



## [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97101284.9

[43] 授权公告日 2003 年 4 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 1105232C

[22] 申请日 1997.2.9 [21] 申请号 97101284.9

[30] 优先权

[32] 1996. 2. 9 [33] DE [31] 19604664.5

[71] 专利权人 阿尔斯通公司

地址 法国巴黎

[72] 发明人 H·U·弗鲁希

[56] 参考文献

DE2749496A1 1979.04.05

DE4409811C1 1995.05.18

审查员 杨克菲

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

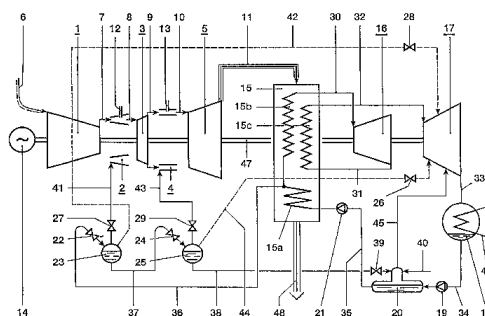
代理人 林道棠

权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 1 页

[54] 发明名称 电站设备的操作方法

[57] 摘要

一种电站设备的操作方法, 该设备主要包括一燃气轮机、一紧接在该燃气轮机组后面的余热式蒸汽发生器、一紧随在该余热式蒸汽发生器后的蒸汽循环。超过由废气限制的额定液体量的液体量(35)循环于在低温区工作的、燃气轮机的废气流经的余热式蒸汽发生器(15)的热交换段(15c)内。超过额定液体量的那部分(36)在上述热交换段(15c)一端被分流并在至少一个压力段(23、25)内被蒸发。在此产生的蒸汽量(41、43)顺着属于燃气轮机的压缩机(1)而下地被导入燃气轮机的操作过程中。



1、一种电站设备的操作方法，该设备主要包括一燃气轮机、一紧接在该燃气轮机组后面的余热式蒸汽发生器、一紧随该余热式蒸汽发生器后面的蒸汽循环和至少一发动机，燃气轮机在此包括至少一压缩机、至少一燃烧室和至少一燃气轮机，废气从最后的燃气轮机流过该余热式蒸汽发生器，在该余热式蒸汽发生器中，至少产生用来运转该蒸汽循环的至少一台汽轮机的蒸汽量，其特征在于，超过额定液体量的液体量（35）在低温区工作的余热式蒸汽发生器的热交换段（15c）内循环，超过额定液体量的额外液体量（36）在热交换段（15c）一端被分流并在至少一个压力段（23、25）内被蒸发，由此产生的蒸汽量（41、43）顺压缩机（1）而下地被导入燃气轮机的操作过程中。

2、如权利要求1所述的方法，其特征在于，该燃气轮机以顺序燃烧方式运转。

3、如权利要求1或2所述的方法，其特征在于，顺该压缩机（1）而下地输送在该压力段（23、25）内形成的蒸汽量（41、43）和/或将这些蒸汽量导入属于顺序燃烧式燃气轮机的燃烧室（2、4）中。

4、如权利要求1所述的方法，其特征在于，在紧接热交换段（15a）之后的另一个热交换段（15b）内将额定液体量预处理成进入第一汽轮机（16）中的超临界蒸汽（30），在该汽轮机中膨胀的蒸汽在余热式蒸汽发生器（15）的另一个热交换段（15c）内被预处理成最终进入另一个汽轮机（17）的中间过热蒸汽（32）。

5、如权利要求1所述的方法，其特征在于，属于蒸汽循环的贮水容器和除气器（20）作为另一个蒸发段操作。

6、如权利要求1所述的方法，其特征在于，至少一部分在压力段（23、25）内形成的蒸汽量被导入蒸汽循环的汽轮机（17）中。

## 电站设备的操作方法

5 本发明涉及一种电站设备的操作方法，该设备主要包括一燃气轮机、一连接在该燃气轮机组后面的余热式蒸汽发生器、一紧随该余热式蒸汽发生器后的蒸汽循环和至少一台发动机，燃气轮机在此包括至少一压缩机、至少一燃烧室和至少一燃气轮机，废气从最后的燃气轮机流过该余热式蒸汽发生器，在该余热式蒸汽发生器中，为至少产生用来运转该蒸汽循环的至少一台汽轮机的蒸汽量而作好准备。

在一种包括一特别配置成顺序燃烧结构的燃气轮机组、一连接其后的余热式蒸汽发生器和一连接着的蒸汽循环在内的电站设备中，在蒸汽循环中规定超临界蒸汽循环对获得最大效率是有利的。CH-480535 披露了一种与此设想类似的连接线路。其中，为使燃气轮机组在余热式发生器的低温区内最佳地利用热量，一部分燃气轮机循环介质的物料流量被分流并在燃气轮机中被回收利用。但是在现代的、特别是单轴式布置的燃气轮机的情况下，这种形式在结构方面引起设备不希望的错综复杂。除此之外还可清楚地看到，不能加大上述设备的功率以求过载运转，这对现代设备来说是很大的缺陷。原则上，流入燃气轮机而导致功率提高的蒸汽量应不会同时导致后续汽轮机的较大功率损失。

在此，本发明将提供一种补救措施。如在权利要求中特别指出的本发明的发明目的在于，在上述类型的方法中，在余热式发生器低温区内最大限度地吸收蒸汽循环侧的热量，并且通过回收利用燃气轮机中的蒸汽量获得更高的设备功率。

25 为利用从最后的燃气轮机排出的低到 100℃或更低温度的、热值仍很高的废气，在余热式蒸汽发生器即熟知的燃料节省器的低温区中的第一热交换段内加强蒸汽循环侧的热吸收。为此目的，对该燃料节省器除了输送主供水量外，还输送额外水量，这些额外水量在此是由至少一种蒸发过程产生的剩余水量。此外，这种蒸发与在适当位置产生供给燃气轮机的蒸汽

量有工作上的联系。最好顺压缩机而下地吹入这些蒸汽量，在顺序点火的燃气轮机中，也可选择顺高压燃气轮机而下地吹入这些蒸汽量。根据燃气轮机组的设计原则，还可将这些蒸汽量吹入压缩机、最好是吹入压缩的最终阶段中或者燃气轮机中。在此，可以积累地或选择地利用上述这些吹送蒸汽的可能方式。

为加强燃气轮机的过载运转，至少将上述蒸汽量部分供给燃气轮机的燃烧室。输入的蒸汽量使燃气轮机功率相应提高，而且功率提高大于在汽轮机中的功率衰减。从而实现了，由燃料将输入的蒸汽量升温到至少和压缩空气温度一样的热气温度，同时大大提高了蒸汽量的功率潜力。此外仅就蒸汽而言，还产生了吹入余热式发生器中的蒸汽量。在这里值得注意的是，在相同的温度水平情况下，热容大约是空气的两倍。

本发明的另一个优点是，在蒸汽循环的贮水容器和除气器中，除了预热冷凝液外，还产生在适当位置供给燃气轮机的额外蒸汽量。

在从属权利要求中指出了实现本发明目的的其他有利和合适的结构。

以下将根据附图进一步描述本发明的实施例。对直接理解本发明无关紧要的元件被省略。介质流动方向由箭头表示。

唯一的附图表示的是电站设备的连接线路。

附图表示的是包括燃气轮机组、紧接在该燃气轮机组后面的余热式蒸汽发生器和紧接在该余热式蒸汽发生器之后的蒸汽循环在内的电站设备。

上述燃气轮机组以顺序燃烧方式构成。例如，在附图中未全部示出的、对不同燃烧室的工作是必不可少的燃料 12、13 供应可以通过与该燃气轮机组联合工作的煤炭气化来实现。显然还可以从初级管系中得到可利用的燃料。通过一条管路为燃气轮机组运行用气态燃料的供应作好准备，于是就燃气轮机组或连接线路而言，可以回收由初级管系和负载管系之间的压差和/或温差造成的势能。可作为独立单元的上述燃气轮机组包括压缩机 1、紧接在该压缩机后面的第一燃烧室 2、紧接在该第一燃烧室 2 后面的第一燃气轮机 3、紧接在该燃气轮机 3 之后的第二燃烧室 4 和紧接在

该燃烧室 4 之后的第二燃气轮机 5。上述燃气轮机 1、3、5 具有同一转轴 47。该转轴最好支承在附图中未示出的两个轴承内，这两个轴承位于压缩机 1 的端头侧并顺第二燃气轮机 5 而下地设置。例如为增大比功率，该压缩机 1 根据设计可以分成两个或多个未示出的分段式压缩机。在这种情况下，顺第一部分段式压缩机而下并逆第二部分段式压缩机而上地接入中间冷却器，已部分压缩的空气在该冷却器中接受中间冷却。在同样未示出的中间冷却器中回收的热量被最佳地即有用地送回流程中。吸入的空气 6 作为压缩空气 7 流入未详细示出的机罩内，该机罩围住压缩机出口和第一燃气轮机 3。另外在该机罩内还容纳有第一燃烧室 2，该燃烧室最好设计成连通的环形燃烧室结构。显然，由未示出的储气装置向第一燃烧室 2 提供压缩空气 7。该环形燃烧室 2 在端头侧具有分布于四周而未明确示出的一定数量的燃烧器，这些燃烧器最好设计成预混合式燃烧器结构。在这里，也可以使用扩散式燃烧器。为减少从这些燃烧器中的有害废料的排放，特别是涉及 NO<sub>x</sub> 的排放，在这里有利地拟定出一种如 EP-PS 0321809 所述的预混合式燃烧器结构。在此，EP-PS 0321809 的发明主题和其中所述的燃料或燃料供应方式都是本说明书不可缺少的部分。至于在环形燃烧室 2 的四周设置预混合式燃烧器，可根据需要使用一种有别于普通结构的燃烧器并取而代之的大型预混合式燃烧器。最好出现这种情况，即各具有相同结构的小型预混合式燃烧器设置在两个大型预混合式燃烧器之间。关于流经预混合式燃烧器的燃烧空气即从压缩机 1 中流出的压缩空气方面，起主燃烧器作用的大型预混合式燃烧器与作为燃烧室副燃烧器的小型预混合式燃烧器之间是有比例的，这种比例关系由具体情况具体确定。副燃烧器作为预混合式自动燃烧器在所有燃烧室负载区内工作，在此空气量几乎不变。根据某些设备特定参数实现主燃烧器的接通和断开。由于副燃烧器可以在理想混合的情况下在整个负载区内操作，所以在部分负载的情况下，NO<sub>x</sub> 的排放还是非常少。在这种情况下，在环形燃烧室 2 的前区域内循环的流量线非常靠近副燃烧器涡流中心，从而燃烧室的点火只能用副燃烧器实现。在向上送料时，如此控制经过副燃烧器的燃料量供应程度，换句话说控制燃料直到所有燃料都投入使用中为止。如此选择位置，

即这些点与燃气轮机组的各负载下降状态相对应。由主燃烧器实现功率的进一步提高。在燃气轮机组的峰值负载情况下，还要完全控制主燃烧器。因为由副燃烧器引起的“窄”热涡流中心的位置极不稳定地落在源于主燃烧器的“宽”冷涡流中心之间，所以对在部分负载区内低效工作的主燃烧器还是获得了很充分的烧尽，同时除  $\text{NO}_x$  排放外，还有少量  $\text{CO}$  和  $\text{UHC}$  的排放。换言之，副燃烧器的热涡流立即渗入主燃烧器的冷涡流中。显然，环形燃烧室 2 由一定数量的独立的管形燃烧腔构成，这些燃烧腔也排列成绕转轴的斜环形，偶尔也布置成绕转轴的螺旋形。如此设计与线路敷设无关的环形燃烧室 2 的几何形状，即它对转子长度基本不产生影响。由环形燃烧室 2 出来的热气 8 进入连接其后的第一燃气轮机 3 中，使该燃气轮机对热气的热降压作用保持最小，也就是说，该燃气轮机 3 于是原则上由不多于两个的涡轮叶片组构成。对这种燃气轮机 3 而言必需的是，即需拟定在顶端面上的压力平衡以便稳定轴向推力。在燃气轮机 3 中部分降压的、直接流入第二燃烧室 4 的热气 9 由于上述原因而具有适当的高温，最好对上述温度如此进行操作参数设计，即在第二燃烧室 4 中利用送入其中的有关燃料 13 引起自点火。该第二燃烧室 4 大体上具有连通、环状、轴向或近轴向的环形气缸。显然该燃烧室可由一定数量的呈轴向、近轴向或螺旋形设置的而且隔断的燃烧腔构成。至于只有一个燃烧腔的环形燃烧室 4 的位置，仅在附图中示意示出的多支燃料喷枪位于该环形气缸的周向和径向，这些喷枪的作用是将燃料 13 喷入由逆流而上的介质引起的涡流中。如上所述，此燃烧室 4 按自点火设计：通过自点火发生所述喷入由燃气轮机 3 出来的已部分降压的热气 9 中的燃料 13 的燃烧，只要温度水平确实允许这种工作形式就行了。此外，利用气态燃料 13 或比方说天然气运转燃烧室 4，由燃气轮机 3 出来的部分降压的的热气 9 温度仍必须相当高，这可导致上述的自点火，而显然当部分负载操作时也是如此，这是燃气轮机 2 的工作参数。当气体温度在  $1000^\circ\text{C}$  时，保证了可靠的自点火。为保证当使用以自点火方式设计的燃烧室时的操作安全性和高效率，保持火焰前锋方位稳定是非常重要的。为此目的，规定上述引起涡流的装置在该燃烧室 4 中，最好是沿周向位于内壁和外壁附近，该装置由一系列未详

细表示的部件构成，如上所述，这些部件沿轴向最好逆燃料喷枪而上地设置。这些部件的功能是形成引起回流区的涡流，此涡流与在第一燃烧室 2 的上述预混合式燃烧器中产生的涡流情况相似，因而该涡流要利用喷入的燃料 13 实现最佳混合形态。该燃烧室 4 由于其轴向布置和结构长度是一种快速燃烧室，其中工作气体的平均速度约为 60m/s 或更快，所以形成涡流的部件必须设计成利于气体流动的结构。在入流侧，这些部件最好是由带入流斜面的四面体形结构构成。形成涡流的部件可以靠近外表面设置和/或靠近内表面设置。显然还可以轴向相对移动这些形成涡流的部件。形成涡流的部件的流出面主要形成于径向上，于是从那里器设置回流区。然而也必须保证燃烧室 4 中的自点火发生在过渡负载区和部分负载区，换句话说，必须有辅助预防措施，即使由于在燃料 13 喷入区内的气体温度出现波动，也要确保在燃烧室 4 中的自点火。为确保喷入燃烧室 4 中的气态燃料可靠的自点火，可以在该燃料中添加少量的另一种低点火温度的燃料。燃油作为“辅助燃料”在这里非常适用。适量喷入的液态辅助燃料完成这样的任务，即可以这样讲用作导火线，而且即使从第一燃气轮机 3 出来的部分降压热气 9 的温度低于力求达到的 1000℃ 的最佳水平，也可以在燃烧室 4 中实现自点火。当热燃气轮机组在负载下降很大的情况下运行时，上述预防措施表明仍采用确保自点火用的燃油，除非另有说明。该预防措施的第二个重要贡献是使燃烧室 4 可以有最小的轴向长度。燃烧室 4 的短结构长度、形成涡流的部件的火焰稳定作用以及持续地保证自点火对实现快速燃烧和使燃料在高温焰锋的停留时间最短具有重要作用。此外，经过小型化处理的 NO<sub>x</sub> 的排放与可直接测定的燃烧比率有关，NO<sub>x</sub> 排放此后再也不会成为一个难题。此外，这些输出位置还可以清楚地确定燃烧位置，这在对燃烧室 4 结构进行最佳冷却过程中消除。送入燃烧室 4 中处理的热气 10 随后进入连接其后的第二燃气轮机 5 中。可如此确定热燃气轮机组的热动力参数，即从第二燃气轮机 5 出来的废气 11 仍具有如此高的热能，以致可以由余热式蒸汽发生器 15 产生运转至少一个汽轮机的蒸汽。连接在压缩机侧的发动机 14 实现了该燃气轮机的功率输出，该发动机也可用作启动马达。在余热式蒸汽发生器 15 中被充分利用了热量

的废气随后作为烟雾 48 如流入大气中。

设想这种情况，即流经余热式蒸汽发生器 15 的废气 11 的温度大约是 620℃，而在热交换的最低温度突变为 20℃的条件下，废气仅被有利地降到 200℃。为消除此缺陷，在燃料节省器段 15a 根据允许的烟雾 48 的  
5 最低温度增加由输送泵 21 送入的供水量 34 例如大约到 150%。此外，当冷却曲线下降太陡即废气过冷时，上述温度有酸露点作用。与供水百分量有关的关系是，确定 100%的额定水量，该额定水量与废气 11 供给的能量有关。

温度约为 60℃、压力约为 300 巴的供水 35 在上述位置被导入余热式  
10 蒸汽发生器 15 中并在那里热增值成温度约为 550℃的蒸汽。在燃料节省器段 15a 中加热到约 300℃的供水在该发生器端被分成两支分流。较强的 100%的部分水流在下一个热交换段 15b 中经热预处理成为超临界高压蒸汽 30。于是在上述段 15b 的作用距离内从废气 11 中汲取了热能的主要部分。在高压汽轮机 16 中第一次膨胀后，蒸汽 31 通过另一个热交换段 15c  
15 被导入余热式蒸汽发生器 15 中，在那里使蒸汽中间过热，随后作为中压蒸汽 32 供给中压汽轮机和低压燃气轮机 17，即随后说到的短式中压汽轮机。

由上述汽轮机 17 出来而最后降压的蒸汽 33 在由介质 46 冷却的冷凝器 18 中冷凝。冷凝液 34 通过在冷凝器 18 下游操作的输送泵 19 被导入贮  
20 水容器和除气器 20 中，从这里重新开始上述供水 35 的循环。在该贮水容器和除气器 20 中，除了预加热冷凝液 34 外还产生了在合适位置被导入中压汽轮机 17 中的蒸汽量 45。

上述附加供水 35 在燃料节省器段 15a 端头通过一条管路被作为分流水量 36 取走，并通过调节器 22 将其调整到约高于在第一燃烧室 2 中的压  
25 力，随后被导入蒸发瓶 23。超过饱和度的热焓部分使部分水蒸发。在此产生的蒸汽量 42 通过配有调节器 28 的管路在合适的位置被送往中压汽轮机 17。由该蒸发瓶 23 产生的剩余水量 37 通过调节器 24 到达另一个蒸发瓶 25，在此又产生约达到第二燃烧室 4 压力级的蒸汽量 44，同时，这些蒸汽 44 通过调节器 26 同样在合适的位置被导入中压汽轮机 17 中。由蒸

发瓶 25 产生的约 200℃的残留热水 38 通过调节器 39 被送往贮水容器和除气器 20，在贮水容器和除气器中实现供水预加热到约 60℃以及获得中压汽轮机 17 用的蒸汽量 45。当打开与蒸发瓶 23、25 有操作关系连接的调节器 27、29 时，达到了过载运转。同时适当调节或关闭用于中压汽轮机 17 附加进气的主管调节器 26、28，这是如此设计的，即由上述蒸发瓶 23、25 出来的蒸汽量 41、43 被吹入各燃烧室 2、4 中。根据需要由管路将备用水 40 供给贮水容器和除气器 20。吹入燃烧室 2、4 中的蒸汽量 41、43 使燃气轮机 3、5 效率相应提高，这种效率提高大于在中压汽轮机 17 中的效率衰减。由此实现了，通过燃料使各蒸汽量 41、43 处于象压缩空气 7 温度和部分降压热气 9 温度一样的热气温度。因此，功率潜力很高。仅就蒸汽而言，还产生了吹入余热式蒸汽发生器 15 中的蒸汽。同时这意味着，温度水平相同时，热容是空气的两倍。从连接线路技术的角度出发，上述过载操作方法简单、快速和有效。

为改善上述蒸发级有效能的利用，蒸发级可通过大于两段的方式实现。

为达到充分利用废气 11，一个独立的蒸汽发生器装置显然可以成一体地装入余热式蒸汽发生器 15 中，其蒸汽或被导入蒸汽循环中，或被转化用于运行中的独立制冷发动机中。但也可以分流部分废气流以供独立的余热锅炉使用。在这种情况下，最好能用氨/水混合物来代替水。但也可使用其他液体如氟里昂、丙烷等等。可如此实现对燃气轮机的废气利用的某种改善，即在该发生器出口处通过未详细示出的在余热式蒸汽发生器中的附加燃烧来提高温度级。但就可达到的效率而论，这种方法并没有带来重大的改进。

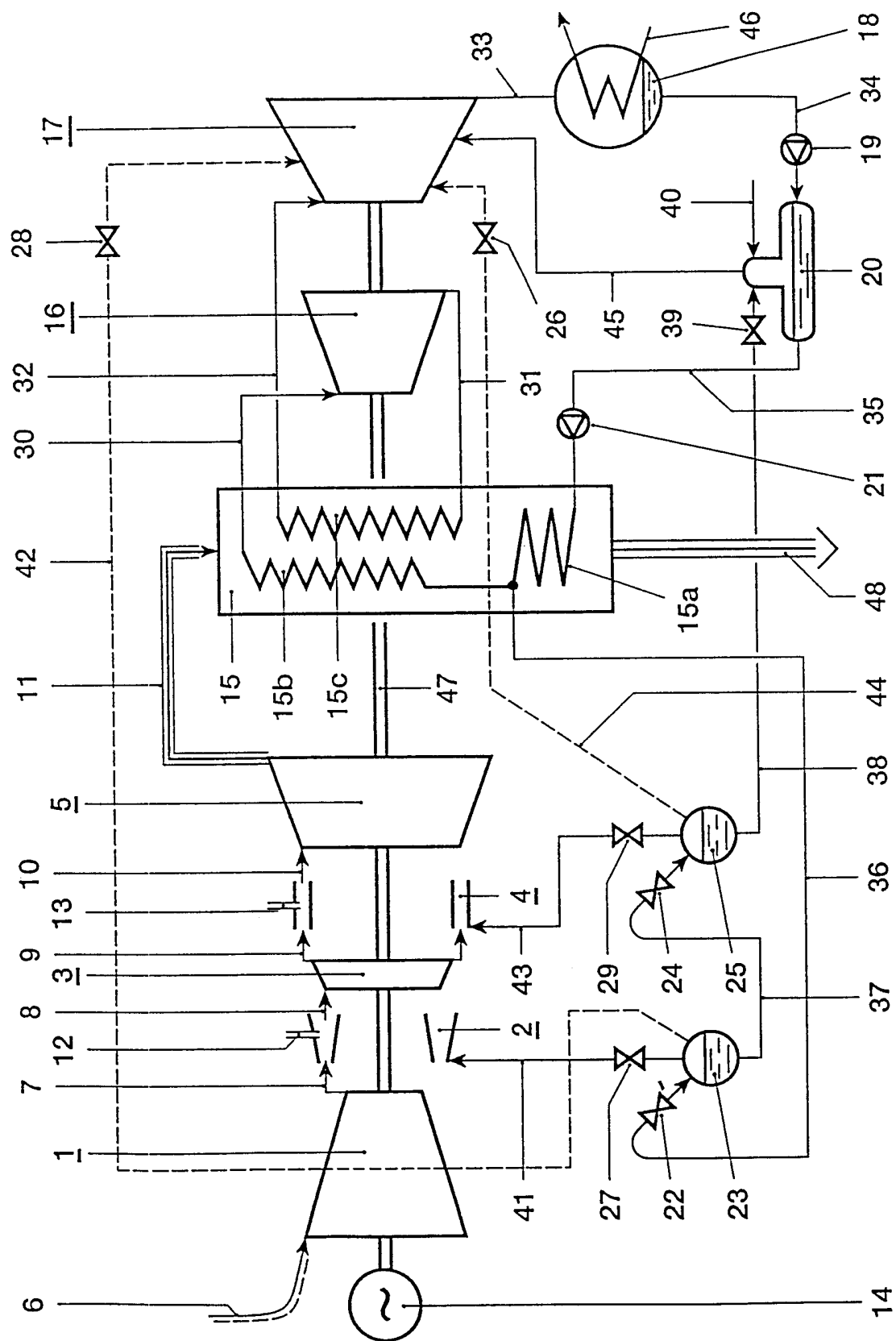


图 1