



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104302893 B

(45)授权公告日 2017.04.05

(21)申请号 201380013865.5

(22)申请日 2013.01.29

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104302893 A

(43)申请公布日 2015.01.21

(30)优先权数据
61/592,158 2012.01.30 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.09.12

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2013/023545 2013.01.29

(87)PCT国际申请的公布数据
W02013/116185 EN 2013.08.08

(73)专利权人 鲍尔法斯有限责任公司

地址 美国佛罗里达州

(72)发明人 R.J.克拉夫特 P.索比斯基

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

代理人 曲莹

(51)Int.Cl.
F02C 6/08(2006.01)

(56)对比文件
US 6550253 B2,2003.04.22,
US 3359723 A,1967.12.26,
CN 101289963 A,2008.10.22,

审查员 胡浩

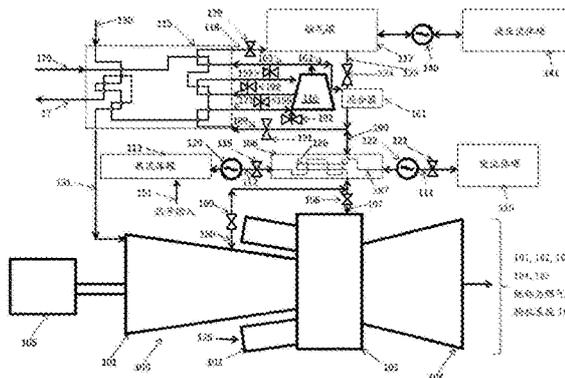
权利要求书1页 说明书11页 附图5页

(54)发明名称

燃气轮机储能器和能量补充系统及制造和使用它们的方法

(57)摘要

本发明根据特定电厂需求提供若干选择,以提高电厂在低负载下的效率和功率输出,降低燃气轮机的功率输出能力的下限,同时增加燃气轮机的功率输出的上限,从而增加新的或现有燃气轮机系统的容量和调节能力。本发明的一个方面涉及一种能量储存和收回系统,用于从燃气轮机(GT)发电厂的现有源中获得有用功,同时优选地提供有效加热的空气入口加温器。



1. 一种操作燃气轮机能量系统的方法,包括:
 - (a) 使用中间冷却器经由多级压缩过程压缩空气;
 - (b) 将压缩空气喷射进储罐中;
 - (c) 操作燃气轮机系统,所述燃气轮机系统包括彼此流体连接的压缩机、燃烧器壳体、燃烧器和涡轮机;
 - (d) 将所述压缩空气从所述储罐喷射进所述涡轮机中,其中,所述压缩空气首先与来自所述燃气轮机系统的TCLA空气混合,导致排出一部分TCLA空气或全部TCLA空气至所述涡轮机。
2. 如权利要求1所述的方法,还包括使用燃气轮机能量蒸汽循环从多级压缩过程中间冷却器去除热量。
3. 如权利要求1所述的方法,还包括操作液压泵将液压流体泵送进所述储罐中,以从所述储罐中排出加压空气,以供给到所述涡轮机中。
4. 如权利要求1所述的方法,其中,在多级压缩过程中压缩的空气是环境空气。
5. 如权利要求1所述的方法,其中,在多级压缩过程中压缩的空气首先由燃气轮机部分地压缩。
6. 一种操作燃气轮机能量系统的方法,包括:
 - (a) 使用中间冷却器经由多级压缩过程压缩空气;
 - (b) 将压缩空气喷射进储罐中;
 - (c) 操作燃气轮机系统,所述燃气轮机系统包括彼此流体连接的压缩机、燃烧器壳体、燃烧器和涡轮机;以及
 - (d) 将从所述储罐供给的空气喷射进所述燃烧器壳体中,其中,在被喷射进燃气轮机燃烧器壳体中之前,喷射的空气首先与来自燃气轮机压缩机的空气混合。
7. 如权利要求6所述的方法,还包括使用蒸汽循环从所述中间冷却器去除热量。
8. 如权利要求6所述的方法,还包括使用液压泵将液压流体泵送进所述储罐中,以从所述储罐排出加压空气,从而供给到涡轮机燃烧器壳体。
9. 如权利要求6所述的方法,还包括在储存在所述储罐中之前,使用空气升压泵加压环境空气。
10. 如权利要求7所述的方法,还包括加热经由所述中间冷却器内的入口抽吸的环境空气,并将已加热的环境空气喷射进所述燃气轮机系统的入口中。
11. 如权利要求7所述的方法,还包括在多级压缩过程中压缩的空气首先由燃气轮机部分地压缩。

燃气轮机储能器和能量补充系统及制造和使用它们的方法

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及电力系统,包括燃气轮机的发电容量,更确切地说涉及储能器,其用于在电力需求高峰期间提供额外电力,同时在降低的能量需求期间自身消耗由燃气轮机产生的功率。

背景技术

[0002] 现今大多数边际能量主要由处于简单循环或联合循环构造的燃气轮机生产。由于负载需求分布,燃气轮机基本系统在高需求期间加速运行 (cycle up),而在低需求期间放缓运行 (cycle down) 或关掉。该循环通常由电网操作者在称为主动电网控制或“AGC”的程序下驱动。不幸地,因为工业燃气轮机(代表大多数的装配基础)主要设计用于基本负载操作,当它们循环时,严重的损失与特定单元的维护成本相关。例如,运行基本负载的燃气轮机以 \$ 2- \$ 3 百万美元范围的成本每三年或者 24000 小时经历一次正常维护。该相同成本在一年内可使电厂每天开启和关闭。

[0003] 当前,这些燃气轮机电厂可调低 (turn down) 至它们额外容量的约 50%。它们通过关闭压缩机的入口引导轮叶来完成上述目的,这减少了到达燃气轮机的气流,此外,在燃烧过程中,根据恒定燃料空气比率压低燃料流是期望的。维护安全压缩机操作和发射通常限制实际上可获得的调低等级。

[0004] 安全压缩机操作下限在当前燃气轮机中通过将暖空气引入燃气轮机入口(通常从压缩机的中间级排出提取口)而提高。有时,该暖空气还引入入口中以防止结冰。在各情况下,当这样做时,在该过程中压缩机对空气所做的功损失,以能够在较低等级下操作燃气轮机,从而增加调低能力。这对系统效率有不利影响,因为对排出的空气执行的功损失。此外,燃烧系统还对系统提出限制。

[0005] 燃烧系统通常限制系统可调低的量,因为当添加较少燃料时,火焰温度降低,增加了产生的一氧化碳 (“CO”) 排放量。火焰温度与 CO 排放物之间的关系与降低温度成指数,结果,当燃气轮机系统接近极限时,CO 排放物增加,所以健康的边界远离该极限。该特性限制所有燃气轮机系统至约 50% 调低能力,或者对于 100MW 燃气轮机,可获得的最小功率为约 50% 或 50MW。当燃气轮机质量流调低时,压缩机和涡轮机效率也下降,导致机器的热耗增加。一些操作者每天都会面临该情况,结果,当负载需求下降时,燃气轮机电厂到达它们的操作下限,不得不关闭机器,这使它们付出极大的维护成本损失。

[0006] 典型燃气轮机的另一特性是:当环境温度增加时,功率输出因空气温度的增加而使密度降低的线性效应成比例(线性)下降。通常当需要峰值燃气轮机产生上述边际能量时,在热天,功率输出可以从 59°F 标准天 (ISO 条件) 下降多于 10%。

[0007] 典型燃气轮机的另一特性是:在燃气轮机的压缩机部中压缩和加热的空气被供应到燃气轮机的涡轮机部的不同部,用于冷却各部件。该空气通常称为“TCLA”,表示术语“涡轮机冷却和泄漏空气”,其在本领域中关于燃气轮机是熟知的。尽管从压缩过程加热,但是 TCLA 空气仍明显比涡轮机温度低,从而在冷却这些部件时是有效的。通常到达压缩机入口

的空气中的10%至15%绕过燃烧器和涡轮机,并用于该冷却过程。该TCLA对于燃气轮机系统的性能是显著损失。

发明内容

[0008] 根据具体工厂需求,本发明提供了若干选择来改善工厂在低负载时的效率和功率输出,降低燃气轮机的功率输出能力的下限,同时增加燃气轮机的功率输出的上限,从而增加新的或现有燃气轮机系统的容量和调节能力。

[0009] 本发明的一个方面涉及一种能量储存和收回系统,用于从燃气(GT)发电厂的现有资源中获得有用功,同时优选地提供有效的加热空气入口加注器(charger)。

[0010] 本发明的另一方面涉及允许燃气轮机系统在峰值需求周期期间更有效地提供额外功率同时停留在燃气轮机和发生器的现有能力内的方法和系统。

[0011] 本发明的另一方面涉及允许燃气轮机系统在低需求周期期间更有效地调低的方法和系统。

[0012] 本发明的另一方面是在加注(charging)所述罐期间另外储存废热,并稍后在排空所述罐时使用储存的热能来加热从罐排出的空气。

[0013] 本发明的另一方面是使用液压启动系统来将所述空气推出储罐。

[0014] 本发明的另一方面是在加注所述罐期间使用另外的废热作为另一过程(像联合循环电厂或一些其它热水系统,比如区域加热)的输入,以提高系统的整体效率。

[0015] 本发明的另一方面是同时从所述罐排出空气以及混合空气与燃气轮机TCLA,以加热喷射的空气至恰当温度,并提高冷却有效性,均提高了燃气轮机效率。

[0016] 本发明的另一方面是同时输送和混合来自辅助压缩系统的空气与从所述罐排出的空气,以提供燃气轮机的增加的功率增强,同时还提供加热喷射空气的基本需求。

[0017] 本发明的一个实施例涉及一种系统,其包括连接到现有燃气轮机的空气升压泵(ABP)、燃烧壳体排放歧管以及具有第一热交换回路和第二热交换回路的高温热交换器。

[0018] 优选实施例的一个优点是,大部分压缩工件由现有压缩机完成,并以现有控制被控制在当前操作极限内。

[0019] 本发明的优选实施例的另一优点是与入口(排出)加热系统相关的效率损失最小,因为由于热空气从根据本发明一些优选实施例的中间冷却器的第二回路加注进燃气轮机入口中,不再需要来自燃气轮机的排气。

[0020] 优选实施例的另一优点是增强式压缩机空气可绕中间冷却器转向,并与从气罐排出的空气混合,以提供在喷射进燃气轮机之前加热储存的空的装置或机构。其它优选实施例的另一优点是这样的能力,通过储存燃气轮机发生器的电能(利用电感加热器加热的流体形式)以及使能量稍后在更高需求期间返回,来增加燃气轮机系统在低需求期间的调低能力,并提高燃气轮机系统的效率和输出。

[0021] 又一实施例的另一优点是这样的能力,通过储存燃气轮机发生器的热能(利用热交换器加热的流体以及热储存流体形式)并优选地使能量稍后在更高需求期间返回,来增加燃气轮机系统在低需求期间的调低能力。

[0022] 又一实施例的另一优点是这样的能力,通过储存燃气轮机发生器的在空气升压泵中消耗的电能(压缩空气形式)并使能量稍后在更高需求期间返回,来增加燃气轮机系统在

低需求期间的调低能力,同时通过将加热空气引入燃气轮机入口而不是直接使用压缩机排气,来提高操作效率。

[0023] 优选实施例的另一优点是通过使用现有燃气轮机系统的压缩机、涡轮机和发生器作为储存系统的一部分来显著降低能量储存系统的成本。

[0024] 优选实施例的另一优点是在高峰需求期间提供额外发电,其与其它选择相比是有成本竞争力的。

[0025] 本发明的另一优点是这样的能力,使用热流体罐中的电阻型加热器以能够调节燃气轮机系统的功率输出,而不是调低燃气轮机系统本身。

[0026] 本发明的另一优点是这样的能力,使用热流体罐中的电阻型加热器以能够提供快速电网稳定控制。

[0027] 本发明的另一优点是这样的能力,将实施例的选择部分结合到现有燃气轮机,以实现特定电厂目标。

[0028] 优选实施例的另一优点是这样的能力,将本发明全部或一部分结合进燃气轮机系统的现有排出系统(因各种原因而使用)中,导致更简单的装配和较低成本。

[0029] 本实施例的另一优点是这样的能力,将空气从储罐和/或增强式压缩机喷射进涡轮机冷却回路中,由此,由于凉的冷却空气是极为期望的,所以重新获得通过冷却空气而放出的所有热量以用于储存过程是不必要的。

[0030] 相应地,根据本发明的一个优选实施例的现场燃气轮机能量储存(“IGTES”)系统包括中间冷却的压缩回路和热储存系统,中间冷却的压缩回路使用空气升压泵来产生储存在高压气罐中的压缩空气,其中,从压缩空气吸收的中间冷却过程热量被引入环境空气中,然后输送到燃气轮机入口,以提高燃气轮机压缩机的低流动效率和调低能力,热储存系统捕获在燃气轮机压缩机中产生的一部分热量,热交换器位于压缩机排放壳体空气和中间冷却器之间,以在能量储存过程期间将热量添加到热储存系统,以及在增加的功率输出期间将热量添加到再次引入燃气轮机燃烧壳体的压缩空气,利用辅助电感加热器根据需要额外热量添加到热储存系统,提供用于快速电网稳定控制的装置或机构。可选地,代替热储存系统,热量可用于给区域加热或联合循环系统提供有用能。可选地,当与具有蒸汽循环的联合循环燃气轮机电厂结合时,可使用来自蒸汽循环的蒸汽或水来代替热储存系统,以在空气进入燃气轮机之前加热离开所述罐的空气。

[0031] 使用高压储气罐以及直接点火燃气轮机中的空气使燃气轮机具有输送比可产生的功率更多的功率,因为当前由燃气轮机系统的压缩机输送至涡轮机的最大空气质量流来自气罐和/或增强式压缩机的空气补充。在现有燃气轮机上,这可将燃气轮机系统的输出增加至热天中的当前发生器极限,这可以是额外20%的功率输出,同时,与现有技术的目前状态相比,增加它们的调低能力25-30%。

[0032] 根据本发明的一个实施例涉及一种操作燃气轮机能量系统的方法,包括:

[0033] (a) 操作燃气轮机系统,所述燃气轮机系统包括彼此流体连接的压缩机、燃烧器壳体、燃烧器和涡轮机;

[0034] (b) 从(i)所述压缩机和/或(ii)所述燃烧器壳体排出已提取的加压空气;

[0035] (c) 将所述已提取的加压空气储存在储气罐中,并将热能储存在热流体罐中;以及

[0036] (d) 从储气罐释放加压空气,利用来自热流体罐的热能加热所述加压空气,并将加

压空气喷射进燃气轮机系统中,以增加系统的功率。

[0037] 优选地,该方法还包括在所述储存在所述储罐中之前,冷却和加压所述已提取的加压空气。优选地,在储存在所述储罐中之前,使用中间冷却器系统执行对所述已提取的加压空气的冷却和加压。

[0038] 根据一个优选实施例,该方法还包括在所述储存在所述储罐中之前,使用空气升压泵进一步加压所述已提取的加压空气。优选地,在所述储存在所述储罐中之前,已提取的加压空气在所述空气升压泵和中间冷却器系统之间循环至少一次,以用于冷却和加压,从而降低温度,同时增加用于储存在所述储气罐中的压力。

[0039] 根据又一优选实施例,该方法还包括在储存在所述储罐中之前,使用热交换系统从所述已提取的加压空气中提取热量。

[0040] 根据又一优选实施例,该方法还包括在所述中间冷却器系统中进行所述冷却和加压之前,使用热交换器系统从所述已提取的加压空气中提取热量。优选地,热交换器系统使用从所述已提取的加压空气中提取的热量加热流体,形成热流体。优选地,热流体优选地在被加热之后储存在热流体罐中。

[0041] 有利地,根据本发明实施例的优选方法和系统允许燃气轮机系统在低负载条件下和/或以更高效率操作。优选地,提供额外容量准备用于极端峰值,或者补偿热天气中的降低额定发电。与大多数替代储存技术的固定1/1比率特性相比,本发明的优选方法和系统使可变的能量与功率之比 (MWH/MW) 位于1/1和4+/1的范围内。与电池不同,所述方法和系统设计用于重复放电周期,并持续集中使用超过三十年。优选地,本发明所述方法和系统对于涉及空气压缩和喷射的功率加强提供小于一分钟的对电压波动的电网级快速响应,对于电阻加热系统提供毫秒级的响应。

[0042] 在参考附图考虑下列详细描述和所附权利要求时,会更明白本发明的其它优点、特征和特性以及操作方法和结构的相关元件的功能及部件组合,附图形成本说明书的一部分。

附图说明

[0043] 图1是根据本发明一个实施例的现场燃气轮机储能系统的示意图。

[0044] 图2是根据本发明另一实施例的现场燃气轮机储能系统的可选布置的示意图。

[0045] 图3是根据本发明另一实施例的现场燃气轮机储能系统结合到燃气轮机高压冷却系统的示意图。

[0046] 图4是根据本发明另一实施例的现场燃气轮机储能系统结合到燃气轮机低压冷却系统的示意图。

[0047] 图5是根据本发明另一实施例的现场燃气轮机储能系统结合到根据本发明另一实施例的最小成本容量加强 (augmentation) 系统的示意图。

具体实施方式

[0048] 本发明的一个方面涉及允许燃气轮机系统在各种条件或操作模式下更有效地运行的方法和系统。在比如Nakhmkin的美国专利No.6305158 (“158专利”)中讨论的系统中,限定出三种基本操作模式,正常模式、加注模式和空气喷射模式,但是其受限于对燃气轮机

和发电机具有产生“超过燃气轮机系统能产生的全额定功率”的功率的能力的需求。“超过全额定功率”的限制从用于空气喷射进燃气轮机的早先专利中产生,于1950年发表的Dros的美国专利No. 2535488,其公开了燃气轮机随着环境温度升高而损失功率,在现有燃气轮机内有超额能力。关于燃气轮机有若干要素限制其在不变状态下的“额定功率”,确切地说,流量极限、机械极限和温度极限。这些极限在各种环境条件下经受。例如,在低环境温度条件下达到如轴扭矩的机械极限。在低环境温度下也达到流量极限,这时,穿过燃气轮机的流量最大。在热天期间达到用于限制发动机中的部件(比如涡轮机叶片)的温度极限,因为用于冷却这些部件的冷却空气更热。燃气轮机制造商在生产环境中建造燃气轮机,因此,燃气轮机设计成通常在0°F和120°F之间操作。结果,“全额定”轴扭矩和流量设计并建造进固定式燃气轮机中,而“全额定”温度发生在120°F。因此,为了超过这些系统任一的“全额定容量”,必须增加轴扭矩容量、流量或温度容量。不幸地,这是十分昂贵的改动,这就是‘158专利自从其于2001年发布后没有任何商业应用的原因。所提出的本发明解决了这些成本问题。

[0049] 此外,如相关的Nakhamkin的美国专利No. 5934063 (“‘063专利”)所述,有阀结构来“选择性地允许以下操作模式之一:燃气轮机正常操作模式、空气从储存系统排出并喷射进燃气轮机中的模式以及加注模式”。‘063专利公开的系统具有两个明显的缺点,导致自从‘063专利于1999年发布以来,该技术没有任何商业应用。‘063专利公开的系统1)缺少在喷射空气之前加热空气的实际有效方法,并且2)复杂性和成本较高。尽管该系统可装配在简单循环工厂中,来自简单循环燃气轮机的热量用于加强,但是成本和复杂性使价格过高。此外,不管该系统是否使用,由于增加的排气反压力,燃气轮机有效率损失。如果系统结合进联合循环工厂中,则蒸汽用于加热空气,这导致蒸汽轮机中的功率损失以及增加的工厂复杂性。下面描述的所提出的本发明解决了‘063专利的成本和性能问题。

[0050] 图1示意性示出本发明的现场燃气轮机储能系统(“IGTES”)的一个实施例的部件,它们与现有燃气轮机系统100一起使用。燃气轮机系统包括压缩机101、燃烧器102、燃烧壳体103、涡轮机104和发生器105。在该实施例中,在期望操作者将燃气轮机系统100的功率级减少至电网的周期期间,通过打开燃烧壳体阀门108和/或压缩机排出阀169来经由燃烧壳体歧管107和/或压缩机排出口106提取已由压缩机101压缩和加热的空气,并将空气引导至高温度热交换器106的第一回路186。优选地,高温热交换器的第一热交换回路186经由燃烧壳体103的入口/出口流量控制阀108和压缩机入口/出口排出阀169与所述燃烧壳体103的压缩空气入口/出口选择性流体连通,并与高温热交换器的第二热交换回路187热接触。如本文所使用的,短语“热接触”意味着两个或更多个材料因邻近、实际接触或仅由热量实际传输通过的屏障隔开而可以彼此传输热量形式的热能。因此,第二热交换器回路187经由第一热交换回路186与流出燃烧器壳体歧管107和/或压缩机排出口160的空气热接触,允许热能储存流体流过第二热交换器回路187,以从二次热量源中接收或提取二次热量。中间冷却器空气阀191打开,空气罐出口阀124闭合。离开高温热交换器的第一回路的空气被引导至中间冷却器115,并在其中被冷却,然后被输送至空气升压泵或“ABP”116的高压部的入口171。如本领域技术人员所明白的,尽管本文中称为“中间冷却器”,但是中间冷却器115实际上包括预冷器、中间冷却器和后置冷却器,如下更详细所述。尽管图2-5中未示出穿过中间冷却器115的流路,但是应理解,图2-5中穿过“冷却器塔压缩机预冷器和中间冷却器”115的

流路与图1的相同。在环境空气入口阀192闭合时,空气升压泵116进一步增加穿过至少一个压缩级的空气压力,空气随后在相同中间冷却器115中被后置冷却,空气升压泵116的最后级163的出口随后在相同中间冷却器115中被后置冷却,然后,凉的高压空气被输送至空气罐入口歧管118,流过打开的空气罐入口阀139,并储存在储气罐117中。高温热交换器的第一热交换回路190的出口经由流量控制阀191与中间冷却器的第一热交换回路的入口选择性流体连通。如本文中所使用的,短语“选择性流体连通”意味着流体或气体可在其间流动,但是通过使用阀门或类似流量控制装置可增加或减少流量。高温热交换器的第二热交换回路187与流过高温热交换器186的第一回路的空气热接触,加热的入口空气与二次热量源流体连通,以从中接收二次热量。当流过中间冷却器115的加压空气被冷却,从中传输的热量可用于加热流到燃气轮机入口的大气,以提高单元的调低效率和能力。当进入中间冷却器130的大气被加热并离开中间冷却器131时,中间冷却器的出口可连接到燃气轮机的入口或另外使用或仅排出到大气。

[0051] 在中间冷却器115中冷却空气的替代方法是使用来自集中加热要求(未示出)的水或蒸汽循环,如图2所示。在该构造的情况下,热量在本文所述储存循环和本文所述功率加强循环期间被捕获。压缩空气可储存在储气罐117中,类似于上面所述及图1所示过程,除了热流体储存系统113、热交换器106和相关部件可以省略,并用例如可给蒸汽或热水循环提供一些有用能量的系统替代之。在压缩空气储存过程完成之后,压缩空气从储气罐117中释放,并用来自联合循环发电厂中的蒸汽轮机循环(未示出)的低质量蒸汽热量或一些其它可用的加工热来加热。在该布置中,来自储气罐117的压缩空气与离开空气升压泵116的低压部的空气在混合器161中组合。当蒸汽流量阀229打开时,暖的压缩空气混合物经由储气罐出口阀124进入空气蒸汽加热器226的第一回路286,然后进入空气-蒸汽加热器入口管290。该压缩空气由蒸汽(或者上述其它流体)加热,所述蒸汽从蒸汽轮机循环中提取,并在压缩空气穿过空气蒸汽加热器入口管290之后流过空气蒸汽加热器226的第二回路287。在空气蒸汽加热器226中,热能传递到混合的压缩空气,导致更热的压缩空气混合物,更热的压缩空气混合物随后经由燃烧壳体管196排放到燃烧壳体103中,或者进入合适的涡轮机冷却回路中。经由蒸汽出口歧管228离开空气蒸汽加热器226的第二回路287的蒸汽比其进入时更凉,并返回蒸汽轮机循环。

[0052] 现今,为了降低燃气轮机的负载,系统的流率降低,系统以较低效率运行。通过增加电阻加热能力,涡轮机可在较高负载下更有效地运行,输送到电网的能量可通过增加由加热器151引起的电阻性负载来减少。根据优选实施例,通过包含该加热器151,可将热流体加热至通过使用电感加热器151从燃气轮机中提取压缩空气的温度之上,如果喷射进燃气轮机中的空气更热(如下更详细所述),这会导致效率提高,因为需要更少的燃料来将燃气轮机中的空气加热至点火温度。在使用General Electric 7EA燃气轮机的典型的联合循环(“CC”)发电厂(即,两个燃气轮机与一个蒸汽轮机联接)中,增加了约3%的能量消耗,所以如果CC发电厂目前可在50%和100%功率之间调节(或者,现今名牌负载的50%),在本发明的系统情况下,其可从名牌负载的47%调节。

[0053] 当储气罐117满了时,压缩和排出过程停止,空气罐入口阀139关闭以及其它流体和空气排出阀108、169、119、121、191关闭。空气罐出口阀124保持关闭。

[0054] 根据优选实施例,储存罐117位于地面上方,优选位于驳船、垫木、拖车或其它移动

平台上,并适于或构造成易于装配和运输,以使现场制造和成本最小。额外部件(除了燃气轮机系统)应当使IGTES系统的整体覆盖区增加小于20000平方英尺,优选小于15000平方英尺,更优选小于10000平方英尺。典型的连续加强系统占据CC电厂的覆盖区的1%,并与其余电厂相比,每平方英尺输送3至5倍的功率,由此,其节省空间,具有储存系统的典型的连续加强系统占据CC电厂的覆盖区的5%,并且电厂的每平方英尺输送一至二倍的功率。优选地,该系统和方法发电至少10MW以持续至少4小时(40MWh),并在优选小于4小时内从耗尽状态完全再加注。

[0055] 根据优选实施例,在增加的功率输送的周期期间,空气出口阀124打开,环境空气入口阀192打开,热和暖的流体阀打开119、121,空气升压泵116的低压力部运行。从空气升压泵出口162的低压力部离开的空气被迫在与朝向中间冷却器115相反的方向上流动穿过管道163,因为空气入口阀139关闭。从空气升压泵出口162的低压力部离开的空气在混合器161中与离开空气罐的空气混合,并被引导至高温热交换器106,在高温热交换器,其流过高温热交换器的第一回路186,并使用下述过程(与空气储存过程相反)引入燃烧壳体103中。如本领域技术人员所明白的,由于在空气升压泵中压缩的空气绕过中间冷却器,所以经由空气升压泵出口162离开空气升压泵的空气会是热的,当与经由线路123从罐流出的空气混合时,会增加进入高温热交换器的混合空气190的温度。这是重要的,因为这有增加暖的流体罐110中的流体(允许十分便宜的流体介质,比如熔盐,并必须保持温暖)的低温的趋势。如果空气简单地从罐释放,并在混合器中没有变温暖,则暖罐的温度会降低至熔盐介质“冷冻”并停止一起流动的。此外,如图5所示,为了消除成本和复杂性,可以一起省略高温热交换器106,现在,仅通过将来自储气罐117的空气与来自空气升压泵116的空气组合的混合过程来加热空气。此外,由于组合了两种流体,所以可将两倍的空气喷射进燃气轮机系统100中,导致燃气轮机系统100的功率增加到两倍,而不会添加任何其它器材的成本。这些特征对于消费者能够买得起IGTES系统是关键,并解决了如何在喷射之前有效加热压缩空气的缺点。其还解决了成本问题,因为由于在几乎不增加成本的情况下将功率增加至两倍,有效地降低将成本降低了两倍。

[0056] 如果效率是关键驱动因素,则可使用如图1所示高温热交换器106。在热流体阀119和暖流体阀121打开时,热流体泵120迫使热流体从热流体罐113通过高温热交换器106的第二回路187,在混合器排放流量控制阀打开124时,预加热的空气混合物进入高温热交换器106的第一回路186,在高温热交换器106中,当热量从热流体传递至预加热的空气混合物时,预加热的空气混合物被进一步加热。当预加热的空气混合物变得更热时,热流体变得更凉,并被泵送进暖流体罐110中。然后,如此加热的压缩空气被排放到燃烧器壳体103中和/或压缩机中间阶段壳体160中,燃烧器壳体103和/或压缩机中间阶段壳体160由燃烧器壳体阀108和压缩机排出阀169控制,以增加通过涡轮机104的质量流。通过混合来自空气升压泵116的低压力部的空气与来自储气罐117的压缩空气,喷射进燃气轮机系统100中的空气的质量流加倍,导致与'063专利所述系统相比,现有系统的功率加强增加至两倍,导致每兆瓦明显降低成本。

[0057] 如图1-5所示,液压流体选项可用于减小储气罐117的尺寸要求。当燃烧涡轮机继续以这种方式运行时,储气罐117中的压缩空气的压力减小。如果储气罐117中的压缩空气的压力达到燃烧壳体103中的空气压力,则压缩空气会停止从储气罐流入涡轮机系统中。为

为了防止这种情况发生,当储气罐117中的压缩空气的压力接近燃烧壳体103中的空气压力时,液压泵140开始在足够高以将储气罐中的压缩空气驱动出储气罐117的压力下将流体从液压流体缸141泵送进储气罐117中,从而允许基本上将储气罐中的全部压缩空气输送至燃烧壳体103,流体可以是本领域已知的各种液压流体,但是为了本说明书的目的,假定为水。在加注模式期间,由于水可以因重力而供给回其液压流体罐141中,所以液压流体罐141的初始压力可以十分接近大气条件,结果,可以在根据不运行空气升压泵116的情况下完成初始加注,提高空气储存过程的效率。例如,如果储气罐116中的最大气压为1200psi,燃气轮机压缩机排出物为250psi,则当储气罐116中的气压达到250psi时,液压泵140会在250psi下以与离开储气罐116的压缩空气相同的体积流率将水泵送进储气罐116中。当储气罐116完全由水充满时,液压泵140停止,压缩空气从储气罐116的排出停止,控制来自储气罐117的压缩空气的流量的阀124关闭。然后,通过重力将水供给出储气罐117,使储气罐117处于大气条件。在加注模式期间,来自燃气轮机压缩机101的排出空气被供给到储气罐117中,直到罐117达到250psi为止,导致与空气升压泵单独用于完全填充储气罐117相比,空气升压泵116需要较少的能量来填充储气罐117。

[0058] 根据优选实施例,不管是否使用液压系统,当压缩空气停止从储气罐117流出时,空气升压泵116的低压部均继续运行并通过经由环境入口阀192吸入空气来使燃气轮机系统功率加强。根据另一优选实施例,在不使用储气罐117的情况下或者在储气罐117空的情况下,空气升压泵116开始运行。优选地,中间冷却器115用于冷却来自低压和高压空气升压泵116的空气,低压和高压空气升压泵使用中间冷却器315经由多级压缩机316压缩通过入口阀192的环境空气。根据图1所示另一优选实施例,阀系统139、192、197、198、199允许空气从大气经由空气升压泵116直接进入储气罐117或从燃气轮机压缩机101经由阀169、191和空气升压泵116进入储气罐117。

[0059] 如本领域技术人员所明白的,取决于期望目标,预加热的空气混合物会在其它地点被引入燃烧涡轮机中。例如,预加热的空气混合物可被引入涡轮机104中,以冷却其中的部件,从而降低或消除从压缩机101提取放气来冷却这些部件的需求。当然,如果这是预加热的空气混合物的预期用途,考虑到在将预加热的空气混合物引入涡轮机104的冷却回路之前通过高温热交换器106将多少热量(如果有的话)添加到预加热的空气混合物,空气混合物的期望温度可以较低,混合器161中的混合比率需要相应地改变。注意到,为了该预期用途,预加热的空气混合物可在通常将压缩机101的冷却空气引入涡轮机104 TCLA系统中的相同温度下被引入涡轮机104中,或者在更低的温度下被引入涡轮机104中,以增强整体燃烧涡轮机效率(由于需要较少的TCLA冷却空气来冷却涡轮机部件)。此外,由于TCLA的一部分或全部从空气升压泵116引导,所以必要时可调节压力以提高TCLA系统中的各回流边界极限,并给转子密封系统提供适当的压力。相应地,上述方法的又一实施例,空气出口阀124打开,环境空气入口阀192打开,热和暖的流体阀119、121保持关闭,空气升压泵116的低压部运行使环境空气增压。从空气升压泵116流出的空气在中间冷却器115中冷却,经由线路163流动以在混合器161中混合,然后在不受热交换器106加热的情况下引入涡轮机104中用于冷却。

[0060] 根据本发明的优选实施例,有三种方式将空气储存在储气罐117中。如所述,一种方式是允许空气从大气经由空气升压泵116的低压部和高压部直接进入储气罐117,第二种

方式是使空气从燃气轮机压缩机101流过空气升压泵116的高压部,第三种方式是使空气从燃气轮机压缩机101绕过空气升压泵116(通过打开中间冷却器阀(197、198、199)),并流过中间冷却器115,然后流入储气罐117中。第三种方式优选地仅用于先前完全排空的储气罐的初始加注,因为燃气轮机压缩机101仅提供达到约250psi压力的压缩空气。

[0061] 然而,如图1所示,如果阀169、124打开,阀108、191、139关闭,则来自燃气轮机压缩机101的空气会绕过空气升压泵116,流入储气罐117中,在储气罐117中,其将液压流体驱动出储气罐117,并使液压流体返回液压流体罐141,然后,来自燃气轮机压缩机101的空气会继续流入储气罐117中,直到压力达到约250psi为止。这时,阀169、124会关闭,储气罐117会继续使用空气升压泵116由先前所述另外两种方式之一填充。

[0062] 通过控制进入涡轮机系统的空气的压力和温度,燃气轮机系统的涡轮机104可在增加的功率下运行,因为燃气轮机系统的质量流有效地增加,其中,这允许增加的燃料流125进入燃气轮机的燃烧室102中。该燃料流增加类似于与燃气轮机系统100的冷天操作相关的燃料流增加,在燃气轮机系统的冷天操作中,穿过整个燃气轮机系统的质量流增加,因为与暖天(正常天)相比,环境空气密度更大。

[0063] 总之,在现场将能量储存引入燃气轮机系统允许操作者在想要最小输出时自我消耗由燃气轮机系统产生的一部分能量,从而允许系统以更高效率和更低输出操作。此外,当系统加注储气罐117中,除了使用高压压缩机排出口160加热燃气轮机入口以允许其在十分低的负载条件(或防冰)下运行,当压缩空气时,由中间冷却器116从空气中取走的热量可在低压下输送至燃气轮机入口,导致效率提高以及通过自我消耗它们产生的一部分负载来降低燃气轮机系统100的输出功率的方法。在更高能量需求期间,从储气罐117和空气升压泵116流出的压缩空气被直接(例如经由燃烧器壳体103)或间接(例如进入TCLA系统)引入流过燃气轮机系统100的空气中,从而抵消从燃气轮机压缩机101排出冷却空气的要求,进而增加了燃气轮机系统100的净可用功率。如本领域技术人员所明白的,由于燃气轮机的功率输出与穿过燃气轮机系统100的质量流率成比例,并且与现有技术专利相比,上述系统使具有相同储气罐117体积和相同空气升压泵116尺寸的燃气轮机系统100产生两倍的质量流率加强,所以使用来自储气罐117和空气升压泵116的压缩空气会同时提供压缩空气,产生了成本为现有技术压缩空气喷射系统的一半的混合系统,同时提供相当的功率加强等级。

[0064] 图3示出本发明的另一替代实施例,其中,加强空气从大气获得,而不是从大气与燃气轮机系统100的组合获得。在该实施例中,中间冷却器315用于冷却来自低压和高压空气升压泵316的空气,低压和高压空气升泵泵使用中间冷却器315经由多级压缩机316压缩环境空气351。然后,压缩空气在空气出口阀381关闭的情况下经由空气罐入口歧管118流入储气罐117中。该压缩过程通常比燃气轮机更有效,因为其中间冷却过程。当储气罐117达到全压力时,空气罐入口阀319关闭,空气升压泵316关机,空气储存过程完成。当从燃气轮机系统需要增加的净功率时,空气出口阀381打开,以立即将额外压缩空气输送至燃烧涡轮机,罐入口阀319保持关闭。当储气罐117空了时,空气升压泵316的低压部开始并给连接到储气罐117的入口阀381的管道391输送压缩空气,绕过中间冷却器315的至少一部分。在该操作模式的一个形式中,压缩空气首先出自储气罐117,然后当储气罐117中的压力下降至预定压力时出自低压空气升压泵316,输送恒定流率,因此,从燃气轮机产生恒定功率增加。在该操作模式的另一形式中,空气升压泵316的高压部和低压部可在压缩空气从储气罐117

排出的情况下同时运行,有效地延长来自储气罐117的可用压缩空气。如本领域技术人员所明白的,图3所示本发明有许多其它操作模式。不管压缩空气来自储气罐117还是来自空气升压泵316或来自其组合,从中流出的压缩空气与从TCLA排出提取物(bleed extraction)324(由排出阀355控制)流入混合器326的空气混合,以便替代TCLA排气的一部分(即,较少的TCLA需要从燃气轮机压缩机101压缩的空气中排出)。这导致更大的空气质量流穿过涡轮机104,从而提供功率加强。离开混合器326并经由入口323进入涡轮机冷却回路的混合的压缩空气可被调节至与初始喷射的TCLA类似的压力、温度和流率,或者混合器326的输出可以是更凉更高压力的空气,从而要求更少的TCLA流,导致对燃气轮机系统100效率产生积极作用,并提供增加的功率加强等级。

[0065] 该同一系统可用于改进部分负载燃气轮机系统操作的调低和效率。当低压级是期望的且与加流储气罐117的时机一致时,中间冷却的低压和高压空气升压泵316如上所述操作,以加注储气罐117,代替将暖空气从中间冷却器315排放至大气,暖空气131可喷射进燃烧涡轮机的入口中。此外,在联合循环电厂,冷却水179可通过使冷却水变暖并将其输送至蒸汽循环178而提供相同的中间冷却功能。

[0066] 参见图4,示出与图3所示操作类似的替代方式,然而,空气从由排出阀426控制的中间压缩机排出口424排出。这两个流在混合器361中组合,当暖空气从混合器输出时,其被输送至涡轮机104上的低压排出喷射口423,在低压排出喷射口,其替代通常从燃烧壳体上游的燃烧涡轮机的压缩机中间级排出口424排出并被输送至低压TCLA系统423的低压空气。先前已排出的空气质量流现在流过燃气轮机,并由此提供功率加强。喷射进TCLA空气中的压缩空气的压力、温度和流率可以如上所述控制,产生效率增益。

[0067] 参见图5,示出与图3和4所示操作十分类似的另一替代方式,然而,离开空气升压泵316的低压部的空气绕过冷却塔315,并在混合器561中与离开储气罐117的空气混合。然后,暖空气从混合器561直接输送至燃烧壳体523,从而增加燃烧轮机系统的功率输出。

[0068] 在图3、4和5中,由于两个原因,热耗或效率改进是可能的。第一,用于输送压缩空气的空气升压泵316因空气升压泵316的中间冷却而比燃气轮机压缩机101效率更有效,压缩空气可被控制成其处于相同温度或比当前TCLA更凉,在该情况下,需要更少的冷却空气来提供相同功能。效率提高优选地在没有换热器(在现有技术中讨论)的情况下完成,这节省了大量资本成本。如图5所示,在至少低压空气升压泵316中压缩的热量可与离开储气罐117的压缩空气混合,这提高了循环的热耗或效率。而且,由于这些所提出的技术均不使用来自燃气轮机系统100的废气进行热输入,所以它们以成本有效的方式应用于联合循环电厂。

[0069] 本发明的又一方面涉及排除燃气轮机系统(例如图1的100)而包含两个或更多个上述系统的子系统,用于修改现有燃气轮机系统。优选地,该子系统包括设计、适配或构造成与根据本发明的现有燃气轮机系统组装的部件(例如,中间冷却器系统、热交换器系统、空气升压泵、液压流体系统和相关歧管、阀和其它部件)。

[0070] 尽管本文详细所述特定系统、部件、方法和装置完全能够实现本发明的上述目的和优点,但是应理解,它们是本发明的当前优选实施例,并由此表示由本发明宽广地设想的主题,本发明的范围完全包含对本领域技术人员来说显然的其它实施例,本发明的范围相应地由所附权利要求限制,其中,单数形式的元件意味着“一个或多个”,而不是“一个且仅

一个”，除了权利要求中明确说明。应明白，在不脱离本发明的精神和预期范围的情况下，本发明的修改和变型由上述教导涵盖，并处于所附权利要求的范围内。

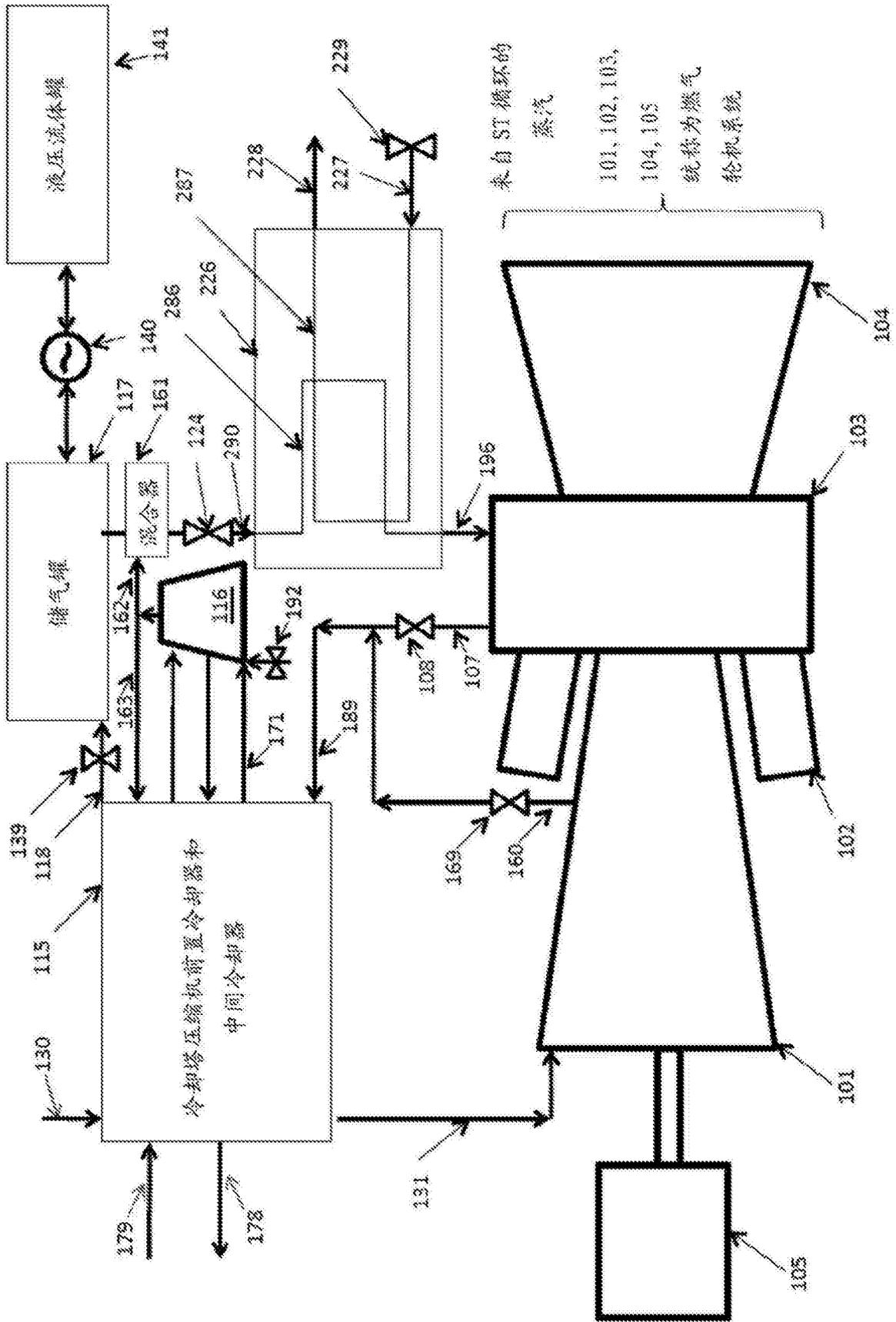


图2

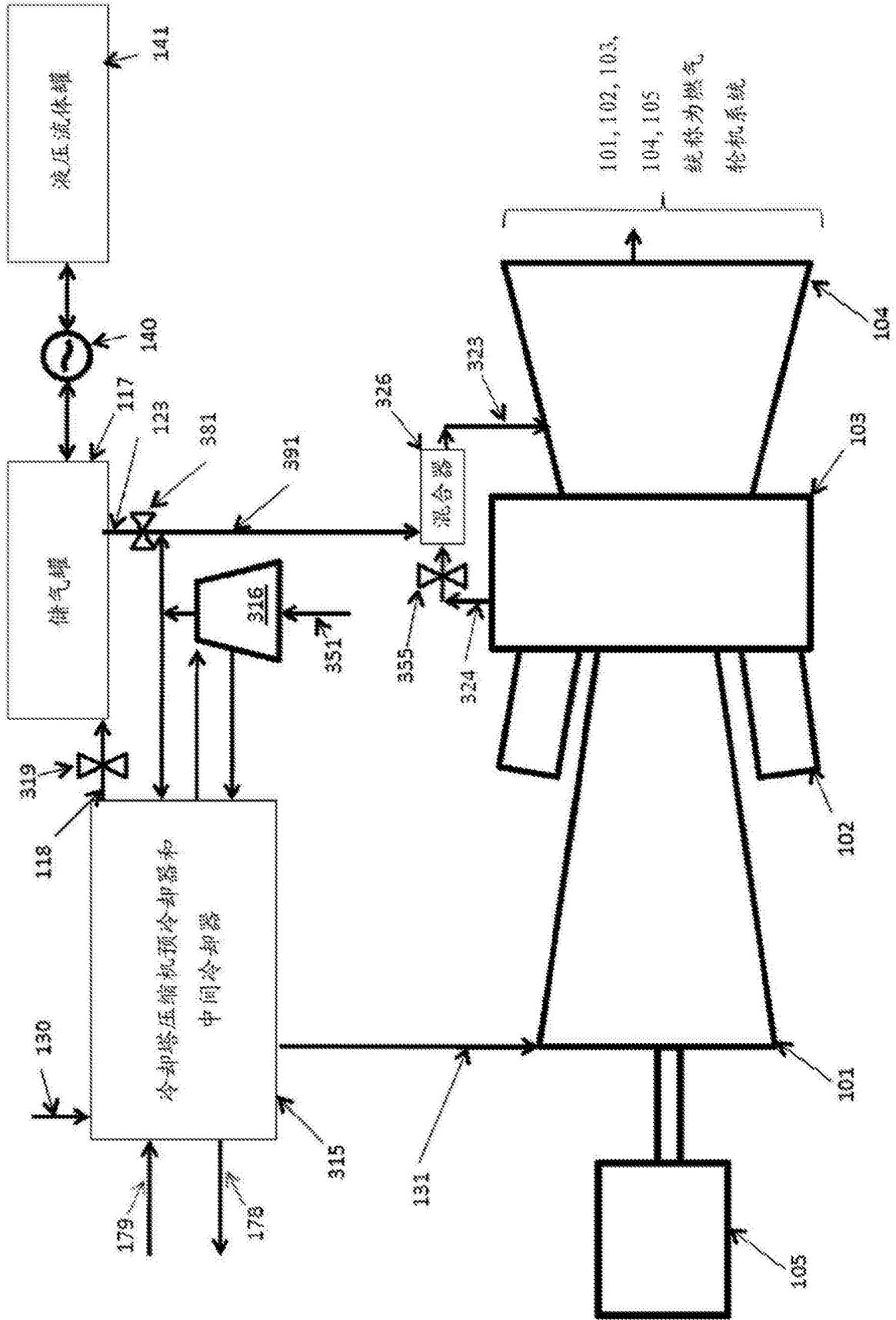


图3

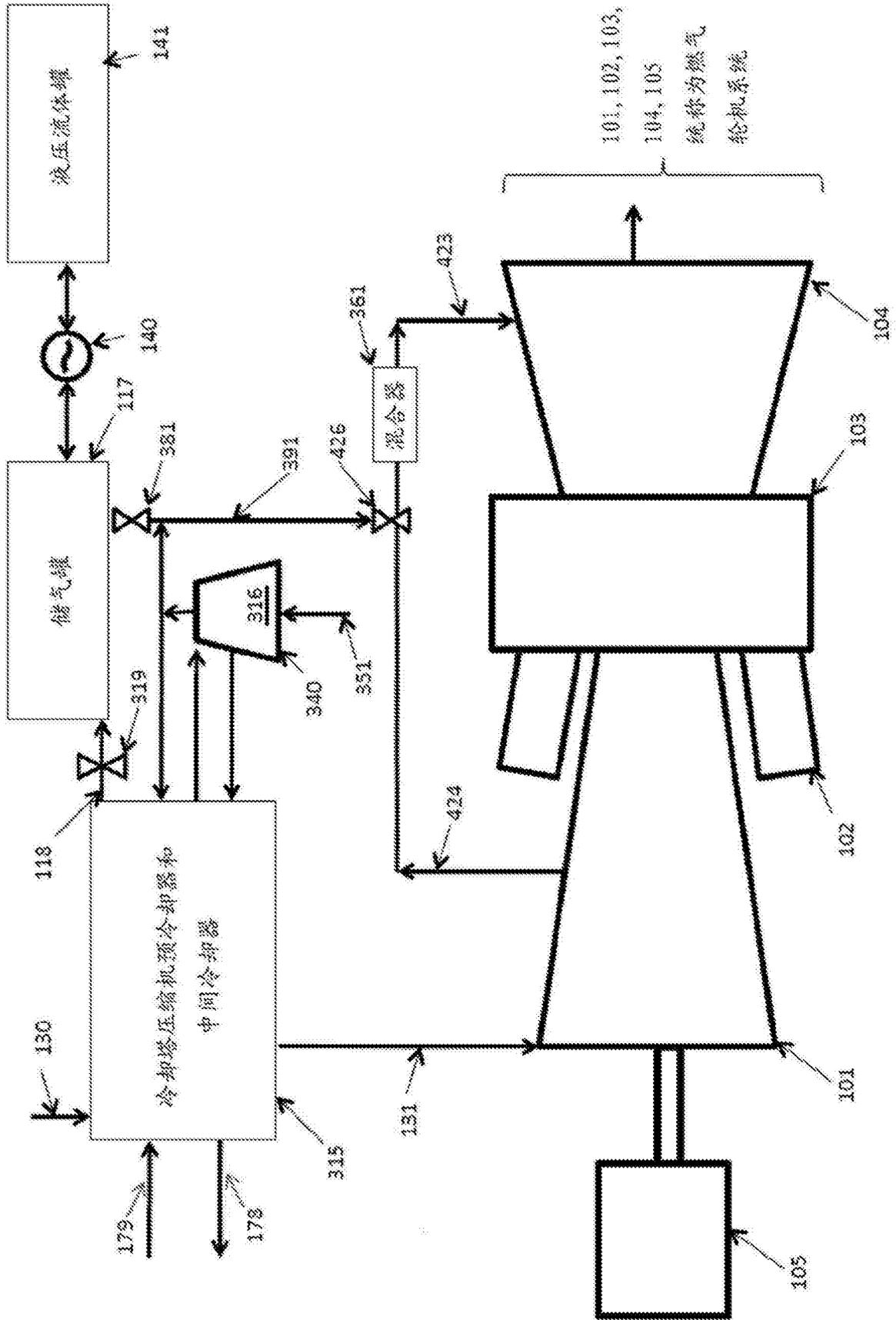


图4

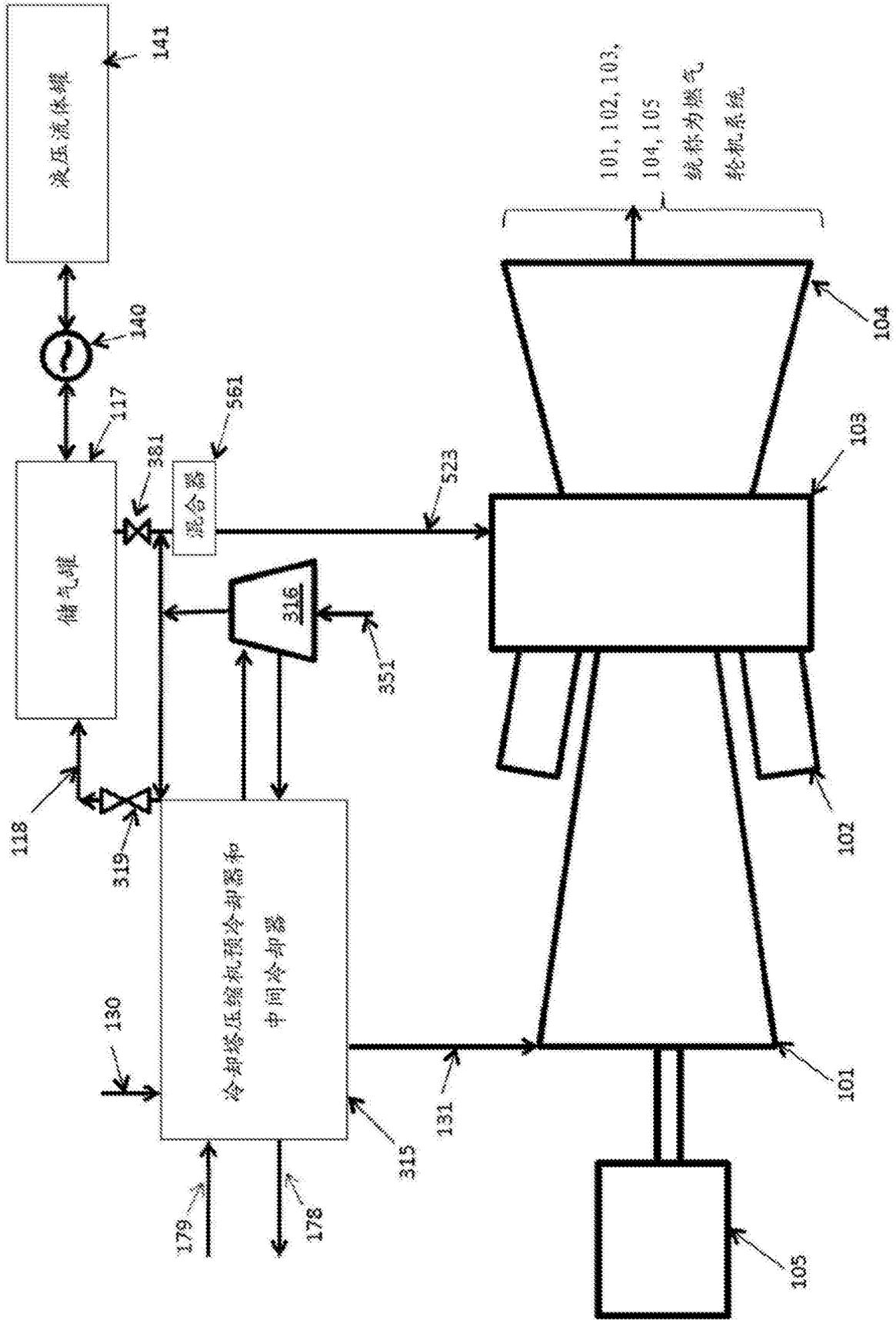


图5