



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104612762 B

(45)授权公告日 2016.10.05

(21)申请号 201410613010.2

(22)申请日 2014.11.04

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104612762 A

(43)申请公布日 2015.05.13

(30)优先权数据

2013-229571 2013.11.05 JP

(73)专利权人 三菱日立电力系统株式会社

地址 日本神奈川县

(72)发明人 矢敷达朗 片桐幸德 吉田卓弥

川田美雪 吉田泰浩 金恩敬

野村健一郎 山中和典 铃本文之

弥永典宏

(74)专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司 11243

代理人 曾贤伟 文志

(51)Int.Cl.

F01D 19/00(2006.01)

F01D 15/10(2006.01)

审查员 刘玲

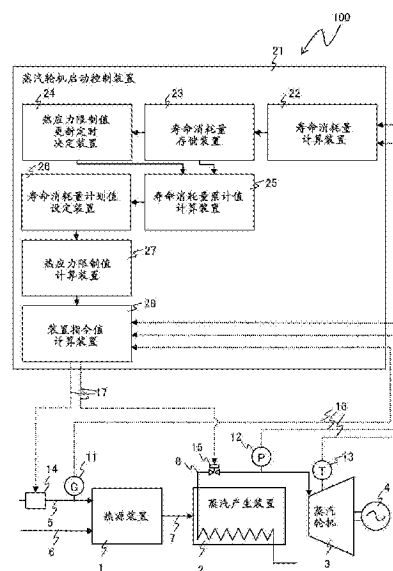
权利要求书2页 说明书11页 附图11页

(54)发明名称

蒸汽轮机发电装置及其启动方法

(57)摘要

本发明提供一种蒸汽轮机启动控制装置及其启动控制方法,在考虑了装置的运用实绩的基础上,能够将热应力保持在限定值内,能够安全且高速地启动。具备根据测量器的测量值计算涡轮转子寿命消耗量的寿命消耗量计算装置;寿命消耗量存储装置;决定更新涡轮转子的热应力限制值的定时的热应力限制值更新定时决定装置;在更新热应力限制值的定时,计算涡轮转子寿命消耗量累计值的寿命消耗量累计值计算装置;根据涡轮转子寿命消耗量累计值来设定涡轮转子寿命消耗量计划值的寿命消耗量计划值设定装置;根据涡轮转子寿命消耗量计划值计算热应力限制值并进行更新的热应力限制值计算装置;根据热应力限制值计算装置指令值的装置指令值计算装置。



1. 一种蒸汽轮机发电装置, 具备:

热源装置, 其通过热源介质加热低温流体来产生高温流体;

蒸汽产生装置, 其通过所述高温流体产生蒸汽;

蒸汽轮机, 其通过所述蒸汽进行驱动;

发电机, 其将所述蒸汽轮机的驱动力转换成电力;

调整装置, 其调整装置负载;

测量器, 其测量装置状态量;

其特征在于, 所述蒸汽轮机发电装置还具备:

寿命消耗量计算装置, 其根据所述测量器的测量值来计算所述蒸汽轮机的涡轮转子寿命消耗量;

寿命消耗量存储装置, 其存储所述涡轮转子寿命消耗量;

热应力限制值更新定时决定装置, 其决定更新涡轮转子的热应力限制值的定时;

寿命消耗量累计值计算装置, 其在更新所述热应力限制值的定时, 对上次的更新了热应力限制值的定时之后的所述涡轮转子寿命消耗量进行累计, 计算涡轮转子寿命消耗量累计值;

寿命消耗量计划值设定装置, 其根据所述涡轮转子寿命消耗量累计值来设定直到下次的更新热应力限制值的定时为止的涡轮转子寿命消耗量计划值;

热应力限制值计算装置, 其根据所述涡轮转子寿命消耗量计划值来计算所述热应力限制值并进行更新; 以及

装置指令值计算装置, 其根据所述热应力限制值, 以不超过所述热应力限制值的方式计算装置指令值。

2. 根据权利要求1所述的蒸汽轮机发电装置, 其特征在于,

还具备: 寿命消耗量偏差分配比输入装置, 其输入针对所述蒸汽轮机的启动模式的涡轮转子寿命消耗量偏差分配比,

所述寿命消耗量计划值设定装置根据所述涡轮转子寿命消耗量偏差分配比以及所述涡轮转子寿命消耗量累计值, 来设定直到下次的更新热应力限制值的定时为止的涡轮转子寿命消耗量计划值。

3. 根据权利要求2所述的蒸汽轮机发电装置, 其特征在于,

还具备启动次数输入装置, 其输入各启动模式的启动次数,

所述寿命消耗量计划值设定装置根据所述启动次数、所述涡轮转子寿命消耗量偏差分配比以及所述涡轮转子寿命消耗量累计值, 设定直到下次的更新热应力限制值的定时为止的涡轮转子寿命消耗量计划值。

4. 一种蒸汽轮机发电装置的启动方法, 所述蒸汽轮机具备:

热源装置, 其通过热源介质加热低温流体来产生高温流体;

蒸汽产生装置, 其通过所述高温流体产生蒸汽;

蒸汽轮机, 其通过所述蒸汽进行驱动;

发电机, 其将所述蒸汽轮机的驱动力转换成电力;

调整装置, 其调整所述蒸汽轮机发电装置的装置负载;

测量器, 其测量所述蒸汽轮机发电装置的装置状态量,

所述蒸汽轮机发电装置的启动方法的特征在于，
根据所述测量器的测量值来计算所述蒸汽轮机的涡轮转子寿命消耗量，
存储所述涡轮转子寿命消耗量，
决定更新涡轮转子的热应力限制值的定时，

在更新所述热应力限制值的定时，对上次的更新了热应力限制值的定时之后的涡轮转子寿命消耗量进行累计，来计算涡轮转子寿命消耗量累计值，

根据所述涡轮转子寿命消耗量累计值来设定直到下次的更新热应力限制值的定时为止的涡轮转子寿命消耗量计划值，

根据所述涡轮转子寿命消耗量计划值来计算所述热应力限制值并进行更新，
根据所述热应力限制值，以不超过所述热应力限制值的方式计算装置指令值。

5. 根据权利要求4所述的蒸汽轮机发电装置的启动方法，其特征在于，
输入针对所述涡轮转子的启动模式的涡轮转子寿命消耗量偏差分配比，

根据所述涡轮转子寿命消耗量偏差分配比以及所述涡轮转子寿命消耗量累计值，来设定直到下次的更新热应力限制值的定时为止的涡轮转子寿命消耗量计划值。

6. 根据权利要求5所述的蒸汽轮机发电装置的启动方法，其特征在于，
输入各启动模式的启动次数，

根据所述启动次数、所述涡轮转子寿命消耗量偏差分配比以及所述涡轮转子寿命消耗量累计值，设定直到下次的更新热应力限制值的定时为止的所述涡轮转子寿命消耗量计划值。

蒸汽轮机发电装置及其启动方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种蒸汽轮机启动控制装置及其启动控制方法。

背景技术

[0002] 在以风力发电或太阳热发电为代表的使用可再生能源的发电装置中,从可再生能源得到的发电量由于季节、天气等变动大。因此,在具备蒸汽轮机的该类的发电装置中,为了抑制发电量的变动,使发电装置稳定,要求进一步缩短启动时间。

[0003] 在发电装置启动时,向蒸汽轮机流入的蒸汽的温度和流量急剧上升,因此蒸汽轮机的表面与内部相比温度急剧上升。结果,蒸汽轮机的半径方向的温度梯度变大,涡轮转子的热应力增大。过大的热应力缩短涡轮转子的寿命,因此需要进行启动控制以使增大的热应力不会超过预先设定的限制值。

[0004] 作为该类的启动控制方法,预测并计算从当前时刻到未来的一定期间的热应力,以将热应力抑制在限制值内的方式决定装置操作量,由此来高速启动蒸汽轮机(参照专利文献1)。

[0005] 在蒸汽轮机的启动停止周期的过程中,通过在涡轮转子产生的热应力,在涡轮转子中蓄积低周期热疲劳。当蓄积的低周期疲劳超过涡轮转子材料的限界值时,可能在涡轮转子中有产生裂纹,需要进行更换涡轮转子等处置。可以将各启动停止周期过程中在涡轮转子中蓄积的低周期热疲劳定义为基于热应力的涡轮转子寿命的减少量,即定义为寿命消耗量。关于该寿命消耗量,将由于低周期热疲劳在涡轮转子中产生裂纹时设为100%。

[0006] 一般根据上述的寿命消耗量来决定限制值。即,对蒸汽轮机的各启动模式,以基于一次启动的涡轮转子的寿命消耗量不超过寿命消耗量计划值的方式决定限制值。然而,在运用计划时和装置运转时,有时在各启动模式下的一年间的基于启动次数或一次启动的涡轮转子的寿命消耗量产生差异。在装置运用计划时决定的限制值没有反映装置的运用实绩,因此在这样的情况下有时限制值变成过小的值,装置启动需要时间,或者相反变成过大的值,寿命消耗量变得比设想的大,因此有可能无法将热应力保持在限制值内从而安全且高速地启动装置。

[0007] 专利文献1:日本特开2009-281248号公报

发明内容

[0008] 本发明是鉴于上述问题而提出的,其目的在于提供一种在考虑了装置的运用实绩的基础上,能够将热应力保持在限制值内从而安全且高速地启动装置的蒸汽轮机启动控制装置及其启动控制方法。

[0009] 为了达成上述目的,本发明具备:热源装置,其通过热源介质加热低温流体来生成高温流体;蒸汽产生装置,其通过高温流体产生蒸汽;蒸汽轮机,其通过蒸汽来驱动;发电机,其将蒸汽轮机的驱动力变换成电力;调整装置,其调整装置负载;测量器,其测量装置状态量;寿命消耗量计算装置,其根据测量器的测量值来计算蒸汽轮机的涡轮转子寿命消耗

量;寿命消耗量存储装置,其存储涡轮转子寿命消耗量;热应力限制值更新定时决定装置,其决定更新涡轮转子的热应力限制值的定时;寿命消耗量累计值计算装置,其在更新热应力限制值的定时,累计上次的更新了热应力限制值的定时以后的涡轮转子寿命消耗量,来计算涡轮转子寿命消耗量累计值;寿命消耗量计划值设定装置,其根据涡轮转子寿命消耗量累计值来设定直到下次更新热应力限制值的定时为止的涡轮转子寿命消耗量计划值;热应力限制值计算装置,其根据涡轮转子寿命消耗量计划值来计算热应力限制值并进行更新;以及装置指令值计算装置,其根据热应力限制值,以不超过热应力限制值的方式计算装置指令值。

[0010] 根据本发明,在考虑了装置的运用实绩的基础上,能够将热应力保持在限制值内从而安全且高速地启动装置。

附图说明

[0011] 图1是本发明第一实施方式的蒸汽轮机发电装置的概要结构图。

[0012] 图2是表示本发明第一实施方式的蒸汽轮机发电装置的寿命消耗量计划值设定装置的细节的框图。

[0013] 图3是表示本发明第一实施方式的蒸汽轮机发电装置的蒸汽轮机启动控制装置中的热应力限制值的更新顺序的流程图。

[0014] 图4是表示本发明第一实施方式的蒸汽轮机发电装置的寿命消耗量计划值设定装置设定的、每个启动模式的下次期间中的寿命消耗量计划值的例子的图。

[0015] 图5是本发明第二实施方式的蒸汽轮机发电装置的概要结构图。

[0016] 图6是本发明第二实施方式的蒸汽轮机发电装置的寿命消耗量计划值设定装置的框图。

[0017] 图7是表示本发明第二实施方式的蒸汽轮机发电装置的寿命消耗量计划值设定装置设定的、每个启动模式的下次期间中的寿命消耗量计划值的例子的图。

[0018] 图8是本发明第三实施方式的蒸汽轮机发电装置的概要结构图。

[0019] 图9是本发明第三实施方式的蒸汽轮机发电装置的寿命消耗量计划值设定装置的框图。

[0020] 图10是表示本发明第三实施方式的蒸汽轮机发电装置的寿命消耗量计划值设定装置设定的、每个启动模式的下次期间中的寿命消耗量计划值的例子的图。

[0021] 图11是表示在涡轮转子中产生的热应力与涡轮转子的寿命消耗量的关系的图。

[0022] 图12是表示装置运用计划时的、各启动模式的每一次运转的寿命消耗量计划值的设定例的图。

[0023] 符号说明

[0024]	1	热源装置
[0025]	2	蒸汽产生装置
[0026]	3	蒸汽轮机
[0027]	4	发电机
[0028]	14、15	调整装置
[0029]	11、12	测量器

[0030]	22	寿命消耗量计算装置
[0031]	23	寿命消耗量存储装置
[0032]	24	热应力限制值更新定时决定装置
[0033]	25	寿命消耗量累计值计算装置
[0034]	26	寿命消耗量计划值设定装置
[0035]	27	热应力限制值计算装置
[0036]	28	装置指令值计算装置
[0037]	100、101、102	蒸汽轮机发电装置

具体实施方式

[0038] (第一实施方式)

[0039] (结构)

[0040] 图1是本发明第一实施方式的蒸汽轮机发电装置100的概要结构图。另外,在本实施方式中,关于蒸汽轮机的各启动模式,根据从上次的运转结束后到本次的运转开始为止的蒸汽轮机的停止时间的长短,从该时间短的一方开始适当称为热启动、暖启动、冷启动。例如,不满停止时间T1的启动开始是热启动,停止时间T1以上不满T2($T2 > T1$)的启动开始是暖启动,T2以上的启动开始是冷启动(T1、T2是设定值)。此外,也可以通过启动开始时的蒸汽轮机的金属温度来区分启动模式。此外,在本实施方式中,将针对作用在蒸汽轮机的部件的热应力,考虑了安全性和部件的寿命等设定的限制值称为热应力限制值。

[0041] 如图1所示,蒸汽轮机发电装置100具备:热源装置1、蒸汽产生装置2、蒸汽轮机3、发电机4、热源介质量调整装置14、主蒸汽调节阀15以及蒸汽轮机启动控制装置21。在本实施方式中,以热源装置1是燃气轮机的情况(即,蒸汽轮机发电装置是联合循环发电装置的情况)为例子进行说明。

[0042] 热源装置1通过在热源介质5(在本实施方式中为气体燃料、液体燃料、含氢燃料等燃料)中保有的热量加热低温流体6(在本实施方式中是与燃料一起燃烧的空气)来生成高温流体7(在本实施方式中为驱动蒸汽轮机的燃烧气体),并将其提供给蒸汽产生装置2。蒸汽产生装置2(在本实施方式中为排热回收锅炉)通过与热源装置1中生成的高温流体7保有的热进行热交换来加热供水从而产生蒸汽8。通过在蒸汽产生装置2中产生的蒸汽8来驱动蒸汽轮机3。在蒸汽轮机3上设置温度计13,来测量蒸汽轮机3的初级的壳体等的金属温度。发电机4与蒸汽轮机3同轴连接,将蒸汽轮机3的驱动力变换成电力。例如将发电机4的电力提供给电力系统(未图示)。

[0043] 在针对热源装置1的热源介质5的供给路径上设置热源介质量调整装置14(在本实施方式中为燃料调节阀),来调整向热源装置1供给的热源介质量。即,热源介质量调整装置14作为调整蒸汽轮机发电装置100的装置负载的调整装置,在此作为调整向蒸汽轮机发电装置100输入的能量的调整装置来发挥功能。此外,在热源介质5的供给路径中的热源介质量调整装置14的热源介质5的流向的下流侧设置流量计11。流量计11测量针对热源装置1的热源介质5的供给量。

[0044] 将主蒸汽调节阀15设置在将蒸汽产生装置2与蒸汽轮机3相连接的主蒸汽配管上,来调整向蒸汽轮机3供给的蒸汽8的流量。即,主蒸汽调节阀15能够作为调整蒸汽轮机发电

装置100的装置负载的调整装置,在此作为调整蒸汽轮机3的工作介质量的调整装置来发挥功能。此外,在主蒸汽配管中的主蒸汽调节阀15的蒸汽8的流向的下流侧(蒸汽轮机3一侧)设置压力计12。压力计12测量流过主蒸汽配管的蒸汽(主流蒸汽)8的压力。

[0045] 向蒸汽轮机启动控制装置21输入蒸汽轮机发电装置100的装置状态量,例如输入蒸汽轮机发电装置100的结构要素或动作介质的温度或压力、流量等表示状态量的各种测量值来作为测量值数据16。在本实施方式中,向蒸汽轮机启动控制装置21输入通过流量计11测量出的热源介质5的供给量、通过压力计12测量出的蒸汽8的压力、通过温度计13测量出的蒸汽轮机3的初级的金属温度,来作为测量值数据16。另外,计算在涡轮转子中产生的热应力所需要的值,根据计算方法而不同,因此有时还将这些以外的测量值作为装置状态量输入给蒸汽轮机启动控制装置21。例如,有时在主蒸汽调节阀15的蒸汽8的流向的下流侧(蒸汽轮机3一侧)的位置设置温度计,测量流过主蒸汽配管的蒸汽8的温度,并将其输入给蒸汽轮机启动控制装置21。蒸汽轮机启动控制装置21根据测量值数据16输出用于控制蒸汽轮机发电装置100的指令值来作为装置指令值17。在本实施方式中,从蒸汽轮机启动控制装置21输出针对热源介质量调整装置14的热源介质调整指令值以及针对主蒸汽调节阀15的主蒸汽调节指令值来作为装置指令值17。

[0046] 蒸汽轮机启动控制装置21具备:寿命消耗量计算装置22、寿命消耗量存储装置23、热应力限制值更新定时决定装置24、寿命消耗量累计值计算装置25、寿命消耗量计划值设定装置26、热应力限制值计算装置27以及装置指令值计算装置28等构成要素。接着,对各构成要素依次进行说明。

[0047] 寿命消耗量计算装置22根据输入的测量值数据16,计算基于一次启动的涡轮转子的寿命消耗量(涡轮转子寿命消耗量)LC。在此,首先,根据通过压力计12测量出的流过主蒸汽配管的蒸汽8的压力、通过温度计13测量出的蒸汽轮机3的第一级金属温度,通过向涡轮转子的传热计算来计算涡轮转子的半径方向的温度分布。接着,通过使用了涡轮转子的线性膨胀率、杨氏模量、泊松比等的材料力学计算来计算涡轮转子的热应力。根据这样计算出的每时刻的热应力,来计算一次启动过程中的涡轮转子的热应力峰值 $\sigma_{\max}$ 。这里的每时刻的热应力是指,由蒸汽轮机启动控制装置21得到的每个运算周期的热应力的计算值。在此,可以通过热应力峰值 $\sigma_{\max}$ 的函数表示寿命消耗量LC(参照图11)。图11是表示在涡轮转子中产生的热应力与涡轮转子的寿命消耗量的关系的图。如图11所示,涡轮转子的寿命消耗量是从蒸汽轮机启动开始至运转停止的一个周期之间产生的热应力峰值 $\sigma_{\max}$ 的函数。可以根据向蒸汽轮机3流入的蒸汽的温度以及压力(测量值数据16)在预定的计算周期计算涡轮转子的热应力,通过计算从蒸汽轮机3启动开始至运转停止的最大值 $\sigma_{\max}$,可以从图11的函数求出基于一次启动的涡轮转子的寿命消耗量LC。因此,将 $\sigma_{\max}$ 的函数存储在寿命消耗量计算装置22的存储区域(未图示)中,可以通过从该存储区域读出的函数,根据热应力峰值 $\sigma_{\max}$ 来计算寿命消耗量LC。

[0048] 寿命消耗量存储装置23将通过寿命消耗量计算装置22计算出的基于一次启动的涡轮转子的寿命消耗量LC存储在硬盘等存储装置中。

[0049] 热应力限制值更新定时决定装置24决定更新热应力限制值的定时。进行更新的定时例如是运转一定时间后的定期检查时。之后,将从上次的热应力限制值更新定时至本次的热应力限制值更新定时为止的期间称为上次期间,将从本次的热应力限制值更新定时至

下次的热应力限制值更新定时为止的期间称为下次期间。热应力限制值更新定时决定装置24具备用于计时的计时器(未图示),例如,如果从上次更新热应力限制值的定时开始的经过时间达到设定时间,则将期间从上次期间切换成下次期间。在本实施方式中,使下次期间的期间间隔为与上次期间相同的期间间隔。这些期间至少包含一个从蒸汽轮机发电装置100的启动开始至运转停止为止的周期。

[0050] 寿命消耗量累计值计算装置25在热应力限制值更新定时决定装置24决定的定时,根据在寿命消耗量存储装置23中存储的基于一次启动的涡轮转子的寿命消耗量LC,针对每个启动模式,即针对每个热启动、每个暖启动、每个冷启动累计属于上次期间的寿命消耗量LC,计算上次期间中的涡轮转子的寿命消耗量累计值(涡轮转子寿命消耗量累计值)。

[0051] 寿命消耗量计划值设定装置26根据上次期间中的涡轮转子的寿命消耗量累计值,在装置运用计划时通过假设各启动模式的一年间的启动次数和针对装置运用年数的各启动模式的寿命消耗量计划值,对各启动模式设定下次期间中的每一次运转的寿命消耗量计划值(涡轮转子寿命消耗量计划值)LC0。在后面使用图2至图4,详细说明寿命消耗量计划值设定装置26。

[0052] 热应力限制值计算装置27根据下次期间中的涡轮转子的寿命消耗量计划值LC0,对各启动模式计算涡轮转子的热应力限制值并进行更新。对各启动模式,以基于一次启动的涡轮转子的寿命消耗量不超过寿命消耗量计划值的方式,即 $LC \leq LC0$ 的方式决定热应力限制值。具体而言,通过根据热应力-寿命消耗量曲线300(参照图11),求出与寿命消耗量计划值LC0对应的 σ_{max0} 来计算热应力限制值。

[0053] 装置指令值计算装置28根据测量值数据16来决定装置指令值17,并将其输出给热源介质质量调整装置14以及主蒸汽调节阀15。如上所述,在本实施方式中,装置指令值17是热源介质调整指令值以及主蒸汽调节指令值,根据该热源介质调整指令值以及主蒸汽调节指令值,例如通过PID控制来调整热源介质质量调整装置14以及主蒸汽调节阀15的操作量(在本实施方式中为阀开度)。此时,装置指令值计算装置28具备低值选择器(未图示),选择根据测量值数据16计算出的指令值和从热应力限制值计算装置27输入的热应力限制值中的值小的一方来作为装置指令值17。因此,将涡轮转子的热应力控制在通过热应力限制值计算装置27设定的热应力限制值内。

[0054] 图2是表示寿命消耗量计划值设定装置26的细节的框图。

[0055] 如图2所示,寿命消耗量计划值设定装置26具备寿命消耗量偏差计算装置29以及寿命消耗量计划值计算装置30。接着,依次对各装置进行说明。

[0056] 寿命消耗量偏差计算装置29根据通过寿命消耗量累计值计算装置25计算出的、每个启动模式的上次期间中的涡轮转子的寿命消耗量累计值,来计算每个启动模式的寿命消耗量偏差。通过从上次期间的寿命消耗量计划值减去寿命消耗量累计值来计算寿命消耗量偏差。

[0057] 寿命消耗量计划值计算装置30根据寿命消耗量偏差来计算每个启动模式的下次期间中的寿命消耗量计划值。通过对上次期间中的寿命消耗量计划值加上寿命消耗量偏差来计算下次期间中的寿命消耗量计划值。

[0058] (动作)

[0059] 接着,参照图3对蒸汽轮机启动控制装置21的热应力限制值的更新顺序进行说明。

[0060] 如图3所示,向寿命消耗量计算装置22输入测量值数据16(S101)。寿命消耗量计算装置22根据输入的测量值数据16来计算基于一次启动的涡轮转子的寿命消耗量LC(S102),并将其输出给寿命消耗量存储装置23。寿命消耗量存储装置23将输入的基于一次启动的涡轮转子的寿命消耗量LC存储在硬盘等存储装置中(S103)。热应力限制值更新定时决定装置24判断是否到达更新热应力限制值的定时,当到达更新热应力限制值的定时时,对寿命消耗量累计值计算装置25输出信号(S104)。另外,当没有到达更新热应力限制值的定时时,返回S101,重新进行S101-S103的处理。寿命消耗量累计值计算装置25在输入的定时,根据存储在寿命消耗量存储装置23中的基于一次启动的涡轮转子的寿命消耗量LC,对每个启动模式累计属于上次期间的寿命消耗量LC,计算上次期间中的涡轮转子的寿命消耗量累计值(S105)。然后,寿命消耗量累计值计算装置25将其输出给寿命消耗量计划值设定装置26的寿命消耗量偏差计算装置29。

[0061] 寿命消耗量偏差计算装置29根据寿命消耗量累计值计算装置25计算出的、每个启动模式的上次期间中的涡轮转子的寿命消耗量累计值,来计算每个启动模式的寿命消耗量偏差(S106),并将其输出给寿命消耗量计划值计算装置30。寿命消耗量计划值计算装置30根据寿命消耗量偏差来计算每个启动模式的下次期间中的寿命消耗量计划值(S107),并将其输出给热应力限制值计算装置27。

[0062] 热应力限制值计算装置27根据输入的下次期间中的涡轮转子的寿命消耗量计划值LC0,来计算针对各启动模式的涡轮转子的热应力限制值,并进行更新(S108)。然后,热应力限制值计算装置27将其输出给装置指令值计算装置28,结束图3所示的顺序(S109)。然后,在蒸汽轮机发电装置100的运转过程中,蒸汽轮机启动控制装置21反复执行以上的顺序。

[0063] 装置指令值计算装置28在根据测量值数据16来计算指令值的同时,将其与从热应力限制值计算装置27输出的热应力限制值进行比较,将小的一方的值作为装置指令值17输出给热源介质量调整装置14以及主蒸汽调节阀15。

[0064] (效果)

[0065] 图12是表示装置运用计划时的、各启动模式的每一次运转的寿命消耗量计划值的一般的设定例的图。

[0066] 在图12的例子中,将热启动、暖启动、冷启动的一年间的启动次数分别设为100次、15次、2次,将针对装置运用年数30年的各启动模式的寿命消耗量计划值分别假设为35%、35%、5%,由此将各启动模式的寿命消耗量计划值LC0分别设定为0.012%、0.078%、0.083%。然后,对各启动模式决定针对启动控制中的热应力的限制值,以使基于一次启动的涡轮转子的寿命消耗量分别不会超过0.012%、0.078%、0.083%。如上所述,在装置运用年数(在此为30年)中通常采用不考虑装置的运用实绩而在计划时设定的限制值。

[0067] 图4是表示通过寿命消耗量计划值设定装置26设定的、每个启动模式的下次期间中的寿命消耗量计划值的例子的图。

[0068] 在图4中,第二行表示每一年间的启动次数50,第三行表示上次期间中的累计寿命消耗量51,第四行表示上次期间中的寿命消耗量计划值52,第五行表示上次期间中的每一次启动的寿命消耗量计划值53,第六行表示上次期间中的寿命消耗量偏差54,第七行表示下次期间中的寿命消耗量计划值55,第八行表示下次期间中的每一次启动的寿命消耗量计

划值56。此外,在图4所示的例子中,将上次期间与下次期间的时间间隔设成2年。通过从上次期间中的寿命消耗量计划值52减去上次期间中的累计寿命消耗量51来得到上次期间中的寿命消耗量偏差54。并且,通过对上次期间中的寿命消耗量计划值52相加上次期间中的寿命消耗量偏差54来得到下次期间中的寿命消耗量计划值55。此外,使上次期间中的寿命消耗量计划值52、下次期间中的寿命消耗量计划值55分别除以针对各启动模式的两年间的启动次数来计算上次期间中的每一次启动的寿命消耗量计划值53、下次期间中的每一次启动的寿命消耗量计划值56。

[0069] 在图4所示的例子中,因为在热启动、暖启动中,在上次期间寿命消耗量累计值比寿命消耗量计划值小,因此寿命消耗量偏差为正值,下次期间的寿命消耗量计划值比上次期间的大。另一方面,在冷启动中,在上次期间寿命消耗量累计值比寿命消耗量计划值大,因此寿命消耗量偏差成为负值,下次期间的寿命消耗量计划值比上次期间的小。当把上次期间中的每一次启动的寿命消耗量计划值53与下次期间中的每一次启动的寿命消耗量计划值56进行比较时,在热启动、暖启动中,下次期间的一方变大。当每一次启动的寿命消耗量计划值变大时,根据图11所示的热应力-寿命消耗量曲线300,涡轮转子的热应力限制值也变大,能够更高速地启动装置。另一方面,在冷启动中,本次期间的一方小,涡轮转子的热应力限制值也变小,因此装置的启动需要更多的时间。但是,可以抑制冷启动中的寿命消耗量。

[0070] 如上所述,在本实施方式中,当根据运转实绩得到的寿命消耗量累计值比寿命消耗量计划值小时,将该偏差作为余裕与今后的寿命消耗量计划值相加,由此可以将涡轮转子的热应力限制值设定得大,从而能够更高速地启动装置。另一方面,当寿命消耗量累计值比寿命消耗量计划值大时,从今后的寿命消耗量计划值减去该偏差,由此将涡轮转子的热应力限制值设定得小,从而可以抑制寿命消耗量进行启动。结果,在考虑了装置的运用实绩的基础上,能够将热应力保持在限制值内,能够安全且高速地启动装置。

[0071] (第二实施方式)

[0072] 图5是本实施方式的蒸汽轮机发电装置101的概要结构图。在图5中,对与上述第一实施方式相同的部分赋予相同的符号,并适当省略说明。

[0073] (结构)

[0074] 本实施方式与第一实施方式的不同点在于,对启动模式进行加权来设定下次期间中的寿命消耗量计划值。具体而言,如图5所示,蒸汽轮机启动控制装置21还具备寿命消耗量偏差分配比输入装置100,寿命消耗量计划值设定装置126除了将寿命消耗量累计值计算装置25的输出作为输入以外,还将寿命消耗量偏差分配比输入装置100的输出值作为输入。以下对寿命消耗量偏差分配比输入装置100以及寿命消耗量计划值设定装置126进行说明。

[0075] 寿命消耗量偏差分配比输入装置100存储向各启动模式的寿命消耗量偏差的分配比。寿命消耗量偏差的分配比是恰当考虑了运用状况等,由操作员输入设定的值,通过该设定向各启动模式分配的寿命消耗量变化。即,可以根据分配比的设定进行每个启动模式的加权。

[0076] 图6是寿命消耗量计划值设定装置126的框图。如图6所示,本实施方式的寿命消耗量计划值设定装置126具备寿命消耗量偏差计算装置29、寿命消耗量偏差分配值计算装置100以及寿命消耗量偏差分配值计算装置101。在本实施方式中,寿命消耗量计划值计算装

置130根据寿命消耗量偏差分配值计算装置101的输出值来计算每个启动模式的下次期间的寿命消耗量计划值(后述)。

[0077] 其他点与第一实施方式相同。

[0078] (动作)

[0079] 接着,对寿命消耗量计划值设定装置126的动作进行说明。寿命消耗量计划值设定装置126以外的处理内容与第一实施方式相同。

[0080] 如图6所示,寿命消耗量计划值设定装置126的寿命消耗量偏差分配值计算装置101根据由寿命消耗量偏差计算装置29输出的上次期间的寿命消耗量偏差和由寿命消耗量偏差分配比输入装置100输入的分配比(涡轮转子寿命消耗量偏差分配比),来计算对各启动模式的寿命消耗量偏差分配值。然后,寿命消耗量偏差分配值计算装置101将该寿命消耗量偏差分配值输出给寿命消耗量计划值计算装置130。在将各启动模式的寿命消耗量偏差设成 $LCMG_i$,将分配比设成 ω_i ,将寿命消耗量偏差分配值设成 DLC_i 时($i=1$ 表示热启动, $i=2$ 表示暖启动, $i=3$ 表示冷启动),通过以下的式子计算寿命消耗量偏差分配值 DLC_i 。

[0081] $\omega_T = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 \cdots$ (式160)

[0082] $LCMG_T = \max(LCMG_1, 0) + \max(LCMG_2, 0) + \max(LCMG_3, 0) \cdots$ (式161)

[0083] $DLC_i = \min(LCMG_i, 0) + LCMG_T \times \omega_i / \omega_T \cdots$ (式162)

[0084] 寿命消耗量计划值计算装置130根据从寿命消耗量偏差分配值计算装置101输入的寿命消耗量偏差分配值等,计算每个启动模式的下次期间中的寿命消耗量计划值。然后,寿命消耗量计划值计算装置130将该寿命消耗量计划值输出给热应力限制值计算装置27。通过对上次期间中的寿命消耗量计划值相加寿命消耗量偏差分配值来计算下次期间中的寿命消耗量计划值。

[0085] 图7表示通过寿命消耗量计划值设定装置126设定的、每个启动模式的下次期间中的寿命消耗量计划值的例子的图。

[0086] 在图7中,第七行表示对各启动模式的寿命消耗量偏差分配比150,第八行表示寿命消耗量偏差分配值151。除此以外与图4相同。通过寿命消耗量偏差分配值计算装置101根据上次期间中的寿命消耗量偏差54和寿命消耗量偏差分配比150,通过式160-162来计算寿命消耗量偏差分配值151。并且,通过对上次期间中的寿命消耗量计划值52相加寿命消耗量偏差分配值151,来得到下次期间中的寿命消耗量计划值55。

[0087] 在图7所示的例子中,为了缩短下次期间的暖启动的启动时间,将针对热启动、暖启动、冷启动的偏差分配比设成0:1:0,将全部的上次期间的寿命消耗量偏差分配给下次期间的暖启动。结果,与图4所示的例子相比,暖启动中的下次期间中的每一次启动的寿命消耗量计划值56变大。因此,暖启动中的涡轮转子的热应力限制值也变大,从而可以更高速度地启动装置。另一方面,热启动中的下次期间中的每一次启动的寿命消耗量计划值56与图4所示的例子相比变小,成为与图7所示的例子中的上次期间中的每一次启动的寿命消耗量计划值53相同的值。由此,热启动中的涡轮转子的热应力限制值成为与上次期间相同的值,装置的启动时间也变得相同。

[0088] (效果)

[0089] 通过上述结构,在本实施方式中除了在第一实施方式中得到的各效果外,还可以得到如下的效果。

[0090] 在本实施方式中,输入针对各启动模式的偏差分配比,根据基于该偏差分配比计算出的偏差分配值来决定下次期间的寿命消耗量计划值。因此,对启动模式赋予优先顺序,在考虑了装置的运用实绩的基础上,能够将热应力保持在限制值内从而安全且高速地启动装置。

[0091] (第三实施方式)

[0092] 图8是本实施方式的蒸汽轮机发电装置102的概要结构图。在图8中,对与上述第二实施方式相同的部分赋予相同的符号,并适当省略说明。

[0093] (结构)

[0094] 本实施方式与第二实施方式的不同点在于,指定下次期间中的一年的启动次数来设定下次期间中的寿命消耗量计划值。具体而言,如图8所示,蒸汽轮机启动控制装置21包括启动次数输入装置200作为新的要素,寿命消耗量计划值设定装置226除了将寿命消耗量累计值计算装置25以及寿命消耗量偏差分配比输入装置100的输出值作为输入以外,还将启动次数输入装置200的输出值作为输入。以下对启动次数输入装置200以及寿命消耗量计划值设定装置226进行说明。

[0095] 启动次数输入装置200存储下次期间中的每一年的各启动模式的预定启动次数。这些次数是由操作员输入并设定的值。

[0096] 图9是寿命消耗量计划值设定装置226的框图。如图9所示,寿命消耗量计划值设定装置226具备寿命消耗量偏差计算装置229、寿命消耗量偏差分配值计算装置201以及寿命消耗量计划值计算装置130。寿命消耗量偏差计算装置229计算每个启动模式的寿命消耗量偏差。寿命消耗量偏差分配值计算装置201计算对各启动模式的寿命消耗量偏差分配值。

[0097] 其他与第二实施方式相同。

[0098] (动作)

[0099] 接着,对寿命消耗量计划值设定装置226的动作进行说明。寿命消耗量计划值设定装置226以外的处理内容与第二实施方式相同。

[0100] 寿命消耗量偏差计算装置229根据通过寿命消耗量累计值计算装置25计算出的每个启动模式的上次期间中的涡轮转子的寿命消耗量累计值和从启动次数输入装置200输入的针对各启动模式的下次期间中的一年的启动次数,来计算每个启动模式的寿命消耗量偏差。寿命消耗量偏差计算装置229将该寿命消耗量偏差输出给寿命消耗量偏差分配值计算装置201。通过从上次期间的寿命消耗量计划值中减去寿命消耗量累计值来计算上次期间的寿命消耗量偏差。此外,将上次期间中的寿命消耗量计划值设成 $LC0_i$,通过以下的式子计算由于下次期间中的一年的启动次数 NSC_i 比上次期间中的一年的启动次数 NSP_i 减少而产生的寿命消耗量偏差 $LCMGS_i$ 。

[0101] $LCMGS_i = LC0_i \times \max(NSP_i - NSC_i, 0) / NSP_i \cdots (\text{式} 260)$

[0102] 寿命消耗量偏差分配值计算装置201根据从寿命消耗量偏差计算装置229输出的上次期间中的寿命消耗量偏差和由寿命消耗量偏差分配比输入装置100输入的分配比,来计算对各启动模式的寿命消耗量偏差分配值。通过下式计算分配值 DLC_i 。

[0103] $LCMGS_T = LCMGS_1 + LCMGS_2 + LCMGS_3 \cdots (\text{式} 261)$

[0104] $DLC_i = \min(LCMG_i, 0) + (LCMG_T + LCMG_T) \times \omega_i / \omega_T \cdots (\text{式} 262)$

[0105] 在式262中, ω_T 和 $LCMG_T$ 分别是在式160、161中计算的要素。

[0106] 图10是表示通过寿命消耗量计划值设定装置226设定的、每个启动模式的下次期间中的寿命消耗量计划值的例子的图。

[0107] 在图10中,第七行表示下次期间中的一年的启动次数250,第八行表示由于启动次数减少而产生的寿命消耗量偏差252,第十行表示寿命消耗量偏差分配值251。除此以外,与图7相同。

[0108] 根据上次期间的一年的启动次数50、下次期间中的一年的启动次数250、上次期间中的寿命消耗量计划值52,通过式260计算由于启动次数减少而产生的寿命消耗量偏差252。此外,根据上次期间中的寿命消耗量偏差54、由于启动次数减少而产生的寿命消耗量偏差252、寿命消耗量偏差分配比150,通过式160、161、261、262计算寿命消耗量偏差分配值251。并且,通过对上次期间中的寿命消耗量计划值52相加寿命消耗量偏差分配值251,得到下次期间中的寿命消耗量计划值55。

[0109] 在图10所示的例子中,一年的启动次数在热启动中从100次变更为80次,在暖启动中从15次变更为30次。在暖启动中,由于启动次数增加,每一次启动的寿命消耗量减少,但是将上次期间的寿命消耗量偏差和由于热启动的启动次数减少而产生的寿命消耗量偏差分配给下次期间的暖启动。结果,与图7所示的例子相比,暖启动中的下次期间中的每一次启动的寿命消耗量计划值56变得更大。因此,暖启动中的涡轮转子的热应力限制值也变大,从而能够更高速地启动装置。

[0110] (效果)

[0111] 通过上述结构,在本实施方式中除了在上述各实施方式中得到的各效果外,还可以得到如下的效果。

[0112] 在本实施方式中,在下次期间中的寿命消耗量计划值中反映了通过变更一年的启动次数而产生的寿命消耗量偏差。因此,指定下次期间中的一年的启动次数,并且对启动模式设置优先顺序,在考虑了装置的运用实绩的基础上,能够将热应力保持在限制值内,从而能够安全且高速地启动装置。

[0113] (其他)

[0114] 本发明并不局限于上述的各实施方式,还包括各种变形例。例如,上述的实施方式是为了便于理解地说明本发明而详细实施的实施方式,但并不一定具备所有的说明的结构。例如,可以将某实施方式的结构一部分置换成其他实施方式的结构,此外,可以对某实施方式的结构追加其他实施方式的结构。此外,也可以对各实施方式的一部分进行其他结构的追加、削除以及置换。

[0115] 在各实施方式中,说明了热应力限制值更新定时决定装置24将更新热应力限制值的定时设为运行一定时间后的定期检查时。但是,本发明的本质的效果是在考虑了装置的运用实绩的基础上,将热应力保持在限制值内,从而安全且高速地启动装置,只要得到该本质性效果即可,并非必须限定更新热应力限制值的定时。例如,可以将更新热应力限制值的定时设为从上次的热应力限制值更新定时开始的涡轮转子的寿命消耗量的累计值超过了预先设定的值的情况。此外,还可以将更新热应力限制值的定时设为运转一定时间后的定期检查定时以及从上次的热应力限制值更新定时开始的涡轮转子的寿命消耗量的累计值超过了预先设定的值的情况。

[0116] 此外,在各实施方式中,以将本发明应用于联合循环发电装置中的情况为例子进

行了说明。然而,本发明并不局限于联合循环发电装置,例如可以对以蒸汽发电装置或太阳热发电装置为代表的包含蒸汽轮机的所有的发电装置应用本发明,装置的启动顺序与应用于联合循环发电装置的情况相同。

[0117] 在将本发明应用于蒸汽发电装置时,例如热源介质5可以采用煤炭或天然气,低温流体可以采用空气或氧气、热源介质调整装置14可以采用燃料调整阀,热源装置1可以采用锅炉中的火炉,高温流体可以采用燃烧气体,蒸汽产生装置2可以采用锅炉中的传热部(蒸汽发生部)。

[0118] 在将本发明应用于太阳热发电装置时,例如热源介质5可以采用太阳光,热源介质调整装置14可以采用集热板驱动装置,热源装置1可以采用集热板,低温流体以及高温流体可以采用油或高温溶媒盐等对太阳热能进行转换而保有的介质。

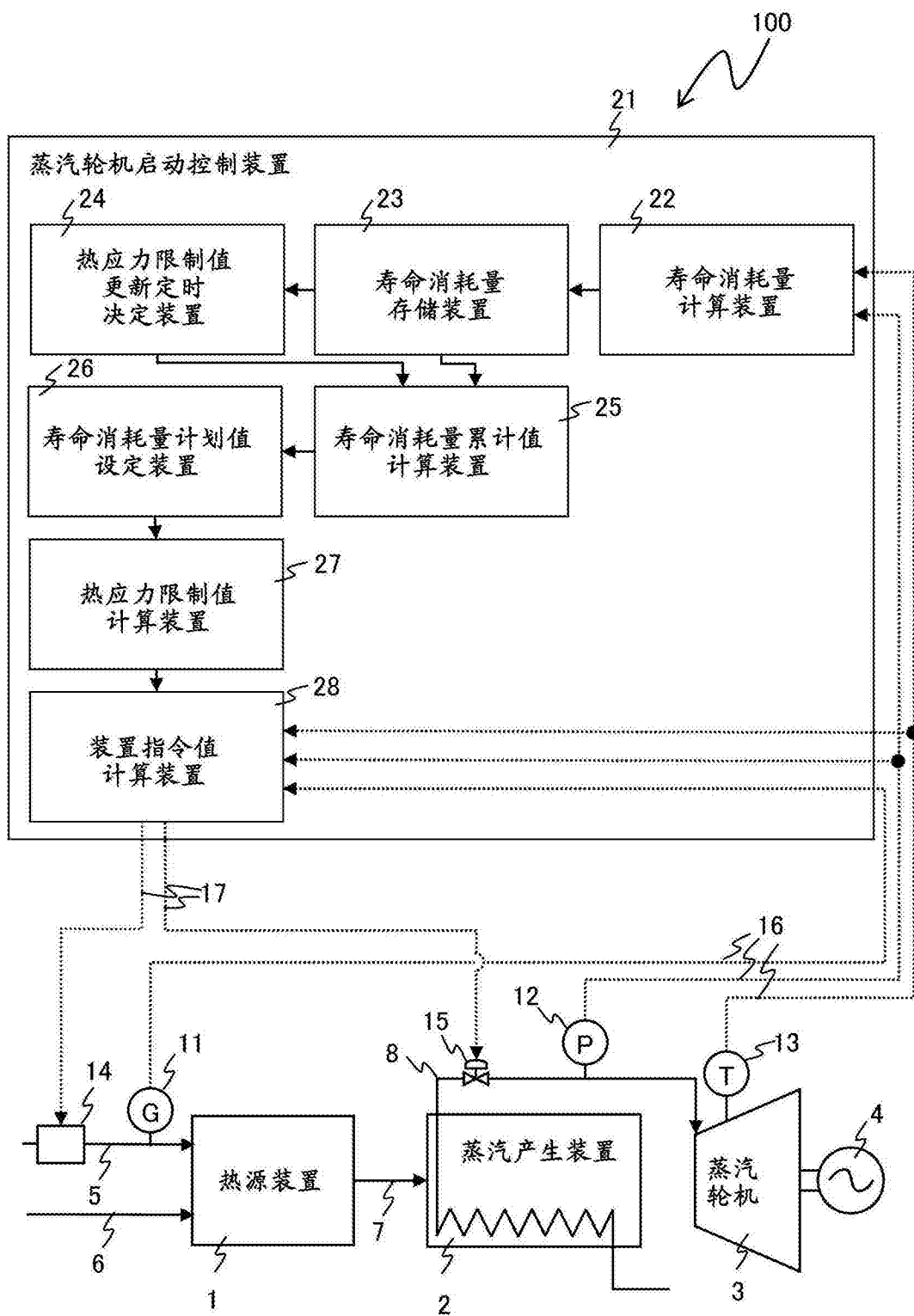


图1

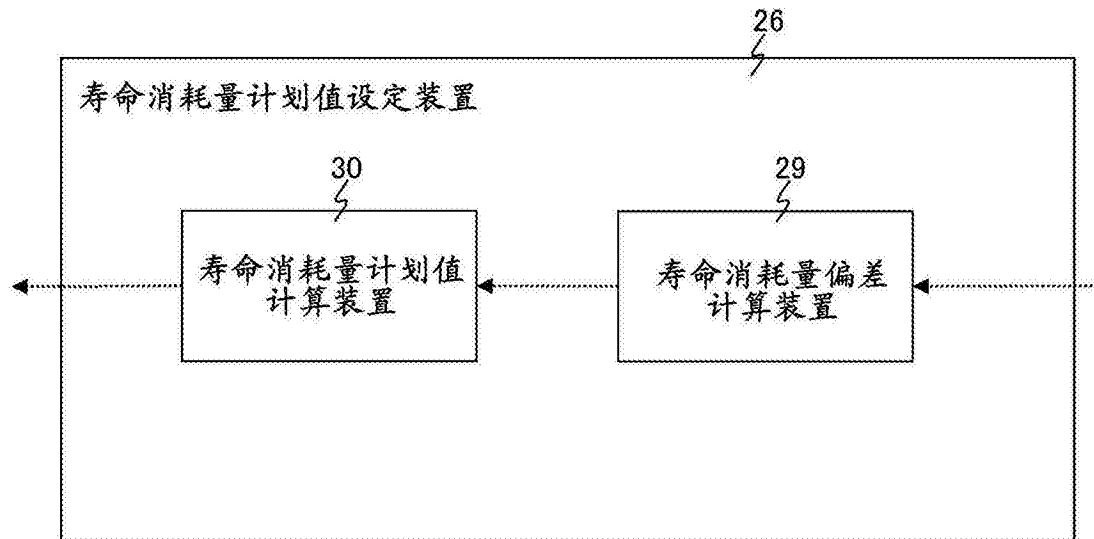


图2

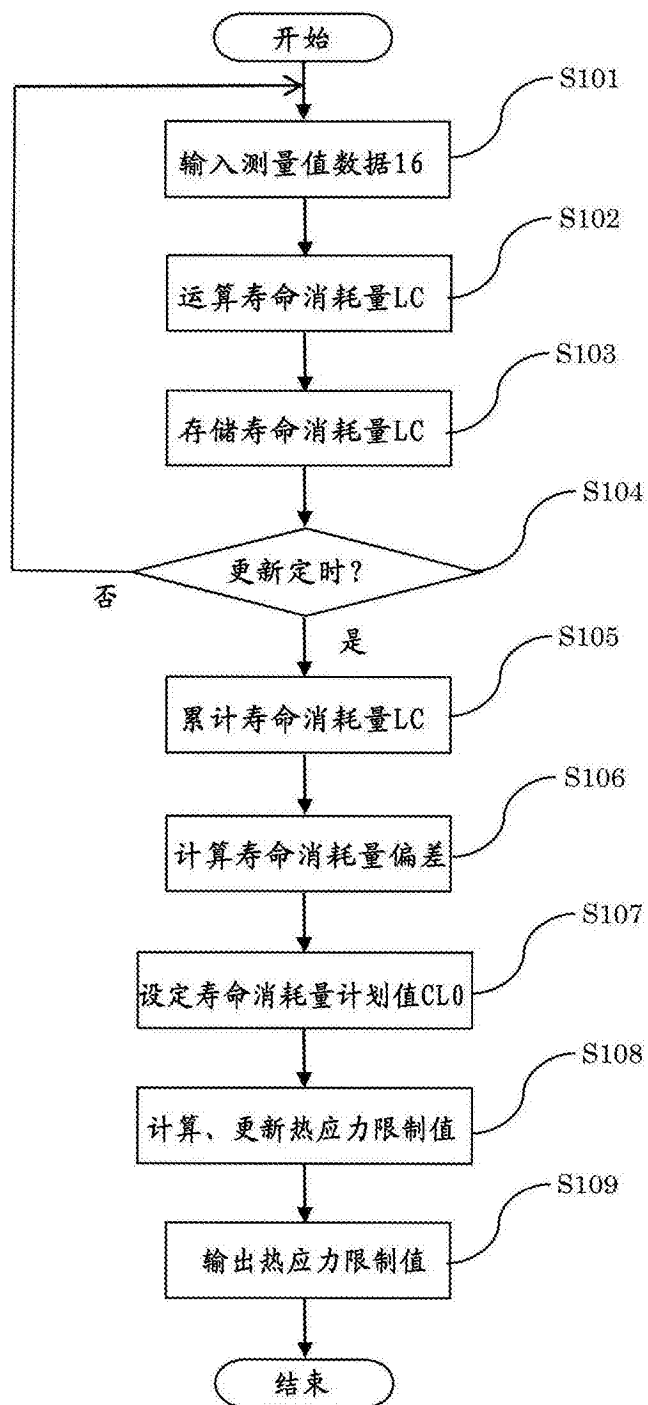


图3

启动模式				热启动	暖启动	冷启动
一年间的启动次数				100	15	2
上次期间	寿命消耗量 (%)	累计 (两年间)		1. 842	1. 628	0. 424
		计划	两年间	2. 334	2. 334	0. 334
			启动一次	0. 012	0. 078	0. 083
		偏差 (两年间)		0. 492	0. 706	-0. 090
		计划	两年间	2. 826	3. 040	0. 244
本次期间	寿命消耗量 (%)		启动一次	0. 014	0. 101	0. 061

图4

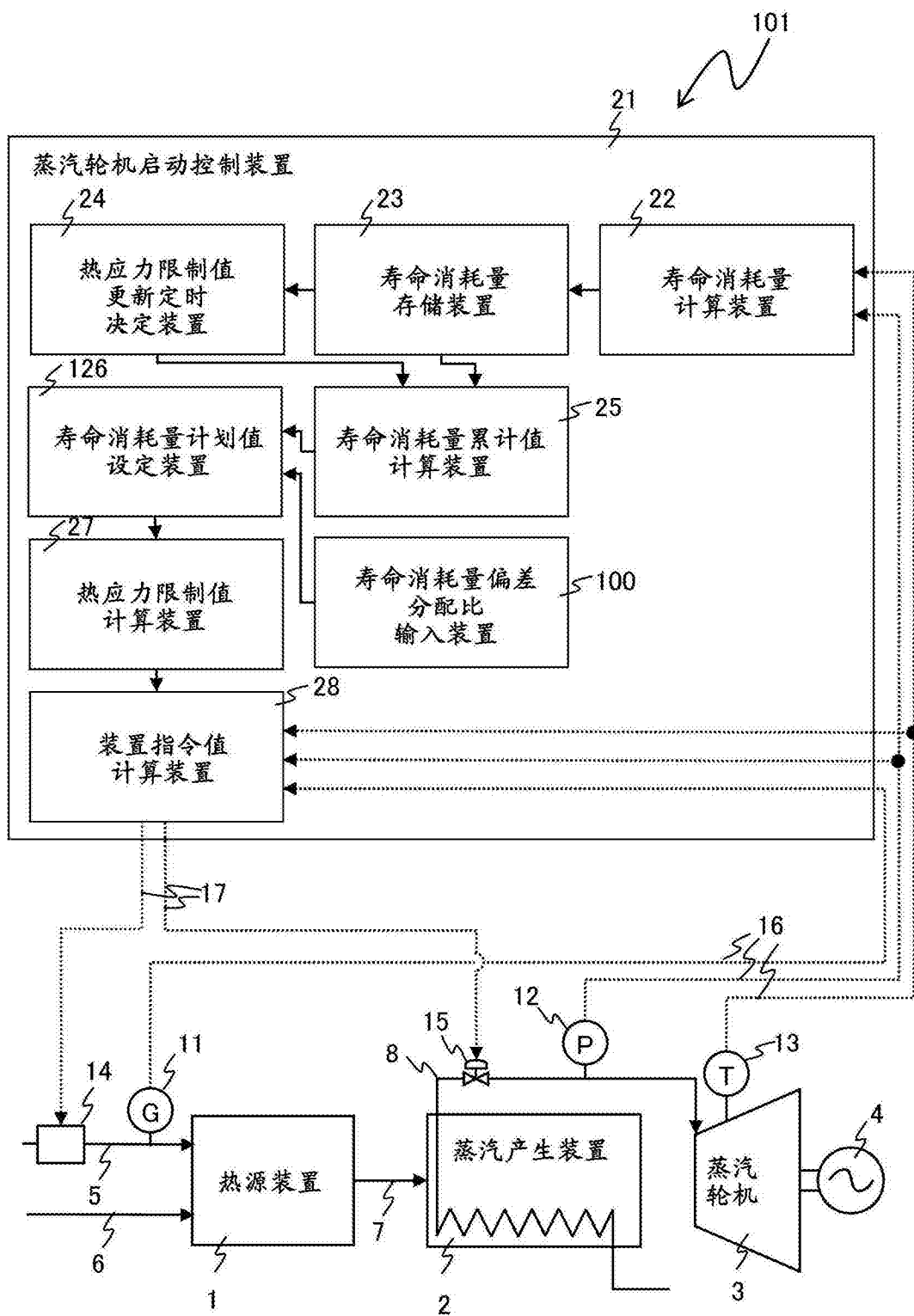


图5

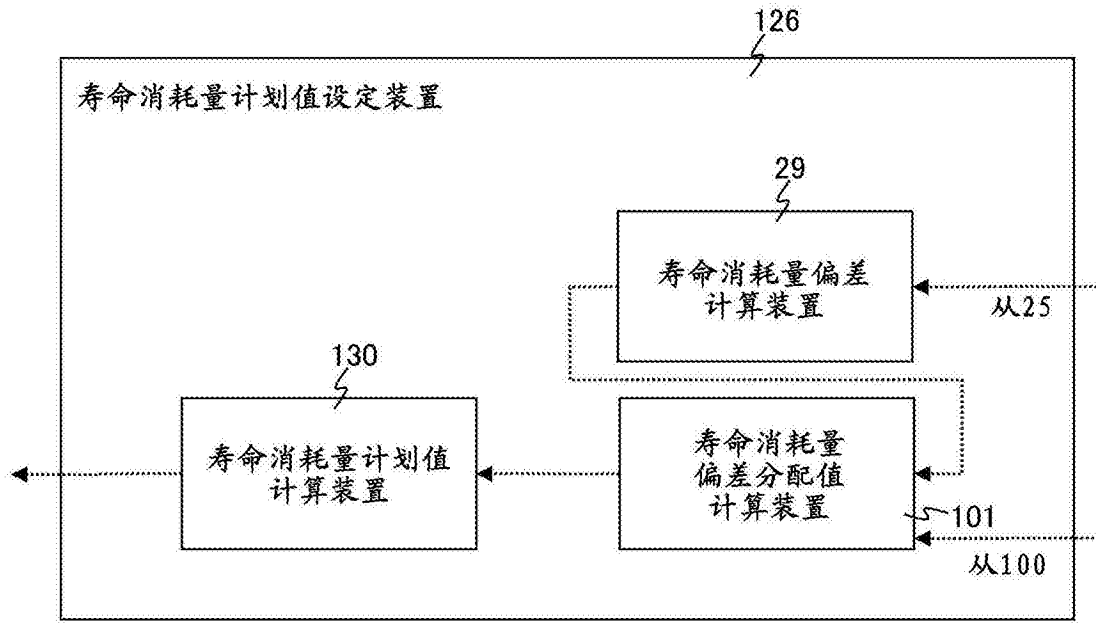


图6

启动模式				热启动	暖启动	冷启动
一年间的启动次数				100	15	2
上次期间	寿命消耗量 (%)	累计 (两年间)		1.842	1.628	0.424
		计划	两年间	2.334	2.334	0.334
			启动一次	0.012	0.078	0.083
		偏差 (两年间)		0.492	0.706	-0.090
本次期间	偏差分配比			0.0	1.0	0.0
	偏差分配值			0.000	1.197	-0.090
	寿命消耗量 (%)	计划	两年间	2.334	3.531	0.244
			启动一次	0.012	0.118	0.061

图7

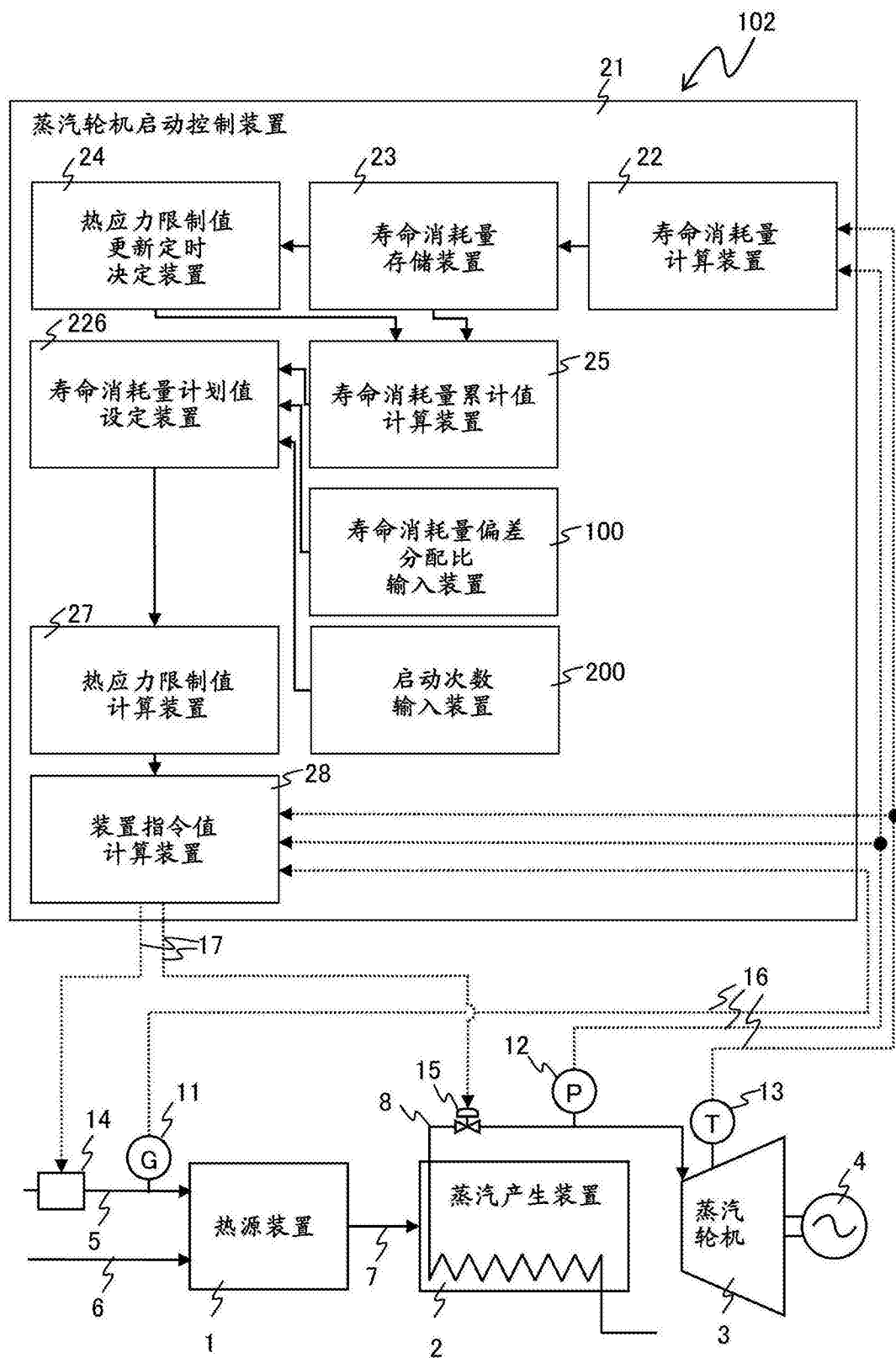


图8

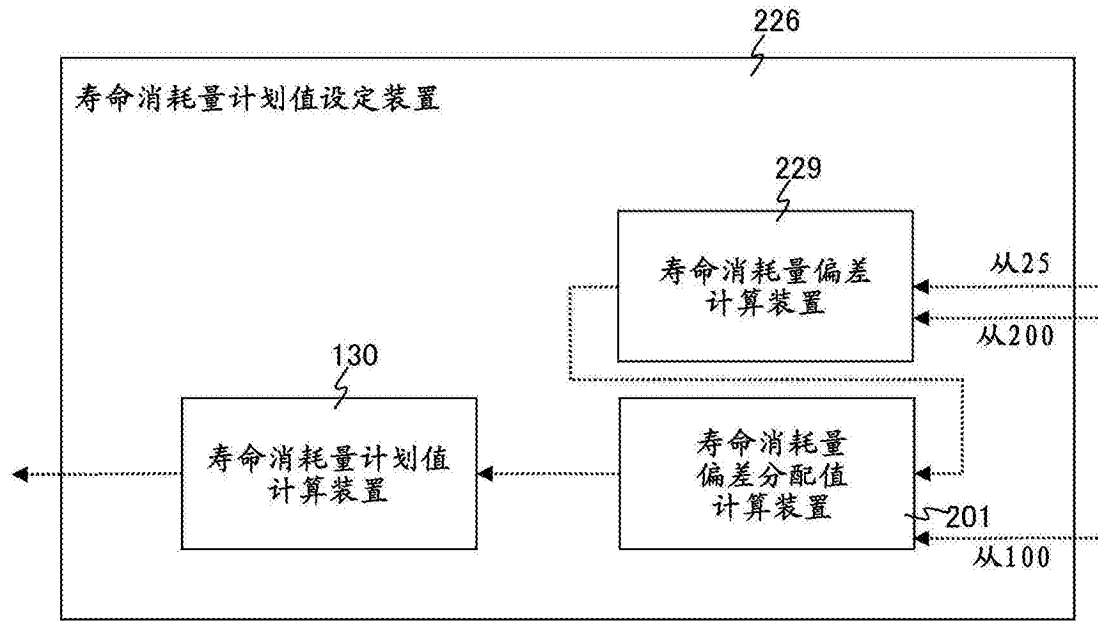


图9

启动模式				热启动	暖启动	冷启动	
上次期间	一年间的启动次数			100	15	2	550
	寿命消耗量 (%)	累计（两年间）		1.842	1.628	0.424	551
		计划	两年间	2.334	2.334	0.334	552
			启动一次	0.012	0.078	0.083	553
		偏差（两年间）		0.492	0.706	-0.090	554
本次期间	一年间的启动次数			80	30	2	5250
	启动次数减少导致的 偏差（两年间）			0.467	0.000	0.000	5252
	偏差分配比			0.0	1.0	0.0	5150
	偏差分配值			0.000	1.665	-0.090	5251
	寿命消耗量 (%)	计划	两年间	1.867	3.999	0.244	555
启动一次			0.012	0.133	0.061	556	

图10

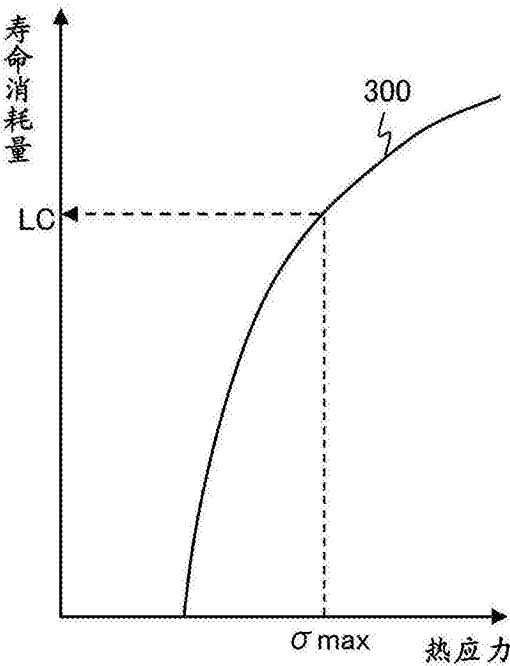


图11

启动模式		热启动	暖启动	冷启动
一年间的启动次数		100	15	2
寿命消耗量计划值 (%)	装置运用 年数 (30年)	35	35	5
	启动一次	0. 012	0. 078	0. 083

图12