



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102574049 B

(45)授权公告日 2016.09.07

(21)申请号 201080042994.3

(22)申请日 2010.09.21

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 102574049 A

(43)申请公布日 2012.07.11

(30)优先权数据

09171635.7 2009.09.29 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2012.03.26

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2010/063848 2010.09.21

(87)PCT国际申请的公布数据

W02011/039072 EN 2011.04.07

(73)专利权人 通用电器技术有限公司

地址 瑞士巴登

(72)发明人 李洪涛 H·G·纳格尔 C·马耶

F·德鲁

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 肖日松 严志军

(51)Int.Cl.

B01D 53/14(2006.01)

B01D 53/62(2006.01)

审查员 史芸

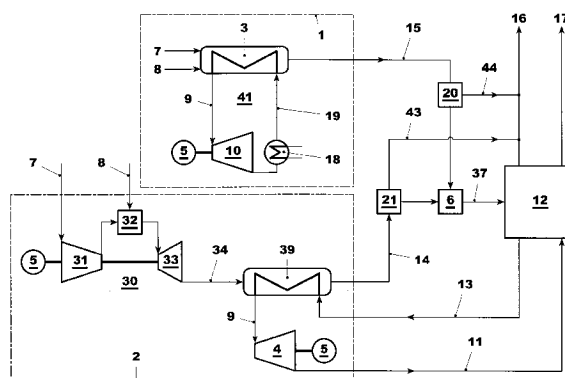
权利要求书2页 说明书10页 附图7页

(54)发明名称

用于CO₂捕集的发电设备

(57)摘要

由于CO₂被认为是主要的温室气体,它的捕集与存储对控制全球变暖很有必要。设计用于CO₂捕集与压缩的发电设备,改造已有的发电设备,以及改造常规发电设备为CO₂捕集设备的有效方式,它们的竞争性将使得可以较早地利用CO₂捕集系统(12)。本发明的目的在于提供一种化石燃烧发电设备,其中CO₂捕集系统(12)对设备的常规部分影响最小,以及操作这种设备的方法。此外,本发明的目标是一种已经用于改造CO₂捕集设备的发电设备,以及一种将现有设备改造成具有CO₂捕集的发电设备的方法,和操作这种类型设备的方法。本发明的一个主要部分在于添加发电设备部分,其能提供操作CO₂捕集系统(12)所需的蒸汽和动力,以及提供CO₂捕集系统(12),其具有从常规的以及附加动力部分的烟气流中除去CO₂的容量。



1. 发电设备,其包括常规动力部分(1)、CO₂动力部分(2)、混合常规动力部分(1)和CO₂动力部分(2)的烟气流的烟气系统、以及用于从混合烟气(37)中除去CO₂的CO₂捕集系统(12),其中所述常规动力部分(1)是化石燃烧蒸汽发电设备或基于燃气轮机的发电设备,并且其中所述CO₂动力部分(2)是化石燃烧蒸汽发电设备或基于燃气轮机的发电设备,其设计成至少提供从混合烟气(37)质量流中捕集CO₂所需的热和电力;

其中,所述发电设备包括具有烟气再循环的基于燃气轮机的发电设备;并且

其中,所述常规动力部分(1)与所述CO₂动力部分(2)之间的机械接口限于烟气管道。

2. 根据权利要求1所述的发电设备,其特征在于所述常规动力部分(1)的烟气具有第一CO₂浓度,并且所述CO₂动力部分(2)的烟气具有不同于第一CO₂浓度的第二CO₂浓度。

3. 根据权利要求1或2所述的发电设备,其特征在于,所述常规动力部分(1)是化石燃烧蒸汽发电设备并且所述CO₂动力部分(2)是燃气轮机发电设备,或者所述常规动力部分(1)是基于燃气轮机的发电设备,所述CO₂动力部分(2)是化石燃烧蒸汽发电设备。

4. 根据权利要求1或2所述的发电设备,其特征在于,所述常规动力部分(1)和CO₂动力部分(2)是基于燃气轮机的发电设备,其中CO₂动力部分(2)的燃气轮机具有烟气再循环,所述常规动力部分(1)不具有烟气再循环,或者设计再循环率低于所述CO₂动力部分(2)的设计再循环率。

5. 根据权利要求1或2所述的发电设备,其特征在于,所述CO₂动力部分(2)是联合循环发电设备,所述联合循环发电设备具有至少一个背压式汽轮机(4)用于为CO₂捕集系统(12)提供低压蒸汽或中压蒸汽。

6. 根据权利要求5所述的发电设备,其特征在于,设定背压式汽轮机(4)的大小以输送CO₂捕集系统(12)的设计蒸汽流。

7. 捕集就绪的发电设备,其包括常规动力部分(1)、添加CO₂捕集设备所需的空間,包括CO₂动力部分(2)、混合常规动力部分(1)和CO₂动力部分(2)的烟气流的烟气系统,以及设计成从混合烟气(37)质量流中除去CO₂的CO₂捕集系统(12),

其中,所述常规动力部分(1)是化石燃烧蒸汽发电设备或基于燃气轮机的发电设备,其中所述CO₂动力部分(2)是化石燃烧蒸汽发电设备或基于燃气轮机的发电设备,其设计成至少提供从混合烟气(37)质量流中捕集CO₂所需的热和电力;

其中,所述常规动力部分(1)与所述CO₂动力部分(2)之间的机械接口限于烟气管道。

8. 根据权利要求7所述的捕集就绪的发电设备,其特征在于,设计布局,使得所述常规动力部分(1)和将来的CO₂捕集动力部分(2)的烟气设置成相邻排出它们的烟气,之后有混合烟气所需空间以及CO₂捕集系统(12)所需空间,以最小化所需的烟气管道。

9. 根据权利要求7或8所述的捕集就绪的发电设备,其特征在于,设计布局,以提供空间从CO₂动力部分(2)到CO₂捕集系统(12)的电力和蒸汽供应管线。

10. 根据权利要求7或8所述的捕集就绪的发电设备,其特征在于,烟气管道包括用于将来连接CO₂动力部分(2)的混合段,以及烟气风门或挡板,所述烟气风门或挡板具有一个被制备用来连接到将来的CO₂捕集系统(12)的关闭的分支以及一个通向排气管的分支,其中所述排气管设计为具有旁路绕过所述常规动力部分(1)与所述将来的CO₂捕集系统(12)周围的CO₂动力部分(2)的混合烟气(37)所要求的流量。

11. 用于将现有不带CO₂捕集的现有化石燃烧常规发电设备改造为具有CO₂捕集的发电

设备的方法,其特征在于,在现有常规动力部分旁边建造CO₂动力部分、烟气管道,以及CO₂捕集系统(12),其中,设计所述CO₂捕集系统(12)以从常规动力部分和CO₂动力部分的混合烟气(37)中捕集CO₂,并且其中设计所述CO₂动力部分以至少提供从混合烟气(37)质量流中捕集CO₂所需要的电能和热能;

其中,所述常规动力部分与所述CO₂动力部分之间的机械接口限于烟气管道。

12.根据权利要求11所述的方法,其特征在于,在所述常规动力部分操作过程中建造CO₂捕集系统(12)、烟气管道和CO₂动力部分(2),而仅中断现有化石燃烧常规动力部分的操作用于将现有化石燃烧常规动力部分连接到额外的或改变的烟气管道上,以及用于随后的再次启动运转。

13.操作权利要求1-6之一所述的发电设备的方法,其特征在于,使用以下顺序作为控制参数以优化整体设备运转:启动、装载和卸载常规动力部分(1)、CO₂动力部分(2)以及CO₂捕集系统(12)。

14.根据权利要求13所述的方法,其特征在于,为了最小化启动和装载期间的CO₂排放,第一启动CO₂动力部分(2),第二启动CO₂捕集系统(12),第三启动常规动力部分(1)。

15.根据权利要求13所述的方法,其特征在于,在启动和装载期间,设备的净功率输出通过第一装载常规动力部分(1)和CO₂动力部分(2)获得,并且在获得目标净功率输出之后,启动CO₂捕集系统(12)和/或增大它的CO₂捕集率以达到目标捕集率,并且在CO₂捕集系统(12)运行和/或增大捕集率时,设备的总功率输出进一步增大。

16.根据权利要求13-15任一项所述的方法,其特征在于,为了稳态运行,控制CO₂动力部分(2)的负载以与总混合烟气(37)质量流相关,与混合烟气(37)流的CO₂含量相关,与CO₂捕集系统(12)的需用功率相关,或与这些参数的组合相关,并且常规动力部分(1)的负载设置用于控制发电设备的净功率输出。

用于CO₂捕集的发电设备

技术领域

[0001] 本发明涉及具有集成的CO₂捕集的发电设备以及CO₂捕集就绪(CO₂ capture ready)的发电设备。

背景技术

[0002] 近年来,温室气体的产生明显导致全球变暖,而且温室气体的产生进一步增加将更加剧全球变暖。由于CO₂(二氧化碳)被认为是主要的温室气体,碳捕集和存储被认为是减少向大气释放温室气体并控制全球变暖的可能的的主要方法。本申请将CO₂捕集、压缩、运输以及存储过程称为CCS。将从碳基燃料燃烧后的烟气中除去CO₂或者在燃烧前除去并处理碳的过程称为捕集。任何吸收剂、吸附剂的再生,或其他从烟气或可燃气体流中除去含碳的CO₂的方式被认为是部分捕集过程。

[0003] 目前认为最接近大规模工业应用的CO₂捕集技术是后燃烧捕集。在后燃烧捕集中,从烟气中除去CO₂。剩余烟气释放到大气中并将CO₂压缩用于运输和存储。已知已有几项从烟气中除去CO₂的技术,例如吸收、吸附、膜分离以及深冷分离(cryogenic separation)。

[0004] 用于CO₂捕集及压缩的所有已知技术都需要相对大量的能量。有许多出版物关于通过将这些过程集成进发电设备,优化了不同过程,减小了动力并损失了效率。

[0005] EP1688173给出了用于后燃烧捕集的实例,以及用于减小功率输出损失的方法,分别由CO₂吸收,吸收液再生。这里建议提取蒸汽用于再生来自发电设备中蒸汽轮机的不同阶段的吸收剂,以最小化涡轮机输出的降低。

[0006] 同样的背景下,W02007/073201建议使用压缩CO₂流产生的压缩热来再生吸收剂。

[0007] 此外,例如在US2009/0173073中描述了使用旋涡喷嘴进行低温CO₂分离,并致力于优化该方法的集成进入发电设备过程中。

[0008] 这些方法的目的是降低特定的CO₂捕集设备的动力需求,然而它们增加了设备及设备操作的复杂性。此外,复杂的集成方案致使难以将CO₂捕集设备改造成现有发电设备或发电设备概念中。

发明内容

[0009] 本发明的主要目的是提供一种化石燃烧发电设备(fossil fired power plant)以及这种设备的操作方法,其中CO₂捕集系统(也叫做CO₂捕集设备)对设备的传统部分产生的影响最小。此外,本发明提供了为改造CO₂捕集设备准备就绪的发电设备,以及将现有设备改造成带有CO₂捕集的发电设备的方法,和操作本发明目的设备的方法。

[0010] 为此,提出包括至少两部分的设备:包含至少一个传统部分的设备,其基本设计为类似于不带CO₂捕集的常规发电设备,至少一个附加的化石燃烧发电设备部分,加上至少一个CO₂捕集系统,所述CO₂捕集系统设计成从来自于常规设备部分以及附加的CO₂发电设备部分的烟气捕集CO₂。发电设备的传统部分简称常规动力部分。附加发电设备部分称为CO₂动力部分。

[0011] 本发明的一个主要部分是提供CO₂动力部分,其能够提供操作CO₂捕集系统所需的蒸汽和动力,并提供CO₂捕集系统,其设计为从常规部分以及CO₂动力部分的烟气中除去CO₂。由于CO₂动力部分驱动整个CO₂捕集系统的能力,可以优化常规设备而忽视CO₂捕集系统的要求。特别地,不需要从汽轮机或常规动力部分的任何其他蒸汽循环部分抽气。此外,可以保持常规动力部分与CO₂动力部分之间的机械的、电的以及控制接口最小。理想地将机械接口限于烟气管道。理论上控制接口可以限于简单的负载信号。

[0012] 根据电网要求和许可,二氧化碳动力部分设计成与CO₂捕集系统的动力需求相配或规模较大从而相比那些常规部分本身,增大整体设备的净输出。

[0013] CO₂动力部分本身可以优化,以用于抽取大部分或所有的蒸汽用于CO₂捕集系统的过程。

[0014] 在没有任何折中的最优条件下,常规部分与CO₂动力部分的分离使得 可以独立操作具有或不具有CO₂捕集的常规动力部分,否则需要所述折中以便于CO₂捕集。此外,可以使CO₂捕集对整体设备容量的影响最小化。根据操作许可和电网要求,如果CO₂捕集设备开始运转或将CO₂捕集设备添加到现有设备上,电网输送的电力不应改变。

[0015] 根据文献已知,在具有CO₂捕集的发电设备中,一旦CO₂捕集设备开始运转,发电设备的容量明显降低。即使当CO₂捕集设备未操作时,由于可能抽取蒸汽用于可能的CO₂捕集,一般会损害蒸汽循环的效率。

[0016] 常规动力部分和CO₂动力部分可以是化石燃烧蒸汽发电设备或基于燃气轮机的发电设备。基于燃气轮机的发电设备例如是联合循环发电设备、简单循环燃气涡轮发电设备、或带有热电联产的燃气轮机,或这些设备类型的组合。如果合适,可以设计CO₂动力部分的尺寸以提供用于再生CO₂吸收剂或CO₂吸附剂所需的蒸汽。可以最优化蒸汽循环,以提供蒸汽用于再生CO₂吸收剂或CO₂吸附剂而不损害常规部分。可以设计CO₂动力部分的尺寸以至少提供操作CO₂捕集设备所需要的全部辅助动力。此外,也可以设计其尺寸以提供用于CO₂加压所需的动力。

[0017] 通过不仅提供CO₂捕集设备而且提供具有CO₂捕集系统的CO₂动力部分,可以避免两个缺点:常规部分上的效率损失以及容量的降低。

[0018] 本发明的另一个主要部分是提供一种设备,其中,在从烟气流的混合物中捕集CO₂之前,将常规部分的烟气与CO₂捕集部分的烟气混合。

[0019] 由于只需要有一个CO₂捕集部分,混合烟气流是有利的。这便于整体设备的操作,并且可以缩减初期投资以及设备的操作费用。此外,取决于两个烟气流的CO₂浓度,CO₂捕集率以及捕集设备类型,从混合烟气中捕集CO₂所需的能量可以比从单独分开的烟气流中捕集CO₂所需的能量更低。特别地,如果常规动力部分的烟气中具有第一CO₂浓度,CO₂捕集部分的烟气中具有不同于第一CO₂浓度的第二CO₂浓度。混合物具有质量平均的烟气浓度,其高于较低的CO₂浓度,并且可以导致较好的整个系统的捕集性能。

[0020] 在一个实施方案中,常规动力部分是化石燃烧蒸汽发电设备,即发电设备包括至少一个化石燃烧锅炉以及CO₂动力部分,所述锅炉带有至少一个汽轮机,所述CO₂动力部分包括联合循环发电设备。

[0021] 一般地,化石燃烧蒸汽发电设备的CO₂浓度约为9-12%(摩尔)并且甚至可以达到更高的值。根据燃气轮机的类型以及操作条件,燃气轮机的烟气中CO₂的浓度约为2-5%(摩

尔)。燃气轮机的烟气中CO₂浓度的低负载值可甚至低至1-2%(摩尔)。这些低的CO₂浓度使得不能从烟气中有效除去CO₂。

[0022] 通过混合来自化石燃烧常规动力部分的烟气与燃气轮机的烟气,整体CO₂浓度保持在足够高的水平,从而可以以高去除率有效除去CO₂。

[0023] 过去已经有人提出将燃气轮机的一部分烟气再循环进入燃气轮机的进气中,以增大烟气中的CO₂浓度。然而,这需要额外的管道、烟气冷却器及其他设备,因此增大了空间需求以及设备的复杂性。此外,根据燃气轮机的类型以及使用的燃料,循环比一般限于小于燃气轮机的烟气的约50%。这样,即便烟气再循环,烟气中的CO₂浓度保持在低于化石燃烧蒸汽发电设备的水平。

[0024] 因此,提出一种组合,其中常规动力部分是化石燃烧蒸汽发电设备,CO₂动力部分包括带有烟气再循环的联合循环发电设备。在这个实施方案中,通过辅助设备、空间以及操作的努力,通过再循环增大燃气轮机的烟气中的CO₂浓度。此外,燃气轮机的烟气与化石燃烧蒸汽发电设备的烟气混合,得到高的CO₂浓度用于有效除去CO₂。

[0025] 在另一个来自常规的联合循环发电设备捕集CO₂的实施方案中,CO₂动力部分基于化石燃烧蒸汽发电设备。相对于联合循环发电设备,化石燃烧的CO₂捕集部分的烟气与联合循环发电设备的烟气混合增加了烟气中的CO₂浓度,得到较好的CO₂捕集率。这可以在带有或没有烟气再循环的联合循环发电设备中实现。

[0026] 此外,常规动力部分和CO₂动力部分都可以是联合循环发电设备。在这种情况下,两个烟气流混合使得可以仅使用一个CO₂捕集设备,从而缩减了需要的设备数目并简化了整体设备布局。

[0027] 在另一个实施方案中,常规的联合循环发电设备可以与CO₂捕集部分结合,CO₂捕集部分基于带有再循环的联合循环发电设备。这使得可以对常规部分使用已有的燃气轮机技术,并在CO₂捕集部分方面结合最新技术。常规部分的烟气中CO₂浓度通过与来自CO₂捕集部分的烟气混合而增大,从而便于CO₂捕集。

[0028] 该组合尤其适合改造应用到现有的联合循环发电设备中。由于操作限制或设备布置内具体地点的限制,烟气再循环可能对现有常规的联合循环发电设备不可行。然而,额外的CO₂捕集部分联合循环可能基于新的设计用于再循环的燃气轮机,并且设备布置可根据CO₂捕集与再循环所需的空间进行设计。此外,混合烟气的CO₂浓度比不带再循环的常规联合循环发电设备的烟气的CO₂浓度更高。

[0029] 在另一个实施方案中,常规动力部分以及CO₂动力部分都包括带有再循环的联合循环发电设备。这固有的优点是两个设备部分仅使用一个CO₂捕集系统。

[0030] 此外,可以应用两个不同的再循环率。通常,目前现有的燃气轮机的再循环率限于烟气中的低馏分,得到的烟气中CO₂浓度仍然是中等的。它一般保持在低于6%,没有任何设计修改以实现高再循环率。

[0031] 设计用于烟气再循环的燃气轮机的再循环率使得可以再循环烟气中较高馏分,导致烟气中CO₂浓度高。这种燃气轮机一般可以用于CO₂动力部分,特别是在改造应用中。通过混合两个烟气流,平均CO₂浓度将使得可以从整个烟气流中有效捕集CO₂。

[0032] 本发明的一个实施方案涉及燃烧碳基燃料的发电设备,其制备用于添加或改造CO₂捕集设备。这种类型的设备也被称为捕集就绪。这种捕集就绪设备的主要区别特征是设

备布置没有设计成简单地提供将来的CO₂捕集系统所需的空間,而是设计成用于完整的CO₂捕集设备,即,将来的CO₂捕集系统加上将来的CO₂动力部分用于驱动CO₂捕集系统。此外,提供用于烟气系统的空間,烟气系统用于混合常规动力部分和CO₂动力部分的烟气流。

[0033] 在一个实施方案中,已经设计了捕集就绪常用设备的排气管(stack),用于最终设备的最大化烟气流,最终设备包括常规部分与CO₂动力部分。此外,安装的排气管最后根据CO₂动力部分定位。设置常规动力部分与将来的CO₂动力部分(future CO₂ power part),以使它们相邻排出烟气以使烟气管道最少。此外,一旦改造,烟气管道可以已经包括风门(flap)、挡板(damper)或分流器以将烟气导向CO₂捕集系统。这使得可以在建造CO₂动力部分期间,常规部分正常运转。CO₂动力部分可以独立于常规动力部分的操作运行,并且CO₂捕集系统本身可以利用CO₂动力部分的烟气进行测试并且运行达到它的部分容量。为了从常规动力部分中改成CO₂捕集,必须改变风门、挡板或分流器释放烟气的方向。一旦CO₂捕集设备开始全部运转,常规动力部分的部分原始烟道就变成旁路管道,这部分烟道位于挡板或分流器下游。为了将来用作旁路排气管,改造的已有常规发电设备的排气管设计成具有流量,需要所述流量以使常规动力部分与将来的CO₂动力部分的混合烟气绕过将来的CO₂捕集系统。

[0034] 考虑到CO₂捕集系统的额外压力损失,可以提供用于烟气鼓风机的空間。这将允许为了用于直接引导烟气到排气管的管道的初始背压优化常规动力部分。在一个实施方案中,烟气鼓风机安装在分流器或挡板的下游并且仅用于CO₂捕集操作。

[0035] 除了单个机械接口,在常规动力部分、CO₂动力部分以及CO₂捕集系统之间还需要控制接口。此外,普通的电气系统以及电网连接是有利的。

[0036] 所提出的设备设置的一个主要优点是,可以将现有不带CO₂捕集的化石燃烧常规发电设备改造或升级为具有CO₂捕集的发电设备,而无需对现有发电设备作任何显著的改变。本发明的一个部分是将现有不带CO₂捕集的化石燃烧常规发电设备改造成具有CO₂捕集的发电设备的方法。根据该方法,CO₂动力部分、烟气管道以及CO₂捕集系统建造在现有常规发电设备附近,其中,烟气管道设计成能混合现有常规动力部分以及CO₂动力部分的烟气,其中CO₂捕集系统设计成能从混合烟气中捕集CO₂,并且其中CO₂动力部分设计成能至少提供从混合烟气中捕集CO₂所需的热能和/或电能。

[0037] 根据该方法的实施方案,在常规发电设备正常操作时,建造CO₂捕集系统、烟气管道以及CO₂动力部分,并且现有化石燃烧常规发电设备的操作仅在将现有化石燃烧常规发电设备连接到额外的或改变的烟道上时中断,随后再次启动运转(recommissioning)。根据现有设备的排气管,改变总烟气流可能需要新的排气管。排气管或排气管改造被认为属于烟气管道的一部分。

[0038] 因此,最小化了现有发电设备商业操作的间断。再连接或改变烟道所需时间可以缩减到小于正常进度的检修停机时间。CO₂动力部分可以平行于现有设备的商业操作而运转。此外,当系统利用来自CO₂动力部分的烟气时,能够进行CO₂捕集系统的主要运转工作。

[0039] 本发明的进一步的主题是操作具有上述CO₂捕集系统的热电设备的方法,所述热电设备用于燃烧碳基燃料。

[0040] 根据优化目标,上述发电设备允许灵活操作CO₂捕集,并且确定不同的操作方法。可能的优化目标是,例如最大功率、最大效率以及最大CO₂捕集率。

[0041] 特别地,常规动力部份、CO₂动力部分以及CO₂捕集系统的启动、装载以及卸载的顺序可以用作控制参数以优化设备运转。

[0042] 例如,如果常规动力部分是蒸汽发电设备,一般它的启动相对缓慢,即,数小时。在启动期间,不优化用于CO₂捕集的烟气成分和温度。然而,在这期间释放的总CO₂比一般操作周期内释放的CO₂少。因此,公认为仅在常规部分装载到高载荷或者基本载荷后开始进行CO₂捕集。如果CO₂动力部分是基于燃气轮机的发电设备,其可以更快地启动并装载,它开始具有的时间延迟,匹配于常规动力部分的启动和装载与CO₂动力部分的启动和装载之间的时间差。

[0043] 此外,在CO₂动力部分输送足够动力以操作CO₂捕集系统之后,CO₂捕集系统启动并装载。

[0044] 根据使用的CO₂捕集系统,CO₂捕集系统的启动可以发生在几分钟之内,可能的实例使用旋涡喷嘴分离CO₂,其由电动机驱动。然而,对于CO₂捕集系统的类型,例如吸收或吸附系统,启动可能使用较长时间,约一个或几个小时。在整体设备的启动期间,必须考虑CO₂捕集系统的启动时间。如果需要,考虑到CO₂捕集系统的启动时间,必须较早地启动CO₂动力部分。根据不同设备的启动时间,一旦需要,可以在常规动力部分以前启动CO₂动力部分,以保证CO₂捕集。

[0045] 根据电网或分配器的要求,为了能够快速装载发电设备,提出这样一种方法,其中,通过第一装载常规部分与CO₂动力部分改变设备的净功率输出,以满足净功率输出目标,并且CO₂捕集系统开始运转,以及捕集率增加到目标捕集率。当CO₂捕集系统运行和/或增加捕集率时,净功率输出保持不变,并且设备的总发电量进一步增加以满足CO₂捕集系统增加的动 力消耗。

[0046] 为了简化常规动力部分与CO₂动力部分之间的控制接口,可以使用两种独立的动力控制方法:

[0047] 可以控制CO₂动力部分的装载,以与CO₂捕集系统的主要工作参数相关,CO₂捕集系统主要的工作参数例如CO₂捕集系统动力需求、整个混合烟气的质量流、混合烟气流的CO₂含量,或这些参数的组合,或其他代表捕集系统运行情况的参数。

[0048] 常规动力部分的装载控制用于控制发电设备的净功率输出。一般地,常规动力部分和CO₂动力部分通过一个共同的连接件与电网连接。通过该电网连接件向电网输送的总功率为净功率并且应该符合电网的动力需求。根据该实施方案,在电网动力需求与CO₂动力部分的任何过量净功率输出之间,控制常规动力部分以输出不同的动力,后者除了驱动CO₂捕集系统外还用于输送。

[0049] 此处描述的化石燃烧蒸汽发电设备一般是燃煤蒸汽发电设备。然而,本发明也适用于任何其他类型的化石燃烧蒸汽发电设备,例如燃油或燃气蒸汽发电设备。

附图说明

[0050] 下面将结合附图更详细地描述本发明的特性以及优点。相关附图:

[0051] 图1示意性地显示了一种发电设备,其由带有化石燃烧蒸汽发电设备作为CO₂动力部分的化石燃烧常规蒸汽动力部分与CO₂捕集系统组成,

[0052] 图2示意性地显示了一种发电设备,其由带有燃气轮机联合循环设备作为CO₂动力

部分的化石燃烧常规蒸汽动力部分与CO₂捕集系统组成，

[0053] 图3示意性地显示了化石燃烧常规蒸汽动力部分与CO₂捕集系统，所述化石燃烧常规蒸汽动力部分具有带烟气再循环的燃气轮机联合循环设备作为CO₂动力部分，

[0054] 图4示意性地显示了一种发电设备，其由联合循环发电设备作为常规动力部分和CO₂捕集系统组成，所述联合循环发电设备具有带烟气再循环的燃气轮机联合循环设备作为CO₂动力部分，

[0055] 图5示意性地显示了一种发电设备，其由带有CO₂动力部分的常规动力部分以及CO₂捕集系统组成，常规动力部分和CO₂动力部分两个设备部分都是带有烟气再循环的联合循环发电设备，

[0056] 图6示意性地显示了一种发电设备，其由带燃气轮机联合循环设备的化石燃烧常规蒸汽动力部分与CO₂捕集系统组成，所述燃气轮机联合循环设备带有烟气再循环作为CO₂动力部分，其中在CO₂捕集操作期间低压汽轮机可以通过离合器(clutch)去耦(decouple)，

[0057] 图7示意性地显示了对于烟气的不同CO₂浓度，可实现的CO₂捕集率与用于捕集CO₂的有效比能的关系。

具体实施方式

[0058] 根据本发明，带有CO₂捕集的发电设备的主要组件是常规动力部分1、CO₂动力部分2以及CO₂捕集系统12。

[0059] 图1中示出了根据本发明一个实施方案的设备布置的第一实例。在该实施例中，常规动力部分1是化石燃烧蒸汽发电设备41。其包括锅炉3，向其提供化石燃料8和空气7。燃料7与空气8燃烧产生流通蒸汽(live steam)9和常规动力部分烟气15。此外，包括由流通蒸汽9驱动的汽轮机10、产生电力的发电机5、以及冷凝器18，给水19从冷凝器18回到锅炉。由于不是本发明的主题，简化并示意性地显示蒸汽循环，未显示不同的蒸汽压力水平、给水泵等。

[0060] 在此处所示的实施例中，CO₂动力部分2是化石燃烧背压蒸汽发电设备42。它包括锅炉3，向其提供燃料8和空气7。燃料7与空气8燃烧产生流通蒸汽9与CO₂动力部分烟气14。此外，它包括由流通蒸汽9驱动的压力式汽轮机(back pressure steam turbine)4、产生电力的发电机5。低压蒸汽11经由蒸汽管道离开背压蒸汽轮机4提供给CO₂捕集系统12。冷凝物13从CO₂捕集系统12回到锅炉3。由于不是本发明的主题，也简化并示意性地显示该蒸汽循环，未显示不同的蒸汽压力水平、给水泵等等。

[0061] CO₂捕集系统12用方框示意性地显示，其从混合烟气37中除去CO₂，混合烟气37由常规动力部分烟气15和CO₂动力部分烟气14组成。CO₂耗尽的烟气16从CO₂捕集单元12释放到排气管16。如果CO₂捕集单元12没有操作，它可以经由烟气旁路绕过。为了控制旁路，在烟道中设置用于常规动力部分20的烟气的旁路风门以及用于CO₂动力部分21的旁路风门。

[0062] CO₂捕集系统12由例如CO₂吸收单元和再生单元组成，在所述CO₂吸收单元中通过吸收剂从混合烟气37中除去CO₂，在所述再生单元中从吸收剂中释放CO₂。根据烟气温度和CO₂吸收单元的工作温度范围，可能需要烟气冷却器6。捕集的CO₂送去压缩并存储17。

[0063] 图2示意性地显示了一种发电设备，其由化石燃烧常规蒸汽发电设备41、联合循环发电设备30和CO₂捕集系统12组成。蒸汽发电设备41和CO₂捕集系统12与图1中所示的相似。

[0064] 联合循环发电设备30包括燃气轮机和带有水蒸汽循环的热回收蒸汽发生器39。燃气轮机包括对进气7加压的压缩机31、燃烧器32、以及涡轮机33并驱动发电机5。压缩气体用于燃料8在燃烧器32中的燃烧,加压的热气在涡轮机33内扩张。它的主要输出是来自发电机5的电力以及热烟气34。热烟气34通过热回收蒸汽发生器39(HRSG)使其产生流通蒸汽9。烟气以较低温度水平离开HRSG39并作为CO₂动力部分14的烟气进入CO₂捕集系统12。此外,联合循环发电设备30包括由流通蒸汽9驱动的反压式汽轮机4,和产生电力的发电机5。低压蒸汽11经由蒸汽管道提供到CO₂捕集系统12。冷凝物13或低级蒸汽从CO₂捕集系统12返回到锅炉3。由于不是本发明的主题,也简化并示意性地显示该蒸汽循环,未显示蒸汽压力水平差,给水泵等。

[0065] 图3示意性地显示了一种发电设备的另一个实施例,其由化石燃烧常规蒸汽发电设备41、联合循环发电设备40以及CO₂捕集系统12组成。主要的部件与图2所示相似。然而,此处显示的燃气轮机是带有烟气再循环的燃气轮机。烟气的可控制部分在控制风门处转向用于烟气再循环22并经烟气再循环管线35再循环到进气7。再循环的烟气在烟气冷却器36中冷却以限制或控制燃气轮机压缩机31的入口温度。烟气冷却器36一般包括冷凝物分离器(未示出),其从冷却的烟气中除去冷凝物。

[0066] 图4示意性地显示了一种发电设备,其由联合循环发电设备30作为常规动力部分1,带有烟气再循环40的燃气轮机联合循环设备作为CO₂动力部分2,以及CO₂捕集系统12组成。该配置基于图3所示的配置。联合循环发电设备30代替蒸汽发电设备41用作常规动力部分1。

[0067] 联合循环发电设备30包括燃气轮机、带有水蒸汽循环的热回收蒸汽发生器39。燃气轮机包括压缩机31,进气7在其中压缩,燃烧器32以及涡轮机33,并驱动发电机5。压缩气体用于燃料8在燃烧器32中的燃烧,加压的热气在涡轮机33中膨胀。它的主要输出是来自发电机5的电力和热烟气34。热烟气34通过热回收蒸汽发生器39使其产生流通蒸汽9。烟气以较低的温度水平离开HRSG39并进入CO₂捕集系统12作为常规动力部分15的烟气。此外,它包括由流通蒸汽9驱动的蒸汽轮机10、产生电力的发电机5以及冷凝器18,给水19从冷凝器18回到HRSG39。

[0068] 图5示意性地显示了一种发电设备的另一个实施例,其由带有烟气再循环40的两个联合循环发电设备和CO₂捕集系统12组成。主要部件与图4所示相似。然而,常规动力部分1的燃气轮机也是具有烟气再循环的燃气轮机。烟气的可控制部分在控制风门处转向用于烟气再循环22并经由烟气再循环管线35再循环到进气7。再循环烟气在烟气冷却器36中冷却以限制或控制燃气轮机压缩机31的入口温度。烟气冷却器36一般包括冷凝物分离器(未示出),从冷却的烟气中除去冷凝物。

[0069] 图6以图3为基础,并示意性地显示了一种发电设备,其由化石燃烧常规蒸汽发电设备41、带有烟气再循环的联合循环发电设备40、以及CO₂捕集系统12组成。蒸汽发电设备41和CO₂捕集系统12与图3中所示的那些相似。

[0070] 为了增加CO₂动力部分2的操作灵活性,相对于图3所示的实施方案修正了水蒸汽循环。在该实施方案中,水蒸汽循环增加了额外的蒸汽控制阀38、低压汽轮机24、冷凝器18以及给水管线19。该配置使得可以使用低压蒸汽11产生额外的电力,以防完全不需要或者不需要所有的低压蒸汽11用于操作CO₂捕集系统12。蒸汽控制阀38控制低压蒸汽11的分流,

直接通向CO₂捕集系统12和低压汽轮机24。蒸汽控制阀38示意地显示为三通阀。可选地,也可以使用其他控制手段,例如双控制阀。

[0071] 蒸汽轮机24可以通过离合器23机械地连接到发电机5。例如自动的超越离合器(automatic overrunning clutch)可用于连接低压汽轮机24到发电机5和背压式汽轮机4的现有轴上。如果低压蒸汽用于CO₂捕集系统12,这种设置使得可以停止低压汽轮机24。一旦过量低压蒸汽可用,过量蒸汽直接经由蒸汽控制阀23导向低压汽轮机24。运行中,离合器23自动地啮合并且低压汽轮机24可以加负荷以驱动发电机5,因而增大设备的电力生产。

[0072] 图7示意性地显示了对于烟气中不同CO₂浓度C₁、C₂和C₃,可实现的CO₂捕集率r_c与用以捕集CO₂的有效比能e_{CO2}之间的关系。该图显示了在CO₂捕集前混合两个烟气流具有优势的原因。

[0073] 增大CO₂浓度C↑捕集率r_c增加,其可以由给定的比能e_{CO2}实现从烟气中捕集CO₂而获得。此外,可实现的捕集率r_c与比能e_{CO2}成正比,比能e_{CO2}可以用来从烟气中捕集CO₂。对各种浓度C₁、C₂以及C₃,可实现的捕集率r_c显示了捕集CO₂特性趋势与有效比能e_{CO2}捕集CO₂的关系。最初所有的曲线显示梯级斜度,其变得较小并渐近地接近100%的捕集率r_c。然而,梯度变化的捕集率r_c取决于烟气中的CO₂浓度。

[0074] 对于低CO₂浓度C₁,在相对低捕集率r_c发生明显的梯度变化。对于高CO₂浓度C₂或C₃,良好的梯级坡度持续达到约为90%或更多的高捕集率r_c。由于不同的捕集率,发生梯度变化,达到约为90%高的捕集率的比能e_{CO2}相对于烟气中的低CO₂浓度按指数规律地增加,例如浓度C₁。结果,如果第一烟气流具有低的CO₂浓度C₁而第二烟气流具有高的CO₂浓度C₃,混合以获得具有平均CO₂浓度C₂的混合烟气37,达到特定目标捕集率r_{c,t}例如83%需要的能量降低,比从两个单独的烟气流中捕集CO₂需要的能量低。

[0075] 上面描述的典型实施方案以及附图中为本领域技术人员公开的实施方案包含在本发明的范围内,附图中公开的实施方案不同于所述示例实施方案。

[0076] 例如,低压汽轮机24可以设置在单独的轴上以驱动单独的发电机产生电力;或者蒸汽轮机和任何联合循环发电设备的燃气轮机可以是单轴布置。

[0077] 作为另一个实施例,CO₂动力部分烟气14和常规动力部分烟气15可以在旁路风门20、21上游混合,这样,所有烟气仅需要一个旁路风门。此外,配置两个烟气冷却器6是有利的,一个用于常规动力部分烟气15,一个用于CO₂动力部分烟气14。例如,如果常规动力部分烟气15与CO₂动力部分烟气14的温度不同时是这种情况。

[0078] 在上述实施例中,描述了单个燃气轮机。应当理解,也可以使用如US5577378中举例描述的连续燃气轮机,也称作带再热燃烧室(reheat combustor)的燃气轮机。也可以使用连续燃气轮机与基于单个燃气轮机的发电设备的组合。连续燃气轮机的应用是有利的,因为它们的烟气中CO₂浓度一般比单个燃气轮机中的更高。此外,任何上述实施例可以利用具有或不具有烟气再循环的燃气轮机来实现。

[0079] 附图标记列表

[0080] 1常规动力部分

[0081] 2CO₂动力部分

[0082] 3锅炉

[0083] 4背压式汽轮机

- [0084] 5发电机
- [0085] 6烟气冷却器
- [0086] 7空气
- [0087] 8燃料
- [0088] 9流通蒸汽
- [0089] 10蒸汽轮机
- [0090] 11低压蒸汽
- [0091] 12CO₂捕集系统
- [0092] 13冷凝物或低级返回蒸汽
- [0093] 14CO₂动力部分烟气
- [0094] 15常规动力部分烟气
- [0095] 16CO₂耗尽的烟气
- [0096] 17用于压缩和存储的CO₂
- [0097] 18冷凝器
- [0098] 19给水
- [0099] 20用于常规动力部分的烟气的旁路风门
- [0100] 21用于CO₂动力部分的烟气的旁路风门
- [0101] 22用于烟气再循环的控制风门
- [0102] 23离合器
- [0103] 24低压汽轮机
- [0104] 30联合循环发电设备
- [0105] 31压缩机
- [0106] 32燃烧器
- [0107] 33涡轮机
- [0108] 34燃气轮机烟气
- [0109] 35烟气再循环管线
- [0110] 36烟气冷却器
- [0111] 37混合烟气
- [0112] 38蒸汽控制阀
- [0113] 39HRSG
- [0114] 40具有烟气再循环燃气轮机的联合循环发电设备
- [0115] 41蒸汽发电设备
- [0116] 42背压式蒸汽发电设备
- [0117] 43来自常规部分的旁路管
- [0118] 44来自CO₂动力部分的旁路管
- [0119] C↑浓度增加
- [0120] C₁、C₂、C₃烟气中的CO₂浓度
- [0121] r_c捕集率
- [0122] r_{c, t}目标捕集率

[0123] e_{CO_2} 捕集所需的比能

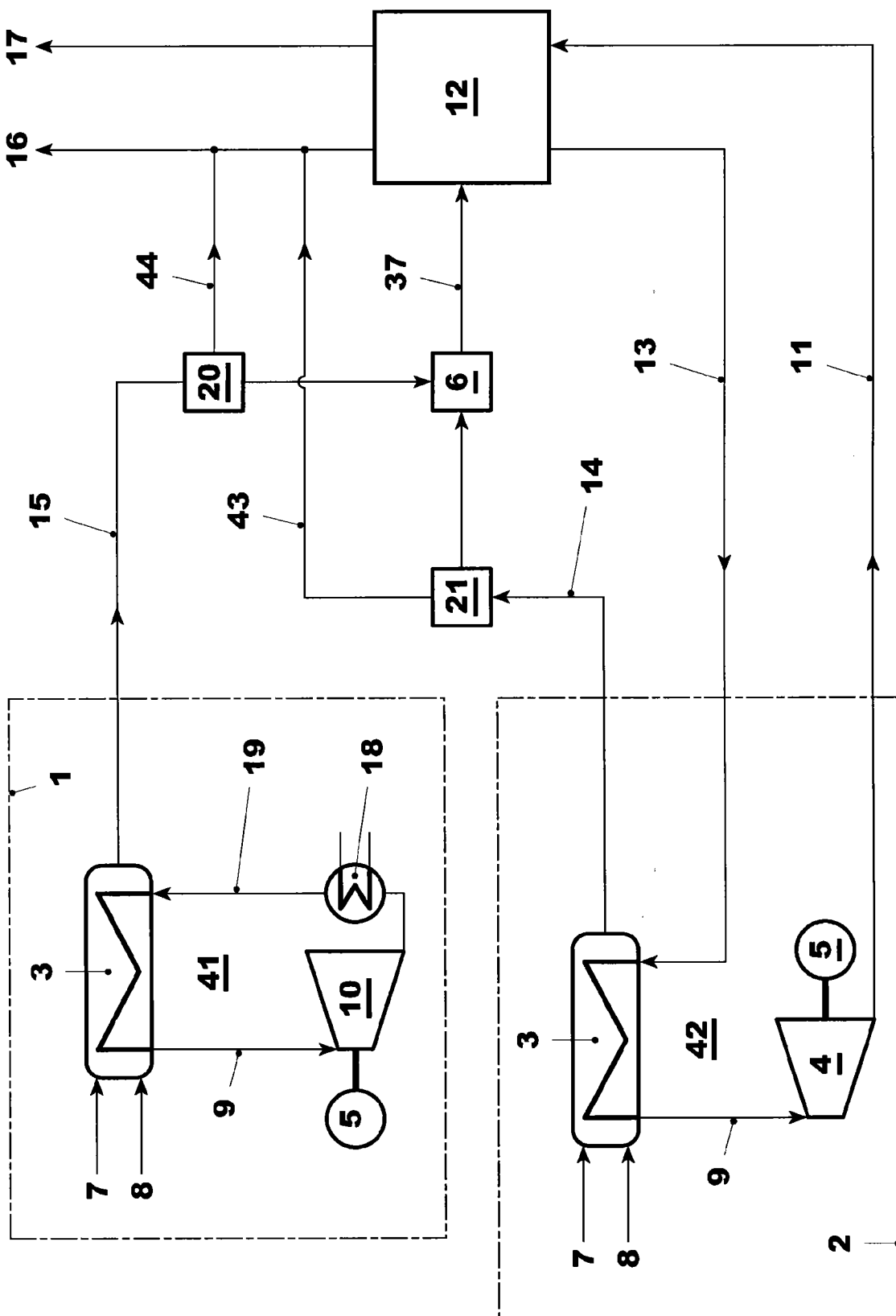


图1

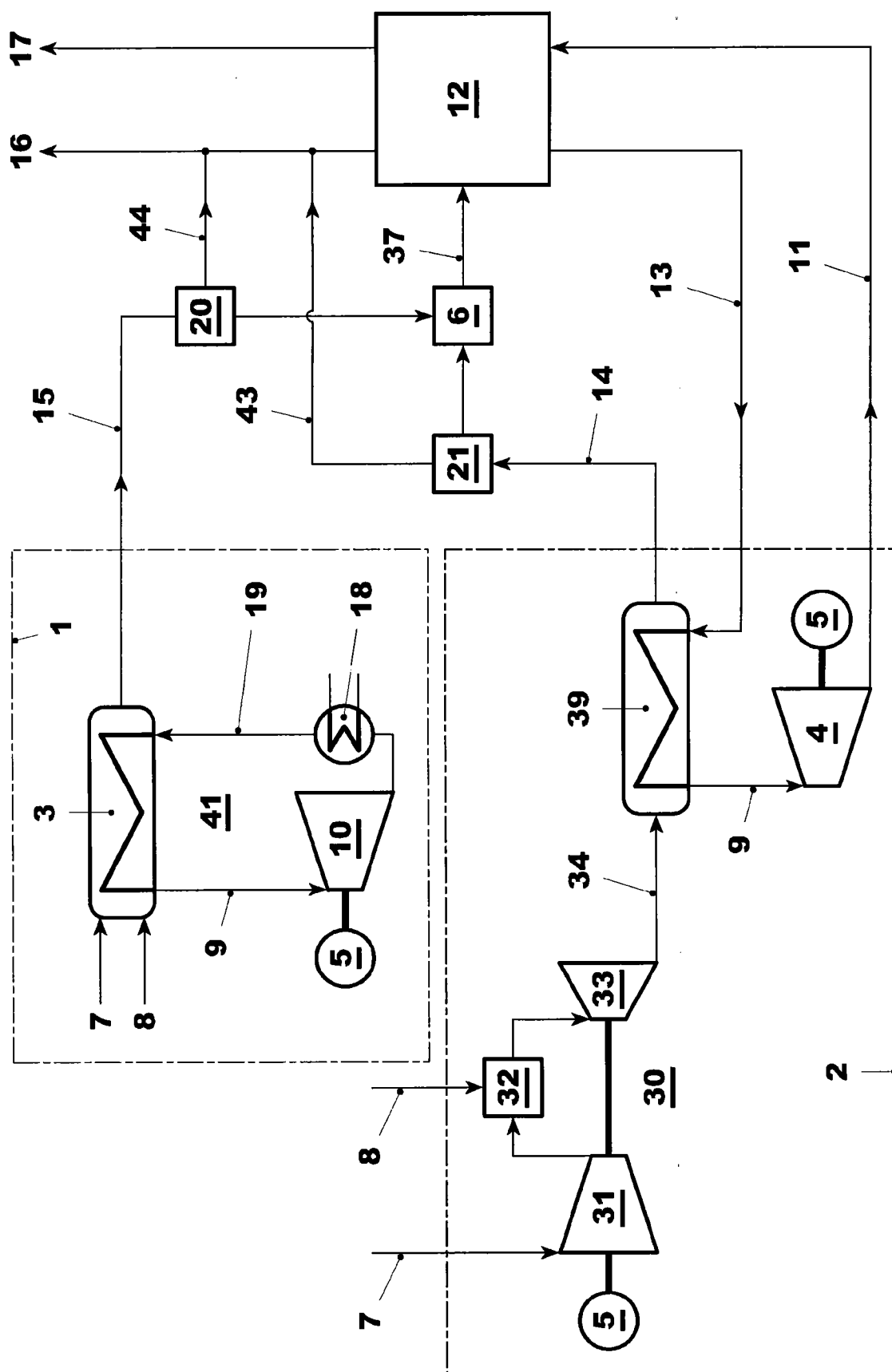


图 2

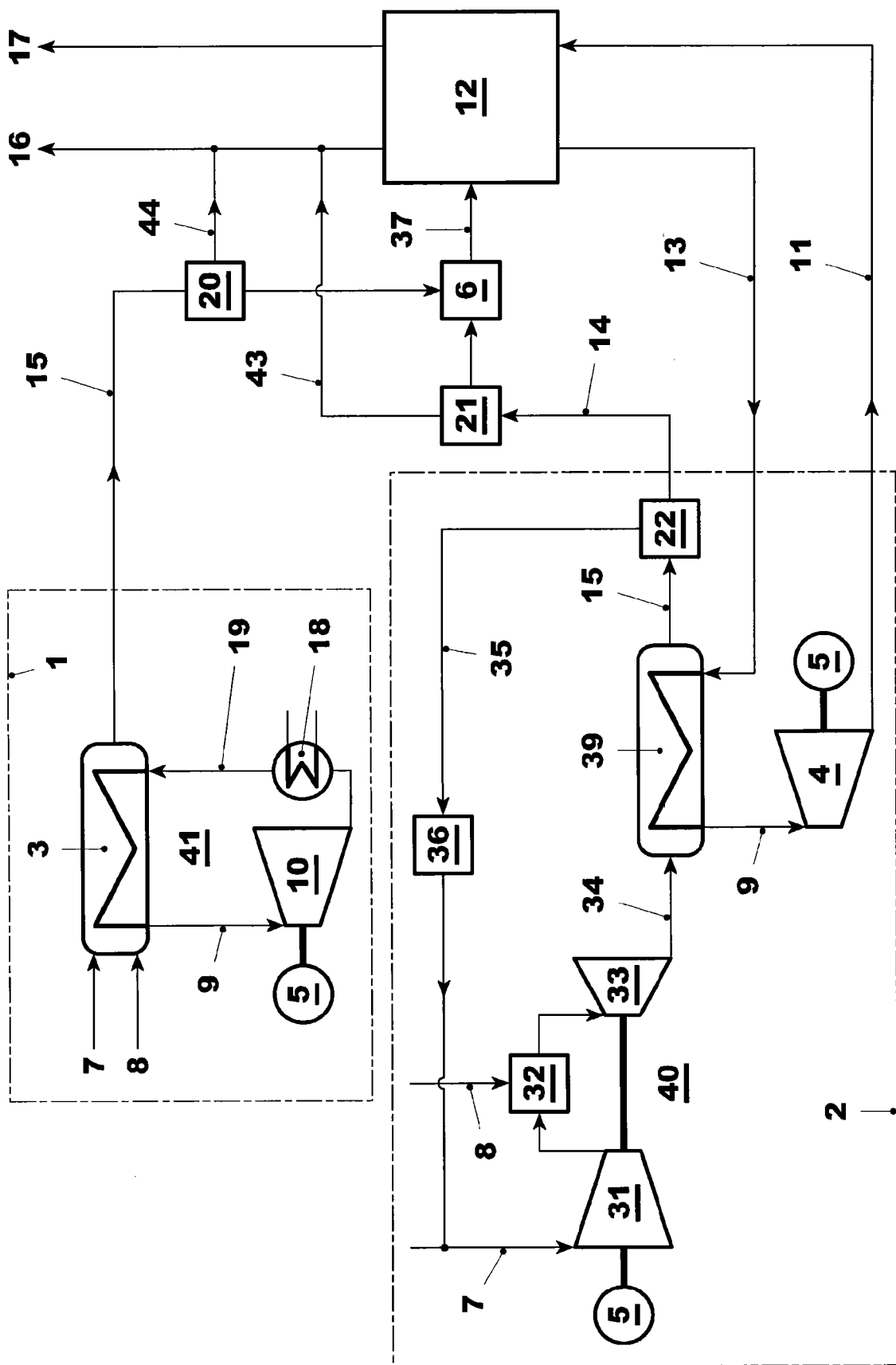


图3

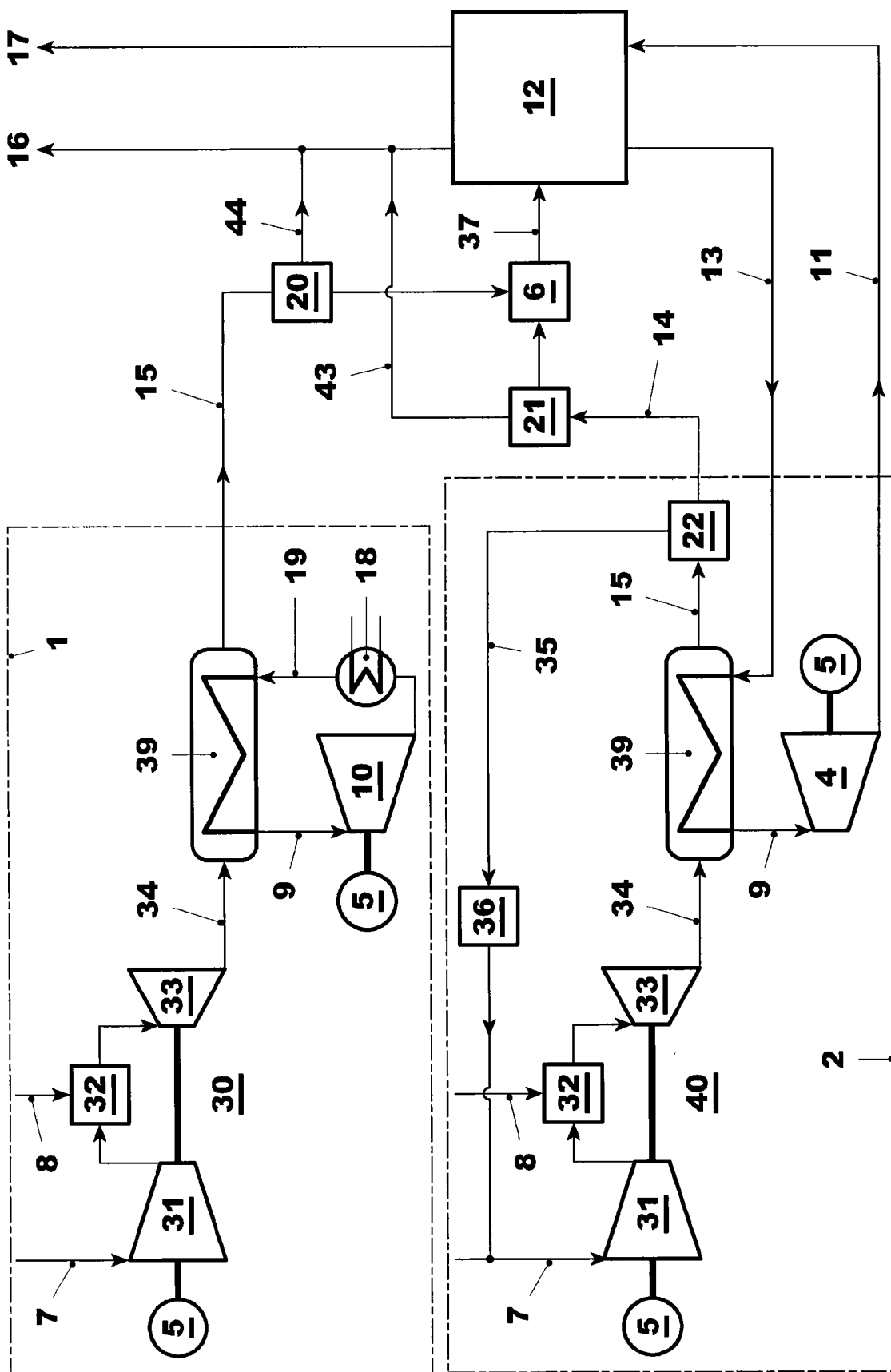


图4

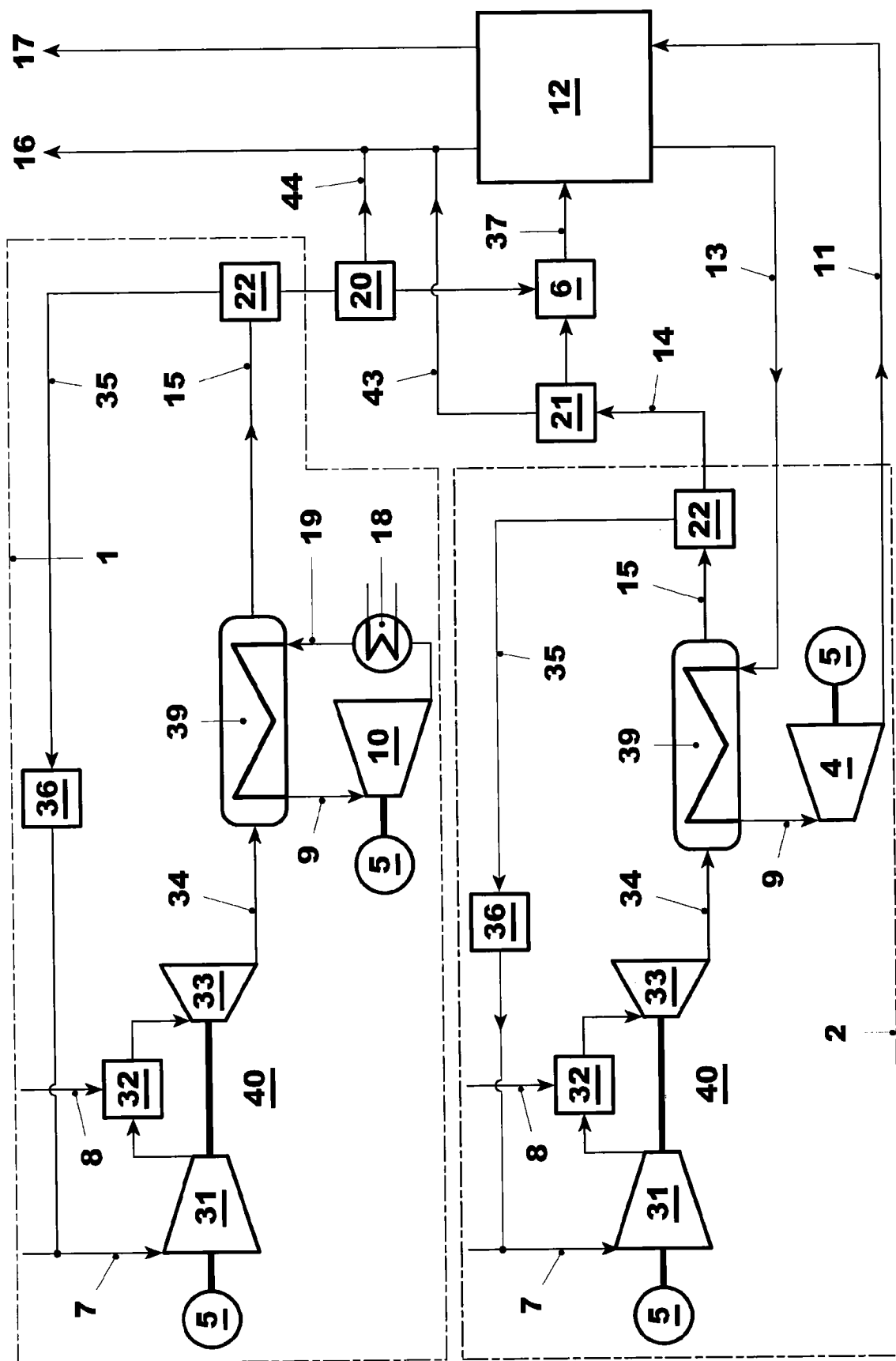


图5

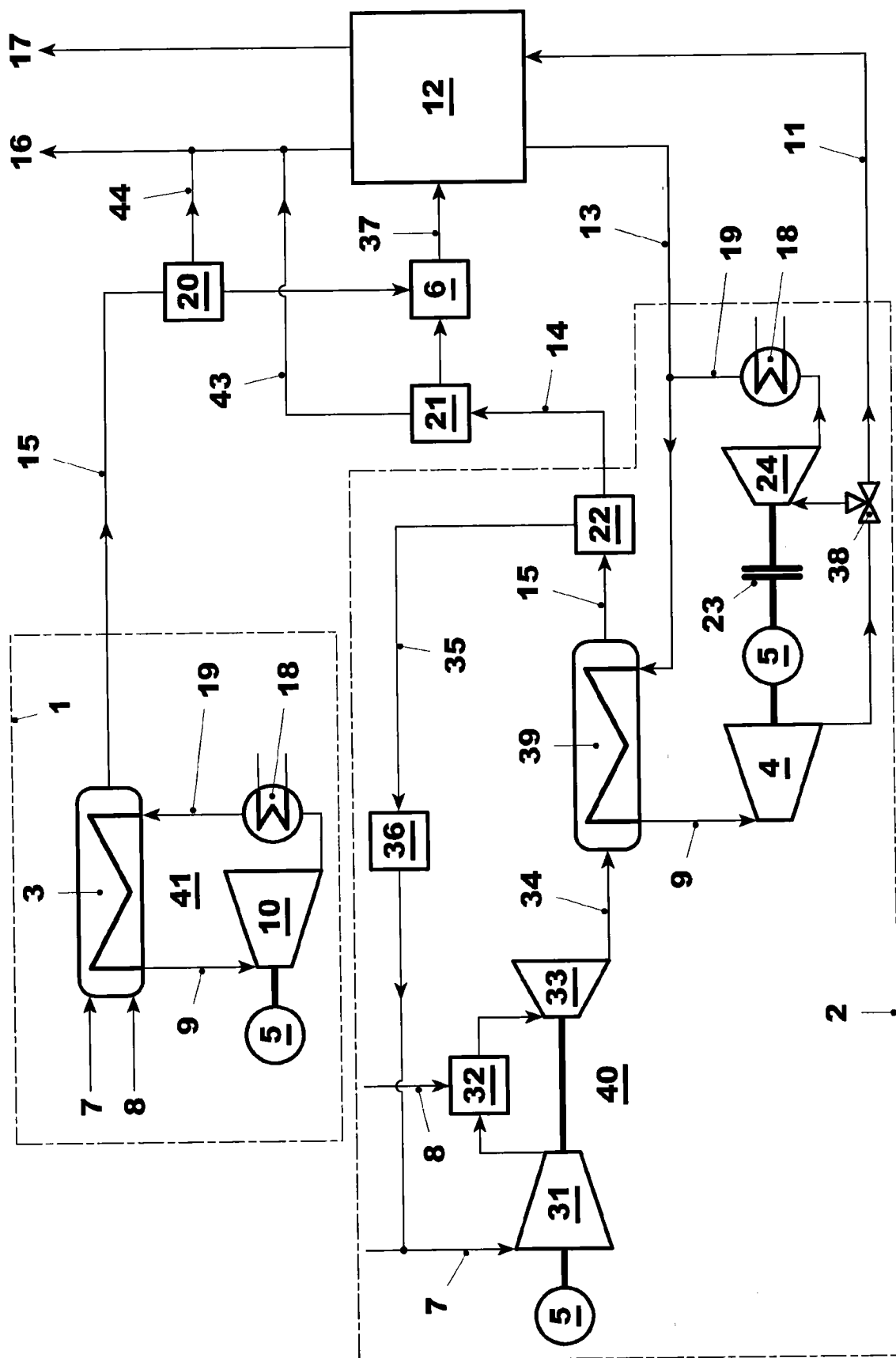


图6

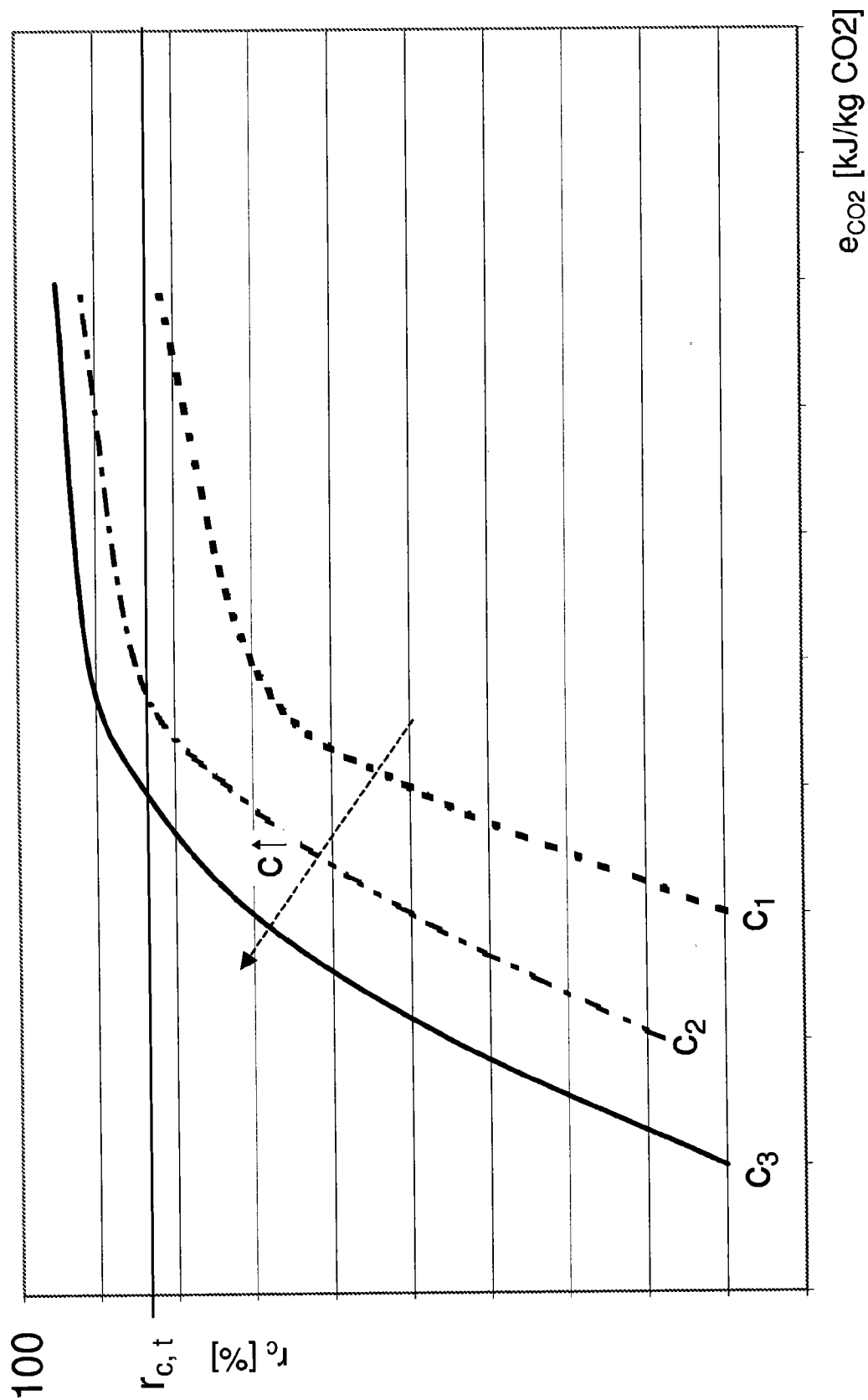


图7