



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104730330 A

(43) 申请公布日 2015.06.24

(21) 申请号 201410809430.8

(22) 申请日 2014.12.23

(30) 优先权数据

1363398 2013. 12. 23 FR

(71) 申请人 通用电气能源产品法国有限公司

地址 法国贝尔福

(72)发明人 M. 比凯

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 严志军 谭祐祥

(51) Int. Cl.

G01R 21/00(2006. 01)

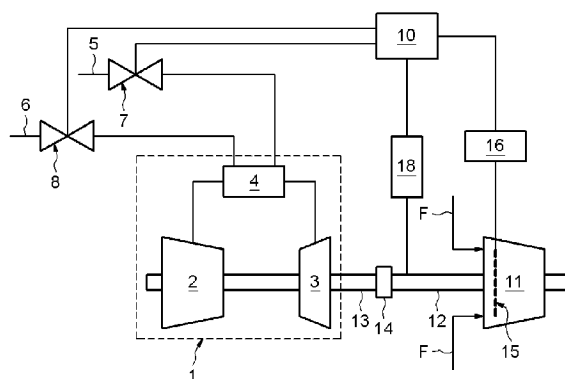
权利要求书1页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

用于测试旋转机器的系统和方法

(57) 摘要

一种用于测试旋转机器 (1) 的系统包括 : 可变负载 (11), 其联接于由旋转机器驱动的轴 (12, 13) ; 以及控制器 (10), 其构造成在闭环中调整旋转机器和可变负载。可变负载 (11) 的负载值的变化使由旋转机器 (1) 产生的功率改变。控制器 (10) 进一步构造成确定由旋转机器 (1) 产生的功率所需的响应时间和由待平衡的可变负载 (11) 消耗的功率。



1. 一种用于测试旋转机器的系统,所述系统包括:
可变负载 (11),其联接于由所述旋转机器驱动的轴 (12,13);以及
控制器 (10),其构造成在闭环中调整所述旋转机器和所述可变负载 (11),使得所述可变负载 (11) 的负载值的变化使由所述旋转机器产生的功率改变,所述控制器 (10) 进一步构造成确定由所述旋转机器产生的所述功率所需的响应时间和由待平衡的所述可变负载消耗的功率。
2. 根据权利要求 1 所述的系统,其特征在于,所述控制器 (10) 进一步构造成控制所述可变负载 (11) 的负载值的变化。
3. 根据权利要求 1 所述的系统,其特征在于,所述系统进一步包括可操作地联接于所述旋转机器的传感器 (18),所述传感器构造成测量所述轴的旋转速度,所述控制器进一步构造成确定由所述旋转机器产生的所述功率和由所述可变负载消耗的所述功率是否基于测得旋转速度而平衡。
4. 根据权利要求 1 所述的系统,其特征在于,所述可变负载 (11) 包括压缩机,所述压缩机包括构造成调整通过所述可变负载压缩机的入口的空气流的至少一个调节阀 (15)。
5. 根据权利要求 4 所述的系统,其特征在于,所述控制器 (10) 进一步构造成调节所述至少一个调节阀 (15),以控制所述可变负载 (11) 的负载值的变化。
6. 根据权利要求 4 所述的系统,其特征在于,所述控制器 (10) 包括压缩机负载图,所述压缩机负载图存储所述至少一个调节阀 (15) 的设定和所述可变负载的对应的负载值。
7. 根据权利要求 6 所述的系统,其特征在于,所述压缩机负载图进一步存储所述轴旋转速度的对应值。
8. 根据权利要求 1 所述的系统,其特征在于,所述可变负载包括通过断路器 (26) 联接于电阻性负载 (25) 的交流发电机 (24)。
9. 根据权利要求 8 所述的系统,其特征在于,所述控制器进一步构造成确定由所述旋转机器产生的所述功率和由所述可变负载消耗的所述功率是否基于由所述交流发电机提供的测得电流而平衡。
10. 根据权利要求 1 所述的系统,其特征在于,所述可变负载包括通过断路器 (22) 联接于马达 (21) 的交流发电机 (20),所述马达构造成驱动机械负载 (23)。

用于测试旋转机器的系统和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

本申请要求 2013 年 12 月 23 日提交的法国专利申请序列 No. 13 63398 的优先权,其名称为“SYSTÈME ET PROCÉDÉ DE TEST D'UNE MACHINE TOURNANTE”(System and Process of Test of a Rotary Machine)(测试旋转机器的系统和过程),该申请的公开内容通过引用而整体地结合在本文中。

技术领域

[0002] 本公开的领域大体涉及旋转机器,并且更特别地,涉及测试旋转机器,例如燃气涡轮,其(在电能生产设施的框架内)使连接于电能分配网络的发电机旋转。

背景技术

[0003] 至少一些已知法令对与互连电分配网络的旋转机器的连接和同步施加约束。这些法令有时被称为“电网规则”。各个国家或地区都存在此类法令。

[0004] 这些法令允许开发、维护和使用经协调的高效的和经济的输电系统。此外,对于它们所应用的国家或地区,它们确保分配网络和连接于其的元件的性能和可靠性。

[0005] 这些法令或“电分配网络经理的规范”基于关于各种元件至网络的连接的技术方面,而且还基于传送网络的运行和使用,而且特别是连接于分配网络的电线和电力设施。

[0006] 这些法令可规定用户有义务提供计划和使用网络所需的数据,诸如电需求预测、电能生成装备的可用性,以及对于大型发电机组件的维护固定的日期。

[0007] 除了网络的技术设计方面,“电网规范”可限定非常具体的运行标准。

[0008] 例如,其可涉及限定网络的额定频率,以及关于该额定频率接受的频率变化。

[0009] 例如,在法国,电分配网络频率名义上为 50 Hz,并且必须控制在 49.5 Hz 至 50.5 Hz 的极限内。对于其它国家,额定频率为 60 Hz,并且必须介于 59.5 Hz 至 60.5 Hz 之间。

[0010] 此外,为了参与网络频率的主要设定,各个网络设施必须对网络提供主要功率储备,这一般被称为“主要储备”。例如,该储备等于最大功率的百分比。因而,参与网络频率的设定的各个电能生成单元具有恰当的可用功率边界。通过使电力网络互连,总的主要网络对应于参与频率的主要设定的所有单元的主要储备的量。

[0011] 该主要储备允许在生产和消耗之间恢复平衡,并且由实现频率的主要设定的各种构件组成,构件具有最短响应时间。实际上,在欧洲大陆,主要储备的一部分必须在不到 15 秒内调动,而总储备在不到 30 秒内调动。

[0012] 此外,发电单元装配有速度调整器装置,其使得能够根据旋转机器的旋转速度来适应它们的功率,并且因此适应网络频率。根据以下关系,主要储备的调动部分与实际瞬时速度(由测得频率 f 表示)和额定速度(对应于设定频率 f_0)之间的差成比例:

$$\delta = \lambda (f - f_0)$$

其中, λ 表示单元的功率设定。

[0013] 在 50 Hz 的网络上,不仅需要了解发电单元在配备有发电单元的旋转机器的恒定

旋转速度下的根据时间的功率响应,还需要了解在瞬时速度下随着时间的推移对频率漂移的限制的容量。

[0014] 特别地,从可再生能供应的功率和小型电网中的电需求的波动的成比例增加产生了提高联合循环在全负载或部分负载下的动态响应的需要,以及修改电网产生单元的响应时间的需要。

[0015] 因而,对电网实施测试,以展示发电单元响应于瞬时现象的实际容量。但是,必须在非常精确的条件下执行这些测试。在实践中,由于网络的运行状况,故难以对实际网络执行测试。实际上,该类测试不允许在网络的额定频率之外的负载下实施测试,如果不是故意降级的话。在不影响网络用户的情况下大规模实施测试也是不可行的。此外,关于由执行测试提供的好处,必须考虑到与任何测试失败以及因而最终干扰或打断所有用户供应相关联的风险。

[0016] 此外,该类测试需要在电能、燃料和辅助流体(例如(但无限制)油和冷却剂)方面的相当多的资源。此外,在实际条件下准备和执行测试所需的时间可为相当长的。当测试设施位于城市或其它居住区附近时,还应当考虑到噪声危害。

[0017] 这就是为什么一些已知燃气涡轮厂商使用试验台来测试涡轮的行为。

[0018] 就此而言,美国专利 No. 3,598,208 描述了使用液压制动器来测试燃气涡轮的行为。实际上,与通过发电机将涡轮连接于电网相比,将涡轮连接于液压制动器允许涡轮以网络的额定频率运行,或者以较低或较高的频率运行。

[0019] 此外,可由测力计或液压制动器测量与发电机联接的燃气涡轮的轴的功率,通过直接测量功率涡轮和被驱动的装备之间的扭矩或发电机出口处的功率,或者通过间接地测量、计算燃气涡轮压缩机的功率。

[0020] 而且,美国专利公开 No. 2003/0011199 描述了对阀调整,以控制进入燃气涡轮的压缩机中的空气流,以便在频率小于网络的额定频率时,通过例如对可调阀起作用来控制其速度,以获得逐步的频率改变,直到获得额定频率为止。

[0021] 此外,美国专利公开 No. 2007/0271929 描述了一种通过控制压缩机的作用,以便控制由涡轮生成的功率,来使燃气涡轮的速度与分配网络的频率同步的方法。

[0022] 在欧洲专利 No. 2,378,085 中,使用控制装置来改变涡轮的扭矩,以响应于电分配网络上的频率波动。

[0023] 此外,美国专利 No. 8,191,410 描述了一种试验台,其中,压缩机由燃气涡轮驱动,以便产生压缩比和校正空气流的图,这允许确定在全负载和部分负载下的校正速度线和压缩机喘振的边界状况。

[0024] 最后,美国专利 No. 8,452,515 描述了模拟燃气涡轮压缩机的行为。

发明内容

[0025] 在一方面,提供一种用于测试旋转机器的系统。系统包括:可变负载,其联接于由旋转机器驱动的轴;以及控制器,其构造成在闭环中调整旋转机器和可变负载。可变负载的负载值的变化使由旋转机器产生的功率改变。控制器进一步构造成确定由旋转机器产生的功率所需的响应时间和由待平衡的可变负载消耗的功率。

[0026] 在另一方面,提供一种用于测试旋转机器的方法。该方法包括将可变负载联接于

由旋转机器驱动的轴,以及在闭环中调整旋转机器和可变负载。可变负载的负载值的变化使由旋转机器产生的功率改变。该方法还包括确定由旋转机器产生的功率所需的响应时间和由待平衡的可变负载消耗的功率。

附图说明

[0027] 图 1 是燃气涡轮测试系统的第一示例性实施例的示意图 ;
图 2 是图 1 的燃气涡轮测试系统的示例性运行参数的图示 ;
图 3 是燃气涡轮测试系统的第二示例性实施例的示意图 ;以及
图 4 是燃气涡轮测试系统的第三示例性实施例的示意图。

[0028] 部件列表

- 1 旋转机器 (燃气涡轮)
- 2 压缩机
- 3 涡轮
- 4 燃烧系统
- 5 燃料供应管线
- 6 水供应管线
- 7 调整阀
- 8 水流调整阀
- 10 控制器
- 11 可变负载
- 12 (可变负载的) 轴
- 13 (燃气涡轮的) 轴
- 14 联接件
- 15 至少一个调节阀
- 16 促动器
- 18 旋转速度传感器
- 20 交流发电机
- 21 马达
- 22 断路器
- 23 机械负载
- 24 交流发电机
- 25 电阻
- 26 断路器。

具体实施方式

[0029] 本文描述的系统和方法的示例性实施例有利于测试旋转机器,特别是燃气涡轮,而无需对电网上的旋转机器实施测试。

[0030] 因而,本文描述的实施例简化和减小了与对此类旋转机器实施测试有关的风险,以及执行此类测试所需的资源和持续时间。

[0031] 本文描述的实施例提供旋转机器测试系统,其包括:可变负载,其刚性地联接于由旋转机器驱动的轴;控制器,其能够对旋转机器及其可变负载实施闭环调整,使得后者的负载变化使由旋转机器产生的功率改变,并且意图确定由旋转机器产生的功率所需的响应时间和由待平衡的所述可变负载消耗的功率。

[0032] 因而,本文描述的实施例使得能够确定旋转机器响应于其所连接的电网内的请求或事故的行为。

[0033] 此外,将注意到的是,使用可变负载使得能够模拟隔离的网络中的事件,以便测试旋转机器在瞬时阶段期间响应于该事件的能力。

[0034] 此外,本文描述的实施例使得能够确定旋转机器在超过其额定速度范围的实际运行状况中的预定时段里提供功率的能力。

[0035] 根据另一方面,可变负载联接于控制器,该控制器确定可变负载的负载值的修改。

[0036] 在执行模式中,本文描述的实施例提供用于测量联接于控制器的轴的旋转速度的装置,并且从轴的测得旋转速度确定产生和消耗的功率的平衡。

[0037] 有利地,可变负载包括压缩机,该压缩机具有用于调节允许进入压缩机的入口中的空气流的输入器件。

[0038] 当可变负载为压缩机时,控制器可具有基于允许通过压缩机中的入口的空气流的压缩机负载图。这将提供关于进入压缩机中的空气流的给定变化的可变负载的负载值的细节。

[0039] 可通过模拟或经验测试来事先获得该图。这对待获得的功率平衡提供基准点,而不需要额外的测量器件。

[0040] 备选地,可变负载可包括通过断路器联接于电阻性负载的交流发电机。

[0041] 可变负载还可包括通过断路器联接于驱动机械负载的马达的交流发电机。

[0042] 根据实施例,旋转机器包括燃气涡轮,并且系统包括用以调节对燃气涡轮提供功率的燃料流的、由控制器控制的装置。

[0043] 测试系统还可包括用于控制至燃气涡轮的流体流的、由控制器驱动的装置。

[0044] 根据第二方面,提供用于旋转机器的测试方法,其包括将可变负载连接于由机器驱动的轴,在闭环中调整旋转机器及其可变负载,使得后者的负载变化使由旋转机器产生的功率改变,以及确定所需的响应时间,使得由旋转机器产生的功率和由负载消耗的功率相等。

[0045] 可从根据允许通过压缩机入口的空气流的预定压缩机负载图,来确定为了产生的功率和消耗的功率之间的平衡而应获得的可变负载的基准容量。

[0046] 在一方面,可变负载是处于可变的旋转速度的旋转负载,并且从轴的旋转速度的测量来确定产生的功率和消耗的功率的平衡。

[0047] 例如,与旋转机器的测得响应时间相关联的一组负载变化值存储在图中。

[0048] 有利地,旋转负载是与用于设定允许通过压缩机中的入口的空气流的器件相关联的压缩机,其包括至少一个调整阀。图存储阀设定和对应的旋转速度值。

[0049] 对于阀设定的各种变化,可确定可变负载的幅度和频率。

[0050] 图1是燃气涡轮测试系统的第一示例性实施例的示意图。在示例性实施例中,测试系统构造成确定旋转机器1(在该示例中,燃气涡轮1)的响应,接着模拟网络上的导致频

率改变的事件。燃气涡轮 1 包括压缩机 2、膨胀涡轮 3 和燃烧系统 4。

[0051] 燃烧系统 4 与燃料供应管线 5 和水供应管线 6 相关联,每一个装配有相应的调整阀 7 和 8。

[0052] 水喷射大体用于增加涡轮容量,或控制 NO_x 或 CO 排放水平。

[0053] 在示出的实施例中,调整阀 7 和 8 以如下方式由控制器 10 控制,使得通过对燃料流调整阀 7 和水流调整阀 8 起作用来调整燃气涡轮 1 的功率。

[0054] 此外,系统包括装配在驱动轴 12 上的可变负载 11,驱动轴 12 通过联接件 14 联接于燃气涡轮的轴 13。

[0055] 在示出的实施例中,可变负载 11 是压缩机,该压缩机包括至少一个调节阀 15,调节阀 15 构造成调整允许通过可变负载压缩机的入口的空气流(箭头 F)。

[0056] 因而,通过调整例如可变负载压缩机的入口中的调节阀 15 的角度,可改变可变负载压缩机所消耗的功率。

[0057] 当负载值因而被修改时,速度改变,并且旋转机器 1 必须响应于负载值的该修改,就像这是发生在电分配网络上的事件那样。

[0058] 在示出的实施例中,至少一个调节阀 15 的设定由控制器 10 通过促动器 16 控制。

[0059] 控制器 10 结合了所有适当的硬件,并且编程成通过实施适当的静态调整来调整旋转机器 1,根据该适当的静态调整,产生的功率自动调节成消耗的功率,同时使产生或消耗的负载的接下来的频率变化中存在静态差。

[0060] 另外,控制器构造成通过根据实际频率和对应于设定轴速度的设定频率之间的差,成比例地改变负载容量 11,来实施等时功率调整,以便抑制频率或轴速度的变化。

[0061] 图 2 是上面描述的燃气涡轮测试系统的示例性运行的图示。虚线 C1 表示可变负载 11 所施加的负载值或容量,曲线 C3 表示旋转机器 1 产生的功率,而曲线 C2 表示在轴处测得的系统的速度变化。

[0062] 在第一阶段中,通过逐渐增大旋转机器 1 的负载和可变负载 11 的速度,将测试系统带到其初始运行点。

[0063] 一旦系统在初始点 I 处稳定,断开负载的等时控制。换句话说,在生产或需求改变的情况下,仅旋转机器 1 的静态调整器将调节容量,以便确保产生和消耗的功率之间的平衡。

[0064] 在接下来的阶段 II 中,控制器 10 对调节阀 15 起作用,以产生预定负载值或设定功率、变化,这通过调节允许通过可变负载 11 的压缩机的入口的空气流而获得。如图 2 中示出的,在该阶段 II 中,对调节阀 15 的作用对图 1 的可变负载 11 引起负载值变化(曲线 C1),这使得旋转机器 1 的功率需求修改。实际上,在静态调整下,旋转机器 1 必须增加其容量(C3),并且控制器 10 对调整阀 7 和 / 或 8 起作用,以增加由燃气涡轮 1 提供的功率(曲线 C3)。

[0065] 在该阶段期间,负载值增大导致旋转速度减小,从而模拟网络的频率的减小(C2)。

[0066] 实际上,消耗的功率和产生的功率之间的不平衡导致在旋转机器 1 和可变负载 11 之间交换的动态功率改变。旋转机器将起反应,以使产生的功率和消耗的功率平衡。

[0067] 将注意到的是,由控制器 10 实施的调整,即,修改可变负载 11 的入口中的空气流和由旋转机器 1 输送的功率,是闭环调整。与该闭合系统中的扭矩和速度变化有关的数学

表达式如下：

$$J \frac{\delta \omega}{\delta t} = C_{tg} - C_c$$

其中：

J 表示惯性力矩；

$\delta \omega / \delta t$ 表示轴速度变化；

C_{tg} 是燃气涡轮的扭矩；以及

C_c 是可变负载的扭矩。

[0068] 因此，当可变负载的扭矩 C_c 增大，直到表达式 $C_{tg} - C_c$ 为负时，速度变化为负，这导致轴 12 和 13 的旋转速度减小。

[0069] 还将认识到的是，产生的机械功率的变化达到在轴的速度的导数或“轴速度漂移”为零时所消耗的机械功率的变化，即：

$$\frac{\delta \omega}{\delta t} = 0$$

因此，如图 2 中显示的，在消耗变化为正的情况下，以最小频率值在产生的功率和消耗的功率之间获得平衡。同样，在消耗变化为负的情况下，对于最大频率值获得功率平衡（未显示）。

[0070] 测试系统包括旋转速度传感器 18（在图 1 中显示），旋转速度传感器 18 可操作地联接于轴 12、13，并且构造成测量轴 12、13 的旋转速度。控制器 10 使用旋转速度传感器 18 来获得机器的旋转速度的直接度量。基于针对轴速度无变化而获得产生和消耗的功率的平衡的事实，控制器 10 因而可确定动态稳定性点。控制器 10 构造成通过直接测量机器的旋转速度来测量旋转机器 1 达到动态稳定性点的响应时间，这允许获得响应时间的精确度量。

[0071] 将注意到的是，已经描述的测试系统通过对可变负载压缩机的调节阀 15 起作用来控制可变负载 11 的负载值的变化。系统测量和存储针对调节阀 15 的不同设定获得产生和消耗的功率之间的平衡所需的响应时间的值。接着这些响应时间值存储在图中，使得能够确定负载 11 的功率对应于可变负载压缩机的入口中的调节阀 15 的角度变化的变化。

[0072] 还将注意的是，在接下来的阶段 III、IV、V 和 VI 中，可变负载压缩机的动能逐渐重新建立，并且由旋转机器产生的功率围绕消耗的功率来逐渐调整。

[0073] 应当理解，本公开不局限于上面描述的实施例。

[0074] 实际上，图 3 是燃气涡轮测试系统的第二示例性实施例的示意图。在图 3 中，与图 1 的那些相同的元件具有相同的附图标记。燃气涡轮（像前面那样具有联接于涡轮 3 的压缩机 2）可联接于可变负载 11，可变负载 11 包括交流发电机 20，交流发电机 20 通过断路器 22 联接于马达 21。马达 21 联接于机械负载 23。在示出的实施例中，在驱动马达的轴的机械功率和由旋转机器 1 产生的电功率之间存在关系。

[0075] 示出的实施例使得能够模拟联接于由可再生能源提供功率的发电机的发电系统的行为。因而，示出的实施例使得能够模拟可再生能（诸如风能）的由于性质而间歇的突然损失的影响。

[0076] 图 4 是燃气涡轮测试系统的第三示例性实施例的示意图。在图 4 中，与图 1 的那些相同的元件具有相同的附图标记。在示出的实施例中，可变负载 11 包括交流发电机 24，交流发电机 24 通过断路器 26 联接于电阻 25。

[0077] 在示出的实施例中,当交流发电机 24 的电功率等于由电阻 25 消耗的电功率时,获得平衡。将注意到的是,交流发电机和电阻之间的交换在这里是纯电的,使得通过测量由交流发电机提供的电流来确定产生和消耗的功率的平衡。

[0078] 通过使得能够测试旋转机器,特别是燃气涡轮,而不对电网上的机器实施测试,本文描述的系统和方法的示例性实施例提供优点。因而,本文描述的实施例简化和减小了与此类旋转机器实施测试有关的风险,以及执行此类测试所需的资源和持续时间。

[0079] 本文描述的方法和系统不限于本文描述的具体实施例。例如,各个系统的构件和/或各种方法的步骤可独立地或与本文描述的其它构件和/或步骤分开来使用和/或实践。另外,各个构件和/或步骤也可与其它组件和方法一起使用和/或实践。

[0080] 虽然已经按照各种具体实施例来描述了本公开,但本领域技术人员将认识,可利用在权利要求的精神和范围内的修改来实践本公开。虽然可在一些图中显示本公开的各种实施例的具体特征,而在其它图中不显示,但这仅为了方便。此外,在以上描述中参照“一个实施例”不意于被解释为排除也结合了叙述的特征的额外实施例的存在。根据本公开的原理,可参照图的任何特征,并且/或者可与任何其它图的任何特征结合声明图的任何特征。

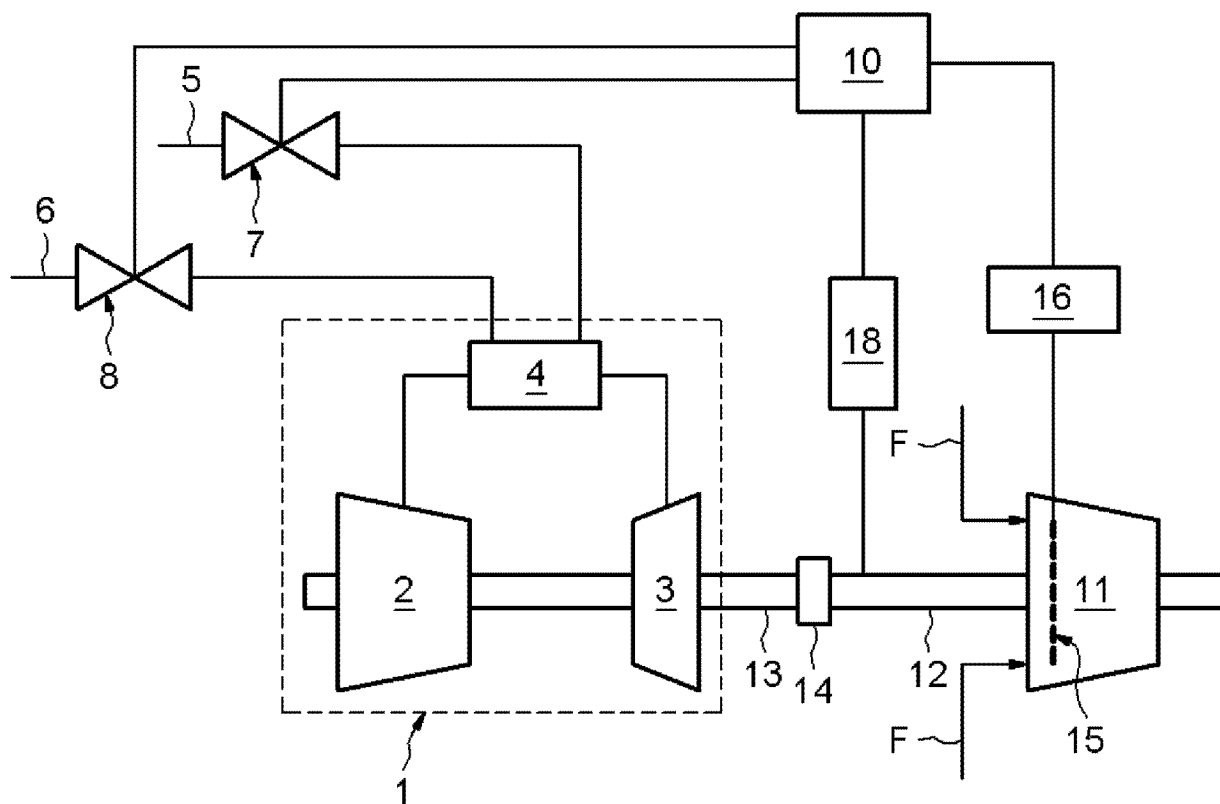


图 1

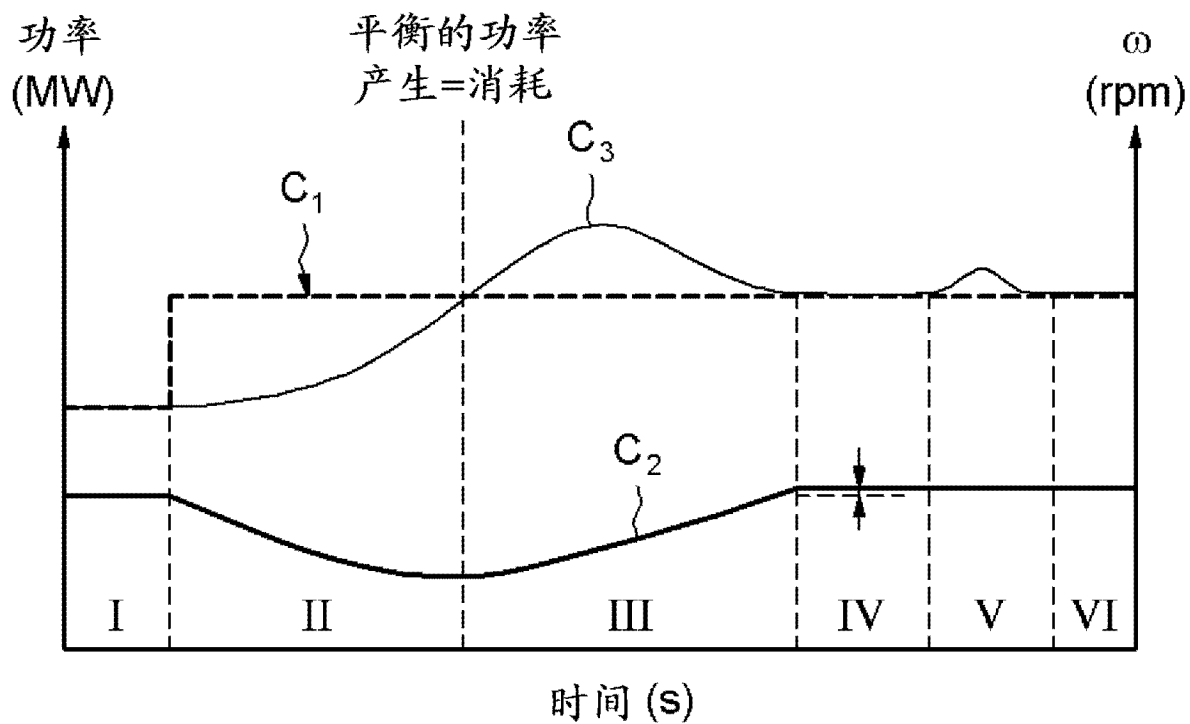


图 2

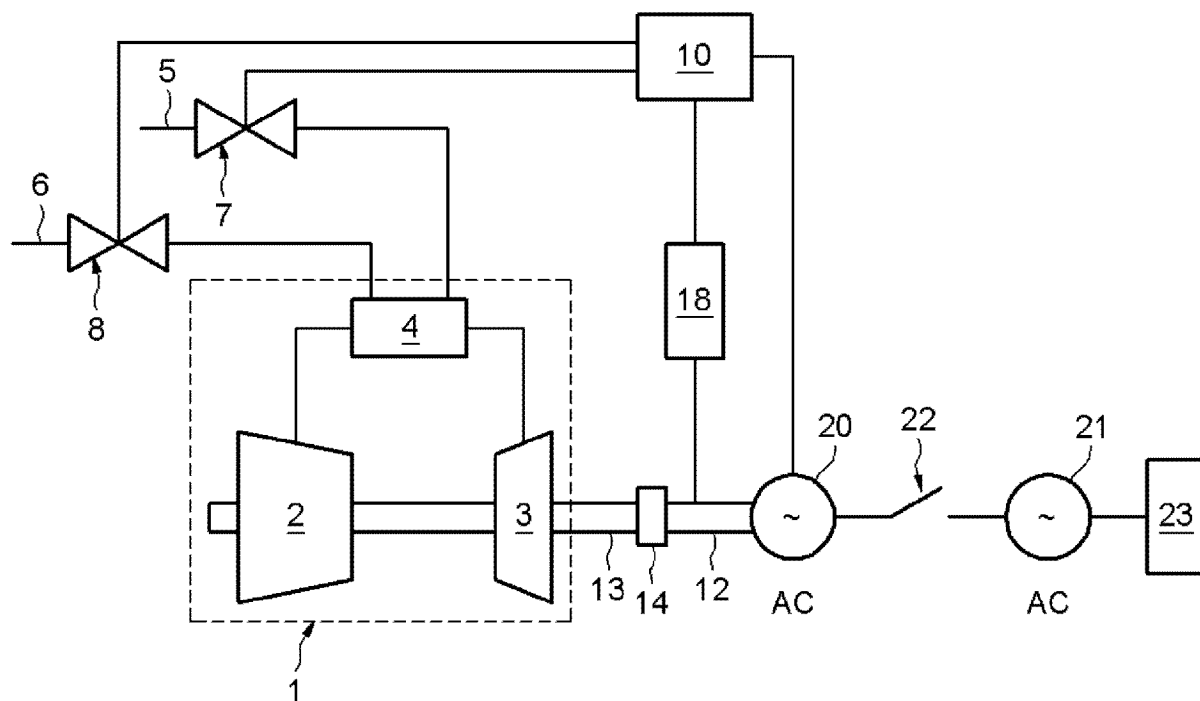


图 3

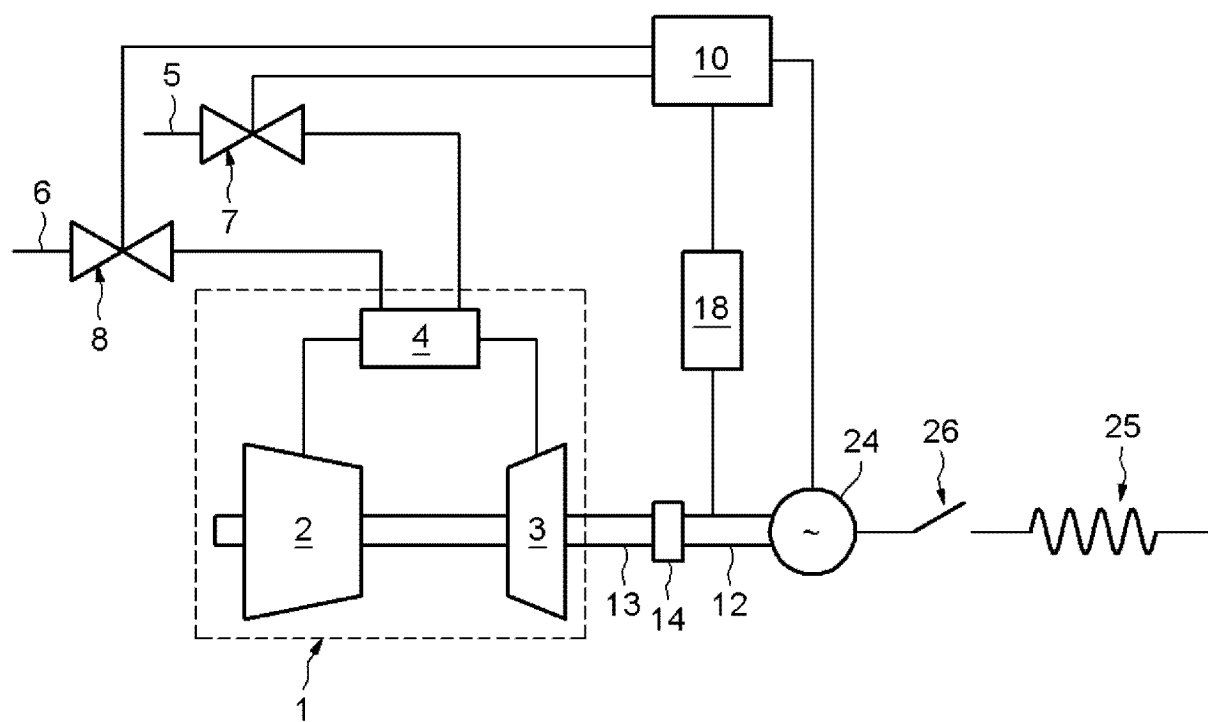


图 4