成。

[0045] 第一估计部291估计第一温度。这里所说的第一温度是基于第一模型的涡轮入口温度估计值。这里所说的第一模型是利用向燃气轮机的燃料流量的物理模型。这里所说的利用向燃气轮机的燃料流量的物理模型,是接受向燃气轮机的燃料流量的输入来计算物理量的模型。作为第一模型,能够使用公知的模型。

[0046] 燃气轮机控制装置200中的物理模型的数据格式并不限定于特定的格式。例如物理模型可以以函数或方程式等数式的形式示出,也可以以表示输入与输出的对应关系的表格格式示出。

[0047] 燃料流量的变化与涡轮入口温度的变化的关系处于对应于燃料流量的变化而涡轮入口温度发生变化的关系。具体地,对应于燃料流量的变化而燃烧燃料而得到的燃烧气体的流量或温度发生变化,被燃烧气体加温的涡轮入口的温度发生变化。因此,第一估计部291通过使用向燃气轮机110的燃料流量来估计涡轮入口温度,能够没有延迟地估计相对于燃料流量的变化的涡轮入口温度的变化。在这点上,第一估计部291估计的第一温度的燃气轮机的状态变化的过渡时的响应性良好。

[0048] 第一估计部291可以使用表示燃烧器中的热收支的物理模型作为第一模型。例如

第一估计部291可以使用日本特开2005-240608号公报记载的式(1)所示的模型。

[0049] [数学式1]

$$\begin{aligned}
 & c_{p4} \times V_{cb} \times \gamma_4 \times \frac{dT_4}{dt} \\
 [0050] \quad & = c_{pf} \times G'_f \times T'_f + c_{p3} \times G'_3 \times T'_3 + \eta \times H_f \times G'_f \\
 & - c_{p4} \times G'_4 \times T_4 \\
 & \dots (1)
 \end{aligned}$$

[0051]  $c_{p4}$ 表示燃烧气体比热[kcal/kg℃]。

[0052]  $V_{cb}$ 表示涡轮的机室~尾筒的容积[m<sup>3</sup>]。

[0053]  $\gamma_4$ 表示燃烧气体比重[kg/m<sup>3</sup>]。

[0054]  $T_4$ 表示估计对象即涡轮入口温度[℃]。

[0055]  $t$ 表示时间[sec]。

[0056]  $c_{pf}$ 表示燃料比热[kcal/kg℃]。

[0057]  $G'_f$ 表示经过延迟补偿的燃料流量测量值[kg/s]。

[0058]  $T'_f$ 表示经过延迟补偿的燃料温度测量值[℃]。

[0059]  $c_{p3}$ 表示机室比热[kcal/kg℃]。

[0060]  $G'_3$ 表示经过延迟补偿的燃烧器流入空气流量测量值[kg/s]。作为 $G'_3$ 也可以使用计算值。

[0061]  $T'_3$ 表示经过延迟补偿的机室温度测量值[℃]。

[0062]  $\eta$ 表示燃烧器的热效率[kcal/kg]。

[0063]  $H_f$ 表示发热量[kcal/kg]。

[0064]  $G'_4$ 表示经过延迟补偿的涡轮入口燃烧气体流量[kg/s]。是 $G'_4 = G'_3 + G'_f$ 。

[0065]  $\eta$ 以及 $V_{cb}$ 是设计值,在设计阶段算出。

[0066] 第二估计部292估计第二温度。这里所说的第二温度是基于第二模型的涡轮入口温度估计值。这里所说的第二模型是利用燃气轮机的废气温度的物理模型。这里所说的利用燃气轮机的废气温度的物理模型是接受燃气轮机的废气温度的输入来计算物理量的模型。作为第二模型而能够使用公知的模型。

[0067] 废气温度是燃烧气体经由涡轮作为废气从涡轮放出时的温度。因此,涡轮入口温度和废气温度分别是涡轮的入口和出口中的燃烧气体的温度,有强的相关性。第二估计部292通过基于废气温度估计涡轮入口温度,能够高精度地估计涡轮入口温度(第二温度)。特别是,在燃气轮机的状态为恒定的静定时,第二温度与第一温度相比精度更高。

[0068] 另一方面,涡轮入口温度是经由涡轮前的燃烧气体的温度,与此相对,废气温度是经由涡轮后的燃烧气体的温度,因此废气温度延迟于涡轮入口温度的变化而变化。进而,一般会在温度传感器的温度测量时出现延迟。特别认为,若要精度良好地测定废气温度,测量延迟就大。为此,与第二估计部292估计的第二温度相比,第一估计部291估计的第一温度的燃气轮机的状态变化的过渡时的响应性更好。

[0069] 第二估计部292可以使用利用燃气轮机的废气温度的表示热平衡的模型作为第二模型。以下参考式(2)~式(8)来说明第二估计部292所使用的第二模型的示例。

[0070] 涡轮的功 $W_t$ 如式(2)那样示出。

[0071] [数学式2]

$$[0072] \quad W_t = \Delta H \times G_t \cdots (2)$$

[0073]  $\Delta H$ 表示涡轮中的热落差(焓差)。 $G_t$ 表示涡轮通过流量(通过涡轮的燃烧气体的流量)。

[0074] 涡轮中的热落差  $\Delta H$ 如式 (3) 那样表示。

[0075] [数学式3]

$$[0076] \quad \Delta H = H_{1T} - H_{2T} \cdots (3)$$

[0077]  $H_{1T}$ 表示涡轮入口的焓。 $H_{2T}$ 表示涡轮出口的焓。

[0078] 从式 (2) 以及式 (3) 得到式 (4)。

[0079] [数学式4]

$$[0080] \quad \frac{W_t}{G_t} = H_{1T} - H_{2T} \cdots (4)$$

[0081] 式 (4) 能够如式 (5) 那样变形。

[0082] [数学式5]

$$[0083] \quad H_{1T} = H_{2T} + \frac{W_t}{G_t} \cdots (5)$$

[0084] 此外,若使用将焓变换成温度的关系式,则涡轮入口温度估计值即第二温度 $T_{1T_t}$ 如式 (6) 那样示出。

[0085] [数学式6]

$$[0086] \quad T_{1T_t} = f(H_{1T}) \cdots (6)$$

[0087] 这里的函数 $f$ 是以物性决定的函数。例如存储部280预先存储函数 $f$ 。

[0088] 通过式 (5) 以及式 (6) 得到式 (7)。

[0089] [数学式7]

$$[0090] \quad T_{1T_t} = f\left(H_{2T} + \frac{W_t}{G_t}\right) \cdots (7)$$

[0091] 第二估计部292也可以使用以式 (7) 表示的模型作为第二模型。在该情况下,第二估计部292基于式 (8) 来从发电机输出 $P_e$ 算出涡轮的功 $W_t$ 。

[0092] [数学式8]

$$[0093] \quad P_e = W_t + W_c + W_{\text{LOSS}} \cdots (8)$$

[0094]  $W_c$ 表示压缩机的功、 $W_{\text{LOSS}}$ 表示机械损失(Mechanical Loss)。第二估计部292计算 $W_c$ 的值以及 $W_{\text{LOSS}}$ 的值来取得。

[0095] 此外,第二估计部292可以使用测定值也可以使用计算值来作为式 (7) 的涡轮通过流量 $G_t$ 。此外,第二估计部292基于公知的焓算出方法算出涡轮出口的焓 $H_{2T}$ 。

[0096] 补正部293基于第二温度补正第一温度,来算出涡轮入口温度估计值。

[0097] 补正部293可以使用基于第一温度与第二温度的比例决定的补正系数来补正第一温度。例如,补正部293可以基于式 (9) 来算出补正系数 $X$ 。

[0098] [数学式9]

$$[0099] \quad X = \alpha \times \frac{T1T_t}{T1T_f} + (1 - \alpha) \times X' \quad \dots (9)$$

[0100]  $\alpha$ 是以 $0 < \alpha \leq 1$ 的常数表示的调整系数。调整系数 $\alpha$ 的值例如遵循操作者使用操作输入部220进行的输入操作来设定。

[0101]  $T1T_t$ 表示第二温度。 $T1T_f$ 表示第一温度。

[0102]  $X'$ 表示修正系数 $X$ 的过去值。例如可以使用1运算周期前的修正系数 $X$ 的值作为 $X'$ 的值。

[0103] 如式(9)的“ $T1T_t/T1T_f$ ”所示,修正系数 $X$ 与基于第一温度与第二温度的比例决定的修正系数的示例相符。

[0104] 修正部293如式(10)所示,使用修正系数 $X$ 来修正第一温度。

[0105] [数学式10]

$$[0106] \quad T1T_e = X \times T1T_f \quad \dots (10)$$

[0107]  $T1T_e$ 表示涡轮入口温度估计值。

[0108] 若将式(9)代入式(10)的“ $X$ ”,则如式(11)那样示出。

[0109] [数学式11]

$$[0110] \quad T1T_e = \alpha \times T1T_t + (1 - \alpha) \times X' \times T1T_f \quad \dots (11)$$

[0111] 在式(11)中,对第一温度 $T1T_f$ 、第二温度 $T1T_t$ 分别乘以系数来进行加权,将这些值合计。

[0112] 在燃气轮机的状态变化的过渡时,通过第一温度 $T1T_f$ 的项(“(1- $\alpha$ ) $\times X' \times T1T_f$ ”),能够得到与仅第二温度 $T1T_t$ 的情况相比响应性更好的涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ 。

[0113] 此外,在燃气轮机的状态为恒定的静定时,通过第二温度 $T1T_t$ 的项(“ $\alpha \times T1T_t$ ”),能够得到与仅第一温度 $T1T_f$ 的情况相比精度更高的涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ 。

[0114] 此外,由于修正部293通过修正第一温度 $T1T_f$ 来使第二温度 $T1T_t$ 反映在涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ ,因此不需要在静定时和过渡时切换处理。由此能够避免与处理的切换相伴的估计值的急变。此外,由于不需要静定时或过渡时的判定这点以及不需要进行处理的切换这点,减轻了控制部290的负载。

[0115] 在此参考图4以及图5,对于燃气轮机控制装置200的涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ 的精度,以与基于利用发电机输出的热平衡模型的估计的情况的比较进行说明。

[0116] 图4是表示基于利用发电机输出的热平衡模型的涡轮入口温度估计值的第一例的图表。在图4中,示出基于利用涡轮负载上升时的发电机输出的热平衡模型的涡轮入口温度估计值的示例。

[0117] 图4的横轴表示时间。纵轴表示温度。

[0118] 线L11表示涡轮入口温度的实际值的示例。线L12表示基于利用发电机输出的热平衡模型的涡轮入口温度估计值的示例。作为基于利用发电机输出的热平衡模型的涡轮入口温度的估计,例如可以将GT输出测量值、大气温度测量值以及IGV开度指令值运用于热平衡数据来求取涡轮入口温度估计值。

[0119] 流入涡轮的燃烧气体碰到涡轮的动翼而使动翼以及旋转轴旋转,通过由旋转轴传递到发电机的旋转力而发电机发电。为此,从涡轮入口温度发生变化起到发电机输出发生变化为止,出现旋转轴等的惯性所引起的延迟等延迟。因此,如图4的示例那样,在基于利用



发电机输出的热平衡模型的涡轮入口温度的估计中,涡轮入口温度的估计值的变化相对于实际值的变化延迟。

[0120] 与此相对,如上述那样在燃气轮机控制装置200中,通过使基于燃料流量的第一温度 $T1T_f$ 反映到涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ ,能够得到与基于利用发电机输出的热平衡模型估计涡轮入口温度的情况相比更高的响应性。由于这点,在燃气轮机控制装置200中,与基于利用发电机输出的热平衡模型的涡轮入口温度的估计相比,在过渡时也能够高精度地估计涡轮入口温度。

[0121] 图5是表示基于利用发电机输出的热平衡模型的涡轮入口温度估计的第二例的图表。在图5中示出基于利用涡轮负载下降时的发电机输出的热平衡模型的涡轮入口温度估计值的示例。

[0122] 图5的横轴表示时间。纵轴表示温度。

[0123] 线L21表示涡轮入口温度的实际值的示例。线L22表示基于利用发电机输出的热平衡模型的涡轮入口温度估计值的示例。

[0124] 在发电机输出发生变化时,有因与电力系统的关系而发电机输出振动的情况。由此,如图5的示例那样,能够看到基于利用发电机输出的热平衡模型的涡轮入口温度估计值振动。另一方面,该振动依赖于发电机与电力系统的关系,如图5的示例那样能够看到涡轮入口温度不振动地变化。

[0125] 在使用与实际的涡轮入口温度有较大不同的涡轮入口温度估计值进行燃气轮机的控制的情况下,有出现失火引起的跳闸、燃烧振动引起的燃烧器的损伤等的可能性。

[0126] 与此相对,如上述那样,在燃气轮机控制装置200中,通过使基于燃料流量的第一温度 $T1T_f$ 反映到涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ ,能够避免或减低发电机输出的振动带来的影响。由于这点,在燃气轮机控制装置200中,与基于利用发电机输出的热平衡模型的涡轮入口温度的估计的情况相比,在过渡时也能够高精度地估计涡轮入口温度。

[0127] 另外,补正部293所进行的补正并不限于式(10)以及式(11)所示。作为补正部293所进行的补正,能够使用基于第一温度确保过渡时的响应性、能够基于第二温度得到静定时的精度的种种补正。

[0128] 例如可以补正部293基于式(12)来估计涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ 。

[0129] [数学式12]

[0130]  $T1T_e = T1T_f + T1T_t - LAG(T1T_f) \cdot \cdot \cdot (12)$

[0131] 在此,LAG是表示一阶滞后要素的函数。

[0132] 图6是表示函数LAG的值的示例的图表。图6表示关于向函数LAG的输入值关于时间为恒定的情况下的函数LAG的值。

[0133] 如图6的示例那样,函数LAG的输出值对应于时间经过而不断接近输入值。另外,在式(12)中,也可以取代函数LAG,使用对应于时间经过而输出值接近输入值的其他函数。关于后述的式(13)也同样。

[0134] 在式(12)中,在静定时函数LAG的值成为第一温度 $T1T_f$ ,涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ 与第二温度 $T1T_t$ 相等。由此能够更高精度地估计静定时的涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ 。

[0135] 此外,在式(12)中,在过渡时,在函数LAG的值的变化中出现延迟,第一温度 $T1T_f$ 的变化反映到涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ 。由此能够确保过渡时的涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ 的

响应性。

[0136] 如此地,通过补正部293使用式(12)来估计涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ ,能够对涡轮入口温度的估计确保响应性,且能够提高估计精度。

[0137] 或者也可以补正部293基于式(13)来估计涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ 。

[0138] [数学式13]

$$[0139] \quad T1T_e = \frac{T1T_f \times T1T_t}{LAG(T1T_f)} \quad \dots (13)$$

[0140] 在式(13)中,在静定时函数LAG的值成为第一温度 $T1T_f$ ,涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ 与第二温度 $T1T_t$ 相等。由此,能够更高精度地估计静定时的涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ 。

[0141] 此外,在式(13)中,在过渡时,在函数LAG的值的出现延迟,第一温度 $T1T_f$ 的变化反映到涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ 。由此,能够确保过渡时的涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ 的响应性。

[0142] 如此地,通过补正部293使用式(13)来估计涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ ,能够对涡轮入口温度的估计确保响应性,且能够提高估计精度。

[0143] 或者,也可以补正部293基于式(14)来估计涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ 。

[0144] [数学式14]

$$[0145] \quad T1T_e = T1T_f + LAG(T1T_t - T1T_f) \quad \dots (14)$$

[0146] 在式(14)中,在静定时,函数LAG的值成为从第二温度 $T1T_t$ 减去第一温度 $T1T_f$ 的值(“ $T1T_t - T1T_f$ ”),涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ 与第二温度 $T1T_t$ 相等。由此,能够更高精度地估计静定时的涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ 。

[0147] 此外,在式(14)中,在过渡时,在函数LAG的值的出现延迟,第一温度 $T1T_f$ 的变化反映到涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ 。由此,能够确保过渡时的涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ 的响应性。

[0148] 如此地,通过补正部293使用式(14)估计涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ ,能够对涡轮入口温度的估计确保响应性,且能够提高估计精度。

[0149] 或者,补正部293也可以基于式(15)来估计涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ 。

[0150] [数学式15]

$$[0151] \quad T1T_e = T1T_f \times LAG\left(\frac{T1T_t}{T1T_f}\right) \quad \dots (15)$$

[0152] 式(15)的“ $LAG(T1T_t/T1T_f)$ ”与基于第一温度与第二温度的比例而决定的补正系数的示例相符。

[0153] 在式(15)中,在静定时,函数LAG的值成为用第二温度 $T1T_t$ 除以第一温度 $T1T_f$ 的值(“ $T1T_t/T1T_f$ ”),涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ 与第二温度 $T1T_t$ 相等。由此,能够更高精度地估计静定时的涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ 。

[0154] 此外,在式(15)中,在过渡时,在函数LAG的值的出现延迟,第一温度 $T1T_f$ 的变化反映到涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ 。由此,能够确保过渡时的涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ 的响应性。

[0155] 如此地,通过补正部293使用式(15)估计涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ ,能够对涡轮入口温度的估计确保响应性,且能够提高估计精度。

[0156] 接下来,参考图7来说明燃气轮机控制装置200的动作。图7是表示燃气轮机控制装置200求取涡轮入口温度估计值的处理次序的示例的图。燃气轮机控制装置200例如每隔给定周期就重复图7的处理。

[0157] 在图7的示例中,第一估计部291使用第一模型来算出第一温度(步骤S111)。此外,第二估计部292使用第二模型来算出第二温度(步骤S121)。第一估计部291以及第二估计部292可以并列执行步骤S111中的处理和步骤S121中的处理,也可以逐次执行。

[0158] 补正部293基于在步骤S121得到的第二温度来补正在步骤S111得到的第一温度(步骤S131)。

[0159] 在步骤S131后,结束图7的处理。

[0160] 如以上那样,第一估计部291估计基于利用向燃气轮机110的燃料流量的物理模型即第一模型的涡轮入口温度估计值即第一温度 $T1T_f$ 。第二估计部292估计基于利用燃气轮机110的废气温度的物理模型即第二模型的涡轮入口温度估计值即第二温度 $T1T_t$ 。补正部293基于第二温度补正第一温度,来算出涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ 。

[0161] 在燃气轮机控制装置200中,由于利用基于燃料流量的第一温度 $T1T_f$ 这点,能够确保涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ 的响应性。此外,在燃气轮机控制装置200中,由于利用基于废气温度的第二温度 $T1T_t$ 这点,能够高精度地估计涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ 。

[0162] 如此地,根据燃气轮机控制装置200,能够对涡轮入口温度的估计确保响应性,且提高估计精度。

[0163] 此外,由于补正部293通过补正第一温度 $T1T_f$ 来使第二温度 $T1T_t$ 反映到涡轮入口温度估计值 $T1T_e$ ,因此不需要在静定时和过渡时切换处理。由此,能够避免与处理的切换相伴的估计值的急变。此外,由于不需要静定时或过渡时的判定这点以及不需要进行处理的切换这点,减轻了控制部290的负载。

[0164] 例如,第一估计部291基于表示燃烧器114中的热收支的第一模型来估计第一温度。第二估计部292基于利用涡轮115的废气温度的表示热平衡的第二模型来估计第二温度。补正部293使用基于第一温度与第二温度的比例决定的补正系数来补正第一温度。

[0165] 由此,根据燃气轮机控制装置200,如上述那样,能够对涡轮入口温度的估计确保响应性,且能够提高估计精度。此外,根据燃气轮机控制装置200,如上述那样,不需要在静定时和过渡时切换处理,能够避免与处理的切换相伴的估计值的急变。此外,由于不需要进行静定时或过渡时的判定这点以及不需要进行处理的切换这点,减轻了控制部290的负载。

[0166] <第二实施方式>

[0167] 燃气轮机控制装置也可以对成为向第一模型的输入的估计值来进行补正。在第二实施方式中对这点进行说明。

[0168] 图8是表示第二实施方式所涉及的燃气轮机控制装置的功能结构的概略框图。如图8所示,燃气轮机控制装置300具备通信部210、操作输入部220、显示部230、存储部280和控制部390。控制部390具备第一估计部291、第二估计部292、补正部293和输入值补正部394。

[0169] 对图8的各部当中对应于图3的各部具有同样的功能的部分标注相同符号(210、

220、230、280、291、292、293), 并省略说明。燃气轮机控制装置300在控制装置390具备输入值补正部394这点上与燃气轮机控制装置200的情况不同。这以外与燃气轮机控制装置200的情况同样。能够在图1的结构中取代燃气轮机控制装置200而使用燃气轮机控制装置300。

[0170] 输入值补正部394对成为向第一模型的输入的估计值当中至少1者使用在利用第二模型的计算中得到的估计值来进行补正。

[0171] 在此, 成为向第一模型的输入的值当中燃料流量以及空气流量等在计算中求得的值有相对于实际的值包含误差的可能性。与涡轮入口温度的情况同样, 对这些向第一模型的输入, 也认为关于静定时, 在第二模型的计算过程中得到的值精度更高。

[0172] 为此, 输入值补正部394与对涡轮入口温度的补正说明的同样, 对成为向第一模型的输入的值也进行补正, 使在第二模型的计算过程得到的值关于静定时得到反映。

[0173] 由此, 在燃气轮机控制装置300中, 能够更加提高涡轮入口温度的估计精度。

[0174] 接下来, 参考图9来说明燃气轮机控制装置300的动作。图9是表示燃气轮机控制装置300求取涡轮入口温度估计值的处理次序的示例的图。燃气轮机控制装置300例如每隔给定周期重复图7的处理。

[0175] 在图9的示例中, 输入值补正部394对成为向第一模型的输入的估计值当中至少1者使用在利用第二模型的计算中得到的估计值来进行补正(步骤S211)。

[0176] 步骤S212、S221、S231分别与图7的步骤S111、S121、S131同样。

[0177] 步骤S231后结束图9的处理。

[0178] 如以上那样, 输入值补正部394对成为向第一模型的输入的估计值当中至少1者使用在利用第二模型的计算中得到的估计值来进行补正。

[0179] 由此, 在燃气轮机控制装置300中, 能够更加提高涡轮入口温度的估计精度。

[0180] 另外, 在第一实施方式、第二实施方式的哪一者中, 进行第一估计部291的处理的计算机和进行第二估计部292的处理的计算机既可以是相同的计算机, 也可以是不同的计算机。

[0181] 在此, 利用第一模型的第一温度的计算不需要重复计算而期待处理负载比较轻。

[0182] 另一方面, 在利用第二模型的第二温度的计算的情况下, 包含重复计算而认为处理负载比较重。为此, 在使用一般的控制装置执行第二估计部292的处理的情况下, 有在控制周期内计算不结束的可能性。

[0183] 为此, 也可以与控制装置分开地准备用于执行第二估计部292的处理的计算机, 将该计算机计算的第二温度取入到补正部293。

[0184] 另外, 也可以将用于实现控制部290或390的全部或一部分功能的程序记录到计算机可读的记录介质, 将记录于该记录介质的程序读入计算机系统, 执行, 由此进行各部的处理。另外, 这里所说的“计算机系统”包含OS、外围设备等硬件。

[0185] 此外, 若是利用WWW系统的情况, 则“计算机系统”还包含主页提供环境(或显示环境)。

[0186] 此外, 所谓“计算机可读的记录介质”, 是指软盘、光磁盘、ROM、CD-ROM等可移动介质、内置于计算机系统的硬盘等存储装置。此外上述程序可以用于实现前述的功能的一部分, 进而也可以能够将前述的功能与已经记录于计算机系统的程序组合来实现。

[0187] 以上, 参考附图详述了本发明的实施方式, 但具体的结构并不限于该实施方式, 还

包含不脱离本发明的要旨的范围的设计变更等。

[0188] 产业上的可利用性

[0189] 本发明的实施方式涉及燃气轮机控制装置,具备:第一估计部,估计基于利用向燃气轮机的燃料流量的物理模型即第一模型的涡轮入口温度估计值即第一温度;第二估计部,估计基于利用所述燃气轮机的废气温度的物理模型即第二模型的涡轮入口温度估计值即第二温度;和补正部,基于所述第二温度补正所述第一温度来算出涡轮入口温度估计值。

[0190] 根据本实施方式,能够对涡轮入口温度的估计确保响应性,且能够提高估计精度

[0191] 符号的说明

[0192] 1 燃气轮机成套设备

[0193] 100 成套设备主体

[0194] 110 燃气轮机

[0195] 111 入口引导翼

[0196] 112 压缩机

[0197] 113 机室

[0198] 114 燃烧器

[0199] 115 涡轮

[0200] 116 旋转轴

[0201] 120 发电机

[0202] 200、300 燃气轮机控制装置

[0203] 210 通信部

[0204] 220 操作输入部

[0205] 230 显示部

[0206] 280 存储部

[0207] 290、390 控制部

[0208] 291 第一估计部

[0209] 292 第二估计部

[0210] 293 补正部

[0211] 394 输入值补正部

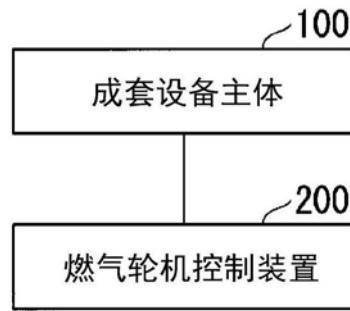


图1

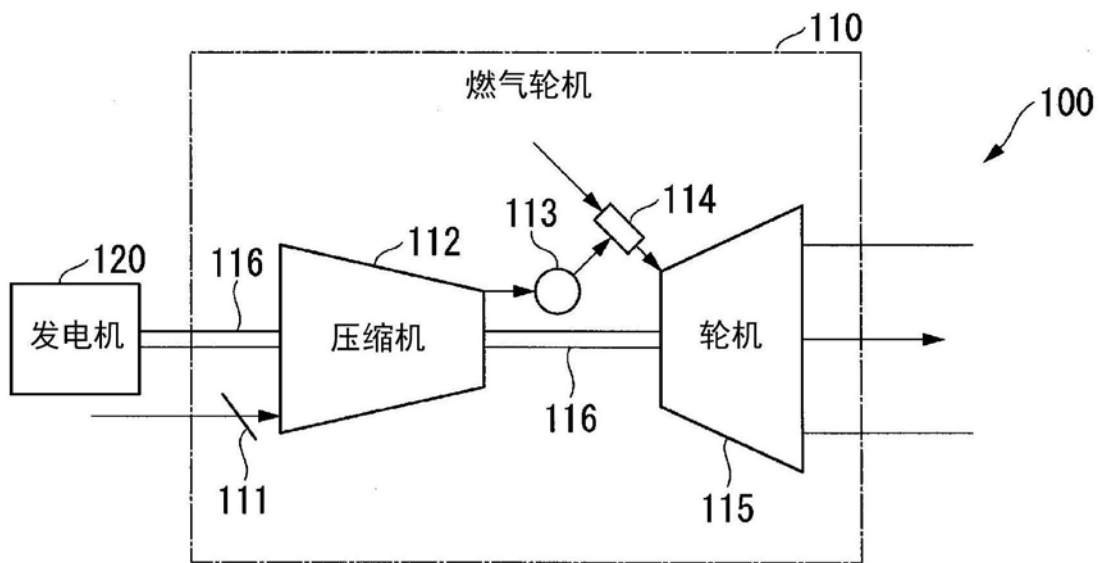


图2

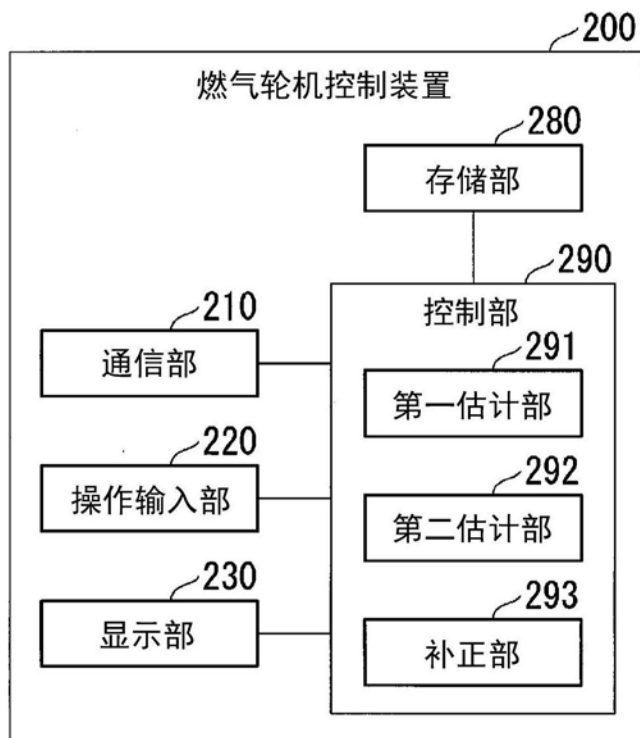


图3

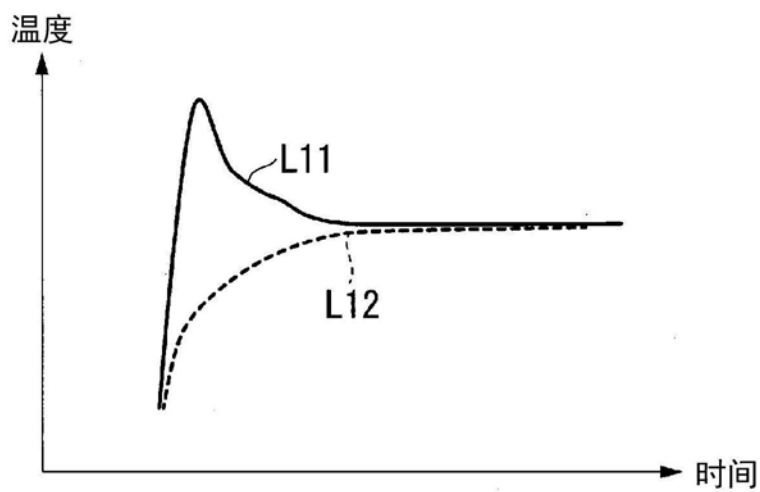


图4

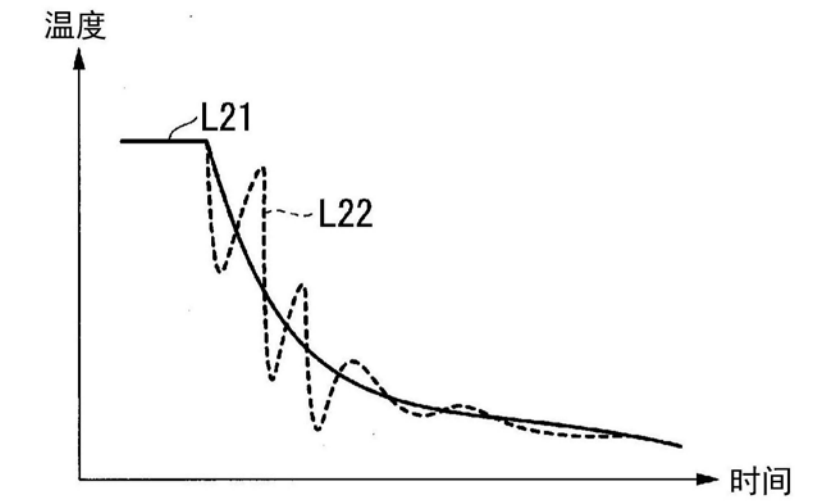


图5

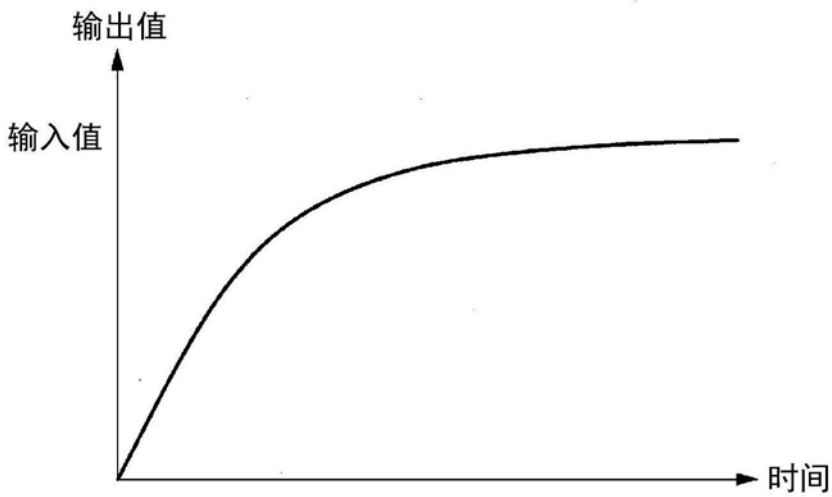


图6

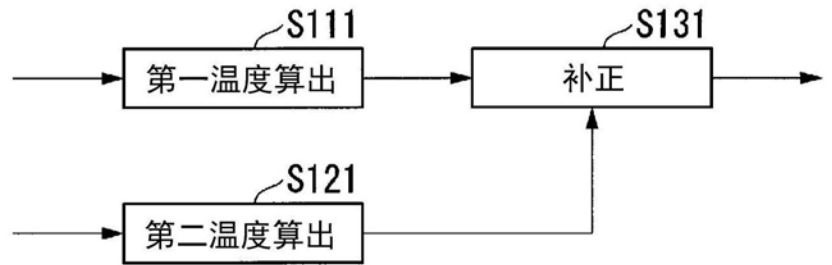


图7



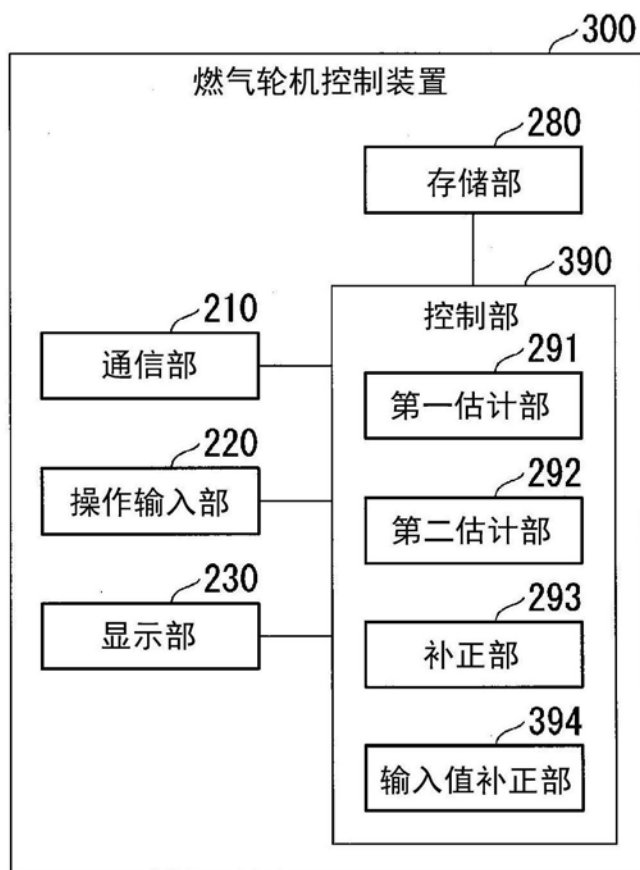


图8

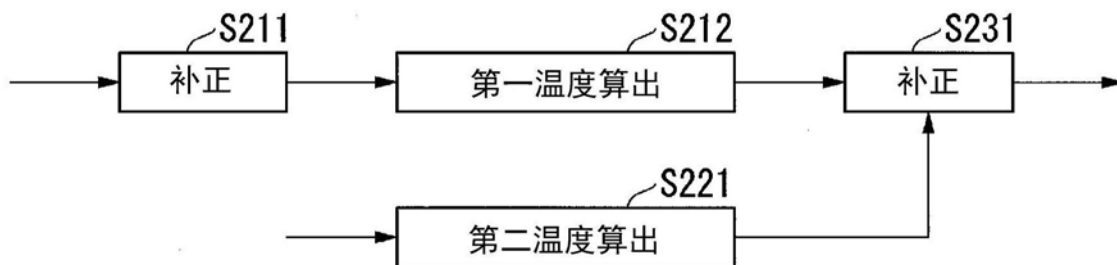


图9