



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104653239 B

(45) 授权公告日 2016. 08. 24

(21) 申请号 201410670507. 8

(22) 申请日 2014. 11. 20

(30) 优先权数据

2013-241160 2013. 11. 21 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 金恩敬 吉田泰浩 矢敷达朗

片桐幸德 吉田卓弥 野村健一郎

山中和典 铃木文之 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

公司 11243

代理人 曾贤伟 文志

(51) Int. Cl.

F01D 19/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102032045 A, 2011. 04. 27,

JP 2007138856 A, 2007. 06. 07,

CN 1673910 A, 2005. 09. 28,

审查员 韩宇

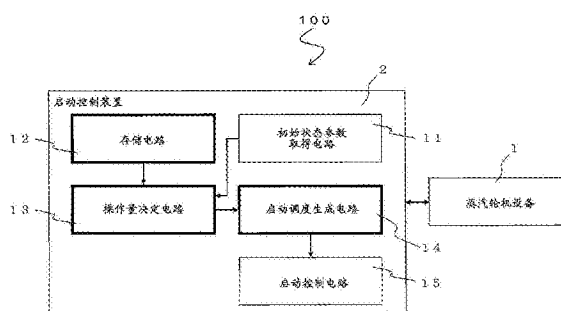
权利要求书2页 说明书16页 附图15页

(54) 发明名称

蒸汽轮机设备启动控制装置

(57) 摘要

本发明提供一种蒸汽轮机设备启动控制装置,不需要温度预测计算和热应力计算等复杂的计算,可生成能够缩短蒸汽轮机设备的需要启动时间的启动调度。具备:存储电路,其存储设备操作量与蒸汽轮机设备的状态量参数的初始值的相关关系,设备操作量包括蒸汽轮机设备的启动过程的多个阶段时长以及与控制目的量相关的控制基准值;操作量决定电路,其基于状态量参数的初始值和存储在存储电路中的相关关系,决定多个阶段的各时长以及控制基准值;启动调度生成电路,其基于由操作量决定电路决定的多个阶段的各时长以及控制基准值,生成多个阶段的各启动调度,将它们连接在一起生成蒸汽轮机设备的启动开始至完成为止的启动调度。



1. 一种蒸汽轮机设备的启动控制装置, 该蒸汽轮机设备具备:
热源装置, 其通过热源介质加热低温流体使其成为高温流体;
蒸汽产生设备, 其通过与所述高温流体的热交换来产生蒸汽; 以及
蒸汽轮机, 通过所述蒸汽被驱动,
所述启动控制装置的特征在于, 具备:

初始状态参数取得电路, 关于所述蒸汽轮机设备的设备状态量取得状态量参数的初始值;

存储电路, 其存储设备操作量与所述状态量参数的初始值的相关关系, 所述设备操作量包含所述蒸汽轮机设备从开始启动到完成为止的多个阶段的时长以及与控制目的量相关的控制基准值;

操作量决定电路, 其基于由所述初始状态参数取得电路取得的状态量参数的初始值和
在所述存储电路中存储的所述相关关系, 决定与所述状态量参数的初始值对应的多个阶段的各时长以及控制基准值;

启动调度生成电路, 其根据由所述操作量决定电路运算出的所述多个阶段的各时长以及所述控制基准值, 关于所述控制目的量生成所述多个阶段的各启动调度, 将所述多个阶段的各启动调度连接在一起生成所述蒸汽轮机设备从开始启动到完成为止的启动调度;
以及

启动控制电路, 其按照由所述启动调度生成电路生成的所述启动调度来生成向所述蒸汽轮机设备的指令值, 并将其输出给所述蒸汽轮机设备。

2. 根据权利要求1所述的启动控制装置, 其特征在于,

所述阶段时长是所述热源装置的负荷上升时间、所述热源装置的负荷保持时间、所述蒸汽轮机的转速上升时间、所述蒸汽轮机的转速保持时间以及所述蒸汽轮机的负荷保持时间中的至少一个, 所述控制目的量是所述热源装置的负荷上升率、所述热源装置的保持负荷带、所述蒸汽轮机的转速上升率、所述蒸汽轮机的保持转速以及所述蒸汽轮机的通气蒸汽温度中的至少一个。

3. 根据权利要求1所述的启动控制装置, 其特征在于,

所述设备状态量是所述蒸汽轮机设备的停止后经过时间、所述蒸汽轮机设备的被加热部的温度、热应力、热变形以及热延伸差中的至少一个。

4. 根据权利要求1所述的启动控制装置, 其特征在于, 具备:

需要启动时间计算电路, 其根据从所述操作量决定电路输出的所述多个阶段的时长, 计算所述蒸汽轮机设备的需要启动时间或启动完成时刻; 以及

输出电路, 其将由需要启动时间计算电路计算出的所述需要启动时间或所述启动完成时刻输出给输出装置。

5. 根据权利要求4所述的启动控制装置, 其特征在于, 具备:

输入输出电路, 其在输入装置以及输出装置之间收发信号; 以及

启动开始时刻计算电路, 其根据从所述输入装置向所述输入输出电路输入的所述蒸汽轮机设备的希望启动完成时刻和所述状态量参数的初始值以及由所述需要启动时间计算电路计算出的所述需要启动时间, 计算为了在所述希望启动完成时刻完成所述蒸汽轮机设备的启动而应开始启动的时刻, 然后经由所述输入输出电路将其输出给所述输出装置。

6. 根据权利要求1所述的启动控制装置,其特征在于,具备:

设备状态量计算电路,其计算所述蒸汽轮机的至少一个设备状态量,并计算与预先决定的限制值的偏差;以及

数据库更新电路,其在所述偏差的大小在预先决定的规定值以上时,更新所述存储电路的数据库使所述偏差变小。

7. 根据权利要求6所述的启动控制装置,其特征在于,

所述设备状态量是在所述蒸汽轮机的被加热部产生的温度差、热应力、所述蒸汽轮机的旋转部与静止部的热延伸差以及所述蒸汽轮机的汽缸的变形量中的至少一个。

8. 根据权利要求4所述的启动控制装置,其特征在于,

在所述输出装置根据来自所述输出电路的信号显示图表,该图表包含所述蒸汽轮机设备的停止时刻、计划的启动开始时刻、在所述计划的启动开始时刻启动时的启动完成时刻,并表示所述状态量参数的初始值与所述启动完成时刻的关系。

9. 根据权利要求5所述的启动控制装置,其特征在于,

在所述输出装置根据来自所述输入输出电路的信号来显示图表,该图表包含所述蒸汽轮机设备的停止时刻、所述希望启动完成时刻、所述应开始启动的时刻,并表示所述状态量参数的初始值与所述启动完成时刻的关系。

10. 一种蒸汽轮机发电装置,其特征在于,具备:

权利要求1所述的启动控制装置和所述蒸汽轮机设备。

蒸汽轮机设备启动控制装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种蒸汽轮机设备启动控制装置。

背景技术

[0002] 为了保护石化资源,以风力发电或太阳能发电为代表的使用可再生能源的发电设备正不断增加。在这种发电设备中,从可再生能源得到的电量根据季节、气候等进行较大变动。为了尽快弥补这样的电量的变动,使电力系统稳定,在具备蒸汽轮机的这种发电设备(蒸汽轮机设备)中希望缩短启动时间(高速启动)。

[0003] 在蒸汽轮机设备的启动中,基于从启动开始至启动完成为止保护蒸汽轮机设备的构成装置的观点,对在蒸汽轮机或蒸汽产生装置等被加热部中产生的热应力、在蒸汽轮机的旋转体与静止体之间产生的热延伸差等(将这些称为设备状态量)设定限制值(制约条件),通过该制约条件来限制蒸汽轮机设备的高速启动。即,在蒸汽轮机的启动中,流向蒸汽轮机的蒸汽的温度或流量急剧上升,因此涡轮转子的表面与内部相比急速升温。结果,涡轮转子的表面与内部的温度差引起的热应力增大。过大的热应力会缩短涡轮转子的寿命,因此需要将增大的热应力保持在预先设定的限制值内。此外,通过高温蒸汽来加热涡轮转子以及收纳涡轮转子的壳体,通过热膨胀特别是向涡轮轴方向延伸(热延伸)。由于涡轮转子和壳体的结构和热容量不同,因此涡轮转子的热延伸与壳体之间产生热延伸差。当该热延伸差增大时,作为旋转体的涡轮转子与作为静止体的壳体发生接触,可能产生损伤,因此需要将热延伸差保持在预先设定的限制值内。如上所述,在蒸汽轮机的启动中存在几个制约条件,因此需要进行启动控制以便满足这些制约条件。

[0004] 一般,以满足上述制约条件的方式根据预先决定的启动调度来进行蒸汽轮机设备的启动控制。启动调度以时间变化表示蒸汽轮机设备从启动开始至完成为止的过程中的设备状态量。这种启动调度一般根据蒸汽轮机设备的停止后经过时间,即蒸汽轮机设备停止后的经过时间的长度,按照热启动、暖启动、冷启动等多个不同的启动模式预先决定(参照专利文献1等)。在本说明书中将这样的启动形式记载为基于模式的启动控制。此外,具有在每次启动蒸汽轮机设备时执行包括温度预测计算和热应力计算的仿真,根据该结果决定蒸汽轮机设备的启动调度,从而使蒸汽轮机设备更高速地启动的启动控制(参照专利文献2等)。

[0005] 在专利文献1中,由于蒸汽轮机设备的停止后经过时间导致在启动开始时的设备状态量中存在差异,因此当通过各启动模式的边界附近的停止后经过时间(初始状态)启动蒸汽轮机设备时,在设备状态量与限制值之间可能产生需要以上的余量。但是,在专利文献1的启动控制中,在相同的启动模式下不考虑停止后经过时间启动调度相同,因此虽然是能够更高速地启动蒸汽轮机设备的状态,但只能在启动模式中规定的需要启动时间进行启动。

[0006] 在专利文献2的启动控制中,在每次启动蒸汽轮机设备时使用仿真来决定启动调度,因此温度预测计算和热应力计算等复杂从而计算处理量多。

[0007] 专利文献1:日本专利2523498号公报

[0008] 专利文献2:日本特开2011-111959号公报

发明内容

[0009] 本发明是鉴于上述问题而提出的,其目的在于提供一种蒸汽轮机设备启动控制装置,不需要温度预测计算和热应力计算等复杂的计算,能够生成可缩短蒸汽轮机设备的需要启动时间的启动调度。

[0010] 为了达成上述目的,本发明的蒸汽轮机设备启动控制装置对蒸汽轮机设备的启动过程中的设备状态量以及设备操作量中的至少一个,按照设备状态量以及设备操作量变化的时刻或者这些倾向变化的时刻分为多个阶段,生成各阶段的启动调度,将这些各阶段连接在一起生成蒸汽轮机设备从开始启动至完成为止的启动调度。

[0011] 根据本发明,可以根据任意的设备初始状态,来生成满足制约条件同时可缩短蒸汽轮机设备的需要启动时间的启动调度。此外,例如可以灵活运用在现有的基于模式的启动中所使用的数据,因此能够简化计算处理。

附图说明

[0012] 图1是本发明第一实施方式的蒸汽轮机发电设备的系统结构图。

[0013] 图2是表示通过发明第一实施方式的启动控制装置生成的启动调度的模型的一例的图。

[0014] 图3是表示蒸汽轮机设备的停止后经过时间与阶段时长的关系的图。

[0015] 图4是本发明第二实施方式的蒸汽轮机发电设备的系统结构图。

[0016] 图5是表示蒸汽轮机设备的停止后经过时间与需要启动时间的关系的图。

[0017] 图6是本发明第三实施方式的蒸汽轮机发电设备的系统结构图。

[0018] 图7是本发明第三实施方式的蒸汽轮机发电设备的系统结构图。

[0019] 图8是表示发明第三实施方式的数据库更新电路的动作的流程图。

[0020] 图9是表示与停止后经过时间对应的需要启动时间的变化的图。

[0021] 图10是表示热源装置的负荷上升率与停止后经过时间的关系的图。

[0022] 图11是表示蒸汽轮机设备的启动开始时刻、需要启动时间、启动完成时刻的关系的图。

[0023] 图12是表示蒸汽轮机设备的停止时刻、希望启动完成时刻、希望非运转时间等的关系的图。

[0024] 图13是表示蒸汽轮机设备的停止时刻、希望启动完成时刻、希望启动时间等的关系的图。

[0025] 图14是表示应开始启动时刻的计算方法的流程图。

[0026] 图15是表示本发明第三实施方式的作为输出装置采用显示器时的输出内容的一例的图。

[0027] 图16是表示本发明第四实施方式的作为输出装置采用显示器时的输出内容的一例的图。

[0028] 符号说明

- [0029] 1蒸汽轮机设备
- [0030] 2启动控制装置
- [0031] 11初始状态参数取得电路
- [0032] 12存储电路
- [0033] 13操作量决定电路
- [0034] 14启动调度生成电路
- [0035] 15启动控制电路

具体实施方式

[0036] (第一实施方式)

[0037] (结构)

[0038] 图1是本发明蒸汽轮机发电设备100的系统结构图。如图1所示,蒸汽轮机发电设备100由蒸汽轮机设备1和启动控制装置(设备控制装置)2构成。以下,对蒸汽轮机设备1以及启动控制装置2进行说明。

[0039] 1.蒸汽轮机设备

[0040] 蒸汽轮机设备1具备未图示的热源装置、蒸汽产生设备、蒸汽轮机、发电机以及调整装置等。

[0041] 热源装置使用热源介质中保有的热量对低温流体进行加热来产生高温流体,将产生的高温流体提供给蒸汽产生设备。例如,该热源装置具有联合循环发电设备的燃气轮机、燃煤发电设备的火炉、太阳能发电设备的集热器等。蒸汽产生设备在内部具备热交换器,通过与热源装置中产生的高温流体的保有热量进行热交换来加热供水从而产生蒸汽。通过蒸汽产生装置产生的蒸汽来驱动蒸汽轮机。发电机与蒸汽轮机联结,将蒸汽轮机的驱动力变换为电力。例如,将发电机的电力提供给未图示的电力系统。

[0042] 调整装置对蒸汽轮机设备1的运转进行调整。作为调整装置,例如具有在针对热源装置的热源介质的供给路径上设置的热源介质质量操作部、在针对热源装置的低温流体的供给路径上设置的低温流体量操作部、在从蒸汽产生设备向蒸汽轮机供给蒸汽的蒸汽配管系统中设置的主蒸汽调节阀、在从之前的蒸汽配管系统分支向其他系统供给蒸汽的旁路系统中设置的旁路阀以及设置在蒸汽产生设备内部的减温器等。热源介质质量操作部具有调节向热源装置供给的热源介质质量来操作在热源装置产生的高温流体的保有热量的功能。低温流体量操作部具有调节向热源装置供给的低温流体的流量来操作从热源装置向蒸汽产生设备供给的高温流体的流量的功能。主蒸汽调节阀具有操作向蒸汽轮机供给的蒸汽流量的功能。旁路阀具有控制流过旁路系统的蒸汽的流量(旁路流量)的功能。减温器具有对在蒸汽产生设备产生的蒸汽进行减温的功能。

[0043] 2.启动控制装置

[0044] 启动控制装置2输入蒸汽轮机设备1的状态量参数的初始值,根据这些计算并输出向蒸汽轮机设备1的调整装置的指令值。为了实现该功能,启动控制装置2具备初始状态参数取得电路11、存储电路(数据库)12、操作量决定电路13、启动调度生成电路14以及启动控制电路15。接着,依次对各构成要素进行说明。

[0045] 2-1.初始状态参数取得电路

[0046] 初始状态参数取得电路11对于蒸汽轮机设备1的设备状态量,取得状态量参数的初始值,并将其输出给操作量决定电路13。蒸汽轮机设备1的状态量参数的初始值是指表示蒸汽轮机设备启动时的各构成装置的暖气(warm air)状态的量。作为状态量参数,例如有蒸汽轮机设备1停止后经过的时间(停止后经过时间)、蒸汽轮机设备1的被加热部的温度、热应力、热变形、热延伸以及热延伸差等。这些可以是测量值,也可以是计算值,还可以是事前的预测值。上述的被加热部是指蒸汽轮机设备1的蒸汽轮机的蒸汽流入部金属、蒸汽轮机的涡轮转子、蒸汽轮机的汽缸、蒸汽轮机设备1的蒸汽产生设备的传热管以及蒸汽产生设备的联箱(热交换部)等。

[0047] 2-2. 存储电路

[0048] 在存储电路12中存储有两组以上的与蒸汽轮机设备的状态量参数的初始值和设备操作量的计划值(以下,称为设备操作量)的相关关系有关的数据,其中,所述设备操作量包含根据状态量参数的初始值设定的多个阶段时长以及与控制目的量相关的控制基准值。

[0049] 在上述的相关关系中至少包含一个阶段时长的要素。作为阶段时长,例如有以下要素。

[0050] 热源装置的负荷上升时间:是指热源装置的负荷以接近恒定的上升率持续上升的时间。

[0051] 热源装置的负荷保持时间:是指热源装置的负荷在某个负荷带大致保持恒定的时间。

[0052] 蒸汽轮机转速上升时间:是指蒸汽轮机的转速以接近恒定的上升率持续上升的时间。

[0053] 蒸汽轮机转速保持时间:是指蒸汽轮机的转速以某个转速大致保持恒定的时间,称为热浸(heat soaking)时间。

[0054] 蒸汽轮机负荷保持时间:是指蒸汽轮机的负荷在某个负荷带大致保持恒定的时间。

[0055] 此外,在上述的相关关系中至少包含一个控制目的量的要素。作为控制目的量,例如有以下要素。

[0056] 热源装置的负荷上升率:是指每单位时间的热源装置的负荷的上升量。

[0057] 热源装置的保持负荷带:是指以大致恒定地保持热源装置的负荷的方式预先决定的负荷带。

[0058] 蒸汽轮机转速上升率:是指每单位时间的蒸汽轮机转速的上升量。

[0059] 蒸汽轮机保持转速:是指以大致恒定地保持蒸汽轮机的转速的方式预先决定的转速。

[0060] 蒸汽轮机通气蒸汽温度:是指在蒸汽轮机中开始通气时的蒸汽温度。

[0061] 2-3. 操作量决定电路

[0062] 操作量决定电路13输入由初始状态参数取得电路11取得的蒸汽轮机设备1的状态量参数的初始值和从存储电路12读出的与上述的设备操作量的相关关系的数据,根据这些来决定设备操作量与状态量参数的初始值对应地连续变化的设备操作量与状态量参数的初始值的关系线(参照后面的图3),并将其输出给启动调度生成电路14。在此,在本说明书中所说的“连续变化”是指将表示连续的各阶段中的设备操作量的线通过相同的值连接,不

包含离散的部位。

[0063] 2-4. 启动调度生成电路

[0064] 启动调度生成电路14输入由操作量决定电路13决定的设备操作量,根据这些生成多个阶段的各启动调度,将这些各启动调度连接在一起来生成蒸汽轮机设备1从开始启动到完成为止的启动调度。

[0065] 上述的启动调度是关于特定的控制目的量的目标控制线,例如具有启动运转中的热源装置的负荷的目标控制线、蒸汽轮机的转速的目标控制线以及蒸汽轮机的负荷的目标控制线等。启动调度生成电路14生成这些中的至少一个启动调度。

[0066] 2-5. 启动控制电路

[0067] 启动控制电路15根据在启动调度生成电路14生成的启动调度来计算并输出向蒸汽轮机设备1的调整装置的指令值。换言之,启动控制电路15使热源装置的负荷、蒸汽轮机的转速、蒸汽轮机的负荷等控制目的量跟踪由启动调度生成电路14生成的启动调度。作为设备控制方法,例如可以采用输入关于热源装置的负荷状态的启动调度,基于热源装置的负荷的变化量,计算并输出针对调整热源装置的负荷状态的调整装置的指令值的方法,或者输入关于热源装置内流体温度的启动调度,基于向热源装置供给的热源介质的量,计算并输出针对调整热源介质的供给量的调整装置(阀)的指令值的方法等公知的控制方法。

[0068] (动作)

[0069] 接着,对启动调度的生成动作进行说明。以下,列举了将停止后经过时间作为状态量参数使用时的热源装置的负荷的启动调度的生成动作。

[0070] 关于热源装置的负荷,在蒸汽轮机设备从开始启动到完成为止的过程(启动过程)中,一般将恒定或接近恒定的上升率的上升和某个负荷带中的保持适当地组合从而从0%达到100%。在这样的启动过程中,可以将蒸汽轮机设备启动开始后的经过时间(启动开始后经过时间)划分为提高负荷的阶段以及保持负荷的阶段。以下,具体地进行说明。

[0071] 图2是表示由本实施方式的启动控制装置2生成的启动调度的模型的一例的图。如图2所示,在启动过程中在负荷保持带L%中将热源装置的负荷保持一次时,可以将蒸汽轮机设备启动开始后的经过时间划分为以下的四个阶段。

[0072] 阶段P1:以0%保持热源装置的负荷的阶段。

[0073] 阶段P2:热源装置的负荷从0%提高至保持负荷带L%的阶段。

[0074] 阶段P3:在保持负荷带L%保持热源装置的负荷的阶段。

[0075] 阶段P4:热源装置的负荷从保持负荷带L%提高至100%的阶段。

[0076] 在该例子中,如果决定P1-P4的阶段时长和保持负荷带L,则启动调度确定。

[0077] 另外,在生成蒸汽轮机的转速的启动调度时,可以将蒸汽轮机转速上升时间、蒸汽轮机转速上升率、蒸汽轮机转速保持时间等设成阶段时长。在生成蒸汽轮机的负荷的启动调度时,可以将蒸汽轮机负荷保持时间等设成阶段时长。

[0078] 初始状态参数取得电路11取得从蒸汽轮机设备1停止的时刻(以下,称为停止时刻T1)到蒸汽轮机设备的预定启动开始时刻(以下,称为启动开始时刻T2)的时间(停止后经过时间 θ),并将其输出给操作量决定电路13。

[0079] 存储电路12将与停止后经过时间 θ 的数据(停止后经过时间 θ_d)和根据停止后经过时间 θ_d 设定的各阶段时长 $\tau_1(\theta_d)$ 、 $\tau_2(\theta_d)$ 、 $\tau_3(\theta_d)$ 、 $\tau_4(\theta_d)$ 的数据以及保持负荷带L的相关

关系相关的数据作为一组,存储两组以上的数据。将这些数据以具有多个行(或列)的排列方式(以下,称为停止后经过时间 θ_d 、各阶段时长 $\tau(\theta_d)$ 、保持负荷带L的对应表)存储在存储电路12中,上述的行(或列)包含对应的一组的停止后经过时间 θ_d 、各阶段时长 $\tau_1(\theta_d) \sim \tau_4(\theta_d)$ 、保持负荷带L。在此, $\tau_1(\theta_d)$ 是阶段P1的时长、 $\tau_2(\theta_d)$ 是阶段P2的时长、 $\tau_3(\theta_d)$ 是阶段P3的时长、 $\tau_4(\theta_d)$ 是阶段P4的时长(以下,将这些记述为各阶段时长 $\tau(\theta_d)$)。

[0080] 操作量决定电路13从初始状态参数取得电路11输入停止后经过时间 θ ,根据存储电路12的对应表从存储电路12读出停止后经过时间 θ_d 、根据停止后经过时间 θ_d 设定的各阶段时长 $\tau(\theta_d)$ 以及保持负荷带L的数据的组合,并根据这些来决定与停止后经过时间 θ 对应地连续变化的各阶段时长 $\tau(\theta)$ 。以下对该决定方法进行说明。操作量决定电路13将运算出的各阶段时长 $\tau(\theta)$ 以及保持负荷带L输出给启动调度生成电路14。

[0081] 阶段时长 $\tau(\theta)$ 的运算方法

[0082] 作为阶段时长 $\tau(\theta)$ 的运算方法的一例,以下表示线性插补方法。

[0083] (i)当停止后经过时间 θ 不到停止后经过时间 $\theta_d(1)$ 时,设阶段时长 $\tau(\theta) = \tau(\theta_d(1))$ 。

[0084] (ii)当停止后经过时间 θ 在停止后经过时间 $\theta_d(2)$ 以上,且不到停止后经过时间 $\theta_d(N-1)$ 时,通过下式计算阶段时长 $\tau(\theta)$ 。

[0085] 在 $\theta_d(n) \leq \theta < \theta_d(n+1)$ 中,

[0086] (式1)

$$[0087] \quad \tau(\theta) = \tau(\theta_d(n)) + \frac{\tau(\theta_d(n+1)) - \tau(\theta_d(n))}{\theta_d(n+1) - \theta_d(n)} (\theta - \theta_d(n))$$

[0088] (iii)当停止后经过时间 θ 在停止后经过时间 $\theta_d(N)$ 以上时,设阶段时长 $\tau(\theta) = \tau(\theta_d(N))$ 。

[0089] 在此,停止后经过时间 θ_d 与各阶段时长 $\tau(\theta_d)$ 的对应表按照停止后经过时间 θ_d 的顺序进行排列, $\theta_d(n)$ 表示对应表的第n行的停止后经过时间的数据, $\tau(\theta_d(n))$ 表示与停止后经过时间 $\theta_d(n)$ 对应的阶段时长。 n 表示对应表的行号(数据编号), $N(N \geq 2)$ 表示对应表的行数(数据的组数)。

[0090] 启动调度生成电路14输入由操作量决定电路13决定的各阶段时长 $\tau(\theta)$ 以及保持负荷带L,根据这些生成启动调度,并将其输出给启动控制电路15。以下,对启动调度的生成方法的一例进行说明。

[0091] 启动调度生成方法

[0092] 以下的例子是生成图2所示的热源装置的负荷的启动调度 $LH(t)$ 的方法。

[0093] (i)启动开始后经过时间 t 为0以上,且不到 $\tau_1(\theta)$ 的阶段(阶段P1),

[0094] (式2)

[0095] $LH(t) = 0$

[0096] (ii)启动开始后经过时间 t 为 $\tau_1(\theta)$ 以上,且不到 $\tau_1(\theta) + \tau_2(\theta)$ 的阶段(阶段P2),

[0097] (式3)

$$[0098] \quad LH(t) = \frac{L}{\tau_2} (t - \tau_1)$$

[0099] (iii)启动开始后经过时间 t 为 $\tau_1(\theta)+\tau_2(\theta)$ 以上,且不到 $\tau_1(\theta)+\tau_2(\theta)+\tau_3(\theta)$ 的阶段(阶段P3),

[0100] (式4)

[0101] $LH(t)=L$

[0102] (iv)启动开始后经过时间 t 为 $\tau_1(\theta)+\tau_2(\theta)+\tau_3(\theta)$ 以上,且不到 $\tau_1(\theta)+\tau_2(\theta)+\tau_3(\theta)+\tau_4(\theta)$ 的阶段(阶段P4),

[0103] (式5)

$$[0104] \quad LH(t) = L + \frac{100-L}{\tau_4}(t-\tau_1-\tau_2-\tau_3)$$

[0105] 以下例举了将上述的启动调度生成方法对阶段的数量进行了一般化后的方法。以下设为在阶段P(m)保持为负荷 $L(k)$,在其前后的阶段P(m-1)以及P(m+1)中负荷变化。

[0106] (i)启动开始后经过时间 t 为 $\sum \tau(m-2)$ 以上,且不到 $\sum \tau(m-1)$ 的阶段(阶段P(m-1)),

[0107] (式6)

$$[0108] \quad LH(t) = L(k-1) + \frac{L(k)-L(k-1)}{\tau(P(m-1))}(t-\sum \tau(m-2))$$

[0109] (ii)启动开始后经过时间 t 为 $\sum \tau(m-1)$ 以上,且不到 $\sum \tau(m)$ 的阶段(阶段P(m)),

[0110] (式7)

[0111] $LH(t)=L(k)$

[0112] (iii)启动开始后经过时间 t 为 $\sum \tau(m)$ 以上,且不到 $\sum \tau(m+1)$ 的阶段(阶段P(m+1)),

[0113] (式8)

$$[0114] \quad LH(t) = L(k) + \frac{L(k+1)-L(k)}{\tau(P(m+1))}(t-\sum \tau(m))$$

[0115] 在此,P(m)表示第m阶段($1 \leq m \leq M$), $\tau(m)$ 表示阶段P(m)的阶段时长, $\sum \tau(m)$ 表示从阶段P(1)至阶段P(m)的阶段时长的总和, $L(k)$ 表示第k保持的负荷带($1 \leq k \leq K$)。M表示阶段的数量,K表示在启动过程中保持负荷的次数(负荷保持次数K)。

[0116] 可以根据负荷保持次数K来决定阶段的数量M。例如,在图2中负荷保持次数K是1,此时阶段的数量M成为4。

[0117] 关于负荷保持次数K与保持负荷带 $L(k)$ ($1 \leq k \leq K$)的相关关系,可以使用在现有的基于模式的启动的启动调度的生成中所使用的的数据。另外,关于保持负荷带 $L(k)$,可以与上述的阶段时长 $\tau(\theta)$ 的计算方法相同地,使用现有的基于模式的启动的数据以对应于停止后经过时间 θ 连续变化的方式来进行计算。

[0118] (效果)

[0119] (1)计算处理的简化

[0120] 在本实施方式中,通过将蒸汽轮机设备的启动开始后经过时间划分为多个阶段,例如能够有效使用热源装置的负荷上升时间、热源装置的负荷保持时间等阶段时长,来作

为生成启动调度的基础。并且,可以对存储电路12中存储的与状态量参数的初始值和设备操作量之间的相关关系有关的数据,有效地使用例如在现有的基于模式的启动的启动调度中所使用的实绩值的数据。因此,与多次运用预测计算的情况相比,不需要复杂的计算处理,能够简便地生成与蒸汽轮机设备的状态量参数的初始值对应的启动调度。

[0121] (2)蒸汽轮机设备启动的高速化

[0122] 图3是表示蒸汽轮机设备的停止后经过时间 θ 与阶段时长 $\tau(\theta)$ 的关系的图。在图3中,实线表示本实施方式时的阶段时长 $\tau(\theta)$ 的推移,虚线表示基于模式的启动时的阶段时长 $\tau(\theta)$ 的推移。如图3所示,在基于模式的启动时,在同一模式下与停止后经过时间 θ 的值无关阶段时长 $\tau(\theta)$ 恒定,特别是在各模式中,在停止后经过时间 θ 的值小的条件下,将阶段时长 $\tau(\theta)$ 设定成比需要的长。与此相对,在本实施方式中,通过操作量决定电路13计算的阶段时长 $\tau(\theta)$ 对应于停止后经过时间 θ 连续地变化。由此,可以生成启动需要时间对应于停止后经过时间 θ 连续地变化的启动调度 $LH(t)$ 。此外,能够有效地运用上述的实绩值的数据。该实绩值是满足了制约条件的运用实绩下的值。因此,能够生成对应于任意的停止后经过时间 θ 满足制约条件同时可缩短蒸汽轮机设备的需要启动时间的启动调度。另外,在存储电路12中存储的与状态量参数的初始值和设备操作量之间的相关关系有关的数据并不局限于上述的实绩值。例如,当没有适当的实绩值时,也可以使用理论值。即使在这样的情况下,如果是考虑了制约条件而设定的理论值,则能够得到与实绩值相同地满足制约条件的启动调度。

[0123] (第二实施方式)

[0124] (结构)

[0125] 图4是本实施方式的蒸汽轮机发电设备101的系统结构图。在图4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。

[0126] 本实施方式的启动控制装置2与第一实施方式的不同点在于,还具备需要启动时间计算电路21以及输出电路22。以与第一实施方式的不同点为中心依次进行说明。

[0127] 1.需要启动时间计算电路

[0128] 在图4中,操作量决定电路13以与第一实施方式相同的要领运算阶段时长 $\tau(\theta)$,并将其输出给需要启动时间计算电路21。

[0129] 需要启动时间计算电路21输入由操作量决定电路13运算出的各阶段时长 $\tau(\theta)$,并根据这些计算从蒸汽轮机设备1的启动开始时刻 $T2$ 至启动完成的时刻(以下,称为启动完成时刻 $T3$)的时间(以下,称为需要启动时间 $\Phi(\theta)$)或启动完成时刻 $T3$,并将其输出给输出电路22。图5是表示蒸汽轮机设备1的状态量参数(在本实施方式中为停止后经过时间 θ)与需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 的关系的图。如图5所示,由需要启动时间计算电路21计算的需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 对应于停止后经过时间 θ 而连续地变化。即,由需要启动时间计算电路21计算的需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 与在第一实施方式中说明的阶段时长 $\tau(\theta)$ 同样地,对应于停止后经过时间 θ 而连续地变化。以下,分别对需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 以及启动完成时刻 $T3$ 的计算方法进行说明。

[0130] 需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 的计算方法

[0131] 需要启动时间计算电路21以操作量决定电路13计算出的各阶段时长 $\tau(\theta)$ 的总和来计算需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 。在为图2的启动调度的模型时,作为阶段 $P1 \sim P4$ 的各阶段时长 τ

$1(\theta) \sim \tau 4(\theta)$ 的总和,按照以下方式计算需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 。

[0132] $\Phi(\theta) = \tau 1(\theta) + \tau 2(\theta) + \tau 3(\theta) + \tau 4(\theta)$

[0133] 启动完成时刻 $T3$ 的计算方法

[0134] 图11是表示蒸汽轮机设备1的启动开始时刻 $T2$ 、需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 以及启动完成时刻 $T3$ 的关系的图。如图11所示,作为启动开始时刻 $T2$ 与需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 的和来计算启动完成时刻 $T3$ 。

[0135] 2. 输出电路

[0136] 如图4所示,输出电路22输入由需要启动时间计算电路21计算出的需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 或启动完成时刻 $T3$,并将其输出给输出装置。关于输出装置的输出方法,只要由管理蒸汽轮机设备1的操作员能够确认输出内容即可,可以应用显示器显示、印刷介质显示、声音通知等公知的输出方法。

[0137] 图15是表示作为本实施方式的输出装置采用显示器时的输出内容的一例的图。在图15所示的例子中,是表示停止后经过时间 θ 与启动完成时刻 $T3$ 的关系的图表,在显示器上显示了蒸汽轮机设备1的停止时刻、计划的启动开始时刻、在该启动开始时刻启动时的启动完成时刻等。可以使停止后经过时间 θ 变化,根据预先计算出与多个停止后经过时间 θ 对应的需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 的数据来生成该图表。横轴是蒸汽轮机设备1的停止时刻 $T1$ 与停止后经过时间 θ 的和,纵轴是蒸汽轮机设备1的停止时刻 $T1$ 、停止后经过时间 θ 以及需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 的和。

[0138] 在图15中,计划的启动开始时刻是管理蒸汽轮机设备1的操作员输入的数值。此外,在计划的启动开始时刻启动了蒸汽轮机设备1时的启动完成时刻 $T3$ 是根据由需要启动时间计算电路21计算的需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 计算的值。管理蒸汽轮机设备1的操作员通过确认该图表,能够确认与蒸汽轮机设备1相关的停止时刻、计划的启动开始时刻以及与启动开始时刻对应的启动完成时刻等。

[0139] (效果)

[0140] 根据上述结构,在本实施方式中除了在上述的第一实施方式中得到的效果以外,还可以得到以下的效果。

[0141] 在本实施方式中,需要启动时间计算电路21输入由操作量决定电路13运算出的各阶段时长 $\tau(\theta)$,根据这些计算蒸汽轮机设备1的需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 或启动完成时刻 $T3$,并将这些信息经由输出电路22输出给输出装置。因此,管理蒸汽轮机设备1的操作员能够掌握蒸汽轮机设备1的与启动开始时刻 $T2$ 对应的启动完成时刻 $T3$ 。因此,能够有计划地运用蒸汽轮机设备1。

[0142] 此外,在本实施方式中,是在显示器上表示停止后经过时间 θ 与启动完成时刻 $T3$ 的关系的图表,显示蒸汽轮机设备1的停止时刻、计划的启动开始时刻以及在该启动开始时刻启动时的启动完成时刻等。因此,管理蒸汽轮机设备1的操作员能够通过视觉容易地掌握蒸汽轮机设备1的停止后经过时间 θ 与启动完成时刻 $T3$ 的关系等。从而,能够有计划地运用蒸汽轮机设备1。

[0143] (第三实施方式)

[0144] (结构)

[0145] 图6是表示本实施方式的蒸汽轮机发电设备102的系统结构图。在图6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。

[0146] 在本实施方式中,与第二实施方式的不同点在于,代替输出电路22具备启动开始时刻计算电路31以及输入输出电路32。以与第二实施方式的不同点为中心依次进行说明。

[0147] 在本实施方式中,需要启动时间计算电路21使蒸汽轮机设备1的状态量参数(在本实施方式中为停止后经过时间 θ)变化,使用预先计算了任意多个的停止后经过时间 θ 以及与该任意多个的停止后经过时间 θ 对应的需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 的数据来计算需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 。需要启动时间计算电路21使该数据成为具有多个包含对应的停止后经过时间 θ 和需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 的行(或列)的排列形式(以下,称为停止后经过时间 θ_m 与需要启动时间 $\Phi(\theta_m)$ 的对应表),将其输出给启动开始时刻计算电路31。

[0148] 1. 启动开始时刻计算电路

[0149] 启动开始时刻计算电路31输入从需要启动时间计算电路21输出的停止后经过时间 θ_m 以及需要启动时间 $\Phi(\theta_m)$ 的对应表、从输入输出电路32(后述)输出的由蒸汽轮机设备的操作员输入的启动完成时刻(以下,称为希望启动完成时刻 T_{n4}),为了在希望启动完成时刻 T_{n4} 完成启动,计算应当开始蒸汽轮机设备1的启动的时刻(以下,称为应开始启动时刻 T_{n2}),并将其输出给输入输出电路32。以下,说明应开始启动时刻 T_{n2} 的计算方法的一例。

[0150] 图14是表示应开始启动时刻 T_{n2} 的计算方法的流程图。

[0151] 步骤S1

[0152] 如图14所示,启动开始时刻计算电路31根据停止后经过时间 θ_m 与需要启动时间 $\Phi(\theta_m)$ 的对应表,对每个停止后经过时间 θ_m 计算从蒸汽轮机设备1的停止时刻 T_1 开始至下次启动的启动完成时刻 T_3 的时间(以下,称为非运转时间 Ω)。具体而言,如图11所示,作为停止后经过时间 θ 与需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 的和来计算非运转时间 Ω (非运转时间 Ω =停止后经过时间 θ +需要启动时间 $\Phi(\theta)$)。

[0153] 步骤S2

[0154] 接着,启动开始时刻计算电路31具备预先准备的输入列以及与输入列相同长度的输出列,从输入列中检索输入的值,对于输出检索出的行中的(与输入的值对应的)输出列的值的函数,在输入列设定在步骤S1中计算出的与停止后经过时间 θ_m 对应的非运转时间 Ω_m ,在输出列设定停止后经过时间 θ_m ,生成用于计算停止后经过时间 θ 的函数。

[0155] 步骤S3

[0156] 接着,启动开始时刻计算电路31计算从蒸汽轮机设备1的停止时刻 T_1 至希望启动完成时刻 T_{n4} 的时间(以下,称为希望非运转时间 Ω_n)以及从停止时刻 T_1 至应开始启动时刻 T_{n2} 的时间(以下,称为应待机时间 θ_n)。以下,分别对希望非运转时间 Ω_n 以及应待机时间 θ_n 的计算方法进行说明。

[0157] 希望非运转时间 Ω_n 的计算方法

[0158] 图12是表示蒸汽轮机设备的停止时刻 T_1 、希望启动完成时刻 T_{n4} 以及希望非运转时间 Ω_n 等的关系的图。如图12所示,作为希望启动完成时刻 T_{n4} 与停止时刻 T_1 的差,来计算希望非运转时间 Ω_n 。

[0159] 应待机时间 θ_n 的计算方法

[0160] 对在步骤S2中生成的将非运转时间 Ω 作为输入输出待机时间 θ 的函数输入上述计算出的希望非运转时间 Ω_n 来计算应待机时间 θ_n 。通过该计算输出的应待机时间 θ_n 根据图

12所示的关系,成为从停止时刻 $T1$ 至应开始启动时刻 $Tn2$ 的时间。

[0161] 步骤S4

[0162] 接着,启动开始时刻计算电路31根据图12所示的关系,作为停止时刻 $T1$ 与在步骤S3中计算出的应待机时间 θ_n 的和来计算应开始启动时刻 $Tn2$ 。

[0163] 作为应开始启动时刻 $Tn2$ 的计算方法的其他例子,也可以代替停止后经过时间 θ 而使用需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 。此时,首先在步骤S2中,代替将非运转时间 Ω 作为输入输出停止后经过时间 θ 的函数,而生成将非运转时间 Ω 作为输入输出需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 的函数。然后,在步骤S3中,对该函数输入希望非运转时间 Ω_n 来计算需要启动时间 $\Phi_n(\theta)$ 。然后,在步骤S4中,使用非运转时间 Ω 为停止后经过时间 θ 与需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 之和的关系来计算应待机时间 θ_n ,并计算应开始启动时刻 $Tn2$ 即可。

[0164] 2. 输入输出电路

[0165] 输入输出电路32输入由管理蒸汽轮机设备1的操作员经由输入装置输入的希望启动完成时刻 $Tn4$,并将其输出给启动开始时刻计算电路31。此外,输入由启动开始时刻计算电路31计算出的用于在希望启动完成时刻 $Tn4$ 完成启动的应开始启动时刻 $Tn2$,并将其输出给输出装置。从操作员向输入装置的输入方法可以应用键盘输入等公知的输入方法。此外,从输入输出电路32向输出装置的输出方法可以应用显示器显示、打印介质显示以及声音通知等公知的输出方法。

[0166] 图16是表示作为本实施方式的输出装置采用显示器时的输出内容的一例的图。在图16的例子中,是表示停止后经过时间 θ 与启动完成时刻 $T3$ 的关系的图表,表示了蒸汽轮机设备1的停止时刻、希望启动完成时刻、用于在希望启动完成时刻完成启动的应开始启动时刻等。可以使停止后经过时间 θ 变化根据预先计算出与多个停止后经过时间 θ 对应的非运转时间 $\Omega(\theta)$ 的数据来生成该图表。横轴是停止时刻 $T1$ 与停止后经过时间 θ 之和,纵轴是停止时刻 $T1$ 与非运转时间 $\Omega(\theta)$ 之和。希望启动完成时刻 $Tn4$ 是由管理蒸汽轮机设备1的操作员输入的值,应开始启动时刻 $Tn2$ 是由启动开始时刻计算电路31计算的值。另外,还可以表示当前时刻和在当前时刻启动时的启动完成时刻 $T3$ 。此时,在当前时刻启动时的启动完成时刻可以通过启动开始时刻计算电路31来计算。

[0167] (效果)

[0168] 根据上述结构,在本实施方式中除了在上述各实施方式中得到的各效果以外,还可以得到以下的效果。

[0169] 在本实施方式中,启动开始时刻计算电路31计算用于在希望启动完成时刻 $Tn4$ 使蒸汽轮机设备1完成启动的应开始启动时刻 $Tn2$,并经由输入输出电路32将其输出给输出装置。因此,管理蒸汽轮机设备1的操作员为了在希望启动完成时刻 $Tn4$ 完成启动,能够掌握应开始启动时刻 $Tn2$ 。因此,操作员可以更有计划且高效地进行蒸汽轮机设备1的启动以及停止。

[0170] 此外,在本实施方式中,在显示器中显示表示停止后经过时间 θ 与启动完成时刻 $T3$ 的关系的图表,显示蒸汽轮机设备1的停止时刻、希望启动完成时刻、为了在希望启动完成时刻完成启动应开始启动的时刻等。因此,管理蒸汽轮机设备1的操作员通过视觉能够容易地掌握蒸汽轮机设备1的停止后经过时间 θ 与启动完成时刻 $T3$ 的关系等。从而,能够有计划地运用蒸汽轮机设备1。

[0171] (第四实施方式)

[0172] (结构)

[0173] 图7是表示本实施方式的蒸汽轮机发电设备103的系统结构图。在图7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。

[0174] 在本实施方式中,与第一实施方式的不同点在于,具备设备状态量计算电路41以及数据库更新电路42。以不同点为中心依次进行说明。

[0175] 1. 设备操作量计算电路

[0176] 如图7所示,设备状态量计算电路41计算蒸汽轮机设备1的设备状态量与限制值的偏差 δ ,并将其输出给数据库更新电路42(后述)。

[0177] 设备状态量是测量值或基于测量值的计算值。该计算方法可以应用公知的方法。例如,可以通过热传导方程式计算被加热部内的温度差(温度分布),并通过对该温度差乘以系数来计算被加热部的热应力。此外,关于蒸汽轮机的热延伸差,可以分别对于蒸汽轮机的旋转部以及静止部计算体积平均温度,通过对这些温度与基准温度的差乘以线性膨胀系数来计算旋转部以及静止部各自的热延伸,并计算它们的差。

[0178] 2. 数据库更新电路

[0179] 如图7所示,数据库更新电路42输入从设备状态量计算电路41输出的设备状态量与限制值的偏差 $\delta(\theta)$,此外,输入由操作量决定电路13计算出的停止后经过时间 θ 和与其对应的阶段时长 $\tau(\theta)$,当偏差 $\delta(\theta)$ 的大小在预先决定的规定值以上时,向存储电路12输出信号,以使偏差 $\delta(\theta)$ 变小的方式更新数据库。例如,数据库更新电路42生成如果偏差 $\delta(\theta)$ 有余量则缩短阶段时长 $\tau(\theta)$,如果偏差 $\delta(\theta)$ 没有余量则延长阶段时长 $\tau(\theta)$ 那样的停止后经过时间 θ 与阶段时长 $\tau(\theta)$ 的对应关系,当在存储电路12中已经存在与相同的停止后经过时间 θ 对应的阶段时长 $\tau(\theta)$ 时,进行覆盖更新。

[0180] 图8是表示本实施方式的数据库更新电路42的动作的流程图。以下,参照图8对上述的更新顺序的一例进行说明。

[0181] 如图8所示,数据库更新电路42将设备状态量和限制值的偏差 $\delta(\theta)$ 与裕度 α_1 以及裕度 α_2 (裕度 $\alpha_1 \leq$ 裕度 α_2)进行比较,根据该结果向步骤S2-S4中的某一步骤转移顺序(步骤S1)。在此,裕度 α_1 以及裕度 α_2 是预先决定的值,可以考虑温度的测量误差、热应力或热变形或热延伸等的计算精度、限制值的设定精度等。

[0182] 当偏差 $\delta(\theta)$ 不到裕度 α_1 时,数据库更新电路42根据偏差 $\delta(\theta)$ 与裕度 α_1 的差,基于下式计算阶段时长 $\tau(\theta)$ 变长的阶段时长更新值 $\tau_a(\theta)$ (步骤S2),向后述的步骤S5转移。

[0183] $\tau_a(\theta) = \tau(\theta) + \beta \times (\alpha_1 - \delta)$

[0184] 在此,与限制值的差的反映系数 β 是预先决定的值,可以考虑温度的测量误差、热应力或热变形或热延伸等的计算精度、限制值的设定精度等。

[0185] 当偏差 δ 在裕度 α_1 以上且不到裕度 α_2 时,数据库更新电路42如下那样将阶段时长 $\tau(\theta)$ 直接作为更新阶段时长 $\tau_a(\theta)$ 来处理(步骤S3),向步骤S5转移。

[0186] $\tau_a(\theta) = \tau(\theta)$

[0187] 当偏差 δ 在裕度 α_2 以上时,数据库更新电路42根据偏差 $\delta(\theta)$ 与裕度 α_2 的差,基于下式来计算阶段时长 $\tau(\theta)$ 变短的更新阶段时长 $\tau_a(\theta)$ (步骤S4),向步骤S5转移。

[0188] $\tau_a(\theta) = \tau(\theta) - \beta \times (\delta - \alpha_2)$

[0189] 接着,数据库更新电路42判断在存储电路12中是否已经存储有与相同的停止后经过时间 θ 对应的阶段时长 $\tau(\theta)$ (步骤S5),当存储有与相同的停止后经过时间 θ 对应的阶段时长 $\tau(\theta)$ 时向步骤S6前进,当没有时向步骤S7前进。

[0190] 作为步骤S5的判定结果,当存储有与相同的停止后经过时间 θ 对应的阶段时长 $\tau(\theta)$ 时,数据库更新电路42删除已存储在存储电路12中的与停止后经过时间 θ 对应的阶段时长 $\tau(\theta)$,并保存更新阶段时长 $\tau_a(\theta)$ (步骤S6)。

[0191] 作为步骤S5的判定结果,当没有存储与相同的停止后经过时间 θ 对应的阶段时长 $\tau(\theta)$ 时,数据库更新电路42将待机时间 θ 以及与其对应的更新阶段时长 $\tau_a(\theta)$ 作为新的数据存储在存储电路12中(步骤S7)。

[0192] (效果)

[0193] 根据上述结构,在本实施方式中除了在上述第一实施方式中得到的各效果以外,还可以得到以下的效果。

[0194] 在本实施方式中,设备状态量计算电路41在蒸汽轮机设备1的运转过程中计算设备状态量与限制值的偏差 $\delta(\theta)$,数据库更新电路42将该偏差 $\delta(\theta)$ 的大小与预先决定的规定值进行比较来更新存储电路12的数据库。因此,当偏差 $\delta(\theta)$ 中有余量时,在步骤S4中以使阶段时长 $\tau(\theta)$ 变短的方式进行计算,从而能够生成需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 变短的启动调度,实现高速启动(参照图9)。另一方面,当在偏差 $\delta(\theta)$ 中没有余量时,在步骤S2中以使阶段时长 $\tau(\theta)$ 变长的方式进行计算,从而能够生成需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 变长的启动调度,降低设备状态量,实现蒸汽轮机设备1的设备安全性的提高。因此,能够生成使设备状态量为限制值以下,同时不降低蒸汽轮机设备1的设备安全性可缩短需要启动时间的启动调度。

[0195] (其他)

[0196] 本发明并不局限于上述的各实施方式,包括各种变形例。例如,上述的实施方式是为了便于理解本发明而进行的详细说明,并不一定必须具备说明的所有结构。例如,可以将某实施方式的结构的一部分替换成其他实施方式的结构,此外,也可以对某实施方式的结构追加其他实施方式的结构。此外,还可以对各实施方式的结构的一部分进行其他结构的追加、删除以及置换。

[0197] 例如,保持负荷带 $L(k)$ 是设备操作量中的控制目的值之一,可以代替保持负荷带 $L(k)$ 而计算其他的控制目的值。图10是表示热源装置的负荷上升率与停止后经过时间 θ 的关系的图。如图10所示,例如,关于热源装置的负荷上升率,可以与阶段时长 $\tau(\theta)$ 的计算方法相同地求出与停止后经过时间 θ 的关系。蒸汽轮机保持转速、蒸汽轮机通气蒸汽温度等也是相同的。

[0198] 此外,例如可以将初始状态参数取得电路11、存储电路12、操作量决定电路13以及启动调度生成电路14开始动作的定时设在蒸汽轮机设备1的启动开始前,但只要能够得到上述的本发明的本质效果,则不必对这些电路开始动作的定时进行限定。例如,可以是蒸汽轮机设备1的启动紧前或蒸汽轮机设备1的设备运转中的任意的定时。当在蒸汽轮机设备1的启动前开始动作时,能够预先掌握启动完成时刻。此外,这些电路通过利用已经存在的数据来抑制计算量从而能够在短时间内生成启动调度,因此即使在蒸汽轮机设备1的启动紧前进行动作的情况下,也能够生成并提供启动调度。此外,即使在蒸汽轮机设备1的运转过程中进行动作的情况下,也能够随时更新启动调度同时执行启动控制。

[0199] 此外,例如,作为计算各阶段时长 $\tau(\theta)$ 的方法,说明了在操作量决定电路13中使用线性插补方法来进行计算的情况。但是,如果能够得到上述的本发明的本质效果则并不局限于该方法。以下,说明根据停止后经过时间 θ 计算阶段时长 $\tau(\theta)$ 的其他方法。

[0200] 使用近似式的计算方法

[0201] 生产根据停止后经过时间 θ 计算阶段时长 $\tau(\theta)$ 的近似式,并根据该近似式来计算各阶段时长 $\tau(\theta)$ 。在生成该近似式时,预先决定线性式、非线性式等公式,根据在存储电路12中存储的停止后经过时间 θ_d 与各阶段时长 $\tau(\theta_d)$ 的对应表来决定构成公式的各项的系数。另外,如果操作量决定电路13存储有上述的近似式,则启动控制装置2也可以不具备存储电路12。此时,虽然无法蓄积新的数据来用于今后的启动控制中,但通过最大限度地利用已经存在的数据能够以更低的成本构筑启动控制装置2。

[0202] 基于对应表的计算方法

[0203] 通过使用上述的线性插补方法或近似式的方法,使停止后经过时间 θ 变化,预先计算任意的多个停止后经过时间 θ 和与其对应的阶段时长 $\tau(\theta)$ 。另一方面,具备输入列以及与输入列相同长度的输出列,从输入列检索输入的值,事前准备输出检索出的行的(与输入的值对应的)输出列的值的函数。然后,分别对该函数的输入列和输出列设置上述的任意的停止后经过时间 θ 和与其对应的阶段时长 $\tau(\theta)$,生成将停止后经过时间 θ 设成输入,将阶段时长 $\tau(\theta)$ 设成输出的函数。然后,使用该函数根据停止后经过时间 θ 计算阶段时长 $\tau(\theta)$ 。另外,如果操作量决定电路13具备上述函数,则启动控制装置2可以不具备存储电路12。此时,与使用上述的近似式的计算方法相同,虽然无法积蓄新的数据来应用,但通过最大限度地利用已经存在的数据能够以更低的成本构筑启动控制装置2。

[0204] 此外,作为需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 的计算方法,表示了对各阶段时长 $\tau(\theta)$ 求和的方法。然而,只要能够得到上述的本发明的本质效果,则并不局限于该方法。以下,对需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 的其他计算方法进行说明。

[0205] 使用近似式的计算方法

[0206] 生成根据停止后经过时间 θ 计算需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 的近似式,并根据该近似式来计算需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 。当生成该近似式时,预先决定线性式、非线性式等公式,根据存储在存储电路12中的停止后经过时间 θ_d 和与其对应地设定的各阶段时长 $\tau(\theta_d)$ 的对应表来决定构成公式的各项系数。关于该各项系数,例如可以分别对根据停止后经过时间 θ_d 计算各阶段时长 $\tau(\theta_d)$ 的近似式的各项系数进行求和。或者,当在操作量决定电路13中使用根据停止后经过时间 θ 计算各阶段时长 $\tau(\theta)$ 的近似式时,根据该近似式来决定根据停止后经过时间 θ 计算需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 的近似式的各项系数。关于根据停止后经过时间 θ 计算需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 的近似式的各项的系数,例如可以分别对根据停止后经过时间 θ 计算各阶段时长 $\tau(\theta)$ 的近似式的各项系数进行求和。另外,当需要启动时间计算电路21具备上述的根据停止后经过时间 θ 计算需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 的近似式时,不需要从操作量决定电路13输出与各阶段时长 $\tau(\theta)$ 相关的信号,因此能够简化信号处理。

[0207] 使用对应表的计算方法

[0208] 通过上述的对所有的阶段时长 $\tau(\theta)$ 进行求和的方法或使用近似式的方法等,使停止后经过时间 θ 变化来预先计算任意的多个停止后经过时间 θ 和与其对应的需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 。另一方面,具备输入列以及与输入列相同长度的输出列,从输入列检索输入的值,事

前准备输出检索出的行中的(与输入的值对应的)输出列的值的函数。然后,对该函数的输入列和输出列分别设定上述的任意的停止后经过时间 θ 和与其对应的需要启动时间 $\Phi(\theta)$,生成将停止后经过时间 θ 设成输入输出需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 的函数。然后,使用该函数根据停止后经过时间 θ 计算需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 。另外,如果需要启动时间计算电路21具备上述的函数时,则不需要从操作量决定电路13输出与各阶段时长 $\tau(\theta)$ 相关的信号,因此能够简化信号处理。

[0209] 此外,作为输出装置采用显示器时的显示内容的一例,说明了显示表示停止后经过时间 θ 与启动完成时刻 T_3 的关系的图表的情况。然而,只要能够得到上述的本发明的本质效果,在显示器上显示的内容并不局限于这些。例如,如图11所示,也可以显示在一个时间轴中表示蒸汽轮机设备1的停止时刻 T_1 、启动开始时刻 T_2 、启动完成时刻 T_3 。此时,管理蒸汽轮机设备1的操作员能够一连串地掌握蒸汽轮机设备1的停止时刻 T_1 、启动开始时刻 T_2 、启动完成时刻 T_3 等的关系,从而能够更有计划地运用蒸汽轮机设备1。

[0210] 此外,说明了启动开始时刻计算电路31计算应开始启动时刻 T_{n2} ,经由输入输出电路32向输出装置输出的结构。但是,只要能够得到上述的本发明的本质效果,则并不局限于该结构。例如,启动开始时刻计算电路31可以将是否能够使蒸汽轮机设备1在希望启动完成时刻 T_{n4} 完成启动的信号(以下,称为启动可否完成信号)与应开始启动时刻 T_{n2} 一起,经由输入输出电路32输出给输出装置。参照图12以及图13说明此时的启动开始时刻计算电路31的动作。图13是表示蒸汽轮机设备的停止时刻 T_1 、希望启动完成时刻 T_{n4} 、需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 等的关系的图。例如,启动开始时刻计算电路31将当前时刻与应开始启动时刻 T_{n2} 进行比较,如果当前时刻早于应开始启动时刻 T_{n2} ,即如图12所示,如果当前时刻相对于应开始启动时刻 T_{n2} 位于停止时刻 T_1 侧,则在希望启动完成时刻 T_{n4} 输出启动可完成信号,如果当前时刻晚于应开始启动时刻 T_{n2} ,即如图13所示,应开始启动时刻 T_{n2} 相对于当前时刻位于停止时刻 T_1 侧,则在希望启动完成时刻 T_{n4} 输出启动不能完成信号。

[0211] 此外,当如上所述在希望启动完成时刻 T_{n4} 无法完成启动时,启动开始时刻计算电路31计算在当前时刻开始了蒸汽轮机设备1的启动时能够完成启动的时刻(以下,称为启动可完成时刻 T_{n3}),并输出给输入输出电路32。此时,启动开始时刻计算电路31计算从停止时刻 T_1 至当前时刻的时间(停止后经过时间 θ),并根据该停止后经过时间 θ 来计算需要启动时间 $\Phi(\theta)$,作为当前时刻与需要启动时间 $\Phi(\theta)$ 之和来计算启动可完成时刻 T_{n3} 。

[0212] 如上所述,启动开始时刻计算电路31输出在希望启动完成时刻 T_{n4} 的启动可否完成信号、在希望启动完成时刻 T_{n4} 不能完成启动时的启动可完成时刻 T_{n3} 等,通过经由输入输出电路32输出给输出装置,由此管理蒸汽轮机设备1的操作员能够掌握是否能够在希望启动完成时刻 T_{n4} 完成启动。此外,操作员在希望启动完成时刻 T_{n4} 不能完成启动时,能够掌握从当前时刻启动时的启动可完成时刻 T_{n3} 。因此,操作员能够有计划地运用蒸汽轮机设备1,能够柔性地应对电力需要。

[0213] 此外,表示了启动开始时刻计算电路31输入从需要启动时间计算电路21输出的停止后经过时间 θ_m 与需要启动时间 $\Phi(\theta_m)$ 的对应表和从输入输出电路32输出的希望启动完成时刻 T_{n4} ,计算应开始启动时刻 T_{n2} 的情况。但是,如果能够得到上述的本发明的本质效果,则并不局限于该结构。例如,启动开始时刻计算电路31也可以具备停止后经过时间 θ_m 与非运转时间 Ω_m 的对应表,或者具备预先生成的将非运转时间 Ω 作为输入将停止后经过时

间 θ 作为输出的函数。此时,启动开始时刻计算电路31不需要从需要启动时间计算电路21输入上述的对应表,从而能够简化信号处理。

[0214] 此外,作为将显示器用作输出装置时的显示内容的一例,说明了显示用于表示停止后经过时间 θ 与启动完成时刻 T_3 的关系的图表的情况。但是,如果能够得到上述的本发明的本质效果,显示器显示的内容不限于此。例如,如图12所示,可以在显示器中显示在一个时间轴上表示停止时刻 T_1 、希望启动完成时刻 T_{n4} 、应开始启动时刻 T_{n2} 以及当前时刻。通过将上述的信息显示在显示器上,管理蒸汽轮机设备1的操作员能够一连串掌握停止时刻 T_1 、希望启动完成时刻 T_{n4} 、应开始启动时刻 T_{n2} 以及当前时刻等的关系。从而,能够更高效地制定蒸汽轮机设备1的运用调度。

[0215] 此外,可以将设备热负荷计算电路41以及数据库更新电路42开始动作的定时设成蒸汽轮机设备1的启动开始前,但如果能够得到上述的本发明的本质效果,则并不局限于这些电路开始动作的定时。例如,设备热负荷计算电路41以及数据库更新电路42可以在包括蒸汽轮机设备1的运转过程中的任意的定时开始动作。当在蒸汽轮机设备1停止后到下次启动为止的期间这些电路开始了动作时,在下次启动时能够生成反映了更新后的数据的启动调度。此外,当在汽轮机装置1的运转过程中这些电路开始了动作时,即使在蒸汽轮机设备1停止后到下次启动为止的期间较短的情况下,在下次启动时也能够生成反映了更新后的数据的启动调度。

[0216] 此外,可以将本发明的启动控制装置用于联合循环发电设备、蒸汽发电设备以及太阳能发电设备等具备蒸汽轮机的全部设备中。

[0217] 例如,在将本发明的启动控制装置运用在联合循环发电设备中时,热源介质可以采用天然气、氢气等燃气,热源介质量操作部可以采用燃气调节阀,低温流体可以采用空气,低温流体量操作部可以采用进口导叶、热源装置可以采用燃气轮机,高温流体可以采用燃气轮机排气,蒸汽产生设备可以采用排热回收锅炉。

[0218] 此外,在将本发明的启动控制装置运用在蒸汽发电设备中时,热源介质可以采用煤或天然气,热源介质量操作部可以采用燃料调节阀,低温流体可以采用空气或氧气,低温流体量操作部可以采用空气流量调节阀,热源装置可以采用锅炉中的火炉,高温流体可以采用燃气,蒸汽产生设备可以采用锅炉中的传热部(蒸汽产生部)。

[0219] 此外,在将本发明的启动控制装置运用在太阳能发电设备中时,热源介质可以采用太阳光,热源介质量操作部可以采用集热板驱动装置,低温流体以及高温流体可以采用油或高温溶盐等转换并保有太阳热能的介质,低温流体量操作部可以采用油或高温溶盐等的流量调节阀,热源装置可以采用集热板,蒸汽产生设备可以采用通过与高温流体的热交换将供水加热成蒸汽的设备。

[0220] 此外,在将本发明的启动控制装置运用在组合了燃料电池和蒸汽轮机的发电设备中时,热源介质可以采用一氧化碳、氢气等燃气,热源介质量操作部可以采用燃气调节阀,低温流体可以采用空气,低温流体量操作部可以采用空气调节阀,热源装置可以采用燃料电池,高温流体可以采用燃料电池排气,蒸汽产生设备可以采用排热回收锅炉。

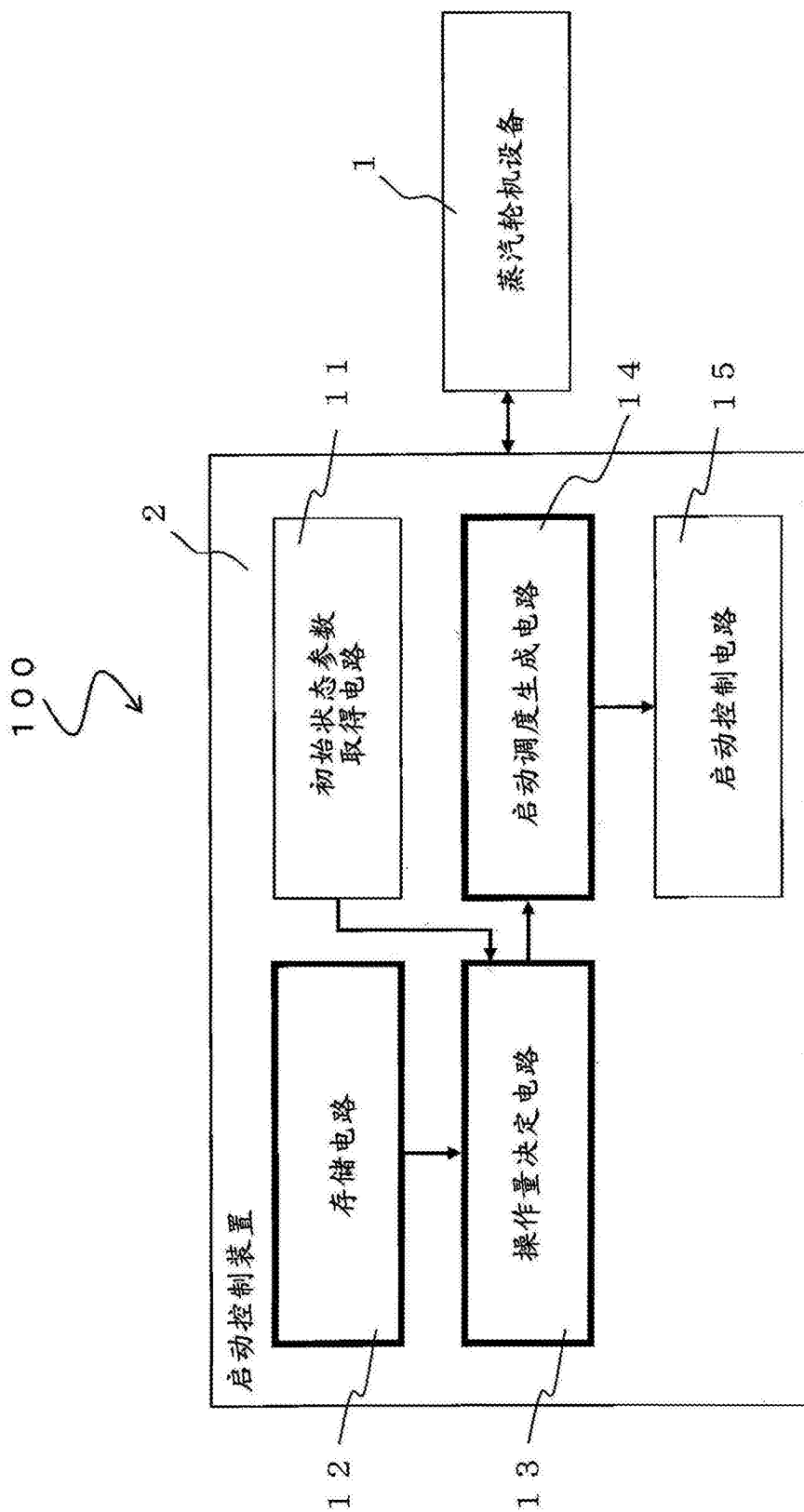


图1

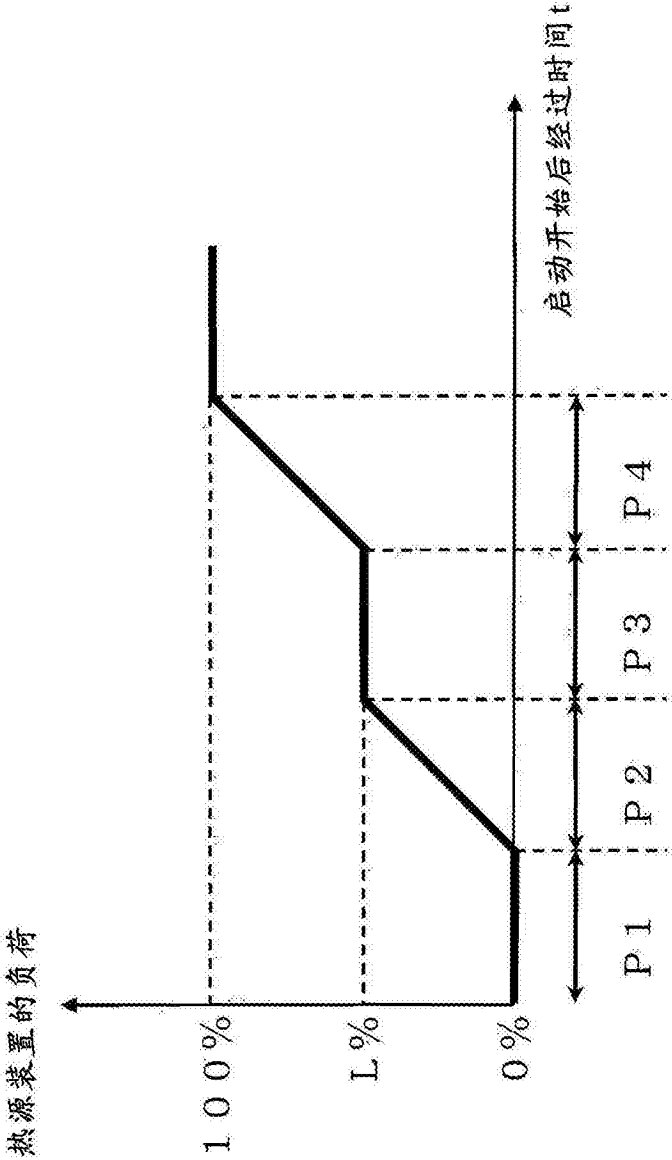


图2

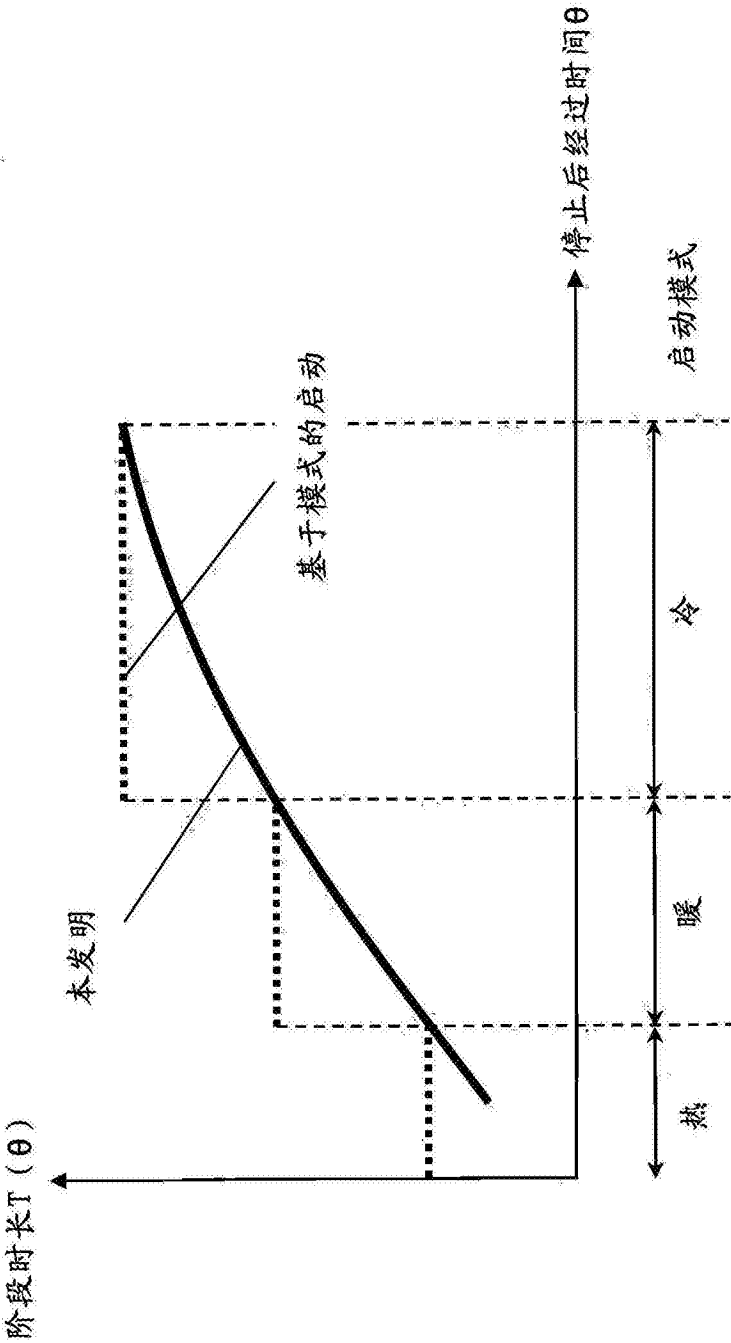


图3

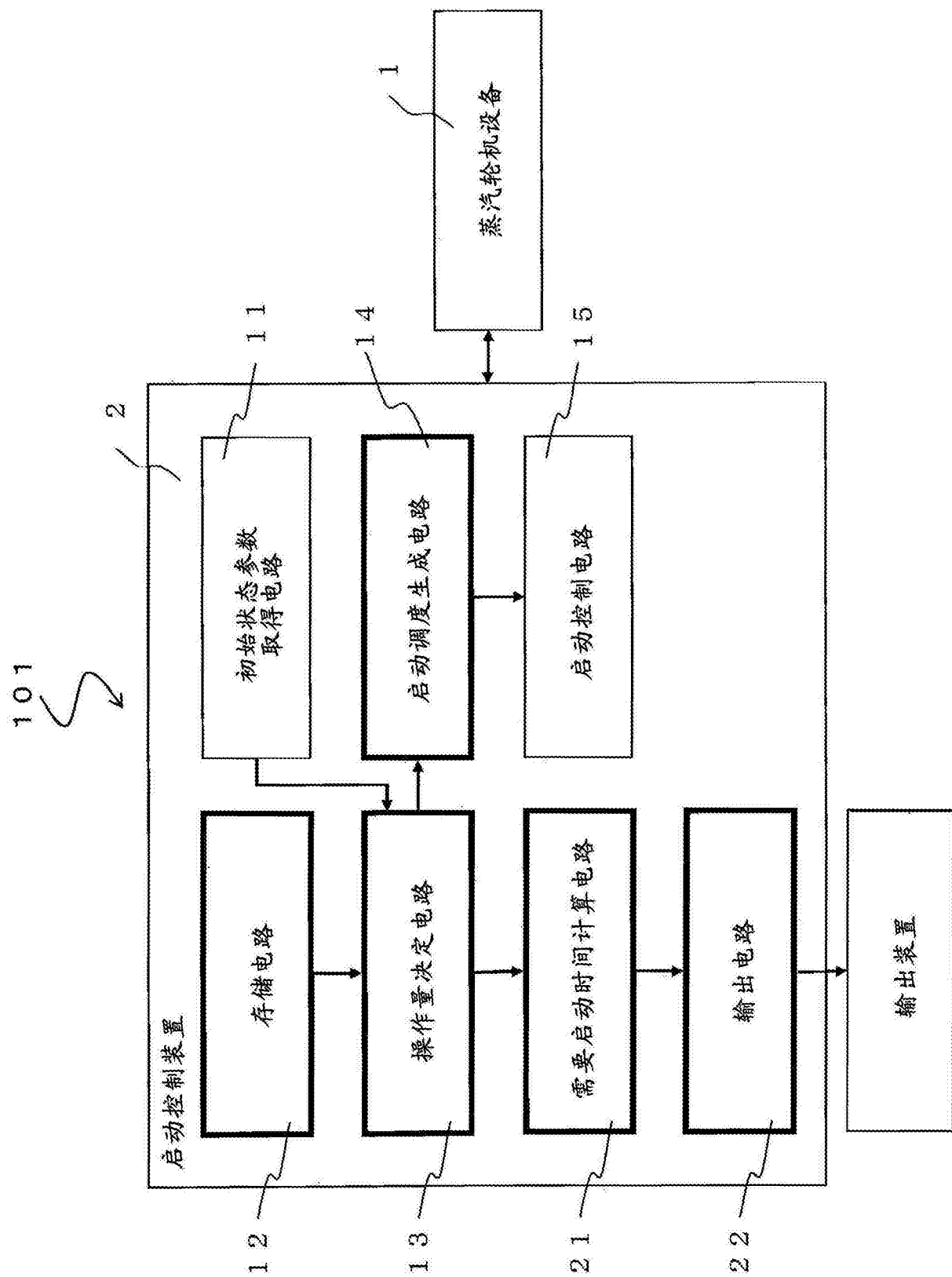


图4

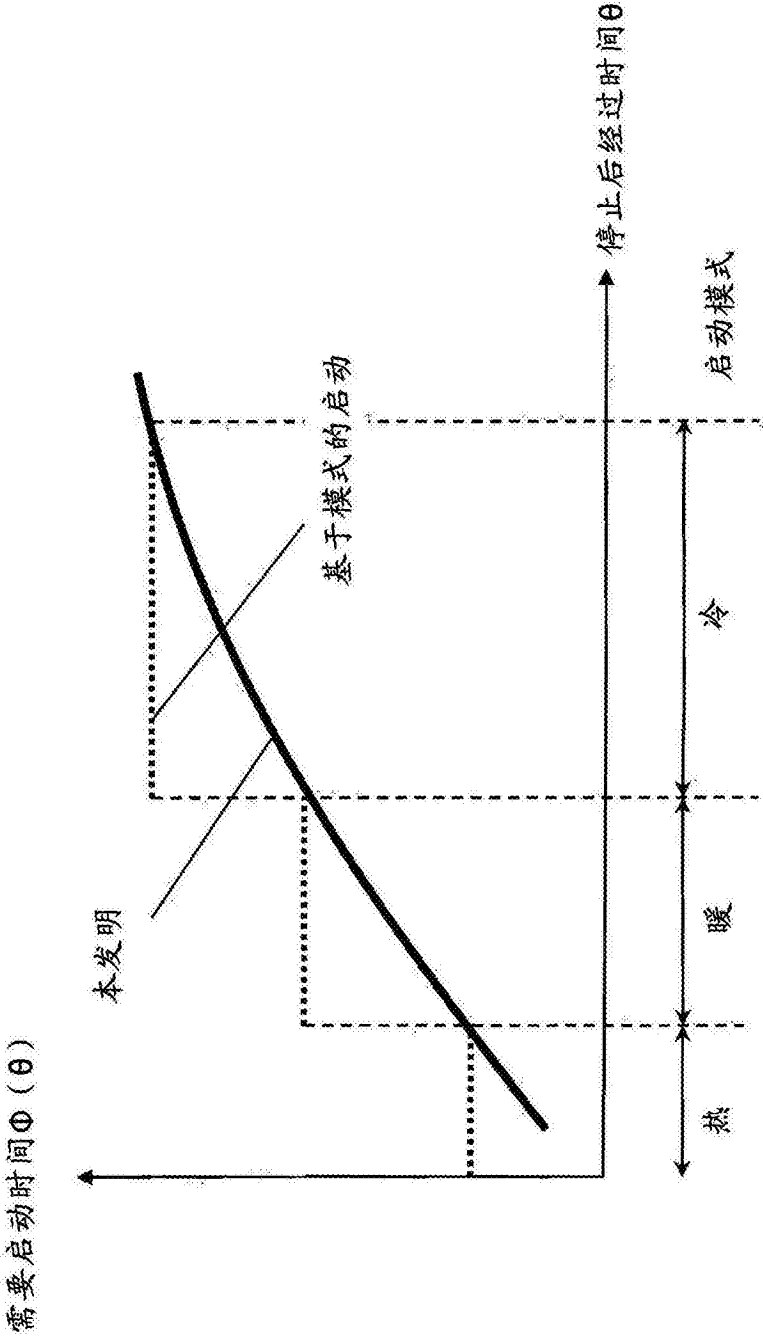


图5

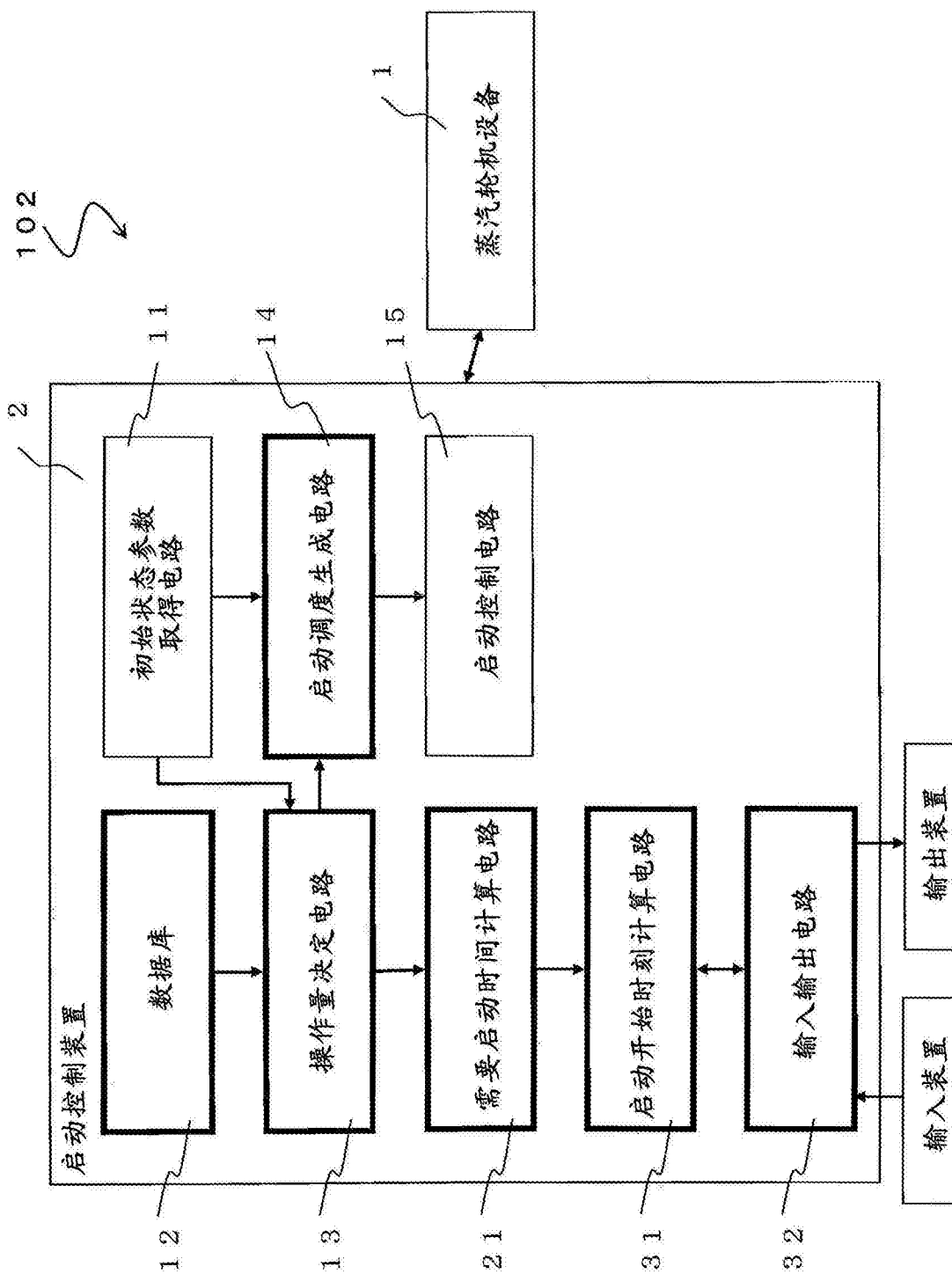


图6

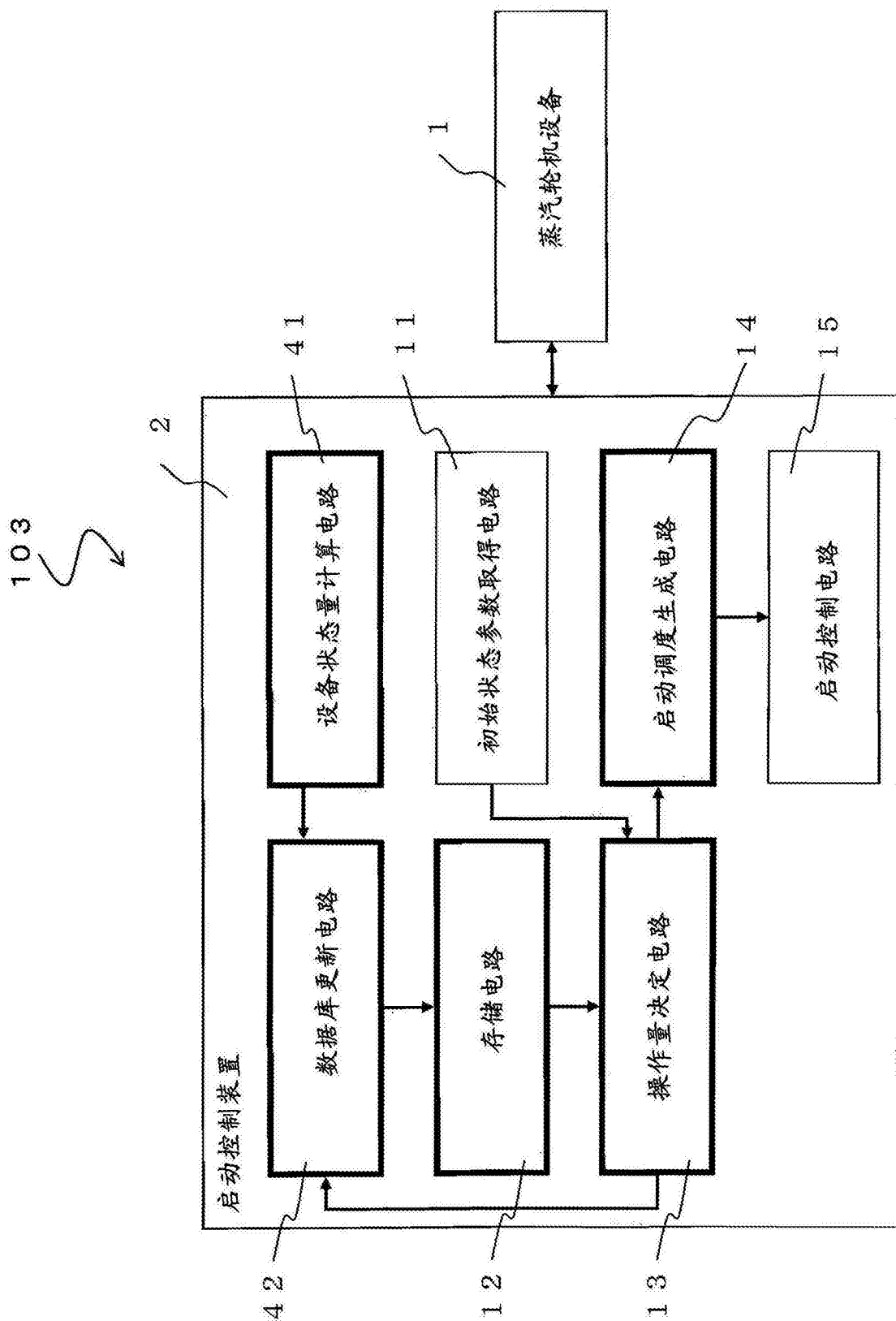


图7

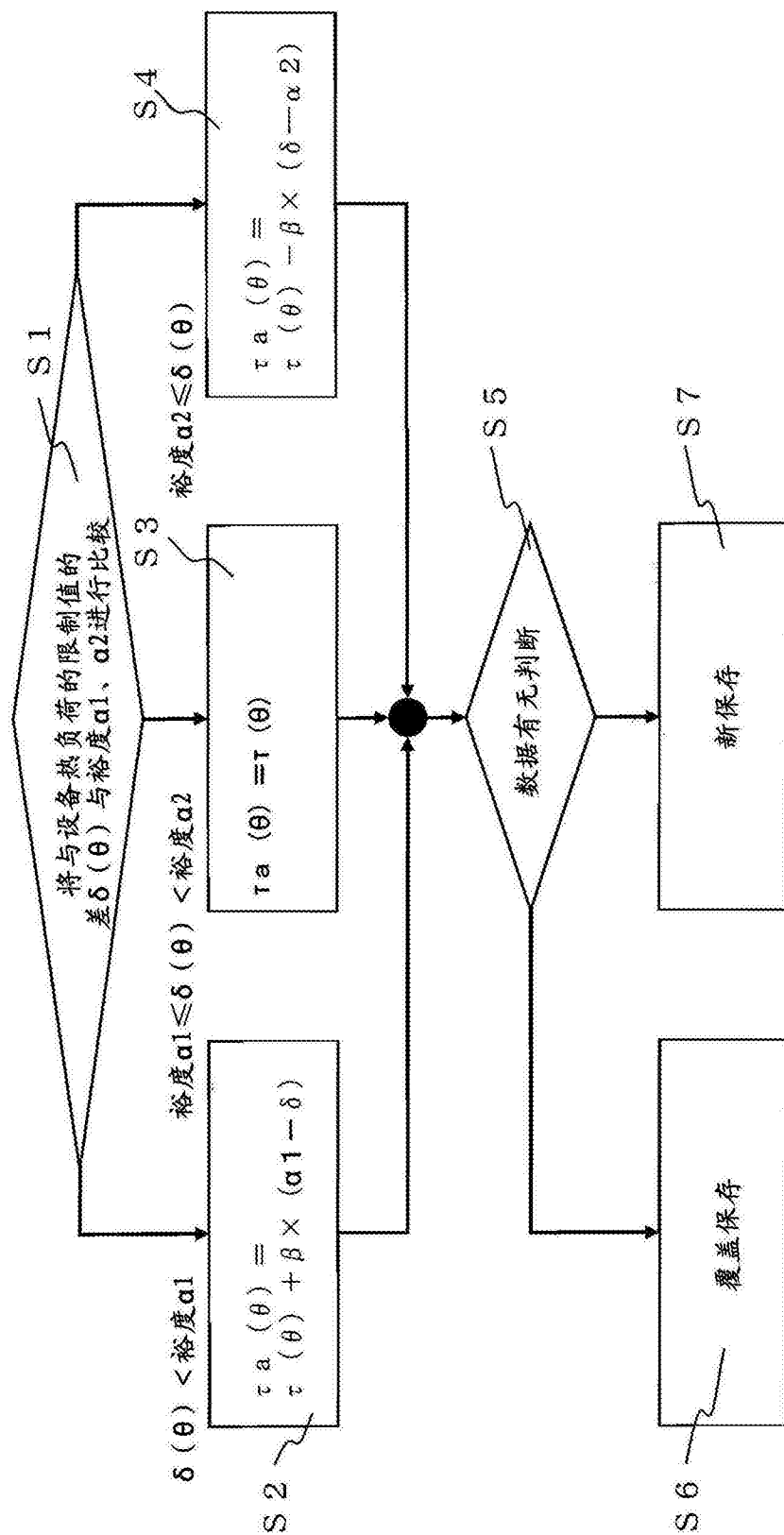


图8

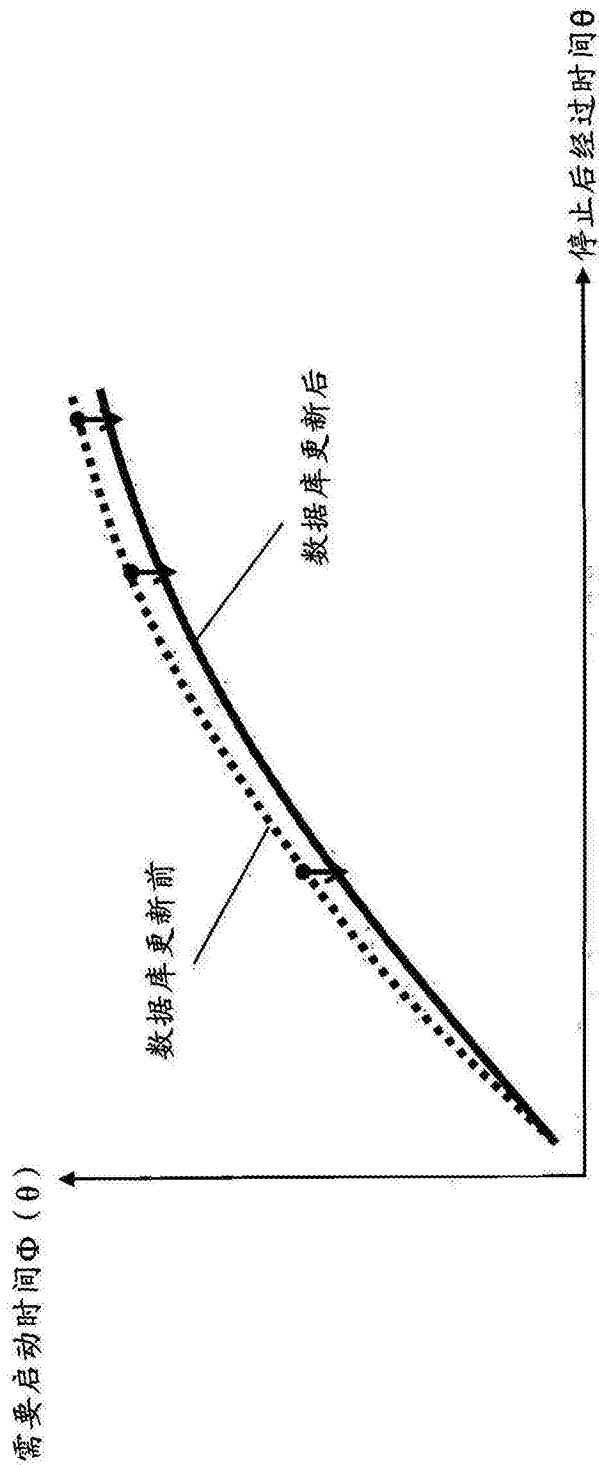


图9

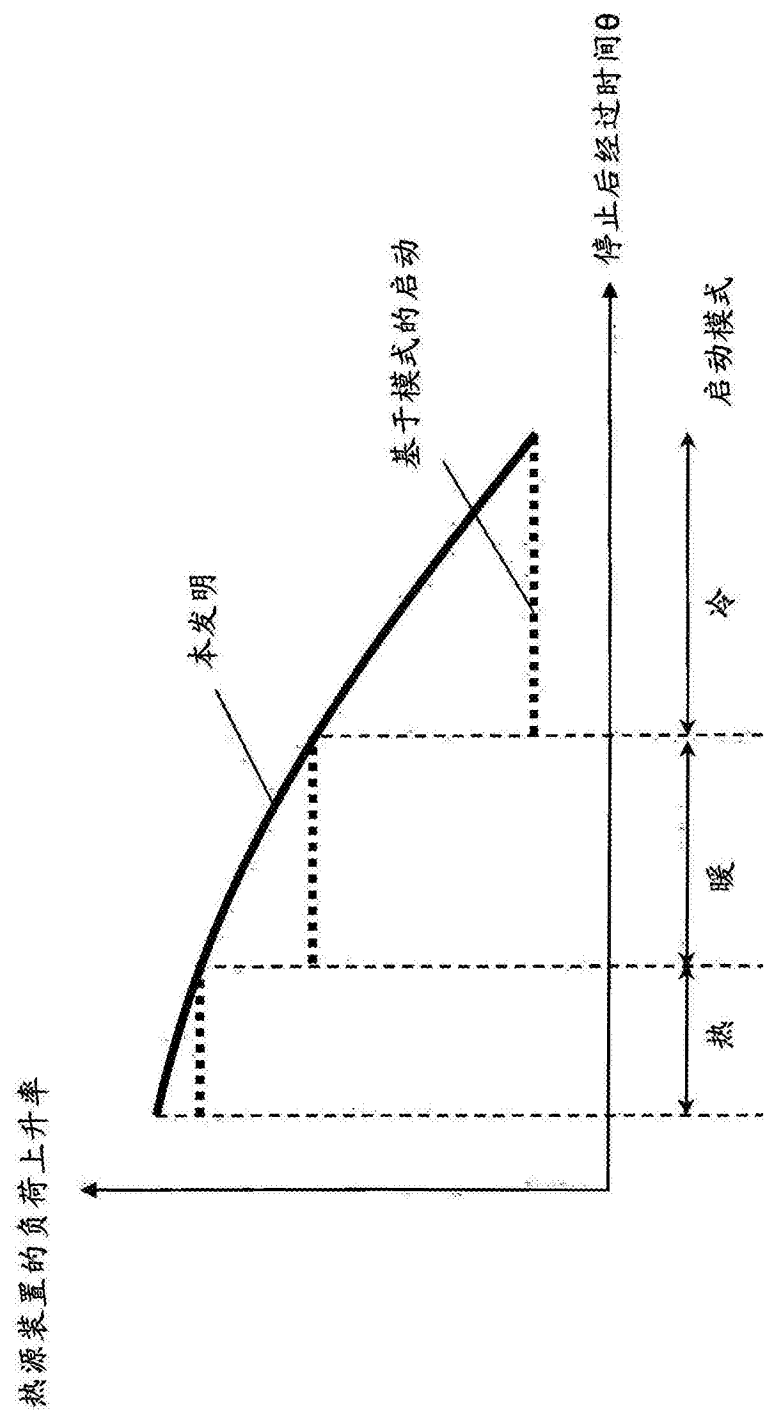


图10

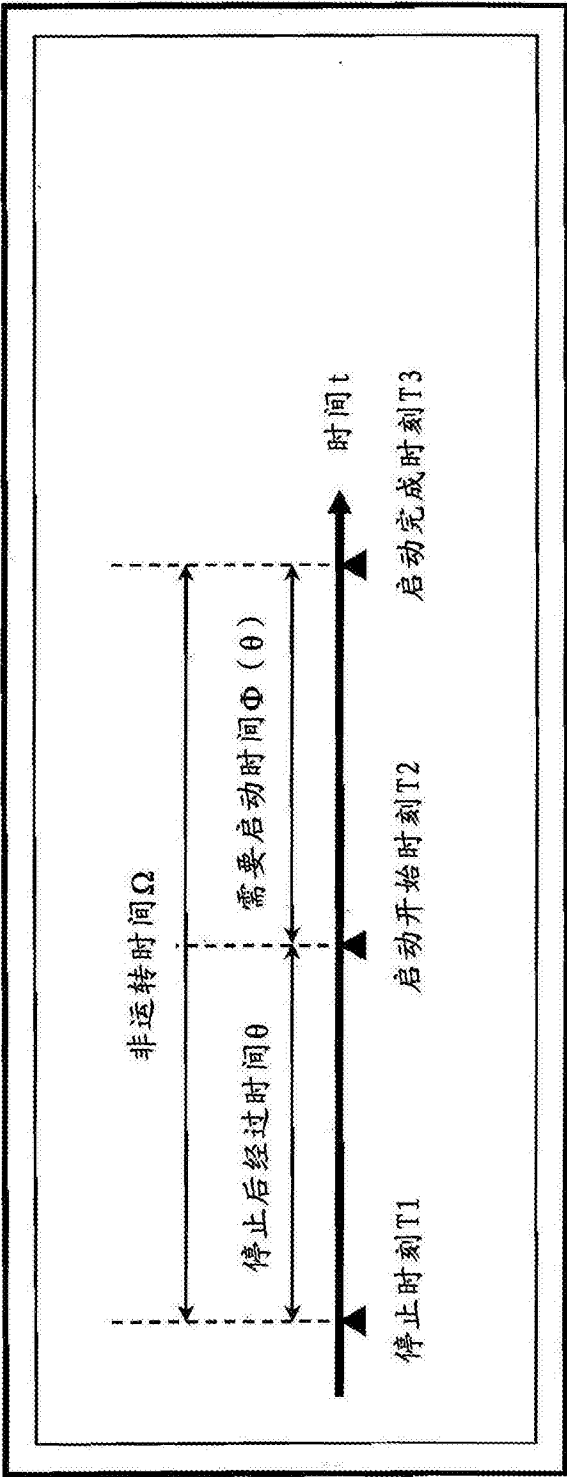


图11

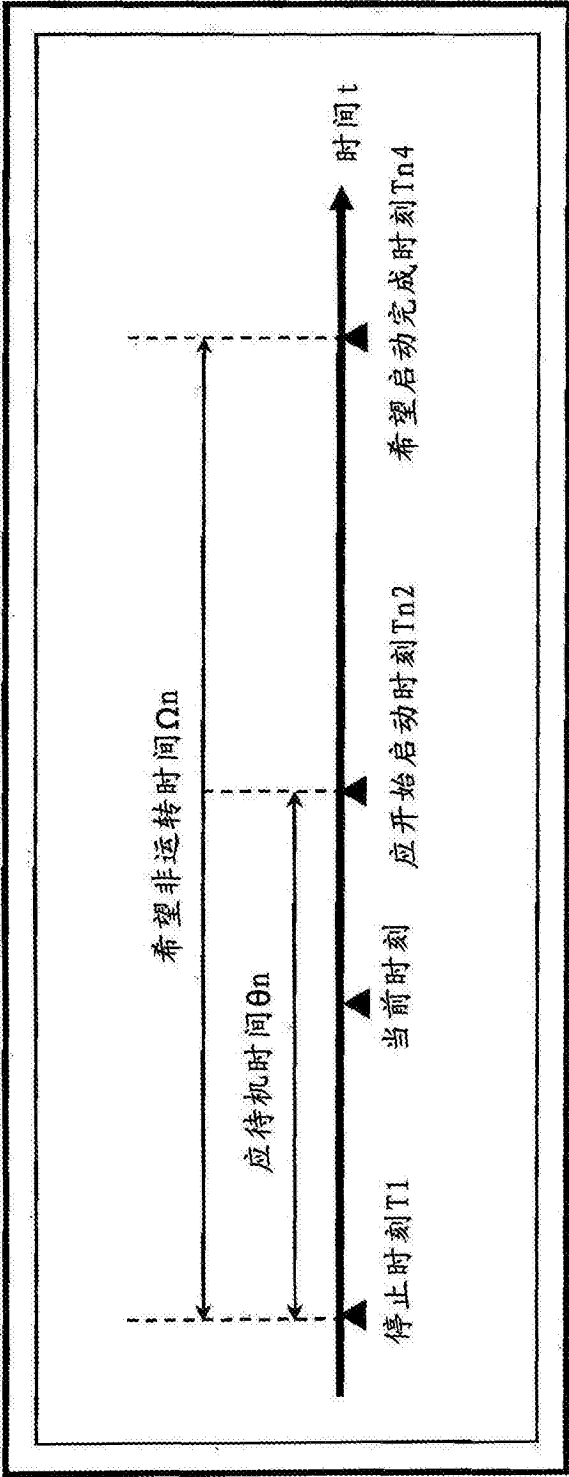


图12

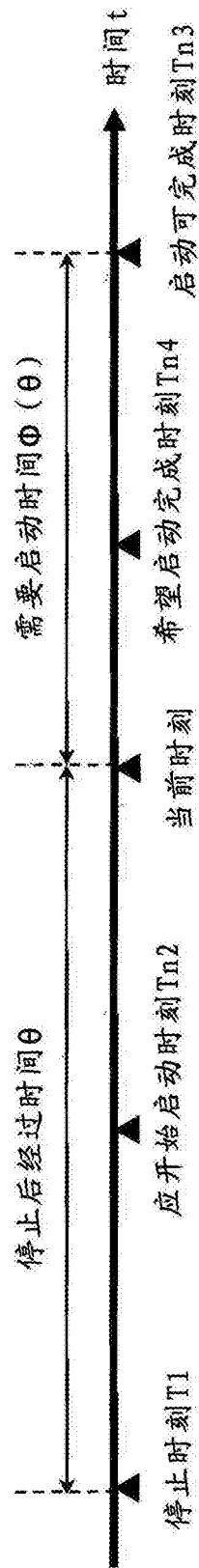


图13

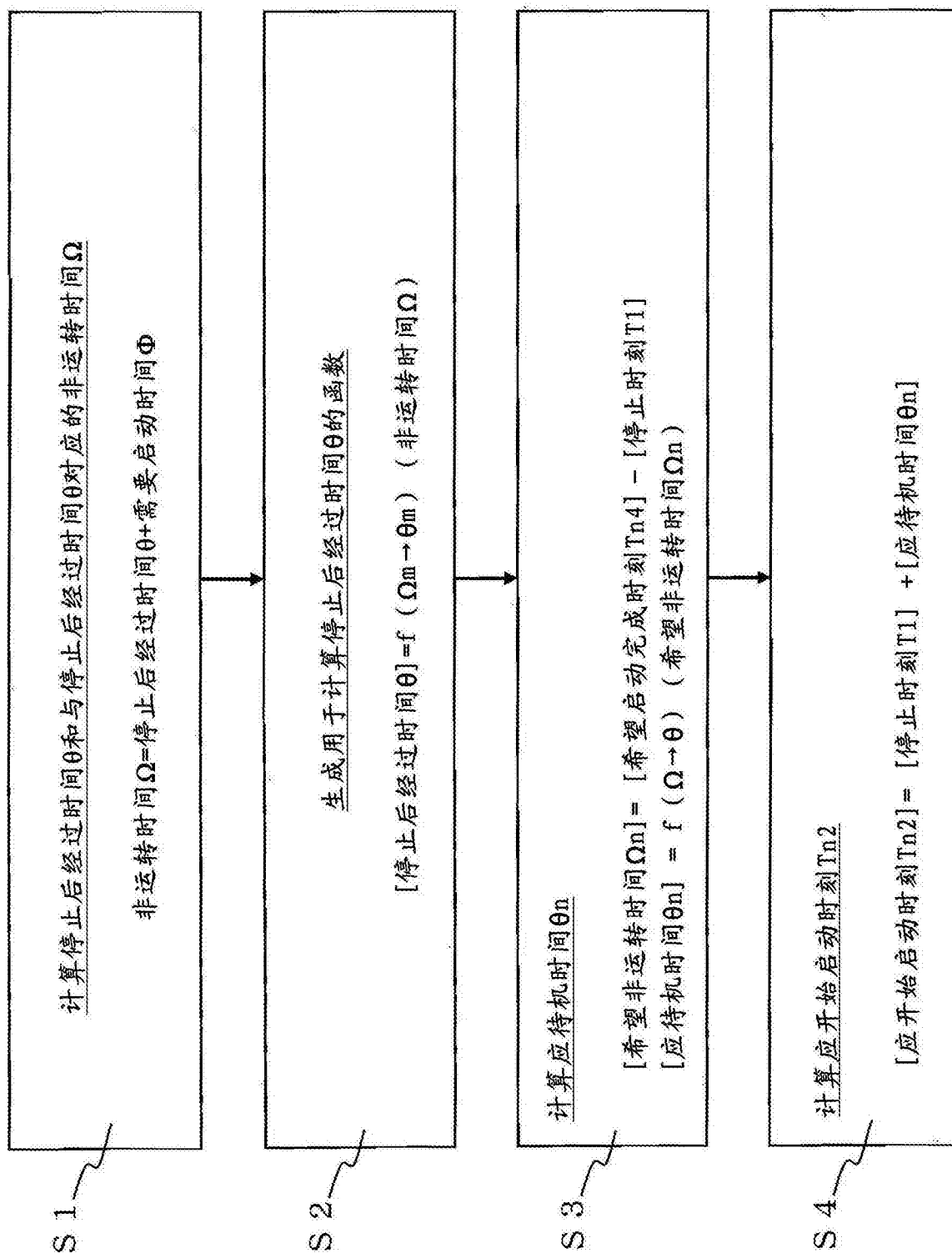


图14

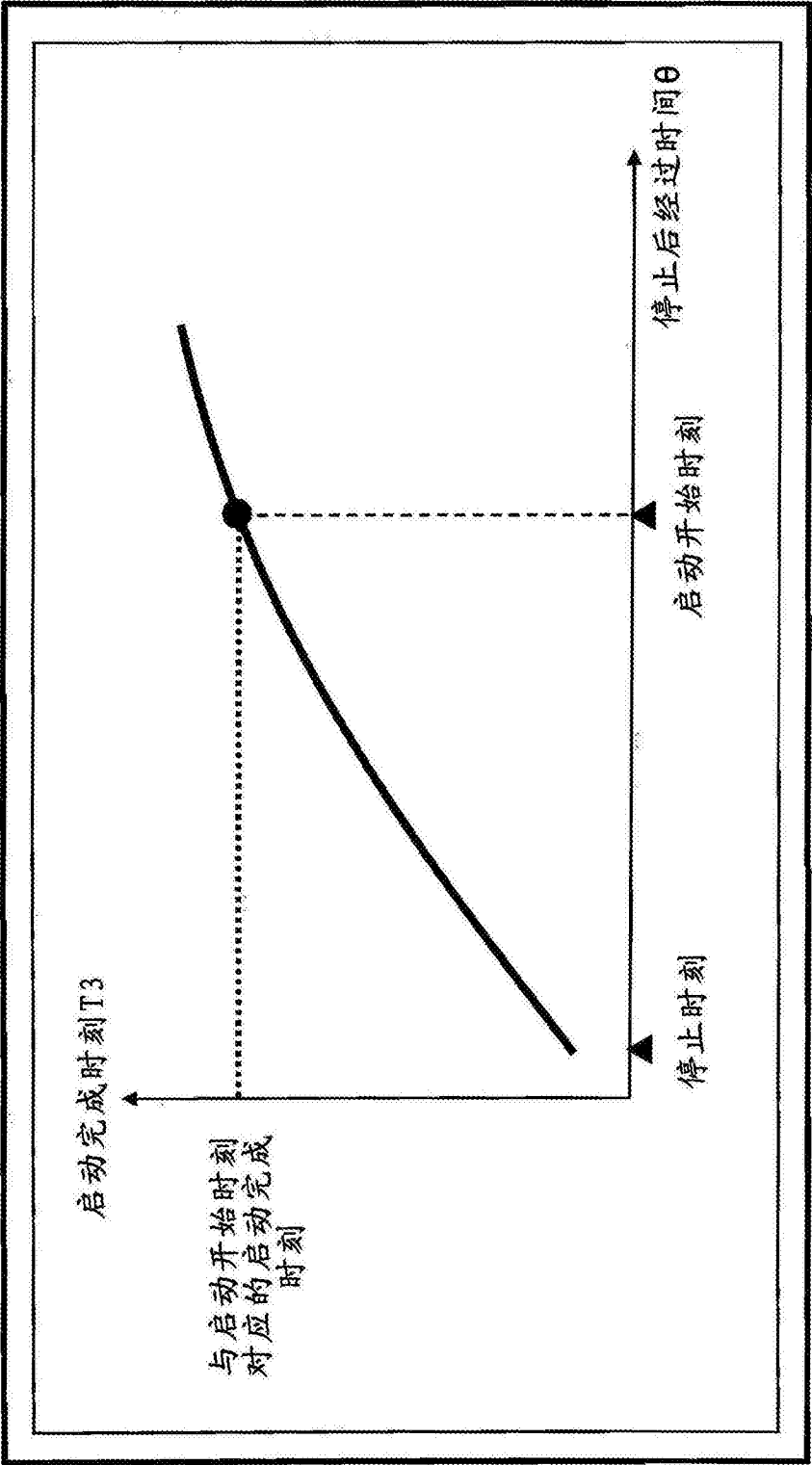


图15

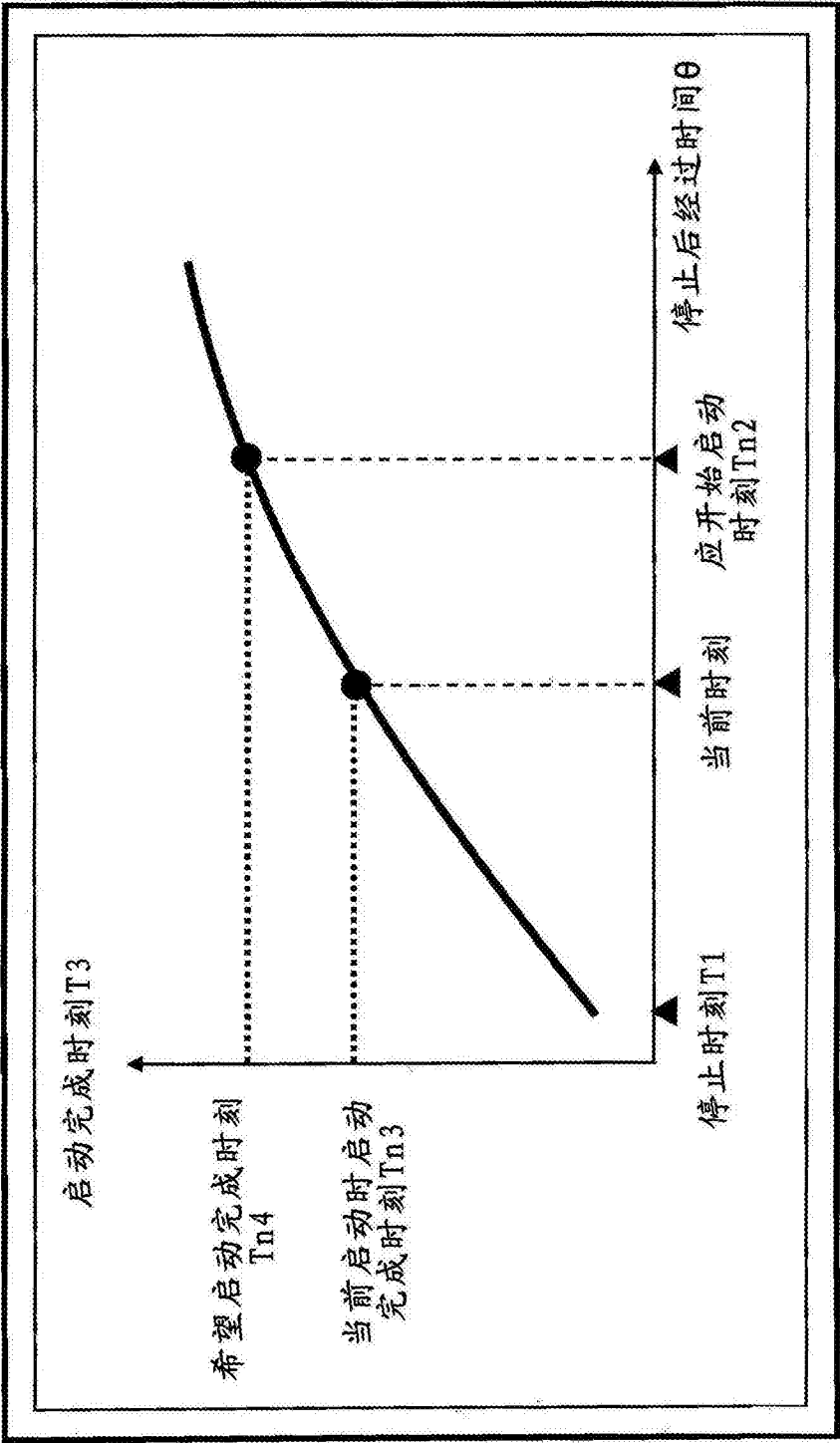


图16