



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104903551 A

(43) 申请公布日 2015. 09. 09

(21) 申请号 201380061701. X

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2013. 09. 17

F01K 25/06(2006. 01)

(30) 优先权数据

F01K 25/00(2006. 01)

61/744, 439 2012. 09. 26 US

H02N 11/00(2006. 01)

13/843, 668 2013. 03. 15 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 05. 26

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/060199 2013. 09. 17

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/052098 EN 2014. 04. 03

(71) 申请人 超临界技术有限公司

地址 美国华盛顿州

(72) 发明人 查尔·S·戴维森 史蒂文·A·怀特

约书亚·C·沃尔特

(74) 专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263

代理人 樊英如 李献忠

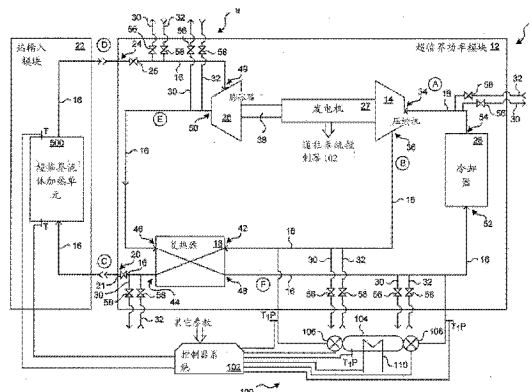
权利要求书5页 说明书23页 附图19页

(54) 发明名称

用于电功率产生系统的部分负载控制的系统和方法

(57) 摘要

公开的说明性实施方式包括用于电功率产生系统的部分负载控制的系统以及操作用于电功率产生系统的部分负载控制的系统的方法。



1. 一种用于控制电功率产生系统中的电功率产生器的部分负载的部分负载控制系统, 所述电功率产生系统使用超临界流体能操作地执行热力循环并且包括至少第一压缩机和膨胀器以及耦合到所述膨胀器的电功率产生器, 所述第一压缩机具有入口和出口并被构造成压缩超临界流体, 所述膨胀器具有耦合以接收压缩的超临界流体的入口、具有出口、并被构造成将超临界流体的焓的下降转换成机械能, 所述部分负载控制系统包括:

控制器系统, 其配置为响应于电功率产生器的要求的电功率输出的电平来控制压缩机入口压力; 以及

贮存器, 其具有超临界流体, 且所述贮存器响应于所述控制器系统, 在所述压缩机出口和所述膨胀器入口之间以及在所述膨胀器出口和所述压缩机入口之间与所述电功率产生系统流体连通。

2. 根据权利要求 1 所述的系统, 其中, 所述控制器系统包括被配置成将压缩机入口压力与电功率产生器的要求的电功率输出相关联的计算机处理部件。

3. 根据权利要求 2 所述的系统, 其中, 所述计算机处理部件被配置成执行具有包括与电功率产生器的电功率输出相关联的压缩机入口压力以及对压缩机入口压力与电功率产生器的要求的电功率输出的关系曲线的拟合的条目的查找表中的至少一个。

4. 根据权利要求 1 所述的系统, 其中, 所述控制器系统被配置为监测多个参数, 所述参数包括:

在压缩机出口和膨胀器入口之间以及在膨胀器出口和压缩机入口之间, 在所述贮存器中的超临界流体的温度;

在压缩机出口和膨胀器入口之间以及在膨胀器出口和压缩机入口之间, 在所述贮存器中的超临界流体的压力;

电功率产生器的要求的电功率输出; 以及

来自电功率产生器的实际电功率输出。

5. 根据权利要求 1 所述的系统, 其中, 所述贮存器包括设置于其中的热交换器, 所述热交换器响应于所述控制器系统是能操作的。

6. 一种系统, 其包括:

电功率产生系统, 其使用超临界流体能操作地执行热力循环, 所述电功率产生系统包括:

至少第一压缩机, 其具有入口和出口并构造成压缩超临界流体;

膨胀器, 其具有耦合以接收压缩的超临界流体的入口、具有出口、并被构造成将超临界流体的焓的下降转换成机械能; 以及

电功率产生器, 其耦合到所述膨胀器; 以及

部分负载控制系统, 其配置成控制所述电功率产生器的部分负载, 所述部分负载控制系统包括:

控制器系统, 其配置为响应于所述电功率产生器的要求的电功率输出的电平来控制压缩机入口压力; 以及

具有超临界流体的贮存器, 所述贮存器响应于所述控制器系统, 在所述压缩机出口和所述膨胀器入口之间以及在所述膨胀器出口和所述压缩机入口之间, 以流体连通方式能操作性地耦合。

7. 根据权利要求 6 所述的系统,其中,所述控制器系统包括被配置成将压缩机入口压力与电功率产生器的要求的电功率输出相关联的计算机处理部件。

8. 根据权利要求 7 所述的系统,所述计算机处理部件被配置成执行具有包括与电功率产生器的电功率输出相关联的压缩机入口压力以及对压缩机入口压力与电功率产生器的要求的电功率输出的关系曲线的拟合的条目的查找表中的至少一个。

9. 根据权利要求 6 所述的系统,其中,所述控制器系统被配置为监测多个参数,所述参数包括:

在所述压缩机出口和所述膨胀器入口之间以及在所述膨胀器出口和所述压缩机入口之间,在所述贮存器中的超临界流体的温度;

在所述压缩机出口和所述膨胀器入口之间以及在所述膨胀器出口和所述压缩机入口之间,在所述贮存器中的超临界流体的压力;

所述电功率产生器的要求的电功率输出;以及
来自所述电功率产生器的实际电功率输出。

10. 根据权利要求 6 所述的系统,其中:

所述压缩机入口具有第一压力以及所述压缩机出口具有大于所述第一压力的第二压力;以及

所述贮存器具有在所述第一压力和所述第二压力之间的第三压力。

11. 根据权利要求 6 所述的系统,其中,所述部分负载控制系统包括设置在所述贮存器与在所述压缩机出口和所述膨胀器入口之间的管部件之间的第一隔离阀,以及设置在所述贮存器与在所述压缩机出口和所述膨胀器入口之间的管部件之间的第二隔离阀,所述第一阀和所述第二阀响应于所述控制器系统能操作。

12. 根据权利要求 11 所述的系统,其还包括构造成冷却来自所述膨胀器的膨胀的超临界流体并提供冷却的超临界流体到所述压缩机的冷却器,并且其中所述第二隔离阀被设置在所述贮存器与耦合到所述冷却器的入口的管部件之间。

13. 根据权利要求 6 所述的系统,其中,所述贮存器包括设置于其中的热交换器,所述热交换器响应于所述控制器系统能操作。

14. 根据权利要求 6 所述的系统,其中:

所述电功率产生系统包括第一压缩机和第二压缩机,所述第一压缩机具有入口和出口并被构造成压缩超临界流体,所述第二压缩机具有与所述第一压缩机入口以流体连通方式并行耦合的入口、具有出口、并且被构造成压缩超临界流体;以及

所述控制器系统被配置成响应于来自所述电功率产生器的电功率输出的电平来控制所述第一压缩机和所述第二压缩机的入口压力。

15. 根据权利要求 6 所述的系统,其中:

所述电功率产生系统包括第一压缩机和第二压缩机,所述第一压缩机具有入口和出口并被构造成压缩超临界流体,所述第二压缩机具有与所述第一压缩机出口以流体连通方式耦合的入口、具有出口、并且被构造成压缩超临界流体;以及

所述控制器系统被配置成响应于来自所述电功率产生器的电功率输出的电平来控制所述第一压缩机的入口压力。

16. 一种控制电功率产生器的部分负载的方法,所述方法包括:

用具有入口和出口的至少第一压缩机压缩超临界流体,所述压缩机具有第一入口压力;

用膨胀器使超临界流体膨胀并将超临界流体的焓的下降转换成机械能,所述膨胀器具有耦合以接收压缩的超临界流体的入口并具有出口;

用耦合到所述膨胀器的电功率产生器以第一电功率输出电平产生电;

将压缩机入口压力与所述电功率产生器的要求的第二电功率输出电平相关联;

响应于将压缩机入口压力与所述电功率产生器的要求的第二电功率输出电平相关联,将压缩机入口压力控制成第二压缩机入口压力;以及

响应于将压缩机入口压力控制成第二压缩机入口压力,以第二电功率输出电平产生电。

17. 根据权利要求 16 所述的方法,其中,将压缩机入口压力与所述电功率产生器的要求的第二电功率输出电平相关联包括访问具有包括与电功率产生器的电功率输出相关联的压缩机入口压力的条目的查找表。

18. 根据权利要求 16 所述的方法,其中,将压缩机入口压力与所述电功率产生器的要求的第二电功率输出电平相关联包括对输入压缩机入口压力与电功率产生器的要求的电功率输出的关系曲线的拟合。

19. 根据权利要求 16 所述的方法,其中,响应于将压缩机入口压力与电功率产生器的要求的第二电功率输出电平相关联来将压缩机入口压力控制成第二压缩机入口压力包括响应于将压缩机入口压力与所述电功率产生器的要求的第二电功率输出电平相关联,将贮存器与在所述压缩机出口与所述膨胀器入口之间以及在所述膨胀器出口与所述压缩机入口之间流体连通的超临界流体能操作地耦合。

20. 根据权利要求 19 所述的方法,其中,响应于将压缩机入口压力与电功率产生器的要求的第二电功率输出电平相关联来将压缩机入口压力控制成第二压缩机入口压力进一步包括响应于将压缩机入口压力与所述电功率产生器的要求的第二电功率输出电平相关联执行从下列操作中选择至少一种操作:将超临界流体从所述压缩机出口和所述膨胀器入口之间的管部件输送到所述贮存器以及将超临界流体从所述贮存器输送到所述膨胀器出口和所述压缩机入口之间的管部件。

21. 根据权利要求 19 所述的方法,其还包括改变所述贮存器中的超临界流体的温度。

22. 一种系统,包括:

超临界功率模块,其包括:

压缩机,其具有入口和出口并被构造成压缩超临界流体;

复热器,其构造成加热压缩的超临界流体;

出口通路,其构造成将加热的压缩的超临界流体从所述复热器提供到热源;

入口通路,其构造成提供来自所述热源的加热的压缩的超临界流体;

膨胀器,其具有耦合以接收来自所述热源的加热的压缩的超临界流体的入口、具有出口、并被构造成将超临界流体的焓的下降转换成机械能;

电功率产生器,其耦合到所述膨胀器;以及

冷却器,其构造成冷却来自所述膨胀器的膨胀的超临界流体并提供冷却的超临界流体到所述压缩机;以及

部分负载控制系统,其配置为控制所述电功率产生器的部分负载,所述部分负载控制系统包括:

控制器系统,其配置为响应于所述电功率产生器的要求的电功率输出的电平来控制压缩机入口压力;以及

具有超临界流体的贮存器,所述贮存器响应于所述控制器系统,在所述压缩机出口与所述膨胀器入口之间以及在所述膨胀器出口与所述压缩机入口之间,以流体连通方式能操作性地耦合。

23. 根据权利要求 22 所述的系统,其还包括:

超临界流体供应通路,其构造成供应来自所述超临界功率模块的超临界流体;以及超临界流体返回通路,其构造成将超临界流体返回到所述超临界功率模块。

24. 一种系统,包括:

超临界功率模块,其包括:

第一压缩机,其构造成压缩超临界流体;

第一复热器,其构造成加热来自所述第一压缩机的压缩的超临界流体;

第二压缩机,其构造成压缩与所述第一压缩机并行的超临界流体;

第二复热器,其构造成加热来自所述第一压缩机和所述第二压缩机的压缩的超临界流体;

出口通路,其构造成将加热的压缩的超临界流体从所述第二复热器提供到热源;

入口通路,其构造成提供来自所述热源的加热的压缩的超临界流体;

膨胀器,其耦合以接收来自所述热源的加热的压缩的超临界流体并构造成将超临界流体的焓的下降转换成机械能;以及

冷却器,其构造成冷却来自所述第一复热器的膨胀的超临界流体并将冷却的超临界流体提供到所述第一压缩机;以及

部分负载控制系统,其配置为控制所述电功率产生器的部分负载,所述部分负载控制系统包括:

控制器系统,其配置为响应于所述电功率产生器的要求的电功率输出的电平来控制第一和第二压缩机入口压力;以及

具有超临界流体的贮存器,所述贮存器响应于所述控制器系统,在所述第一和第二压缩机出口与所述膨胀器入口之间以及在所述膨胀器出口与所述第一和第二压缩机入口之间,以流体连通方式能操作性地耦合。

25. 根据权利要求 24 所述的系统,其还包括:

超临界流体供应通路,其构造成供应来自所述超临界功率模块的超临界流体;以及超临界流体返回通路,其构造成将超临界流体返回到所述超临界功率模块。

26. 一种系统,其包括:

超临界功率模块,其包括:

第一压缩机,其构造成压缩超临界流体;

第一复热器,其构造成加热来自所述第一压缩机的压缩的超临界流体;

第二压缩机,其构造成压缩从所述第一复热器接收的加热的超临界流体;

第二复热器,其构造成加热来自所述第二压缩机的压缩的超临界流体;

出口通路,其构造成将加热的压缩的超临界流体从所述第二复热器提供到热源;

入口通路,其构造成提供来自所述热源的加热的压缩的超临界流体;

膨胀器,其耦合以接收来自所述热源的加热的压缩的超临界流体并构造成将超临界流体的焓的下降转换成机械能;以及

冷却器,其构造成冷却来自所述第一复热器的膨胀的超临界流体并将冷却的超临界流体提供到所述第一压缩机;以及

部分负载控制系统,其配置为控制所述电功率产生器的部分负载,所述部分负载控制系统包括:

控制器系统,其配置为响应于所述电功率产生器的要求的电功率输出的电平来控制压缩机入口压力;以及

具有超临界流体的贮存器,所述贮存器响应于所述控制器系统,在所述第二压缩机出口与所述膨胀器入口之间以及在所述膨胀器出口与所述第一压缩机入口之间,以流体连通方式能操作性地耦合。

27. 一种用于控制电功率产生器的部分负载的系统,所述系统包括:

具有计算机可读介质的控制器,计算机可读介质具有指令,所述指令在被执行时:

指示用具有入口和出口的至少第一压缩机压缩超临界流体,所述压缩机具有第一入口压力;

指示用膨胀器使超临界流体膨胀并将超临界流体的焓的下降转换成机械能,所述膨胀器具有耦合以接收压缩的超临界流体的入口并具有出口;

指示用耦合到所述膨胀器的电功率产生器以第一电功率输出电平产生电;

指示将压缩机入口压力与所述电功率产生器的要求的第二电功率输出电平相关联;

指示响应于将压缩机入口压力与所述电功率产生器的要求的第二电功率输出电平相关联,将压缩机入口压力控制成第二压缩机入口压力;以及

指示响应于将压缩机入口压力控制成第二压缩机入口压力,以第二电功率输出电平产生电。

用于电功率产生系统的部分负载控制的系统和方法

相关申请的交叉引用

[0001] 本申请要求于 2013 年 3 月 15 日提交的名称为“SYSTEMS AND METHODS FOR PART LOAD CONTROL OF ELECTRICAL POWER GENERATING SYSTEMS”的美国非临时申请 13/843,668,和于 2012 年 9 月 26 日提交的名称为“MODULAR POWER INFRASTRUCTURE”的美国临时申请 61/744,439 的优先权,并通过引用将它们并入本文。前述的申请和 / 或通过引用并入本文的任何其它参考文献与本公开内容冲突时,在一定程度上本公开内容起控制作用。

技术背景

[0002] 本发明涉及做功流体和它们在热力学循环中的用途。

发明内容

[0003] 所公开的说明性实施方式包括用于电功率产生系统的部分负载控制的系统以及操作于电功率产生系统的部分负载控制的系统的方法。

[0004] 前述的概述仅是说明性的,并且不旨在以任何方式进行限制。通过参考附图和下面的详细描述,除了以上描述的说明性的方面、实施方式和特征以外,进一步的方面、实施方式和特征也将变得显而易见。

附图说明

[0005] 图 1 是电功率产生系统的说明性实施方式的示意图。

[0006] 图 2 是热输入模块的说明性实施方式的示意图。

[0007] 图 3 是图 1 的电功率产生系统实施的热力循环的熵与温度的曲线图。

[0008] 图 4 是电功率和循环压力的效率的关系的曲线图。

[0009] 图 5 描绘了存量(超临界流体)质量和压缩机入口压力之间的关系。

[0010] 图 6 描绘了低压腿,贮存器(罐)以及高压腿的压力和压缩机入口压力之间的关系。

[0011] 图 7 描绘了电功率产生系统的所有部件的入口和出口温度作为在压缩机入口的存量循环压力的函数的关系曲线图。

[0012] 图 8 电功率产生系统的另一个说明性实施方式的示意图。

[0013] 图 9 是图 8 的电功率产生系统实施的热力循环的熵与温度的关系曲线图。

[0014] 图 10 是电功率产生系统的另一个说明性实施方式的示意图。

[0015] 图 11 是图 8 的由电功率产生系统实施的热力循环的熵与温度的关系曲线图。

[0016] 图 12 是散热模块的说明性实施方式的示意图。

[0017] 图 13 是处理模块的说明性实施方式的示意图。

[0018] 图 14 是做功模块的说明性实施方式的示意图。

[0019] 图 15-21 是模块化功率基础设施网络的说明性实施方式的示意图。

- [0020] 图 22-24 是分布式电功率基础设施网络的说明性实施方式的示意图。
- [0021] 图 25A 是控制电功率产生器的部分负载的说明性方法的流程图。
- [0022] 图 25B-25F 示出图 25A 的流程图的方法的细节。

具体实施方式

[0023] 在下面的详细描述中,参考了附图,这些附图形成该详细描述的一部分。除非上下文另外指示,否则在附图中相似的符号通常标识相似的部件。

[0024] 在详细描述、附图和权利要求中的示例性实施方式并不意味着是限制性的。在不偏离在此处提出的主题的精神或范围的情况下,可以利用其它实施方式,并且可以进行其它改变。

[0025] 本领域的技术人员将认识到,本文中所描述的部件(例如,操作)、装置、对象和伴随它们的讨论用作例子是为了概念清楚的目的,并且各种配置修改都包括在内。因此,如本文所用,所阐述的具体范例和所附的讨论意在表示它们更一般的类别。在一般情况下,使用任何特定的示例意在代表其类别,并且不含有的特定部件(例如,操作)、装置和对象不应视为限制性的。

[0026] 本申请使用正式标题大纲为了清晰呈现。然而,可以理解的是,标题大纲是为了演示的目的,以及不同类型的主题可以在整个申请中被讨论(例如,装置/结构可在处理/操作标题下加以讨论和/或处理/操作可以在结构/处理标题下加以讨论;和/或单主题描述可以跨越两个或更多个主题标题)。因此,使用正式标题大纲不旨在以任何方式进行限制。

[0027] 下面描述的技术的许多实施方式可以采取计算机可执行指令的形式,计算机可执行指令包括由可编程计算机执行的程序。本领域技术人员将理解,该技术可以在下面描述并示出的计算机系统以外的计算机系统上实施。该技术可以包含在专门编程、配置或构造成执行一个或多个下文描述的计算机可执行指令的专用计算机或数据处理器中。因此,如本文通常使用的术语“计算机”和“控制器”指代任何数据处理器,并且可以包括因特网设备和手持式设备(包括掌上型计算机,可佩戴计算机,蜂窝或移动电话,多处理器系统,基于处理器的或可编程的消费电子产品,网络计算机,小型计算机等)。由这些计算机处理的信息可以在任何合适的显示介质上呈现,包括 CRT 显示器或 LCD。

[0028] 该技术还可以在分布式环境中实施,其中任务或模块由通过通信网络链接的远程处理设备执行。在分布式计算环境中,程序模块或子程序可以位于本地和远程存储器存储设备中。下面描述的该技术的各方面可被存储或分布在计算机可读介质(包括磁性或光学可读或可移动计算机磁盘)上,以及电子地分布在网络上。在具体实施方式中,针对该技术的各个方面的特定的数据结构和数据传输也包括在该技术的范围之内。

综述

[0029] 鉴于综述的方式,所公开的说明性实施方式包括用于电功率产生系统的部分负载控制的系统以及操作用于电功率产生系统的部分负载控制的系统的方法。

[0030] 简要地参考图 1,在通过非限制性示例的方式给出的说明性实施方式中,提供说明性的部分负载控制系统 100,其用于控制使用超临界流体 16 能操作地执行热力循环的电功率产生系统 9 中的电功率产生器 27 的部分负载,并且包括至少第一压缩机 14 和膨胀器 26,

第一压缩机 14 具有入口 34 和出口 36 并被构造成压缩超临界流体 16, 膨胀器 26 具有耦合以接收压缩的超临界流体 16 的入口 49, 具有出口 50, 并且被构造成将超临界流体 16 的焓的下降转换为机械能, 电功率产生器 27 耦合到膨胀器 26。在非限制性实施方式中, 部分负载控制系统 100 包括被配置为响应于电功率产生器 27 要求的电功率输出的电平来控制压缩机入口 34 的压力的控制器系统 102 以及具有超临界流体 16 的贮存器 104, 该贮存器 104, 响应于控制器系统 102, 在压缩机出口 36 和膨胀器入口 49 之间以及在膨胀器出口 50 和压缩机入口 34 之间以流体连通的方式能操作地可耦合。如本文所用的, “超临界”流体是指在循环的一个或多个操作部分期间处于超临界状态的流体。

[0031] 通过综述的方式继续, 本文公开的部分负载控制系统的实施方式通过控制在电功率产生系统中压缩机的入口压力来提供对产生的电功率的部分负载控制 (即, 对部分负载的电功率产生器的控制), 该电功率产生系统响应于电功率产生器的要求的电功率输出电平使用超临界流体能操作地执行热力循环。因为功率循环被关闭 (如但不限于闭环布雷顿循环), 通过改变所述压缩机的入口压力, 闭环中的超临界流体的平均密度可有利地向上或向下调整。因此, 即使压缩机和涡轮轴速度可保持基本恒定, 通过闭环的超临界流体的质量流率也可以通过改变压缩机的入口压力来控制, 从而影响所产生的电功率。因此如下面将要描述的, 在此公开的部分负载控制系统的实施方式可以帮助调整产生的功率而不改变涡轮机的轴速度, 和 / 或可以帮助进行电功率的改变, 同时降低对系统效率的影响, 和 / 或可以帮助减轻部件温度的变化而不论部分负载功率。

[0032] 部分负载控制系统的各种实施方式可用于能操作以执行合适的热力学循环的任何合适的电功率产生系统, 热力学循环包括大多数类型的闭环布雷顿循环 (包括具有多个下述特征中的任何一个的电功率产生系统: 再加热, 中间冷却, 简单恢复, 再压缩, 和 / 或压缩机恢复)。为此目的, 通过非限制性实例, 基于说明而不是限制的目的, 阐述在此公开的电功率产生系统 (即使用简单的恢复, 再压缩, 和压缩机恢复) 的例子。旨在不限制在此公开的电功率产生系统的例子, 并不推断这样的限制。

[0033] 如已知的, 布雷顿热力循环的一般特征在于做功流体的加压, 例如通过下述方式进行: 压缩和 / 或泵吸, 对做功流体增加热量, 在用于将做功流体的动能、热能或势能转换成机械能的热膨胀的装置中使加热和加压的流体膨胀, 然后从做功流体排出能量。在密闭系统中, 膨胀后的做功流体被重新加压, 并且所述做功流体以循环方式经过上述过程。

[0034] 如所已知的, 做功流体可以在热力循环过程中的一个或多个点能够转变成超临界状态。此外, 做功流体可以在热力循环的每一个点是完全在超临界状态内的。如还已知的, 超临界状态被定义为是在高于流体的临界点的温度和压力的状态。当在超临界状态时, 相对于在其理想状态下的流体的加压, 流体能够在熵少量变化的情况下转变到较高的压力。超临界流体的可压缩性使得相对于处于气态的流体的类似的压缩能减少压缩阶段的数量。超临界流体相对其流体状态也显示出降低的粘度和表面张力。这些特征的组合允许超临界做功流体能显示出在旋转机械中的高质量流率, 从而减小旋转机械实现给定量的做功输出所需面积的大小。

[0035] 可以在各种实施方式中使用多个超临界流体 (如氙、氦、二氧化碳和 / 或氩) 中的任何一个或者多个。这些超临界流体可以是混合物的形式, 以及纯的形式。这些超临界流体也可以与任何数量的有机气体, 或气态杂质混合。为简洁起见, 本讨论将总体涉及使用在

超临界状态的二氧化碳（有时称为“sCO₂”）；然而，应该理解的是，类似的原理也适用于其它的上述超临界流体或它们的混合物。为此目的，根据特定应用的需要，可以使用上述的超临界流体中的任何一种或多种。例如，使用任何特定的超临界流体的考虑因素可以包括所需的热机械能量转换系统的操作温度或压力的选择。因此，并不旨在并且不推断对任何特定的超临界流体的限制。

[0036] 为此目的，将在下面通过非限制性示例的方式讨论用于电功率产生系统的部分负载控制的系统的说明性实施方式。将解释使用简单恢复，再压缩，以及压缩机恢复的说明性电功率产生系统（具有部分负载的控制系统）的非限制性的例子。此外，将在下面通过非限制性示例的方式讨论包括说明性电功率产生系统（具有部分负载的控制系统）的各种实施方式的模块化功率基础设施网络。

在简单的恢复布雷顿循环中的部分负载控制

[0037] 返回参照图 1，在一个实施方式中，说明性部分负载控制系统 100 控制使用超临界流体 16 能操作地执行热力循环的说明性电功率产生系统 9。在各种实施方式中，电功率产生系统 9 包括超临界功率模块 12 和热源（诸如热输入模块 22），并根据包括简单恢复的闭环布雷顿热力循环进行操作。电功率产生系统 9 的说明性实施方式首先通过非限制性示例进行说明，随后通过部分负载控制系统 100 的说明性实施方式的非限制性示例进行说明。

[0038] 首先转到电功率产生系统 9 的实施方式，并且通过说明而非限制的方式给出，在一些实施方式中，超临界功率模块 12 和热输入模块 22 可以被设置为单独的模块；即，超临界功率模块 12 和热输入模块 22 每一个可以设置在它自己的壳体、外壳或类似物中。在这样的实施方式中，超临界流体 16 可离开超临界功率模块 12，并进入热输入模块 22，通过热输入模块 22 加热，然后离开所述热输入模块，并进入超临界功率模块 12。

[0039] 然而，超临界功率模块 12 和热输入模块 22 不需要被设置为单独的模块。为此，在一些实施方式中，超临界功率模块 12 和热输入模块 22 可以一起设置在一个壳体、外壳、或类似物中。在一些这样的实施方式中，所述一个壳体、外壳或类似物可被认为是“模块”（如下面讨论的）。然而，所述一个壳体、外壳或类似物不必是“模块”。为此，在一些其它这种实施方式中，一个壳体、外壳或类似物可不被认为是“模块”。

[0040] 超临界功率模块 12 可以将超临界流体 16 的焓的下降转换为机械能（并且，在稍后讨论的一些实施方式中，可供超临界流体到可以耦合以接收来自超临界功率模块 12 的超临界流体的任何其它合适的模块）。如上所述，超临界功率模块 12 根据布雷顿热力循环进行操作。在图 1 中所示的实施方式中，超临界功率模块 12 实现了简单的恢复布雷顿循环（如将在下面参照图 2 进行说明的）

[0041] 在图 1 所示的实施方式中，如将在以下通过说明的方式而不是限制的方式给出的细节进行说明，超临界功率模块 12 适当地包括压缩机 14、复热器 18、出口通路 20、入口通路 24、膨胀器 26、至少一个电功率产生器 27 和冷却器 28。还如下面所解释的，在一些实施方式中，超临界功率模块 12 可包括至少一个超临界流体供应通路 30 和至少一个超临界流体返回通路 32。

[0042] 压缩机 14 被构造成压缩超临界流体 16，即提高超临界流体 16 的压力。压缩机 14 具有入口 34 和出口 36。在各种实施方式中，压缩机 14 适当地可被实现为提高超临界流体 16 的压力的任何合适的装置，诸如压缩机或泵等。在一些实施方式中，压缩机 14 用轴 38

被能操作地耦合到膨胀器 26。在这样的实施方式中,膨胀器 26 将在超临界流体 16 的焓的下降转换为机械能,机械能包括轴 38 的旋转,从而旋转压缩机 14A。应当理解,可以经由机械耦合(如齿轮箱等等)或者(如果需要)通过磁耦合,能操作地耦合压缩机 14 至膨胀器 26。

[0043] 复热器 18 被构造成加热压缩的超临界流体 16。复热器 18 适当地是任何类型的热交换器,如管壳式热交换器,印刷电路热交换器,等等。复热器 18 的热交换器可以根据需要使用任何合适的流动方向(如交叉流方向、逆流方向或平流方向)来实现。根据特定应用的需要,复热器 18 适当地设定尺寸为具有选定的传热能力。在图 1 中所示的实施方式中,复热器 18 与压缩机出口 36 流体连通。复热器 18 包括与压缩机出口 36 以流体连通方式耦合的入口 42,和限定复热器 18 的热交换器的一侧的出口 44。复热器还包括与膨胀器 26 以流体连通方式耦合以接受膨胀的超临界流体 16 的入口 46,和限定了复热器 18 的热交换器的另一侧的出口 48。热从在入口 46 和在热交换器的另一侧上的出口 48 之间流动的膨胀的超临界流体 16 被传输到在入口 42 和热交换器的一侧的出口 44 之间流动的压缩的超临界流体 16。

[0044] 出口通路 20 被构造成将来自复热器 18 的加热的压缩的超临界流体 16 提供到热源,如热输入模块 22。出口通路 20 包括合适的隔离阀 21。热源(如热输入模块 22)适当地加热从出口通路 20 提供到热源超临界流体。入口通路 24 被构造成提供来自热源 22 的加热的压缩的超临界流体 16。入口通路 24 包括合适的隔离阀 25。

[0045] 另外参考图 2 阐述热输入模块 22 的进一步说明性的非限制性的细节。热输入模块 22 包括超临界流体加热单元 500。超临界流体加热单元 500 适当地产生或收集热量并传输热量到超临界流体 16。

[0046] 超临界流体加热单元 500 包括加热器 502 和超临界流体热交换器 504。加热器 502 产生或收集热量。在一些实施方式中,加热器 502 可以从其它热源(例如但不限于地热、太阳能、工艺热、废热、等等)收集(和/或聚集)热量。在一些其它实施方式中,加热器 502 可以例如通过氧化或燃烧等产生热量。

[0047] 超临界流体热交换器 504 能操作地与加热器 502 以热连通方式耦合并将热量从加热器 502 传输给超临界流体 16。超临界流体热交换器 504 适当地是任何合适类型的热交换器,如管壳式热交换器、印刷电路热交换器,等等。如所期望的,超临界流体热交换器 504 可使用任何合适的流动方向(如交叉流方向,逆流方向或并行流动方向)来实现。根据特定应用的需要,超临界流体热交换器 504 适当地设定尺寸为具有选定的热量传输能力。

[0048] 超临界流体热交换器 504 的一侧具有入口 506 和出口 508,入口 506 可以以流体连通方式耦合以接收来自出口通路 20 的超临界流体 16,出口 508 可以以流体连通方式耦合以将加热的超临界流体 16 提供到入口通路 24。

[0049] 超临界流体热交换器 504 的另一侧具有入口 510 和出口 512,入口 510 被耦合以从加热器 502 接收热量。出口 512 可以根据需要排出到周围环境或可耦合到任何其它合适的模块或多个模块以供应废热到其中。

[0050] 应当理解,热输入模块 22 的各种实施方式可以包括多于一个的加热器 502。在这样的实施方式中,加热器 502 可以是可彼此结合的上面对讨论的热不同来源或收集器/集中器。此外,应当理解,根据特定应用的需要,热输入模块 22 的各种实施方式可包括多于

一个的超临界流体热交换器 504。

[0051] 返回参照图 1, 膨胀器 26 被耦合以接收来自热源 (如热输入模块 22) 的加热的压缩的超临界流体 16, 并构造成将超临界流体 16 的焓的下降转换为机械能, 机械能例如但不限于轴 38 的转动。膨胀器 26 可适当地包括能够使从入口通路 24 接收的热超临界流体 16 膨胀并将超临界流体 16 的焓的下降转换为机械能的任何合适的装置。这样, 在一些实施方式中, 膨胀器 26 可适当地包括但不限于涡轮或涡轮机, 例如但不限于涡轮膨胀器、膨胀涡轮机、离心涡轮、轴流式涡轮, 和 / 或类似物。在这样的实施方式中, 膨胀器 26 使轴 38 以非常高的旋转速度 (例如但不限于比每分钟 3600 转大得多的旋转速度) 旋转。在一些其它实施方式中, 膨胀器 26 适宜地也可包括往复式发动机。应当理解, 在一些实施方式中, 根据特定应用的需要, 可提供多于一个的膨胀器 26。

[0052] 如图 1 的实施方式所示, 膨胀器 26 具有与入口通路 24 以流体连通方式操作性地耦合的入口 49 和与复热器 18 的入口 46 以流体连通方式操作性地耦合的出口 50, 以将来自膨胀的超临界流体 16 的热量传输到压缩的超临界流体 16。

[0053] 电功率产生器 27 可用轴 38 能操作地耦合到膨胀器 26。电功率产生器 27 可以是本领域中已知的任何合适的电功率产生器, 诸如汽轮发电机、交流发电机、或本领域中已知的任何其它合适的电功率产生器。电功率产生器 27 可设定尺寸为具有根据特定应用需要的电功率产生容量。此外, 应当理解, 在一些实施方式中, 根据特定应用的需要, 可提供多于一个的电功率产生器 27。通过非限制性示例的方式给出, 根据特定的应用, 在一些实施方式中, 在一些实施方式中, 电功率产生器 27 (或所有的电功率产生器 27) 可以具有在 2-6KW_e 之间的范围内的额定功率。在一些实施方式中并且通过非限制性实例的方式给出, 电功率产生器 27 (或所有的电功率产生器 27) 可以具有约 5KW_e 左右量级的额定功率。应当理解, 不旨在限制并且不应推断有关电功率产生器 27 (或所有的电功率产生器 27 的累积额定功率) 的额定功率。

[0054] 冷却器 28 被构造成冷却来自复热器 18 的膨胀的超临界流体 16 并提供冷却的超临界流体 16 到压缩机 14。冷却器 28 具有入口 52 和出口 54, 入口 52 以流体连通方式能操作地耦合到复热器 18 的出口 48, 出口 54 以流体连通方式能操作地耦合到压缩机 14 的入口 34。冷却器 28 可以是适于冷却超临界流体 16 的任何冷却器。例如并且通过说明的方式而非限制的方式给出, 在各个实施方式中, 冷却器 28 可以包括: “湿” 冷却器, 例如冷凝器; 像管壳式热交换器或印刷电路热交换器之类热交换器; 或“干” 冷却器, 如强制空气冷却“辐射器” 等等。

[0055] 在解释部分负载控制系统 100 的实施方式之前, 将在下面参照图 3 讨论电功率产生系统 9 的实施方式的操作。在图 3、图 9 和 11 中, 字母标号 (例如, A, B, C 等对应于一个设定点, 和字母数字标号 (例如, A1, B1, C1 等) 对应的另一设定点)。

[0056] 针对诸如由电功率产生系统 9 实施的简单的恢复循环, 将焓 (Kj/kg-K) 相对于温度 (度 K) 作图。在下面的讨论中, 在图 2 中所示的热力循环的阶段都被映射到可以实现与之相关联的阶段的电功率产生系统 9 的相应的部件。做出字母标号 (在图 1 和图 3 中所示) 以将在图 3 所示的循环的阶段与图 1 所示的相关的部件相关联。

[0057] 图 3 绘出了沿 x 轴的焓 (以 Kj/kg-K 为单位) 与沿 y 轴的温度 (以度 K 为单位) 的关系曲线 200。应当理解, 仅通过示意的方式而非限制性的方式给出焓和温度的值。应当

进一步理解,根据特定用途的需要,熵和温度的值会受可以被或可以不被提供给模块化功率基础设施网络中的其它模块(图1和2中未示出)的超临界流体16的量的影响。

[0058] 现在参考图1和3,在点A与B之间,在接近基本上等熵的过程中超临界流体16的温度被升高,因为压缩机14中超临界流体16的压力被升高(近似于公知的关系 $PV = nRT$)。在点B和C之间,在复热器18的入口42和复热器18的出口44之间,超临界流体16的温度和焓被升高。在点C和D之间,在出口通路20和入口通道24之间,超临界流体16的温度通过热源(如热输入模块22)被升高。在点D和E之间,在接近基本上等熵过程中超临界流体16的温度被降低,因为超临界流体16膨胀,并且在膨胀器26中其压力相应降低。在点E和F之间,在复热器18的入口46和复热器18的出口48之间超临界流体16的温度和焓被降低。在点F和A之间,超临界流体16的温度和焓通过冷却器28进一步降低。

[0059] 应当理解,如图3所示,在一些实施方式中,在图3所示的热力循环的所有阶段期间,超临界流体16可以保持在超临界状态。然而,应理解的是,在沿曲线200所示的过程期间的一个或多个点,可能存在并非超临界状态的状态。然而,为了简单起见,只参照超临界流体16而非参照具有不是超临界流体的属性的一个或多个属性的流体。

[0060] 控制系统适当地包括控制器系统102,被设置成与电功率产生系统9的部件有效通信以监控各种参数,并提供反馈以控制电功率产生系统9的操作。然而,部分负载控制将在下面之后进行解释。控制系统可适当地监控电功率产生系统9内的对应于点A、B、C、D、E和F(图1和3)的选定位置处的至少温度、压力、以及流速。在一些实施方式中,控制系统还可以适当地监控轴38的速度和/或发电机27的电负载。在一些实施方式中,控制系统可监控热输入模块22中的热通量。控制系统适当地比较被监控的条件与所期望的参数,产生合适的控制信号,并控制模块化功率基础设施网络10的部件,以改变轴38的速度(如果必要)、压缩机14的压缩比、由热输入模块22增加的热量和/或类似参数。该控制系统适当地可以用任何合适的控制器(例如控制器系统102)来实现,例如但不限于任何适当的逻辑控制器等等,任何适合的传感器(例如热电偶、压力传感器、流率传感器、转速传感器、电压传感器、电流传感器、电功率传感器和/或热通量传感器)和任何合适的控制致动器(例如但不限于节流阀、变阻器、等等)。

[0061] 现在转到部分负载控制系统100的实施方式,并且仅通过说明而非限制的方式给出,在一些实施方式中,部分负载控制系统100包括被配置为响应于电功率产生器27的要求的电功率输出的电平来控制压缩机入口34的压力的控制器系统102,和具有超临界流体16的贮存器104,该贮存器104响应于所述控制器系统102,在所述压缩机出口36与所述膨胀器入口49之间和在所述膨胀器出口50与所述压缩机入口34之间,以流体连通方式能操作地可耦合。如以上所讨论的,超临界流体16的平均密度有利地可以通过改变压缩机入口34的压力向上或向下调整。因此,即使压缩机和涡轮的轴38的速度可以保持基本上恒定,通过闭环的超临界流体16的质量流率可以通过改变压缩机入口34的压力来控制,从而影响所产生的电功率。

[0062] 在各种实施方式中,传感器(未示出)位于整个电功率产生系统9,并监视参数,该参数包括:在压缩机出口36和膨胀器入口49之间的、在膨胀器出口50和压缩机入口34之间的、在贮存器104中的超临界流体的温度(T),以及加热器502(图2)的出口温度;在压缩机出口和膨胀器入口之间的、以及膨胀器出口与压缩机入口之间的、在贮存器中的超

临界流体的压力 (p) ;来自电功率产生器 27 要求的电功率输出 ;以及来自电功率产生器 27 的实际的电功率输出。

[0063] 在各种实施方式中,控制器系统 102 包括适当的计算机处理部件,诸如但不限于计算机处理单元、可编程逻辑元件、计算机控制器等等。控制器系统 102 的实施方式包括被配置为将压缩机入口压力与电功率产生器的要求的电功率输出相关联的合适的计算机处理部件。例如,在一些实施方式中,计算机处理部件可以被配置为实现具有包括与电功率产生器 27 的电功率输出相关联的压缩机入口压力的条目的查找表。在一些其它实施方式中,计算机处理部件可以被构造为实施对压缩机入口压力与电功率产生器的要求的电功率输出的关系曲线的拟合。应当理解的是,根据特定应用的需要,设定点(下文讨论)可以基于效率以及电功率和压力、温度,质量流率可以被用来确定用于调整的环路库存。

[0064] 在各种实施方式中,贮存器 104 具有超临界流体 16 在其中,并响应于控制器系统 102,在压缩机出口 36 和膨胀器入口 49(也称为高压腿)之间和在膨胀器出口 50 和压缩机入口 34(也称为低压腿)之间以流体连通的方式能操作地耦合。贮存器 104 的压力适当地在低压腿压力和高压腿压力之间。其结果是,由于所期望的超临界流体 16 可从贮存器 104 输送到低压腿,从而将超临界流体加入到低压腿并向上调整超临界流体的平均密度,这增加压缩机入口 34 的压力,并增加通过所述电功率产生器产生的电功率。或者,由于所期望的超临界流体 16 可从高压腿输送到贮存器 104,因此超临界流体从高压腿被除去,并向下调整超临界流体的平均密度,从而降低压缩机入口 34 的压力,并降低通过所述电功率产生器产生的电功率。

[0065] 通过选择适当的低压腿体积,高压腿体积,贮存器体积,以及电功率产生系统 9 内的总体积,在部分负载控制的合乎期望的范围内,贮存器 104 的压力可适当地建立并保留在低压腿压力和高压腿压力之间。通过非限制性示例的方式给出,在各种实施方式中,低压腿体积,高压腿体积和贮存器 104 的体积每可以都是约 1 立方米(适合于约 5MWe 的发电机),低压腿压力适当地可以在约 5000 千帕和约 8000 千帕之间的范围,高压腿压力适当地可以在 14000 千帕和 24,000 千帕之间的范围,贮存器 104 的压力适当地可以在约 9,000 千帕左右到约 11,000 千帕之间的范围,并且总填充质量是约 500 千克。

[0066] 在各种实施方式中,隔离阀 106 被布置在贮存器 104 与在压缩机出口 36 和膨胀器入口 49(即,高压腿)之间的管部件之间,隔离阀 108 被设置在贮存器 104 与在膨胀器出口 50 和压缩机入口 36(即,低压腿)之间的管部件之间。隔离阀 106 和 108 可以是可由控制器系统 102 致动的任何合适类型的隔离阀。隔离阀 106 和 108 通常被关闭(“NS”)。隔离阀 106 和 108 响应于控制器系统 102 适宜地能操作。在一些实施方式中,隔离阀 108 可设置在贮存器 104 以及耦合到冷却器 28 的入口 52 的管部件之间,从而在将超临界流体 16 从贮存器 104 添加到低压腿(由于隔离阀 108 中的超临界流体 16 可以膨胀)时减轻可由低温和低压的波动引起的扰动。

[0067] 在一些实施方式中,贮存器 104 可以包括布置在其中的热交换器 110。热交换器 104 响应于控制器系统 102 适当地能操作,以控制在贮存器 104 中的超临界流体 16 的温度。根据特定应用的需要,热交换器 110 可以用任何适合的热交换装置来实现。例如,热交换器 110 可以包括加热/冷却流体可以流过其中的管道或管回路或段、管道或管线圈、等等。例如,将热量从贮存器 104 中的超临界流体 16 传递给流过热交换器 110 的流体以冷却贮存器

104,从而避免贮存器 104 无意中的过热,这可能是合乎期望的。作为另一示例,将热量从流过热交换器 110 的流体传递给贮存器 104 中的超临界流体 16 以加热该贮存器 104,从而帮助保持贮存器 104 的单相超临界流体,以避免在系统启动期间可具有运行效益的该贮存器 104 中的冷凝。

[0068] 部分负载控制系统 100 的实施方式如下所述地操作。电功率产生系统 9 根据以上参照图 3 说明的热力循环运行,并且如上所述,电功率产生器 27 产生电力。当需要将由电功率产生器产生的电功率输出电平 27(例如,响应于设置在发电机上的电力需求方面的变化)从实际的电功率输出电平(称为“设定点 A”)改变到不同的电功率输出电平(称为“设定点 B”),合适的命令将在控制系统内生成并发送到控制器系统 102 以将净电功率从设定点 A 改变至设定点 B。

[0069] 该库存控制器 102 将利用查询表或如图 4 所示的对净电功率与压缩机入口压力的关系曲线的拟合(例如,曲线拟合),以确定压缩机入口 34 的压力的新的设定点压力 B。在图 4 中展示了电功率和效率与回路压力的关系。另外参照图 4 并通过说明性示例而非限制的方式给出,当压缩机入口 34 的压力(低压腿)从 8000 千帕被减少到 5000 千帕(即,33%的压力降)时,净电功率从 3645kWe 下降至 1233kWe。因此,33%的压力降导致电功率减少三分之一。此外,应当理解,在整个功率变化的范围内,净效率几乎保持恒定。在这个说明性的情况中,效率降低仅 2 个百分点,从 34.1%下降到 32.1%。因此,应当理解,部分负载电功率可以在很宽的范围内变化,而压缩机入口 34 的压力有相对小的变化,净电气效率可以保持相对恒定。合适的查找表可以用与电功率产生器 27 的电功率输出相关联的压缩机入口 34 的压力的条目构成,如在图 4 中所示。表中提供的数值可以通过分析预测工具、测试和/或两者来确定。

[0070] 隔离阀 106 和 108 通常是关闭的。如果新的设定点压力 B 与功率设定点 B 是在部分负载控制系统 100 的操作范围之内,则控制器系统 102 将发送合适的命令,以打开隔离阀 106 或隔离阀 108,从而填充或排出来自回路的超临界流体,如下所述。

[0071] 如果在设定点功率 B 的所需功率低于当前功率,则控制器系统 102 将造成隔离阀 106 打开且高压腿通过隔离阀 106 填充贮存器 104。以这种方式,在回路中的库存(即,超临界流体的质量)被从高压腿除去,由此使压缩机入口 34 的压力、质量流率、以及通过电功率产生器 27 产生的电功率降低。同样地,如果设定点功率 B 超过实际当前功率,则控制器系统 102 将导致隔离阀 108 打开,从而使超临界流体库存从该贮存器 104 增加到环路,从而增加压缩机入口 34 的压力和来自所述电功率产生器 27 的电功率输出。

[0072] 在一些实施方式中,控制器系统 102 可以实现在可以帮助隔离阀 106 和 108 不被以过高的速度循环的功率设置点周围 $\pm f\%$ (如在约 3% -5%之间的值或一些其它合适的值)的死区。这将允许新的功率电平漂移 $\pm f\%$,而无需打开或关闭隔离阀 106 或 108。当实际功率在设定点的 $\pm f\%$ 内时,隔离阀 106 和 108 将被闭合。当实际功率转换为在设定点功率的 $\pm f\%$ 内的值(即死区之内)时,打开的隔离阀 106 或 108 将被闭合。在一些实施方式中,也可以实施时间延迟,以避免隔离阀 106 和 108 的快速打开或闭合。在一些实施方式中,如果需要,比例积分微分(“PID”)的反馈控制可用于缓慢地打开或闭合隔离阀 106 或 108,而非使用上述使用全开和全闭合阀门的途径。

[0073] 下面阐述关于库存质量和库存压力的性能的细节。另外参照图 5,曲线显示(超

临界流体) 库存的质量(在低压腿, 贮存器 104, 高压腿, 和总回路中) 与压缩机入口 34 的压力之间的关系。如图 5 所示, 从贮存器 104 去除的质量和(经由低压腿) 在回路中放入的质量增加了低压腿质量和高压腿质量和压力, 这反过来增加了产生的电功率。应当理解, 总循环库存是常数(这个非限制性的例子中, 500 千克), 而不管压缩机入口 34 的压力或产生的部分负载功率如何。应当理解, 根据特定应用的需要, 总填充质量可以具有任何适当的值。以非限制性示例的方式给出, 一个实施方式可以具有约 500 千克的总填充质量。在一些实施方式中, 总的系统填充质量可以是在从约 447 千克的最小填充质量到约 780 千克的总填充质量的范围内。

[0074] 另外参照图 6, 曲线显示在低压腿、贮存器 104、以及高压腿中的压力和压缩机入口 34 的压力之间的关系。从图 6 应当理解, 可选择高压腿、低压腿、贮存器 104 的体积以及可选择总体积, 使得在部分负载控制系统 100 的操作范围内, 贮存器 104 的压力在高压腿压力和低压腿压力之间。其结果是, 在整个设计的部分负载功率范围内, 部分负载控制系统 100 可以从回路添加或除去超临界流体。

[0075] 如示于图 6, 在一个实施方式中, 其中最低填充质量是约 447 千克, 即使当填充质量为 500 千克时, 在 8000 千帕的压缩机入口压力的贮存器 104(槽) 压力线与在 8000 千帕的低压腿线几乎相交。在一般情况下, 理想的是选择保持贮存器 104 中的压力尽可能低的总填充库存, 因为较高贮存器 104 的压力需要较大、较大规模的、且较昂贵的槽。

[0076] 类似地, 在一个实施例方式中, 其中最大总系统填充质量是约 780 千克, 在 780 千克贮存器 104(槽) 压力线向上滑动, 如果填充质量过大(在非限制性示例中, 大于 780 千克), 贮存器 104(槽) 压力线将与高压腿压力线相交。因此, 改变总填充库存具有将贮存器 104(槽) 压力线向上和向下滑动的效果。应当理解, 贮存器 104(槽) 的压力线不与低压腿压力线也不与高压腿压力线相交是合乎期望的。

[0077] 通过适当选择高压腿体积, 低压腿体积, 贮存器 104 的体积, 和超临界流体 16 的总填充质量, 有可能安排使容器 104 的压力可以大于该低压腿的压力, 以及贮存器 104 的压力可小于高压腿的压力。应当理解, 在这种方式下, 通过根据图 4 中所示的关系调节压缩机入口 34 的压力, 由电功率产生器 27 产生的电功率的电平可以从最小设计值相对平滑地过渡到最大设计值。还应当理解, 增加/降低压缩机入口 34 的压力也可引起增加/降低在所有其它回路的压力。

[0078] 另外参照图 7, 应当理解, 部件入口和出口温度基本上不随着部分负载功率的变化而改变。图 7 示出了电功率产生系统 9 的所有部件的入口和出口温度作为在压缩机入口 34 的库存回路压力的函数。如所观察到的, 温度的变化是非常小的并且是高达 30-40K 左右(而不是几百度, 如果在功率输出(take-off) 方案中通过改变加热器出口处的温度或通过使用压缩机的速度变化(其中的涡轮机和发电机以恒定轴速度旋转, 而压缩机可以以不同的速度旋转) 获得部分负载功率变化, 通常可以观察到几百度)。由于较低的热循环, 在整个功率范围内温度的小的波动, 可以有助于促进主要热部件(主热交换器, 复热器 18, 以及冷却器 28) 的寿命延长。此外, 并另外参考图 3, 由于压缩机入口 34 的压力被降低(在一个非限制性的实施方式中, 从 8000 千帕降低至 5000 千帕) 由 T-S 曲线所指示的总的功率循环保持相同的形状, 但将被转换为右侧(从点 A 至点 A1), 从而使所有部件的温度保持非常接近其原来的(满功率) 的温度。

[0079] 现在,已经说明了部分负载控制系统 100 实施方式的部件和操作,提供一种模块化电源基础设施网络 10,其包括电功率产生系统 9(包括部分负载控制系统 100)以及接收来自超临界功率模块 12 的超临界流体并将超临界流体返回到其中的至少一个其它模块,这是合乎期望的。在一些这样的实施方式中,至少一个超临界流体供应通路 30 被构造成供应来自超临界功率模块 12 的超临界流体 16。根据特定应用的需要,从超临界功率模块 12 供应的超临界流体 16 可以是膨胀的超临界流体 16 和 / 或压缩的超临界流体 16。根据特定应用的需要,超临界流体 16 可以经由超临界流体供应通路 30 从超临界功率模块 12 供应到在模块化功率基础设施网络中的任何其它合适的模块或多个模块(图 1 中未示出)。

[0080] 根据特定应用的需要,将在各种温度和熵水平的超临界流体 16 从超临界功率模块 12 提供到模块化功率基础设施网络中的一个或多个模块(图 1 中未示出)是合乎期望的。因此,在各种实施方式中,超临界流体供应通路 30 适当地可以设置在以下部件中的一个或多个之间的位置上:压缩机 14 的出口 36 和复热器 18 的入口 42;复热器 18 的出口 44 和出口通路 20 中的隔离阀 21;入口通路 24 中的隔离阀 25 和膨胀器 48 的入口 49;膨胀器 26 的出口 50 和复热器 18 的入口 46;复热器 18 的出口 48 和冷却器 28 的入口 52;以及冷却器 28 的出口 54 和压缩机 14 的入口 34。每个超临界流体供应通路 30 通过合适的隔离阀 56 隔离。

[0081] 在这样的实施方式中,至少一个超临界流体返回通路 32 被构造成将超临界流体 16 从其它模块或多个模块(图 1 中未示出)返回到超临界功率模块 12,超临界流体 16 经由超临界流体供应通路 30 已经供应到所述其它模块或多个模块。因此,在各种实施方式中,超临界流体返回通路 32 适当地可以设置在以下部件中的一个或多个部件之间的位置上:压缩机 14 的出口 36 和复热器 18 的入口 42;复热器 18 的出口 44 和出口通路 20 中的隔离阀 21;入口通路 24 中的隔离阀 25 和膨胀器 48 的入口 49;膨胀器 26 的出口 50 和复热器 18 的入口 46;复热器 18 的出口 48 和冷却器 28 的入口 52;以及冷却器 28 的出口 54 和压缩机 14 的入口 34。每个超临界流体返回通路 32 经由合适的隔离阀 58 隔离。

[0082] 然而,在电功率产生系统 9 的其它实施例中,超临界功率模块 12 不包括任何超临界流体供应通道 30,也不包括任何超临界流体返回路径 32。相反,该超临界功率模块本身可以包括它采用的用于操作的所有的超临界流体。

[0083] 在各种实施例中,超临界功率模块 12 适当地可以是,但不必定是,设置在一个模块化,集装箱化的平台(未在图 1 中示出)。另外,如果需要的话,各种模块化功率基础设施网络的实施例 10 除了包括超临界功率模块 12 和热输入模块 22 外,还可包括一个或多个其它模块(图 1 中未示出),该一个或多个其它模块可以与模块化功率基础设施网络 10 内的各种模块连接,以根据需要对于特定应用,帮助解决各种问题,例如但不限于各种供油选择,不同的操作环境,加热和冷却的需要,机械的工作要求,选址的限制,和 / 或效率需求。

[0084] 上述超临界功率模块 12 的部件可以适宜地(但不必定要)与管道、导管、配件、连接件和类似物相互连接,这些管道、导管、配件、连接件和类似物适合于温度和压力条件以及与包含在其中并流过其中的超临界流体 16 兼容。此外,在一些实施方式中,如果需要,超临界功率模块 12 的部件之间的连接件可以用“快速断开”型配件制成,从而有助于促成超临界功率模块 12 的模块化。此外,在一些实施方式中,超临界功率模块 12 的部件的物理布置可以被标准化。即,可分配设置量的空间用于特定部件,且无论特定部件的大小或额定值

如何,标准的安装垫等都可以被用于特定部件,从而也有助于促成超临界功率模块 12 的模块化。

[0085] 在一些实施方式中,如果需要,超临界功率模块 12 和其它模块之间的连接件,如在出口通路 20、入口通路 24、超临界流体供应通路 30 和超临界流体返回通路 32 的终端的连接件,可以用“快速断开”型接头制成,从而有助于促成模块化功率基础设施网络 10 的模块化。

[0086] 在一些实施方式中,超临界功率模块 12 可以(但不必定要)在一个或多个标准容器(例如远洋货运集装箱等等)中实现,从而有助于促成模块化功率基础设施网络 10 的模块化。此外,标准容器可以被认为包括通过道路、卡车、火车、空运、或水运船只运送的任何这样的容器。

[0087] 在讨论可以包括在模块化电源基础设施网络的其它实施例中,根据需要,可以由电功率产生系统 9 的实施例中实现的另一个热力循环将被讨论。应理解,其它模块可以根据需要被包括在一个模块化电源基础设施网络的任何实施例,而与电功率产生系统 9 内实现热力循环无关。

再压缩布雷顿循环

[0088] 现在参考图 8 和 9,在另一个实施方式中,说明性电功率产生系统 309 适当地实现再压缩布雷顿循环。应当理解,电功率产生系统 309 和电功率产生系统 9(图 1)共享上面已经讨论的许多通用的部件。为简洁起见,将不再重复关于对电功率产生系统 309 和电功率产生系统 9(图 1)是通用的部件的细节。相同的标号将用于指代对电功率产生系统 309 和电功率产生系统 9(图 1)通用的部件。

[0089] 在说明性实施方式中,电功率产生系统 309 适当地实现再压缩布雷顿循环。就概述角度而言,压缩机 314A 被构造成压缩超临界流体 16。复热器 318A 被构造成加热来自压缩机 314A 的压缩的超临界流体 16。压缩机 314B 被构造成与压缩机 314A 并行地压缩超临界流体 16。复热器 318B 被构造成加热来自压缩机 314A 和压缩机 314B 的压缩的超临界流体 16。出口通路 20 被构造成将加热的压缩的超临界流体 16 从复热器 318B 提供到热源,热源如热输入模块 22。入口通路 24 被构造成提供来自热源(如热输入模块 22)的加热的压缩的超临界流体 16。膨胀器 26 被耦合以接收来自热源的加热的压缩的超临界流体 16,并构造成将超临界流体 16 的焓的下降转换为机械能。电功率产生器 27 能操作地耦合到膨胀器 26。冷却器 28 被构造成冷却来自复热器 318A 的膨胀的超临界流体 16 并提供冷却的超临界流体 16 到压缩机 314A。在一些实施方式中,如果需要,至少一个超临界流体供应通路 30 可以被构造成供应来自超临界功率模块 312 中的超临界流体 16,至少一个超临界流体返回通路 32 可以被构造成将超临界流体 16 返回到超临界功率模块 312。

[0090] 应该理解的是,根据特定应用的需要,压缩机 314A 和压缩机 314B 可以与压缩机 14(图 1)相同,或基本相似。压缩机 314A 具有入口 334A 和出口 336A,并且压缩机 314B 具有入口 334B 和出口 336B。压缩机 314A 和压缩机 314B 以与上面就压缩机 14 所讨论的方式的相同的方式适当地用轴 38 能操作地连接到膨胀器 26(图 1)。

[0091] 还应该理解的是,根据特定应用的需要,复热器 318A 和复热器 318B 可以与复热器 18(图 1)相同,或基本相似。复热器 318A 具有在复热器 318A 的热交换器的一侧上的入口 342A 和出口 344A,和在复热器 318A 的热交换器的另一侧上的入口 346A 和出口 348A。复

热器 318B 具有在复热器 318B 的热交换器的一侧上的入口 342B 和出口 344B,和在复热器 318B 的热交换器的另一侧上的入口 346B 和出口 348B。

[0092] 复热器 318A 的入口 342A 与压缩机 314A 的出口 336A 以流体连通方式耦合。复热器 318B 的入口 342B 与复热器 318A 的出口 344A 以及压缩机 314B 的出口 336B 以流体连通方式耦合。出口通路 20 与复热器 318B 的出口 344B 以流体连通方式耦合。膨胀器 26 的出口 50 与复热器 318B 的入口 346B 以流体连通方式耦合。复热器 318B 的出口 348B 与复热器 318A 的入口 346A 以流体连通方式耦合。

[0093] 复热器 318A 的出口 348A 与冷却器 28 的入口 52 以及压缩机 314B 的入口 334B 以流体连通方式耦合。这样,压缩机 314A 和压缩机 314B 并行压缩超临界流体 16。根据特定应用的需要,可以确定到压缩机 314A 的超临界流体 16 的流量与到压缩机 314B 的超临界流体 16 的流量的比率。

[0094] 关于电功率产生系统 309(包括部分负载控制系统 100)的其它细节与上述那些关于电功率产生系统 9(图 1)(包括部分负载控制系统 100)的细节是相同的,并且不需要为理解而重复。应当理解,根据特定应用的需要,类似于电功率产生系统 9(图 1),电功率产生系统 309 可以包括一个以上的膨胀器 26 和一个以上的电功率产生器 27。

[0095] 现在,已经讨论了说明性电功率产生系统 309 及其部件,将在下面参照图 9 讨论电功率产生系统 309 的实施方式的操作。

[0096] 另外参照图 9,针对诸如由电功率产生系统 309 所执行的循环之类简单的再压缩循环,将熵 (Kj/kg-K) 相对于温度 (度 K) 作图。在下面的讨论中,在图 9 中所示的热力循环的阶段都被映射到可以实现与之相关联的阶段的电功率产生系统 309 的相应的部件。做出字母标号 (在图 8 和图 9 中所示) 以将在图 9 所示的循环的阶段与图 8 所示的相关的部件相关联。

[0097] 图 9 绘出了沿 x 轴的熵 (以 Kj/kg-K 为单位) 与沿 y 轴的温度 (以度 K 为单位) 的关系曲线 400。应当理解,仅通过示意的方式而非限制性的方式给出熵和温度的值。应当进一步理解,根据特定用途的需要,熵和温度的值会受可以被或可以不被提供给模块化功率基础设施网络中的其它模块 (图 3 和 4 中未示出) 的超临界流体 16 的量的影响。

[0098] 现在参考图 8 和 9,在点 A 与 B 之间,以及在点 A' 与 B' 之间,在接近基本上等熵过程中超临界流体 16 的温度被升高,因为在压缩机 314A 和压缩机 314B 中的超临界流体 16 的压力分别被升高 (近似于公知的关系 $PV = nRT$)。在点 B 和 B' 之间,在复热器 318A 的入口 342A 和复热器 318A 的出口 344A 之间,超临界流体 16 的温度和焓被升高。在点 B' 与 C 之间,在复热器 318B 的入口 342B 和复热器 318B 的出口 344B 之间,超临界流体 16 的温度和焓被升高。在点 C 和 D 之间,在出口通路 20 和入口通路 24 之间,超临界流体 16 的温度和焓通过热源 (例如热输入模块 22) 被升高。在点 D 与 E 之间,因为超临界流体 16 膨胀并且在膨胀器 26 中其压力相应降低,因此在接近基本上等熵过程中,超临界流体 16 的温度和焓被降低。在点 E 和 F' 之间,在复热器 318B 的入口 346B 和复热器 318B 的出口 348B 之间,超临界流体 16 的温度和焓被降低。在点 F' 与 F 之间,在复热器 318A 的入口 346A 和复热器 318A 的出口 348A 之间,超临界流体 16 的温度和焓被降低。在点 F 与 A 之间,超临界流体 16 的温度和焓通过冷却器 28 进一步被降低。

[0099] 还应当理解,如图 9 所示,在一些实施方式中,在图 9 所示的热力循环的所有阶段

期间,超临界流体 16 可以保持在超临界状态。然而,应当理解,在沿曲线 400 所示的过程期间的一个或多个点,可以存在并非超临界状态的状态。然而,为了简单起见,只参照超临界流体 16 而非参照具有不是超临界流体的属性的一个或多个属性的流体。

[0100] 此外,由于压缩机入口 334A 和 334B 的压力被降低(在非限制性实施方式中,从 8000 千帕至 5000 千帕)由 T-S 曲线所指示的总功率循环保持相同的形状,但将被转换为右侧(从点 A 到点 A1),从而使所有的部件的温度能保持非常接近其原来的(全功率)的温度。

再压缩恢复布雷顿循环

[0101] 现在参考图 10 和 11,在另一个实施方式中,说明性电功率产生系统 1009 适当地实现再压缩恢复布雷顿循环。应当理解,电功率产生系统 1009 和电功率产生系统 9(图 1)共享上面已经讨论的许多通用的部件。为简洁起见,将不再重复关于对电功率产生系统 1009 和电功率产生系统 9(图 1)是通用的部件的细节。相同的标号将用于指代对电功率产生系统 1009 和电功率产生系统 9(图 1)通用的部件。

[0102] 在说明性实施方式中,电功率产生系统 1009 适当地实现再压缩恢复布雷顿循环。鉴于概述的方式,压缩机 1014A 被构造成压缩超临界流体 16。复热器 1018A 被构造成加热来自压缩机 1014A 的压缩的超临界流体 16。压缩机 1014B 被构造成压缩从复热器 1018A 接收的超临界流体 16。复热器 1018B 被构造成加热来自压缩机 1014B 的压缩的超临界流体 16。出口通路 20 被构造成将加热的压缩的超临界流体 16 从复热器 1018B 提供到热源,热源如热输入模块 22。入口通路 24 被构造成提供来自热源(如热输入模块 22)的加热的压缩的超临界流体 16。膨胀器 26 被耦合以接收来自热源 22 的加热的压缩的超临界流体 16,并构造成将超临界流体 16 的焓的下降转换为机械能。电功率产生器 27 能操作地耦合到膨胀器 26。冷却器 28 被构造成冷却来自复热器 1018A 的膨胀的超临界流体 16 并提供冷却的超临界流体 16 到压缩机 1014A。在一些实施方式中,如果需要,至少一个超临界流体供应通路 30 可以被构造成供应来自超临界功率模块 1012 中的超临界流体 16,至少一个超临界流体返回通路 32 可以被构造成将超临界流体 16 返回到超临界功率模块 1012。

[0103] 应该理解的是,根据特定应用的需要,压缩机 1014A 和压缩机 1014B 可以与压缩机 14(图 1)相同,或基本相似。压缩机 1014A 具有入口 1034A 和出口 1036A,并且压缩机 1014B 具有入口 1034B 和出口 1036B。压缩机 1014A 和压缩机 1014B 以与上面就压缩机 14 所讨论的方式相同的方式适当地用轴 38 能操作地连接到膨胀器 26(图 1)。

[0104] 还应该理解的是,根据特定应用的需要,复热器 1018A 和复热器 1018B 可以与复热器 18(图 1)相同,或基本相似。复热器 1018A 具有在复热器 1018A 的热交换器的一侧上的入口 1042A 和出口 1044A,和在复热器 1018A 的热交换器的另一侧上的入口 1046A 和出口 1048A。复热器 1018B 具有在复热器 1018B 的热交换器的一侧上的入口 1042B 和出口 1044B,和在复热器 1018B 的热交换器的另一侧上的入口 1046B 和出口 1048B。

[0105] 复热器 1018A 的入口 1042A 与压缩机 1014A 的出口 1036A 以流体连通方式耦合。复热器 1018A 的出口 1044A 和压缩机 1014B 的入口 1034B 以流体连通方式耦合。压缩机 1014B 的出口 1036B 与复热器 1018B 的入口 1042B 以流体连通方式耦合。出口通路 20 与复热器 1018B 的出口 1044B 以流体连通方式耦合。膨胀器 26 的出口 50 与复热器 1018B 的入口 1046B 以流体连通方式耦合。复热器 1018B 的出口 1048B 与复热器 1018A 的入口 1046A

以流体连通方式耦合。

[0106] 复热器 1018A 的出口 1048A 与冷却器 28 的入口 52 以流体连通方式耦合。这样,压缩机 1014A 和压缩机 1014B 串联压缩超临界流体 16。复热器 1018A 加热离开压缩机 1014A 的超临界流体并冷却离开复热器 1018B 的出口 1048B 的膨胀的超临界流体。

[0107] 关于电功率产生系统 1009(包括部分负载控制系统 100)的其它细节与上述那些关于电功率产生系统 9(图 1)(包括部分负载控制系统 100)的细节是相同的,并且不需要为理解而重复。应当理解,根据特定应用的需要,类似于电功率产生系统 9(图 1),电功率产生系统 1009 可以包括一个以上的膨胀器 26 和一个以上的电功率产生器 27。

[0108] 现在,已经讨论了说明性电功率产生系统 1009 及其部件,将在下面参照图 9 讨论电功率产生系统 1009 的实施方式的操作。

[0109] 另外参照图 11,针对诸如由电功率产生系统 1009 所执行的循环之类的简单的压缩器恢复循环,将熵 (Kj/kg-K) 相对于温度 (度 K) 作图。在下面的讨论中,在图 11 中所示的热力循环的阶段都被映射到可以实现与之相关联的阶段的电功率产生系统 1009 的相应的部件。做出字母标号 (在图 10 和图 11 中所示) 以将在图 11 所示的循环的阶段与图 10 所示的相关的部件相关联。

[0110] 图 11 绘出了沿 x 轴的熵 (以 Kj/kg-K 为单位) 与沿 y 轴的温度 (以度 K 为单位) 的关系曲线 2000。应当理解,仅通过示意的方式而非限制性的方式给出熵和温度的值。应当进一步理解,根据特定用途的需要,熵和温度的值会受可以被或可以不被提供给模块化功率基础设施网络中的其它模块 (图 10 和 11 中未示出) 的超临界流体 16 的量的影响。

[0111] 现在参考图 10 和 11,在点 A 与 B 之间,在接近基本上等熵过程中超临界流体 16 的温度被升高,因为在压缩机 1014A 中的超临界流体 16 的压力被升高 (近似于公知的关系 $PV = nRT$)。在点 B 和 A' 之间,在复热器 1018A 的入口 1042A 和复热器 1018A 的出口 1044A 之间,超临界流体 16 的温度和焓被升高。在点 A' 和 B' 之间,在接近基本上等熵过程中,超临界流体 16 的温度被升高,因为在压缩机 1014B 中超临界流体 16 的压力被升高 (近似于公知的关系 $PV = nRT$)。在点 B' 与 C 之间,在复热器 1018B 的入口 1042B 和复热器 1018B 的出口 1044B 之间,超临界流体 16 的温度和焓被升高。在点 C 和 D 之间,在出口通路 20 和入口通路 24 之间,超临界流体 16 的温度和焓通过热源 (例如热输入模块 22) 被升高。在点 D 与 E 之间,因为超临界流体 16 膨胀并且在膨胀器 26 中其压力相应降低,因此在接近基本上等熵过程中超临界流体 16 的温度和焓被降低。在点 E 和 F' 之间,在复热器 1018B 的入口 1046B 和复热器 1018B 的出口 1048B 之间,超临界流体 16 的温度和焓被降低。在点 F' 与 F 之间,在复热器 1018A 的入口 1046A 和复热器 1018A 的出口 1048A 之间,超临界流体 16 的温度和焓被降低。在点 F 与 A 之间,超临界流体 16 的温度和焓通过冷却器 28 进一步被降低。

[0112] 还应当理解,如图 11 所示,在一些实施方式中,在图 11 所示的热力循环的所有阶段期间,超临界流体 16 可以保持在超临界状态。然而,应当理解,在沿曲线 2000 所示的过程期间的一个或多个点,可以存在并非超临界状态的状态。然而,为了简单起见,只参照超临界流体 16 而非参照具有不是超临界流体的属性的一个或多个属性的流体。

[0113] 如以上所讨论的,在各种实施方式中,复热器 1018A 将留在离开复热器 1018B 的膨胀 (较低压) 的超临界流体 16 中的热量传输到进入压缩机 1014B 的更高压力的超临界流

体 16。另外,复热器 1018B 将热量从膨胀的超临界流体 16 传输到离开压缩机 1014B 的超临界流体 16。因此,离开复热器 1018B 的膨胀的超临界流体 16 的温度被降低(相对于简单恢复)且进入复热器 1018B 的压缩的超临界流体 16 的温度被升高。相对于简单恢复,这些说明性实施方式可以有助于导致较低的平均散热温度和更大量的恢复热,这相比于简单恢复功率循环可以有助于提高平均热加成温度。。

[0114] 此外,由于压缩机入口 1034A 的压力被降低(在非限制性实施方式中,从 8000 千帕至 5000 千帕)由 T-S 曲线所指示的总功率循环保持相同的形状,但将被转换为右侧(从点 A 到点 A1),从而使所有的部件的温度能保持非常接近其原来的(全功率)的温度。

模块化功率基础设施网络的其它模块

[0115] 现在,已经讨论了可通过超临界功率模块的实施方式实现的说明性热力学循环,将讨论可以根据需要包括在模块化功率基础设施网络的实施方式中的另外的模块。应当理解,其它模块可以根据需要被包括在模块化功率基础设施网络的任何实施方式中,而不管超临界功率模块内实现的热力循环如何。下面描述的其它模块可以帮助根据需要配置模块化功率基础设施网络的不同的实施方式以执行各种功能。还应理解的是,通过包括如所期望的其它模块重新配置模块化功率基础设施网络的各种实施方式的能力可以有助于促进模块化功率基础设施网络的模块化。

[0116] 现在参考图 1、8、10 和 12,模块化功率基础设施网络的各种实施方式可包括一个或多个散热模块 600。在这样的实施方式中,散热模块 600 允许来自从超临界功率模块(无论在其中实现的热力循环如何)的实施方式供应的超临界流体 16 的热量传输到散热器(未示出),该散热器具有低于供应至散热模块 600 的超临界流体 16 的温度的整体温度。举非限制性示例而言,来自从超临界功率模块的实施方式供应的超临界流体 16 的热量到散热器的传输对于帮助提高超临界流体 16 的泵吸或压缩的效率会是合乎期望的。为此,来自从超临界功率模块的实施方式供应的超临界流体 16 的热量到散热器的传输降低了超临界流体 16 的焓,由此提高超临界流体 16 的密度,这可以有助于提高超临界流体 16 的泵吸或压缩的效率。

[0117] 散热模块 600 的实施方式包括至少一个散热热交换器 602。根据特定应用的需要,散热热交换器 602 可以是任何合适类型的热交换器。在一些实施方式中,简单地来自从超临界功率模块的实施方式提供的超临界流体 16 的热传输到散热器可能是期望的。在一些这样的情况下,散热器可以是具有低于超临界流体 16 的温度的整体温度的像大的水体(如湖泊,河流,海洋等)这样的贮存器,而散热热交换器 602 可以是任何可接受的热交换器,如管壳式热交换器、印刷电路热交换器、等等。在其它这样的情况下,散热器可以是环境空气,散热热交换器 602 可以是构造成提供用于蒸发冷却的任何可接受的热交换器(诸如,例如,构造成喷射液体到冷却盘管的热交换器)。在另一些这样的情况下,散热热交换器 602 可以是辐射器,在辐射器中散热器是吹过线圈的环境空气,超临界流体 16 流过该线圈。

[0118] 在一些其它实施方式中,散热器可以是流体的贮存器,其具有的整体温度低于超临界流体 16 的温度,为所期望的目的,向其中传输来自超临界流体 16 的热量并提高整体温度是合乎期望的。在这样的情况下,举非限制性实施例而言,所述超临界功率模块(无论在其中实现的热力循环如何)的实施方式可以是能够提供在其中另外未使用的热量以服务要求热输入的外部系统的,热输入例如但不限于区域供热,住宅供热,商业供热,工业加热,

结构加热,工艺加热,等等。

[0119] 每个来往于散热热交换器 602 的两侧的供应和返回管线可包括隔离阀 604。在一些实施方式中,如果需要,散热模块 600 和其它模块之间的连接件,如那些在超临界流体供应通路 30 和超临界流体返回通路 32 的端部的连接件,可以用“快速断开”型接头制成,从而有助于促进模块化功率基础设施网络的模块化。另外,如果需要,在一些实施方式中,来自散热热交换器 602 的超临界流体 16 可以根据需要被提供到用于加热的任何其它合适的模块(并最终返回到超临界流体返回通路 32),而不是被直接返回到超临界流体返回通路 32。

[0120] 现在参考图 1、8、10 和 13,模块化功率基础设施网络的各种实施方式可包括一个或多个处理模块 700。在这些实施方式中,处理模块 700 允许来自热源(未示出)供应的流体的热量传输到由超临界功率模块(无论在其中实现的热力循环如何)的实施方式所提供的超临界流体 16,从而冷却由热源供应的流体。

[0121] 处理模块 700 的实施方式包括至少一个膨胀装置 702(例如但不限于膨胀阀等等)和至少一个处理热交换器 704。根据特定应用的需要,处理热交换器 704 可以是任何合适类型的热交换器,如管壳式热交换器、印刷电路热交换器,等等。膨胀装置 702 使超临界流体 16 膨胀,从而降低压力并导致焓的下降(和所导致的温度的下降)。在处理热交换器 704 中,热从由热源供应的流体(以及具有整体温度高于已经通过膨胀装置 702 膨胀的超临界流体 16 的温度)传输到已经通过膨胀装置 702 膨胀的超临界流体 16。

[0122] 根据特定应用的需要,处理模块 700 可以用于提供来自任何适当的热源的流体的冷却,例如但不限于计算设备、HVAC 系统、工艺冷却、建筑和结构的冷却,等。

[0123] 每个来往于处理热交换器 704 的两侧的供应和返回管线可包括隔离阀 706。在一些实施方式中,如果需要,处理模块 700 和其它模块之间的连接件,如那些在超临界流体供应通路 30 和超临界流体返回通路 32 的端部的连接件,可以用“快速断开”型接头制成,从而促进模块化功率基础设施网络的模块化。另外,如果需要,在一些实施方式中,来自处理热交换器 704 的超临界流体 16 可以根据需要被提供到用于冷却的任何其它合适的模块(并最终返回到超临界流体返回通路 32),而不是被直接返回到超临界流体返回通路 32。

[0124] 现在参考图 1、8、10 和 13,模块化功率基础设施网络的各种实施方式可以包括一个或多个做功模块 800。在这样的实施方式中,根据特定应用的需要,做功模块 800 包括至少一个热机械做功装置 802,转换从超临界功率模块(无论在其中实现的热力循环如何)的实施方式提供的超临界流体 16 的能量成机械做功或电气做功。

[0125] 在一些实施方式中并且通过非限制性示例的方式给出,做功模块 800 提供旋转机械能形式的机械做功可能是合乎期望的。在这样的实施方式中,热机械做功装置 802 可以包括膨胀器(例如涡轮机),其使超临界流体 16 膨胀,并将在超临界流体 16 的焓的下降转换为旋转机械能。以举例的方式而不是限制的方式给出,合适的涡轮机可以包括涡轮膨胀器、膨胀涡轮机、离心涡轮机、轴流式涡轮机和/或类似物。以非限制性示例的方式给出,在这种情况下,热机械做功装置 802 可以旋转地驱动利用合适的轴或任何合适的齿轮装置耦合到所述热机械做功装置 802(在此情况下,往复式发动机)的钻头以根据需要应用于诸如但不限于采矿、建筑、化石燃料勘探、化石燃料提取、工业或商业应用等等。通过另一非限制性示例的方式给出,根据工业或商业应用的需要,热机械做功装置 802 可旋转地驱动端部执行器,诸如缓冲器等。不论由热机械做功装置 802 提供的转动机械能是否用于旋转地驱

动如上所讨论的与其连接的任何合适的机械做功装置,在一些实施方式中,热机械做功装置 802 都可根据需要旋转地驱动一个或多个合适的电功率发电机,从而产生电能。

[0126] 在一些其它实施方式中,并且通过非限制性示例的方式给出,做功模块 800 提供以轴向机械能形式的机械做功可能是合乎期望的。在这样的实施方式中,热机械做功装置 802 可以包括膨胀器(如往复式发动机),其使超临界流体 16 膨胀,并将超临界流体 16 的焓的下降转换为轴向机械能。以非限制性示例的方式给出,在这种情况下,热机械做功装置 802 可以轴向地驱动被适当地耦合到所述热机械做功装置 802(在此情况下,往复式发动机)的锤或打桩机刀头,以根据需要,用于诸如但不限于采矿、建筑、化石燃料勘探、化石燃料提取、工业或商业应用等等应用。不论由热机械做功装置 802 提供的轴向机械能是否用于轴向驱动如上所讨论的与其连接的任何合适的机械做功装置,在一些实施方式中,热机械做功装置 802 都可以根据需要轴向地驱动一个或多个合适的电功率发电机,从而产生电能。

[0127] 在一些实施方式中,做功模块 800 提供旋转机械能和轴向机械能的形式机械做功可能是合乎期望的。在这样的实施方式中,至少一个热机械做功装置 802 可以包括诸如如上面所讨论的涡轮机之类的膨胀器,其使超临界流体 16 膨胀并将超临界流体 16 的焓的下降转换为旋转机械能,以及如往复式发动机之类的膨胀器,其使超临界流体 16 膨胀并将超临界流体 16 的焓的下降转换为轴向机械能。以举例的方式而不是限制性的方式给出,这样的说明性热机械做功装置 802(或热机械做功装置 802)可用于轴向和转动地驱动结合的锤/钻。不论由热机械做功装置 802 提供的轴向和转动的机械能是否用于轴向驱动如上所讨论的与其连接的任何合适的机械做功装置,在一些实施方式中,热机械做功装置 802 都可以根据需要轴向地驱动一个或多个合适的电功率发电机和/或可旋转地驱动一个或多个合适的电功率发电机,从而产生电能。

[0128] 不管做功模块 800 是否提供任何合适的机械做功,在各种实施方式中,一个或多个热机械做功装置 802 都可以包括一个或多个热电发电机。在这种情况下,热电发电机利用称为“塞贝克效应”(或“热电效应”)的现象将来自超临界流体 16 的热能直接转换成电能。

[0129] 每个来往于热机械做功装置 802 的供应和返回管线可以包括隔离阀 804。在一些实施方式中,如果需要,做功模块 800 和其它模块之间的连接件,如那些在超临界流体供应通路 30 和超临界流体返回通路 32 的端部的连接件,可以用“快速断开”型接头制成,从而有助于促进模块化功率基础设施网络的模块化。另外,如果需要,在一些实施方式中,来自热机械做功设备 802 的超临界流体 16 可以根据需要被提供到用于加热、冷却或转换以做功的任何其它合适的模块(并最终返回到超临界流体返回通路 32),而不是被直接返回到超临界流体返回通路 32。

[0130] 在模块化功率基础设施网络的各种实施方式中,各种模块可根据特定应用的需要相结合。应当理解,可以不考虑由超临界功率模块实现的热力循环进行这样的组合。

[0131] 为此目的,并且现在参照图 15,在一些实施方式中,说明性的模块化功率基础设施网络 10、130、1010 可包括至少一个超临界功率模块 12、312、1012,经由出口通路 20 和入口通路 24 与至少一个超临界功率模块 12、312 以流体连通方式耦合的至少一个热输入模块 22,以及经由超临界流体供应通路 30 和超临界流体返回通路 32 与至少一个超临界功率模

块 12312、1012 以流体连通方式耦合的至少一个散热模块 600。根据特定应用的需要,这样的实施方式可以提供组合的加热和功率 (“CHP”)。

[0132] 现在参考图 16,在一些实施方式中,说明性的模块化功率基础设施网络 10、130、1010 可包括至少一个超临界功率模块 12、312、1012,经由出口通路 20 和入口通路 24 与至少一个超临界功率模块 12 以流体连通方式耦合的至少一个热输入模块 22,以及经由超临界流体供应通路 30 和超临界流体返回通路 32 与至少一个超临界功率模块 12、312、1012 以流体连通方式耦合的至少一个处理模块 700。根据特定应用的需要,这样的实施方式可以提供组合的冷却和功率 (“CCP”)。

[0133] 现在参考图 17,在一些实施方式中,说明性的模块化功率基础设施网络 10、130、1010 可包括至少一个超临界功率模块 12、312、1012,经由出口通路 20 和入口通路 24 与至少一个超临界功率模块 12、312、1012 以流体连通方式耦合的至少一个热输入模块 22,以及经由超临界流体供应通路 30 和超临界流体返回通路 32 与至少一个超临界功率模块 12、312、1012 以流体连通方式耦合的至少一个做功模块 800。

[0134] 现在参考图 18,在一些实施方式中,说明性的模块化功率基础设施网络 10、130、1010 可包括至少一个超临界功率模块 12、312、1012,经由出口通路 20 和入口通路 24 与至少一个超临界功率模块 12、312、1012 以流体连通方式耦合的至少一个热输入模块 22,经由超临界流体供应通路 30 和超临界流体返回通路 32 与至少一个超临界功率模块 12、312、1012 以流体连通方式耦合的至少一个散热模块 600,以及经由超临界流体供应通路 30 和超临界流体返回通路 32 与至少一个超临界功率模块 12、312、1012 以流体连通方式耦合的至少一个做功模块 800。根据特定应用的需要,这样的实施方式可以提供 CHP。

[0135] 现在参考图 19,在一些实施方式中,说明性的模块化功率基础设施网络 10、130、1010 可包括至少一个超临界功率模块 12、312、1012,经由出口通路 20 和入口通路 24 与至少一个超临界功率模块 12、312、1012 以流体连通方式耦合的至少一个热输入模块 22,经由超临界流体供应通路 30 和超临界流体返回通路 32 与至少一个超临界功率模块 12、312、1012 以流体连通方式耦合的至少一个处理模块 700,以及经由超临界流体供应通路 30 和超临界流体返回通路 32 与至少一个超临界功率模块 12、312、1012 以流体连通方式耦合的至少一个做功模块 800。根据特定应用的需要,这样的实施方式可以提供 CCP。

[0136] 现在参考图 20,在一些实施方式中,说明性的模块化功率基础设施网络 10、130、1010 可包括至少一个超临界功率模块 12、312、1012,经由出口通路 20 和入口通路 24 与至少一个超临界功率模块 12、312、1012 以流体连通方式耦合的至少一个热输入模块 22,经由超临界流体供应通路 30 和超临界流体返回通路 32 与至少一个超临界功率模块 12、312、1012 以流体连通方式耦合的至少一个散热模块 600,经由超临界流体供应通路 30 和超临界流体返回通路 32 与至少一个超临界功率模块 12、312、1012 以流体连通方式耦合的至少一个处理模块 700。根据特定应用的需要,这样的实施方式可以提供结合的加热、冷却和功率 (“CHCP”)。

[0137] 现在参考图 21,在一些实施方式中,说明性的模块化功率基础设施网络 10、130、1010 可包括至少一个超临界功率模块 12、312、1012,经由出口通路 20 和入口通路 24 与至少一个超临界功率模块 12、312、1012 以流体连通方式耦合的至少一个热输入模块 22,经由超临界流体供应通路 30 和超临界流体返回通路 32 与至少一个超临界功率模块 12、312、

1012 以流体连通方式耦合的至少一个散热模块 600,以及经由超临界流体供应通路 30 和超临界流体返回通路 32 与至少一个超临界功率模块 12、312、1012 以流体连通方式耦合的至少一个处理模块 700,以及经由超临界流体供应通路 30 和超临界流体返回通路 32 与至少一个超临界功率模块 12、312、1012 以流体连通方式耦合的至少一个做功模块 800。根据特定应用的需要,这样的实施方式可以提供 CHCP。

[0138] 现在参考图 22-24,应当理解,模块化功率基础设施网络 10、130、1010 的实施方式可以提供分布式电功率产生和 / 或分布式电功率网基础设施(无论任何的超临界功率模块 10、130、1010 中实施的热力循环如何)(以下统称为“分布式电功率基础设施网络”)。说明性的分布式电功率基础设施网络可以包括至少一个热输入模块 22 和两个或更多个超临界功率模块 10、130、1010(无论在其中实现的热力学循环如何),每个超临界功率模块 10、130、1010 包括至少一个电功率产生器 27(在图 22-24 中未示出)。分布式电功率基础设施网络的实施方式可以产生和分配针对应用的电功率,所述应用包括但不限于电网规模的电力公共设施、当地公共设施、微电网、计算设施和设备、电机、矿山、军事基地、远程电力、交通运输设备、电池、飞轮等。

[0139] 应当理解,在分布式电功率基础设施网络的各种实施方式中,超临界流体可以根据需要被加热和分配。作为一个非限制性的例子,并如图 22 所示,每个热输入模块 22 可经由出口通路 20 和入口通路 24 与相关的超临界功率模块 10、130、1010 以流体连通方式直接耦合。作为另一个非限制性的例子,并如图 23 所述,一个热输入模块 22 可经由出口通路 20 和入口通路 24 与一个以上的超临界功率模块 10、130、1010 以流体连通方式直接耦合。作为另一个非限制性的例子并如图 24 所示,一个热输入模块 22 可经由出口通路 20 和入口通路 24 与一个超临界功率模块 10、130、1010 以流体连通方式直接耦合,这继而可以经由超临界流体供应通路 30 和超临界流体返回通路 32 与另一个超临界功率模块 10、130、1010 以流体连通方式直接耦合。还应当认识到,尽管在图 22-24 中未示出,但根据特定应用的需要,分布式电功率基础设施网络的实施方式可包括任何一个或多个散热模块 600、处理模块 700 和 / 或做功模块 800。

说明性方法

[0140] 现在,已经讨论了电功率产生系统、模块化功率基础设施网络和分布式电功率基础设施网络的说明性实施方式,说明性的方法将通过非限制性示例的方式进行讨论。所述方法的实施方式可以结合上面公开的电功率产生系统 9、309 和 1009 的实施方式使用。上面公开的电功率产生系统 9、309 和 1009 的细节已经如上所述,通过引用被并入,并且为了说明性方法的实施方式的理解不需要被重复。

[0141] 下面是一系列描绘代表性实施方式的流程图。为了易于理解,流程图被组织为使得初始的流程图通过示例性实施方案来呈现实施方案,此后以下的流程图将其它(例如,替代)实施方案和 / 或初始流程图的扩展呈现为建立在一个或多个较早呈现的流程图上的子组件的操作或额外的组件操作。本领域技术人员将理解,本文所用演示的形式(例如,用呈现示例性实施方案的流程图的演示开始,此后提供后续的流程图的补充和 / 或进一步的细节)一般使得各种处理实施方案能被快速和容易理解。此外,本领域的技术人员将进一步理解,本文所用的演示的形式也使其本身非常适用于模块化和 / 或面向对象的程序设计范例。

[0142] 现在参考图 25A, 在一个实施方式中, 提供了一种用于控制电功率产生器的部分负载的说明性方法 2500。在框 2502, 方法 2500 开始。在框 2504, 用具有入口和出口的至少第一压缩机压缩超临界流体, 所述第一压缩机具有第一入口压力。在框 2506, 用膨胀器使超临界流体膨胀并将超临界流体的焓的下降转换为机械能, 所述膨胀器具有耦合以接收压缩的超临界流体的入口并具有出口。在框 2508, 用耦合到膨胀器的电功率产生器以第一电功率输出电平产生电。在框 2510, 使压缩机入口压力与电功率产生器的要求的第二电功率输出电平相关联。在框 2512, 响应于压缩机的入口压力与电功率产生器的要求的第二电功率输出电平之间建立的关联, 压缩机入口压力被控制成第二压缩机入口压力。在框 2514, 响应于压缩机入口压力被控制成第二压缩机入口压力, 以第二电功率输出电平产生电。在框 2514, 方法 2500 结束。

[0143] 另外参照图 25B, 在一些实施方式中, 在框 2510, 使压缩机入口压力与电功率产生器的要求的第二电功率输出电平相关联可以包括在框 2518 访问具有包括与电功率产生器的电功率输出相关联的压缩机入口压力的条目的查找表。

[0144] 参照图 25C, 在一些实施方式中, 在框 2510, 使压缩机入口压力与电功率产生器的要求的第二电功率输出电平相关联可以包括对在框 2520 输入压缩机入口压力与电功率产生器的要求的电功率输出的关系曲线的拟合 (例如, 曲线拟合)。

[0145] 参照图 25D, 在一些实施方式中, 在框 2512, 响应于压缩机入口压力与电功率产生器的要求的第二电功率输出电平之间的关联性, 压缩机入口压力被控制成第二压缩机入口压力可以包括在框 2522 响应于将压缩机入口压力与电功率产生器的要求的第二电功率输出电平相关联, 将贮存器与在所述压缩机出口与所述膨胀器入口之间和在所述膨胀器出口与所述压缩机入口之间流体连通的超临界流体能操作地耦合。

[0146] 参照图 25E, 在一些实施方式中, 在框 2512, 响应于压缩机入口压力与电功率产生器的要求的第二电功率输出电平之间的关联性, 压缩机入口压力被控制成第二压缩机入口压力可以进一步包括在框 2524, 响应于将压缩机入口压力与电功率产生器的要求的第二电功率输出电平相关联执行从下列操作中选择至少一种操作: 将超临界流体从所述压缩机出口和所述膨胀器入口之间的管部件输送到所述贮存器以及将超临界流体从所述贮存器输送到所述膨胀器出口和所述压缩机入口之间的管部件。

[0147] 参考图 25F, 在一些实施方式中, 在框 2526, 在贮存器中的超临界流体的温度可被改变。

[0148] 下面同时提交的美国申请通过引用并入本文: 名称为“MODULAR POWER INFRASTRUCTURE NETWORK, AND ASSOCIATED SYSTEMS AND METHODS”的美国专利申请号 13/843, 033 (代理人案号 No. 87255. 8001US1) 和名称为“THERMODYNAMIC CYCLE WITH COMPRESSOR RECUPERATION, AND ASSOCIATED SYSTEMS AND METHODS”的美国专利申请号 13/843, 517 (代理人案号 87255. 8003US)。

[0149] 在本说明书中引用的和 / 或在任何申请数据表中列出的所有上述美国专利、美国专利申请公开、美国专利申请、外国专利、外国专利申请和非专利公开, 在此通过参考引入本文, 只要与本发明没有不一致。

[0150] 对于本文基本上任何复数和 / 或单数术语的使用, 本领域技术人员可以从复数转换到单数和 / 或从单数转换到复数, 只要适合于上下文和 / 或应用。为清楚起见, 未清楚阐

述各种单数 / 复数变换。

[0151] 此处所描述的主题有时表明包含在不同的其它部件中或与不同的其它部件连接的不同的部件。但是应当理解,这样描绘的架构仅仅是示例性的,并且事实上实现相同的功能的许多其它体系结构可以被实现。在概念意义上,以实现相同的功能的部件的任何合适的布置被有效地“关联”,使得实现期望的功能。因此,这里组合以实现特定功能的任何两个部件可以被看作是彼此“相关联”,使得实现期望的功能,而不管架构或中间部件。同样,如此关联的任何两个部件也可以被视为彼此“能操作地连接”,或彼此“能操作地耦合”,以实现期望的功能,并且能够被如此关联的任何两个部件也可以被视为彼此“能操作地耦接”,以实现期望的功能。能操作地耦接的具体实例包括但不限于物理上可配对和 / 或物理上相互作用的部件,和 / 或无线地可相互作用的,和 / 或无线地相互作用的部件,和 / 或逻辑上相互作用和 / 或逻辑上可相互作用的部件。

[0152] 在一些情况下,在本文中一个或多个部件可以称为“配置成”、“由... 配置”、“可配置为”、“能操作 / 操作为”、“适于 / 可适于”、“能够”、“可符合 / 符合”等。本领域技术人员会认识到,这样的术语(例如“配置成”)一般可以包括活动状态的部件和 / 或不活动状态的部件和 / 或待机状态的部件,除非上下文另有要求。

[0153] 尽管已经示出和描述了本文所描述的本主题的特定方面,但显而易见的是,在不脱离本文所描述的主题和其更宽的方面的条件下,本领域技术人员基于本文的教导可以做出变化和修改,因此,所附的权利要求在其范围内涵盖在本文中所描述的主题的真实精神和范围内的所有这些变化和修改。本领域技术人员将理解,通常地,本文中使用的术语并且特别是在所附的权利要求(例如,所附权利要求书的主体)中使用的术语通常旨在作为“开放式”术语(例如,术语“包括”应被解释为“包括但不限于”,术语“具有”应被解释为“至少具有”,术语“包含”应解释为“包含但不限于”,等等)。本领域技术人员还将理解,如果有意引入权利要求陈述的特定数量,则这样的意图将在权利要求被明确地陈述,并且在不存在这样的陈述的情况下不存在这样的意图。例如,作为对理解的帮助,下面的所附权利要求可包含引导性短语“至少一个”和“一个或多个”的用法,以引入权利要求陈述。然而,使用这样的短语不应被理解为意味着,通过不定冠词“一”或“一个”引入的权利要求陈述限定含有这样引入的权利要求陈述的任何特定权利要求为仅包含一个这种陈述的权利要求,即使当相同的权利要求包括引导短语“一个或多个”或“至少一个”和不定冠词例如“一”或“一个”时(例如,“一”和 / 或“一个”通常应被解释为是指“至少一个”或“一个或多个”)也如此;这同样适用于使用用于引入权利要求陈述的定冠词。此外,即使所引入的权利要求陈述的特定数量被明确记载,本领域的技术人员将认识到,这样的陈述应通常被解释为意指至少所列举的数量(例如,没有其它修饰语的无修饰的陈述“两个陈述”通常意指至少两个陈述或两个或更多个陈述)。此外,在类似于“A、B 和 C 等中的至少一个”的惯用语被使用的情况下,通常这样的结构在使本领域技术人员将理解该惯用语(例如,“具有 A、B 和 C 中的至少一个的系统”将包括但不局限于具有单独的 A,单独的 B,单独的 C, A 和 B 一起, A 和 C 一起, B 和 C 一起,和 / 或 A, B 和 C 一起等的系统)的意义上使用。在类似于“A、B 或 C 等中的至少一个”的惯用语被使用的情况下,通常这样的结构在使本领域技术人员将理解该惯用语(如,“具有 A、B 或 C 中的至少一个”将包括但不局限于具有单独的 A,单独的 B,单独的 C, A 和 B 一起, A 和 C 一起, B 和 C 一起,和 / 或 A、B 和 C 一起等的系统)的意义上

使用。本领域技术人员还将理解,无论在说明书、权利要求书或附图中的通常表示两个或多个可选术语的转折词和 / 或短语应该被理解为设想包括术语中的一个,术语中两者择一或术语两者的可能性,除非上下文另有规定。例如,短语“A 或 B”将通常被理解为包括“A”或“B”或“A 和 B”的可能性。

[0154] 对于所附权利要求书,本领域的技术人员将理解本文列举的操作通常可以任何适当的顺序来执行。此外,虽然在序列中呈现各种操作流程,但是应当理解,各种操作可以与那些示出的顺序不同的顺序来执行,或可同时执行。这种替代的顺序的例子可包括重叠的、交错的、中断的、重新排序的、递增的、预备的、补充的、同时的、反转的或其它变化的顺序,除非上下文另外指示。此外,术语如“响应于”、“涉及到”或其它过去时态的形容词通常不意图排除这样的变化,除非上下文另有规定。

[0155] 本领域的技术人员将理解,前面的具体的示例性方法和 / 或装置和 / 或技术都代表在本文其它地方教导的更一般性的方法和 / 或装置和 / 或技术,如在这里提交的权利要求中的和 / 或在本发明的其它地方的方法和 / 或装置和 / 或技术。

[0156] 虽然各种方面和实施方式已在此公开,但对那些本领域技术人员而言其它方面和实施方式将是显而易见的。本文所公开的各个方面和实施方式是为了说明的目的,并且不旨在进行限制,真正的范围和精神由以下的权利要求表明。

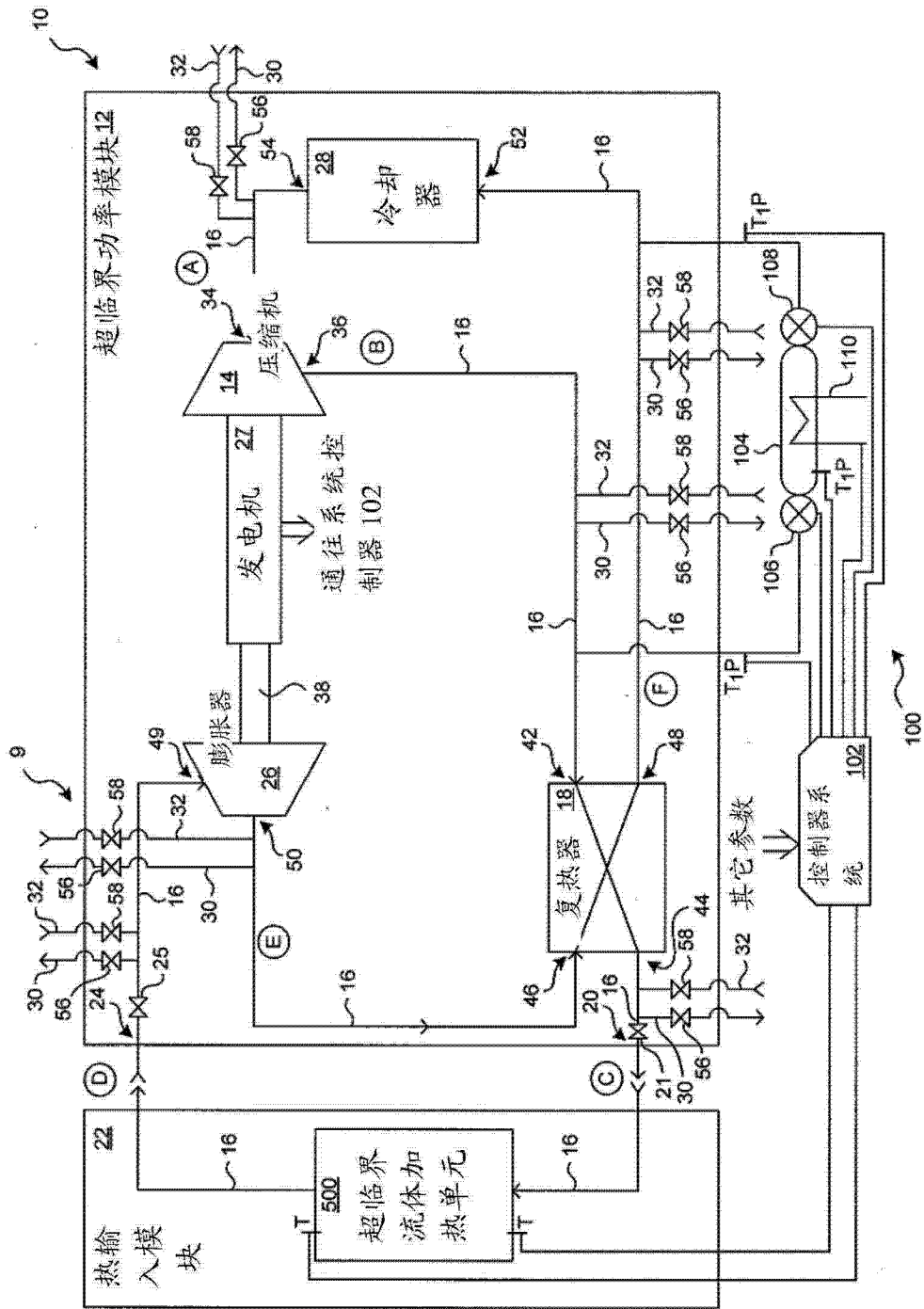


图 1

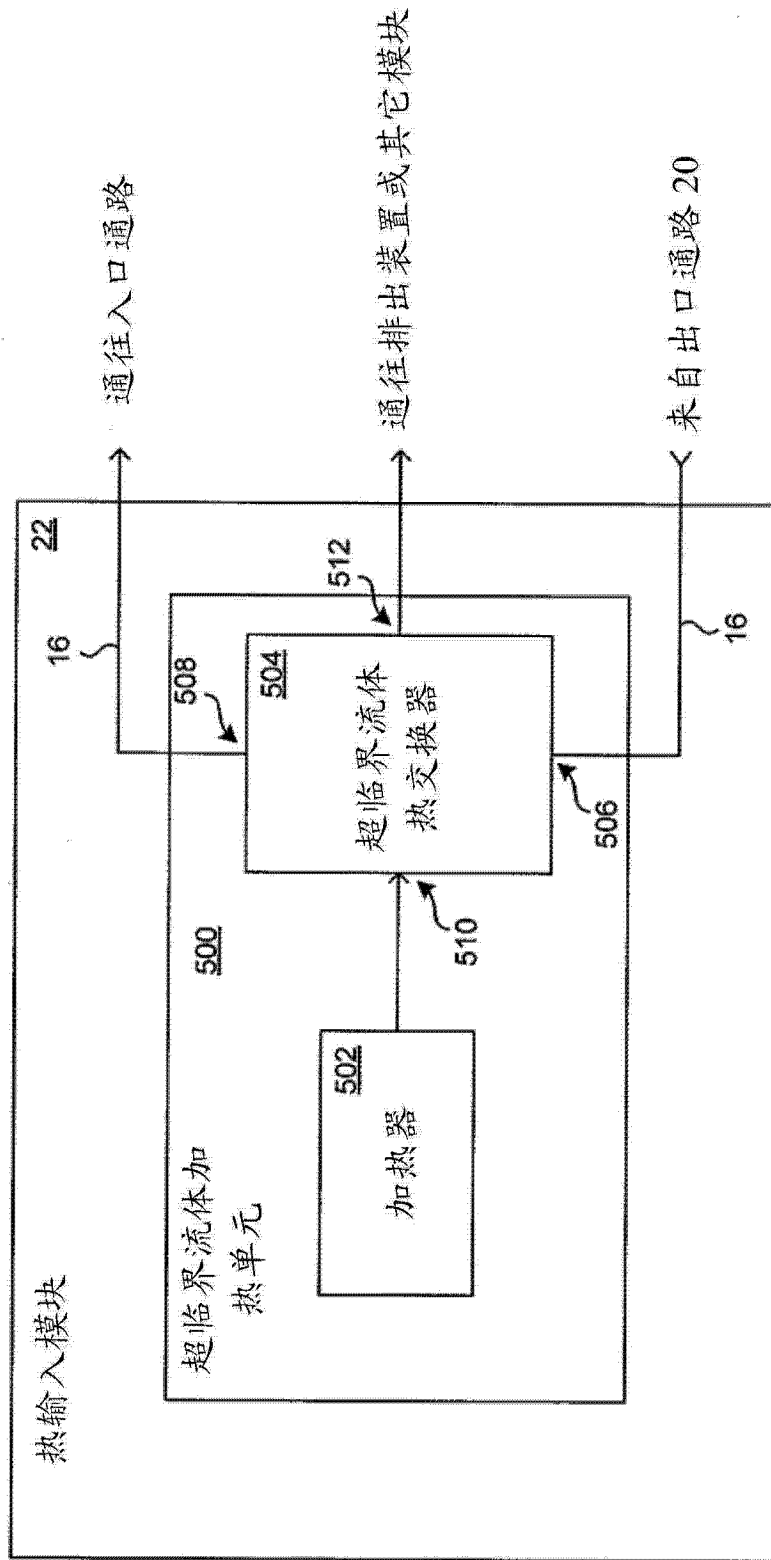


图 2

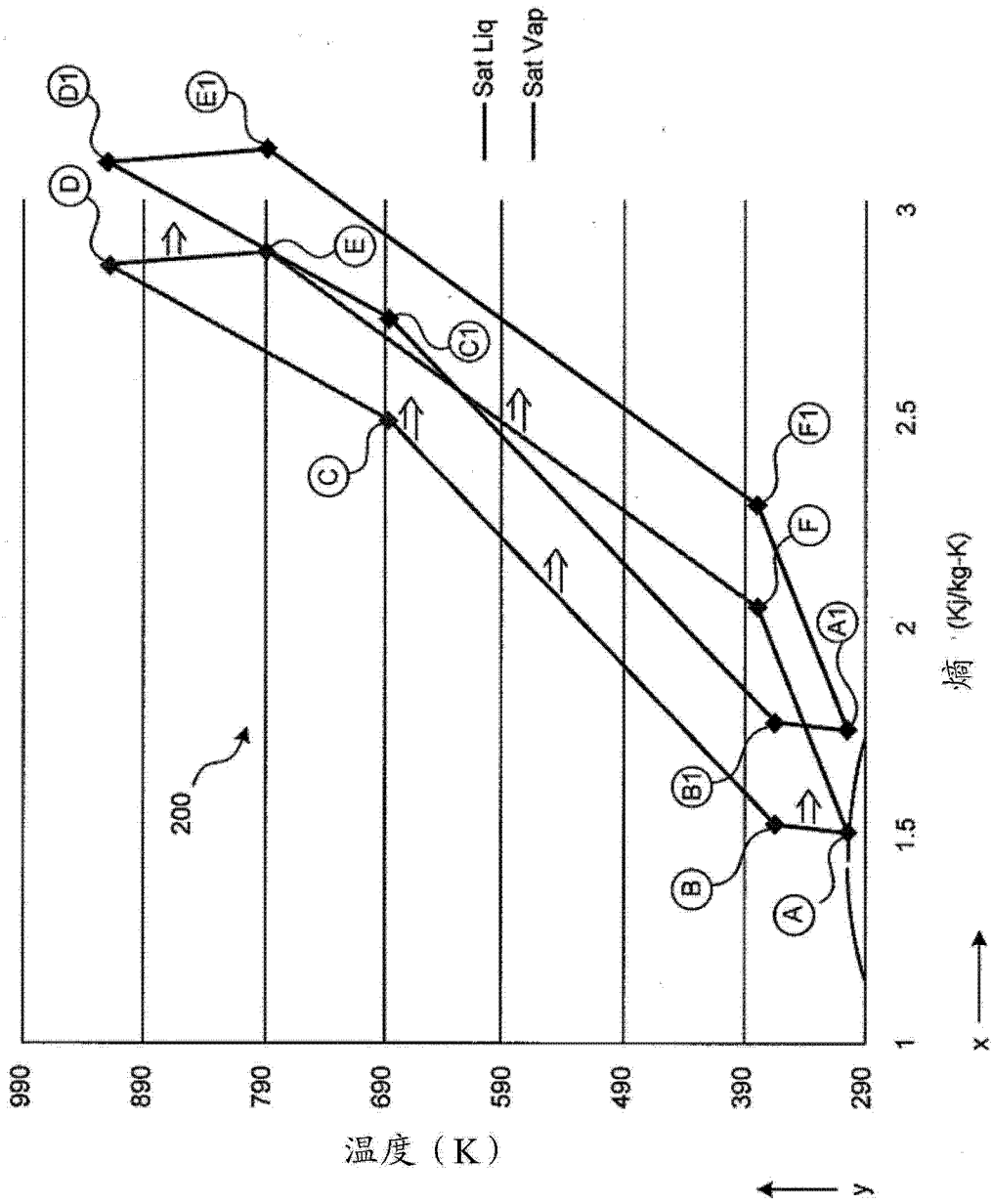


图 3

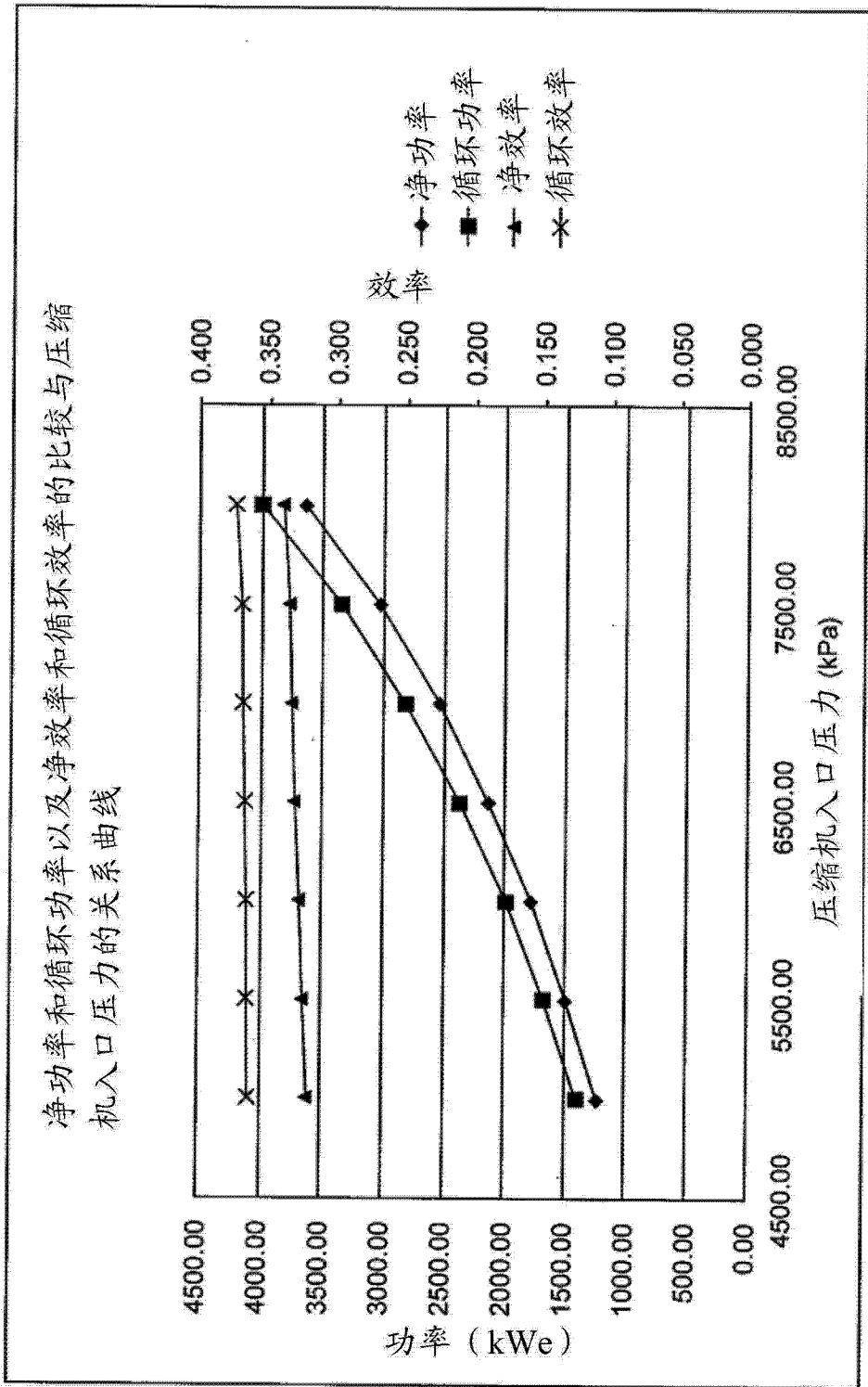


图 4

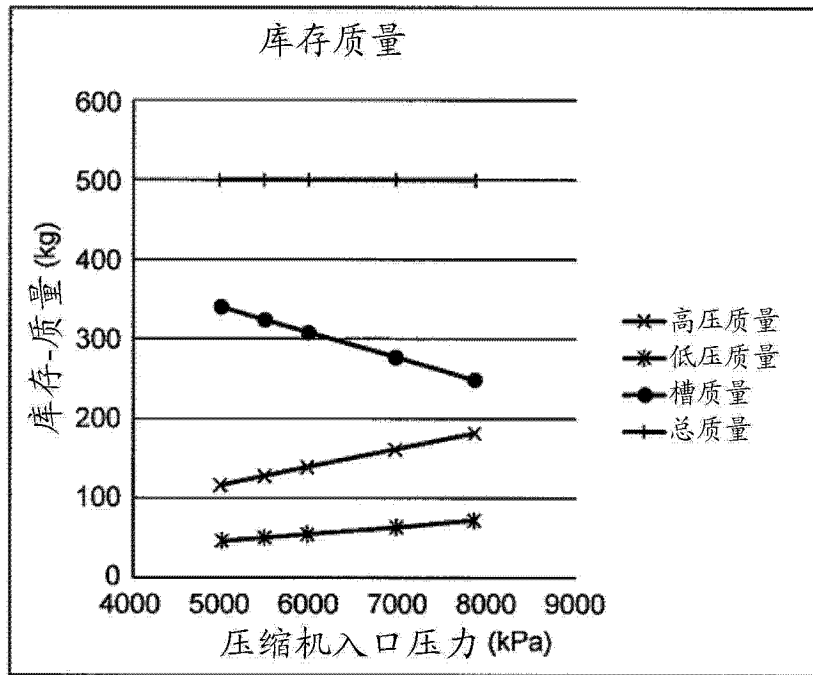


图 5

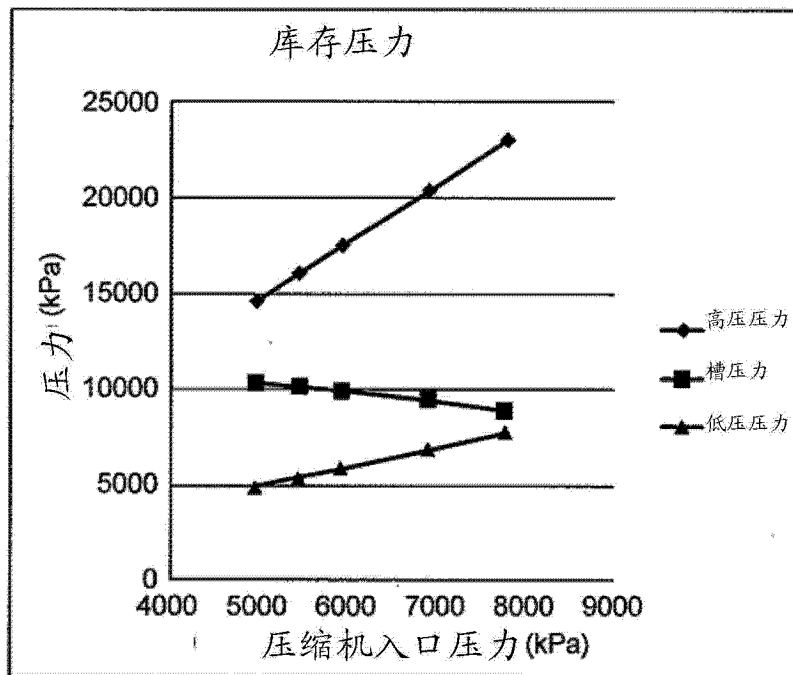


图 6

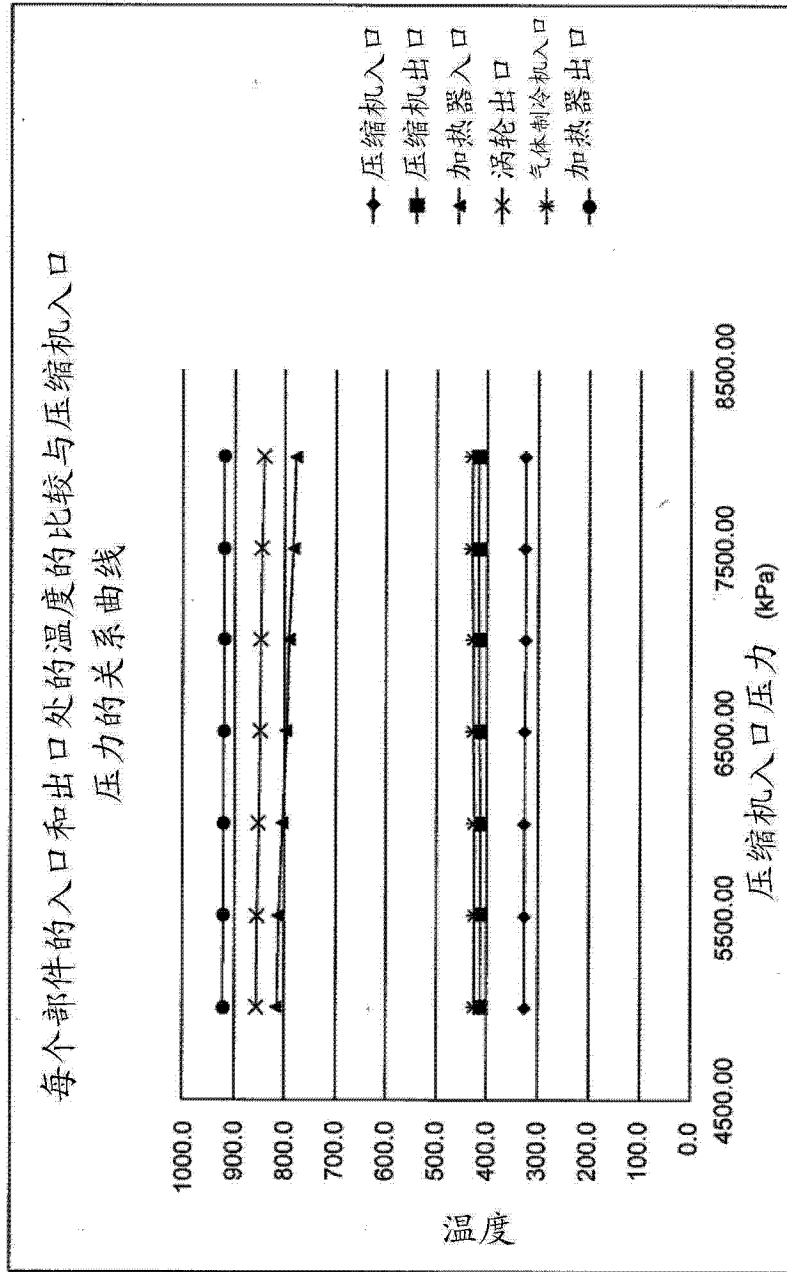


图 7

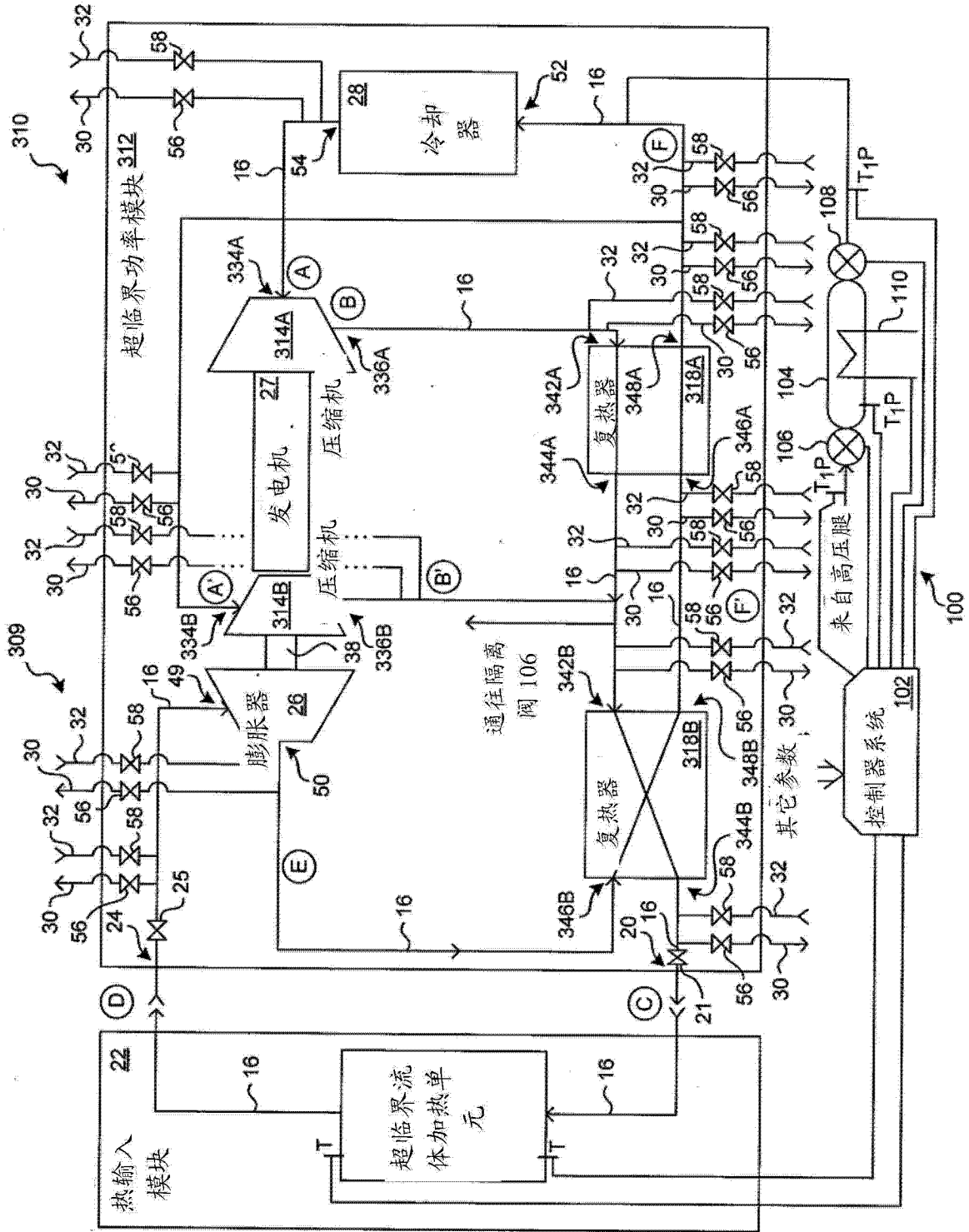


图 8

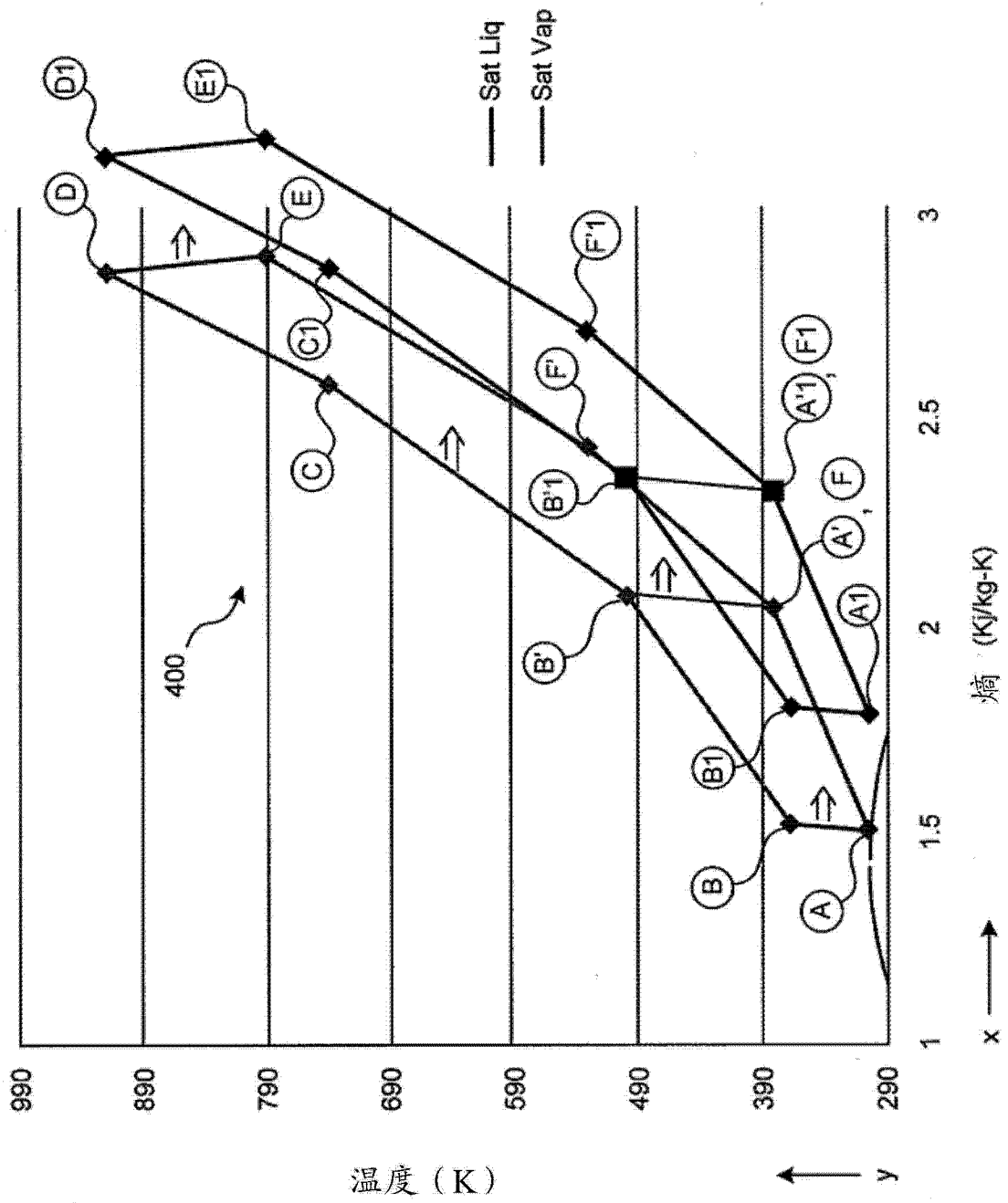


图 9

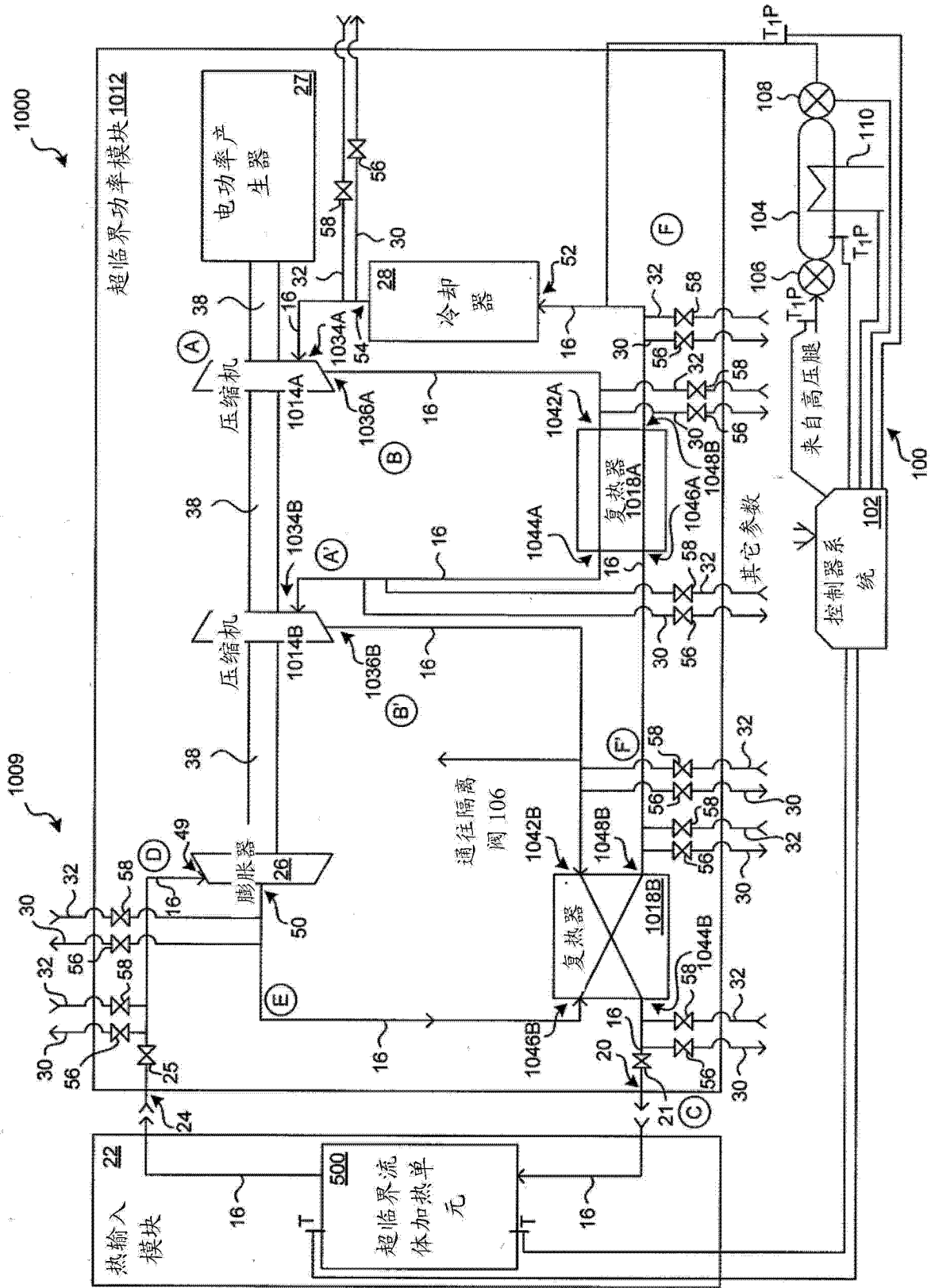


图 10

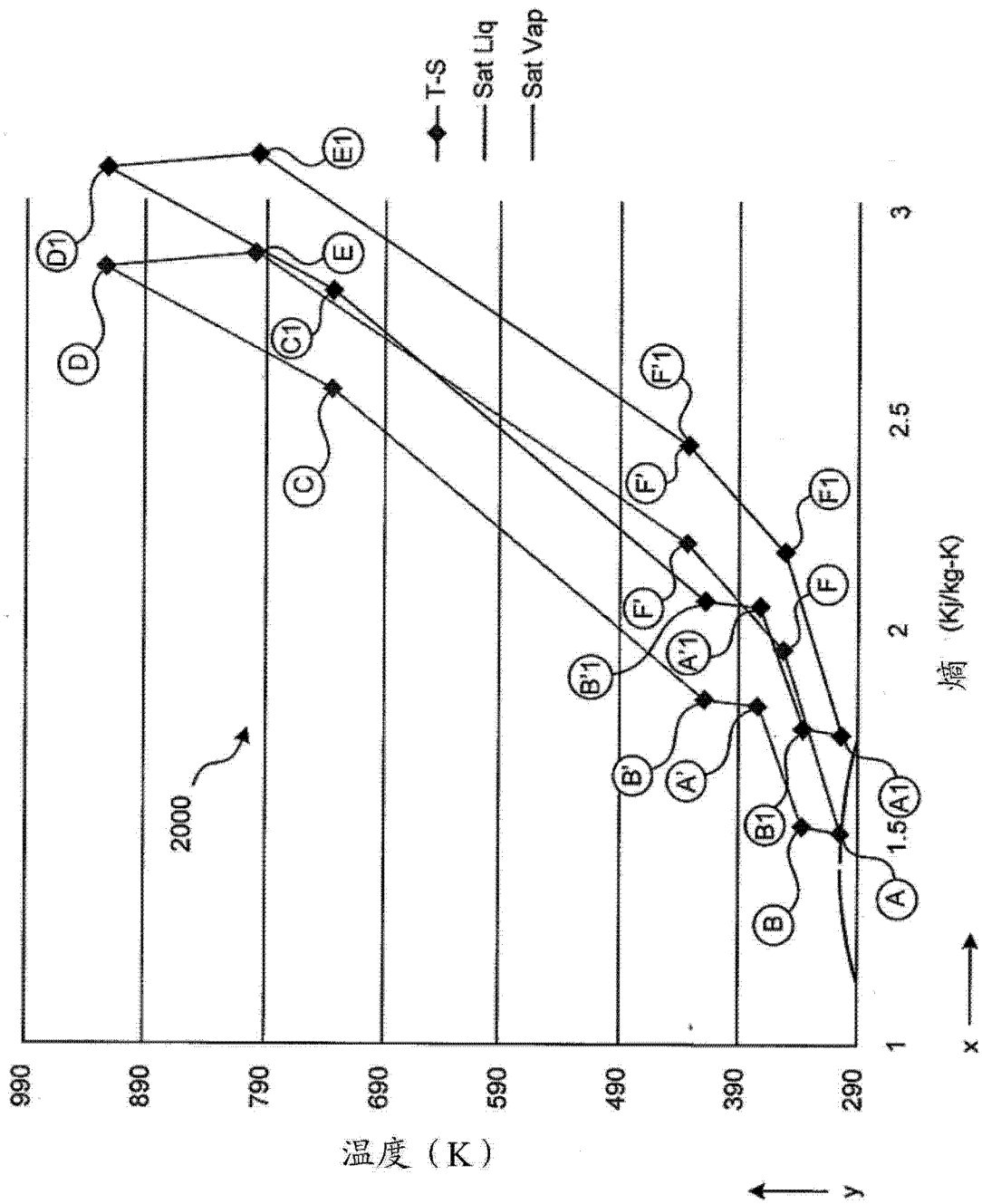


图 11

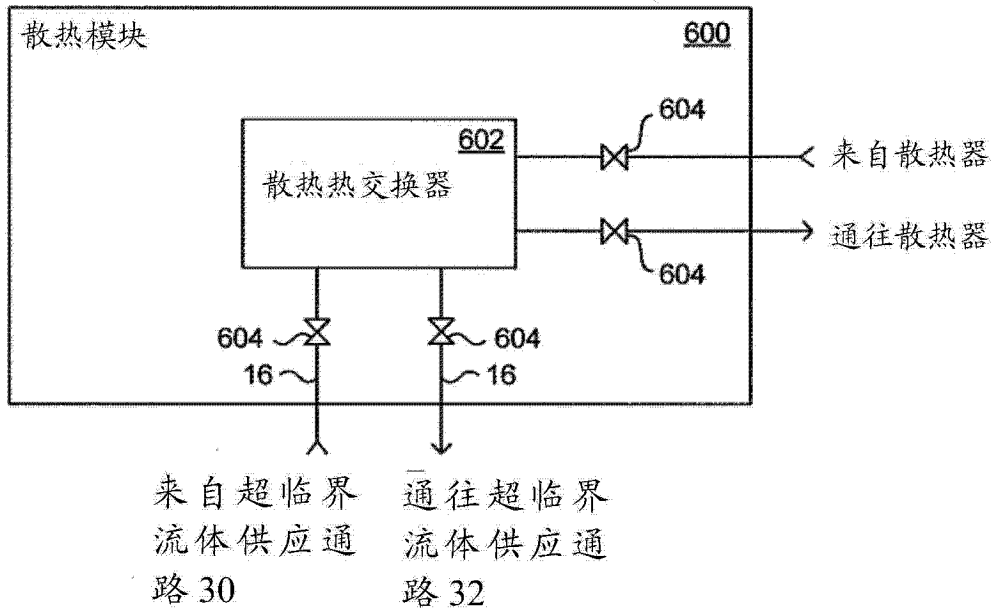


图 12

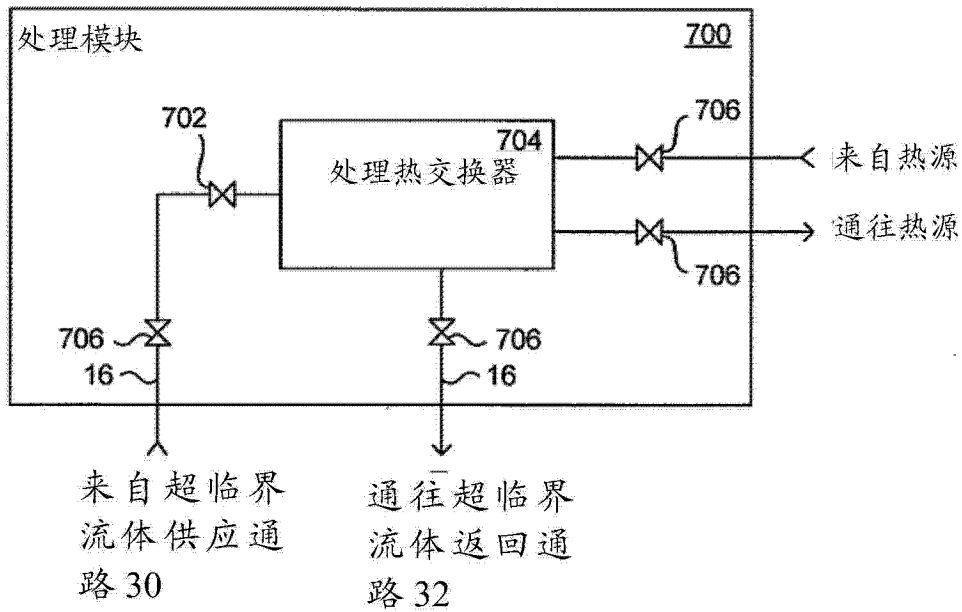


图 13

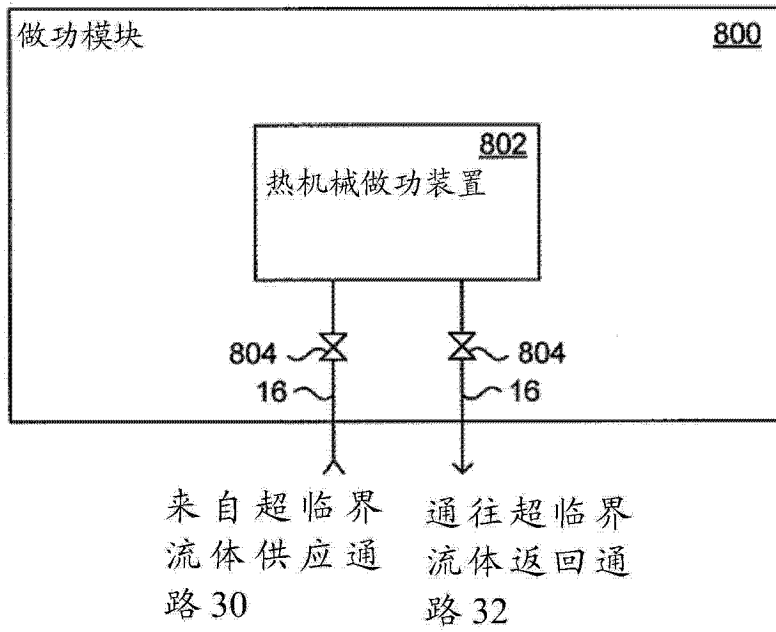


图 14

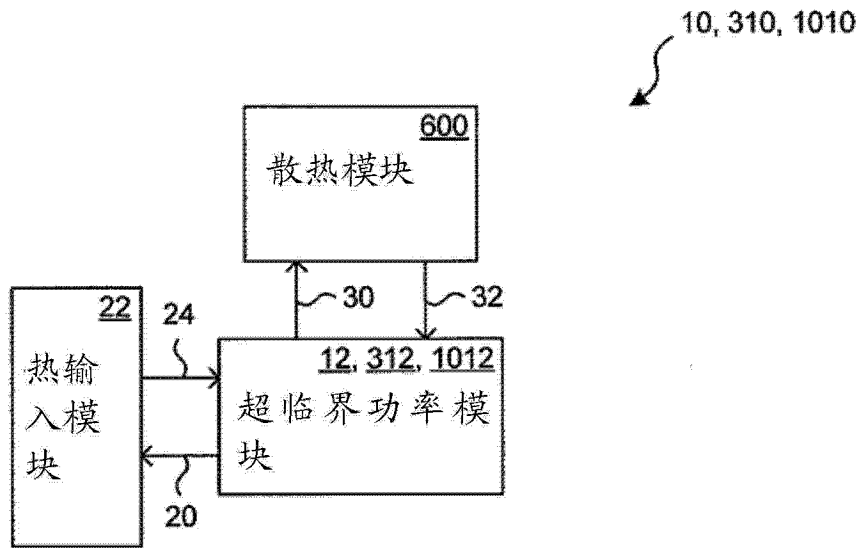


图 15

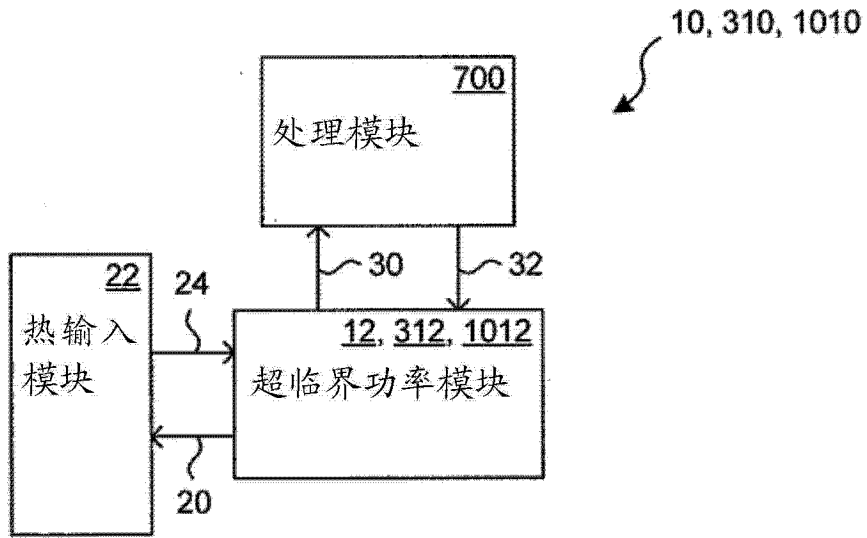


图 16

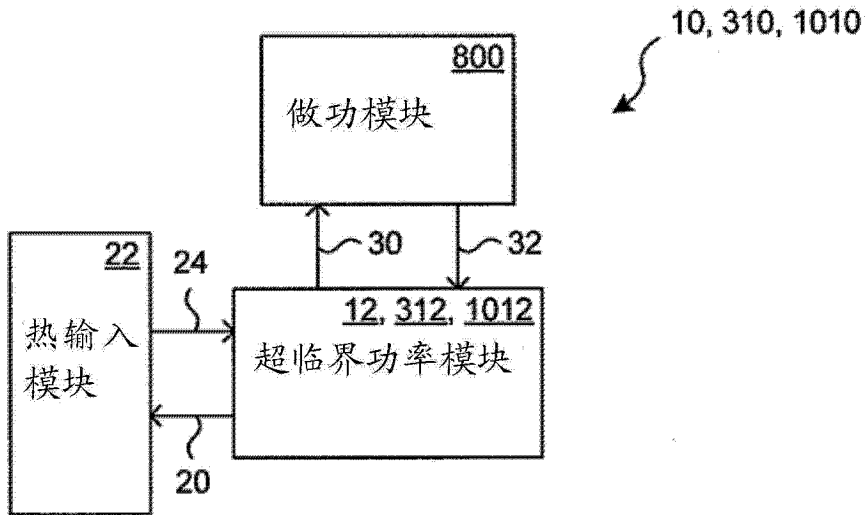


图 17

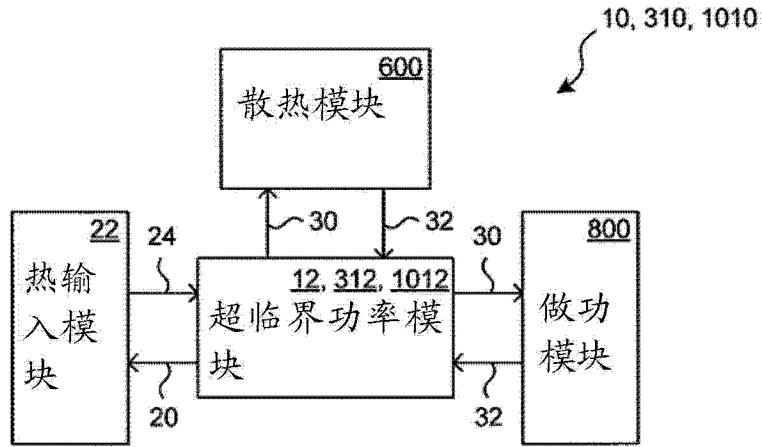


图 18

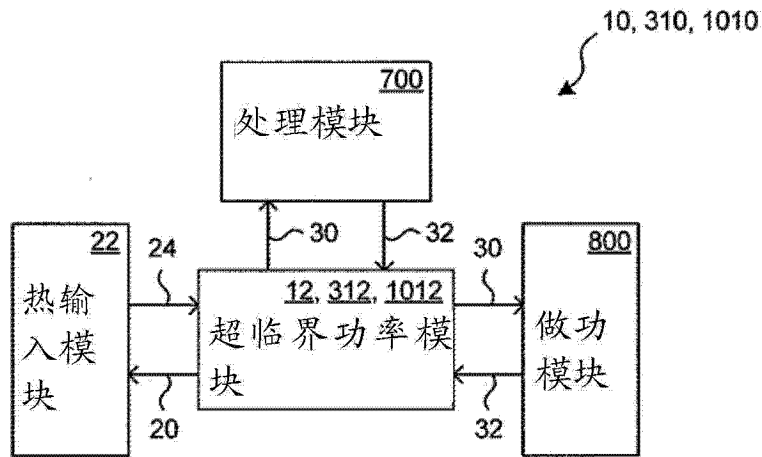


图 19

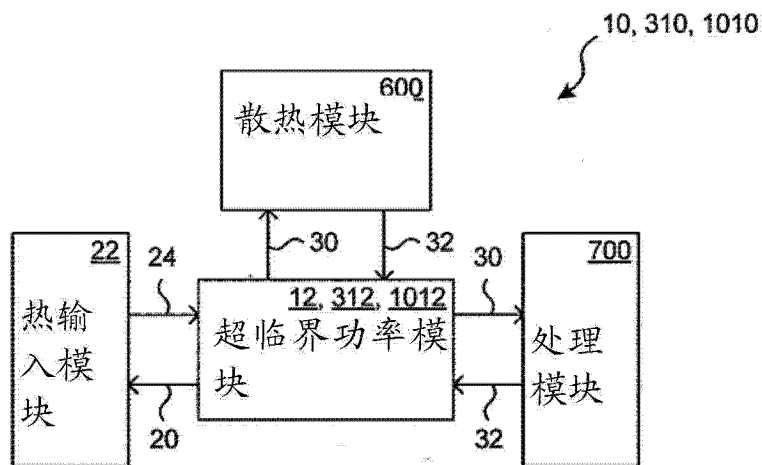


图 20

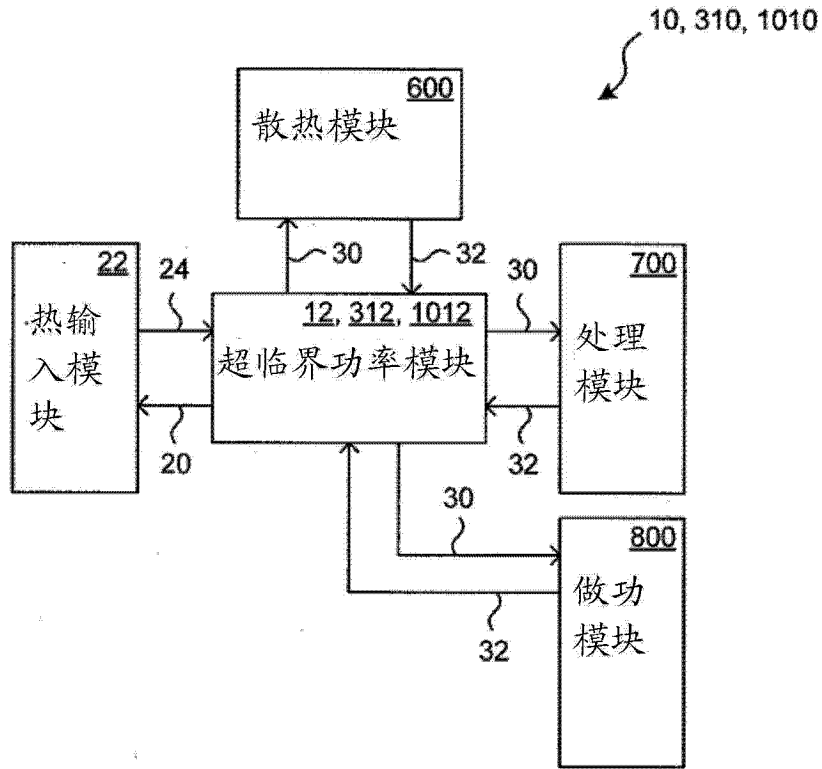


图 21

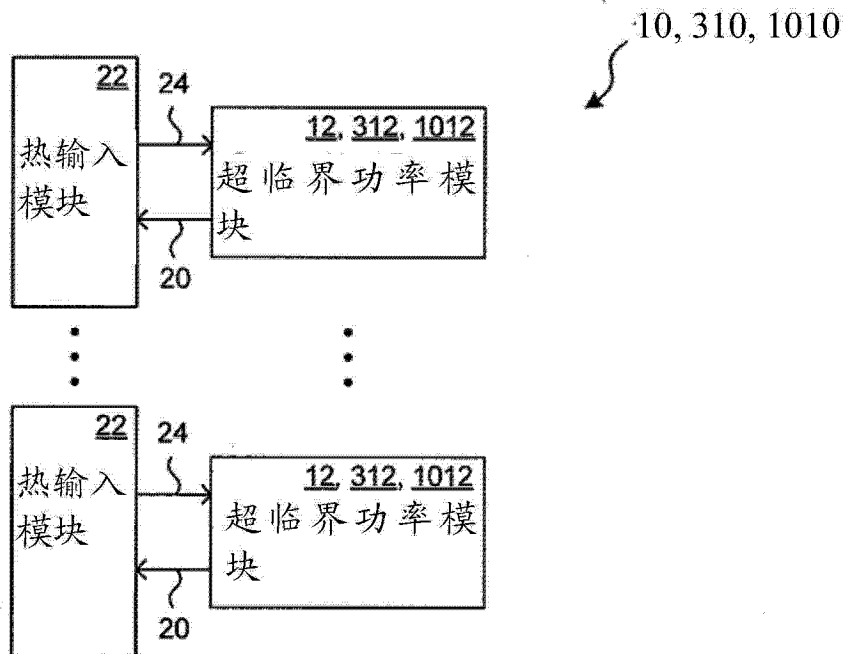


图 22

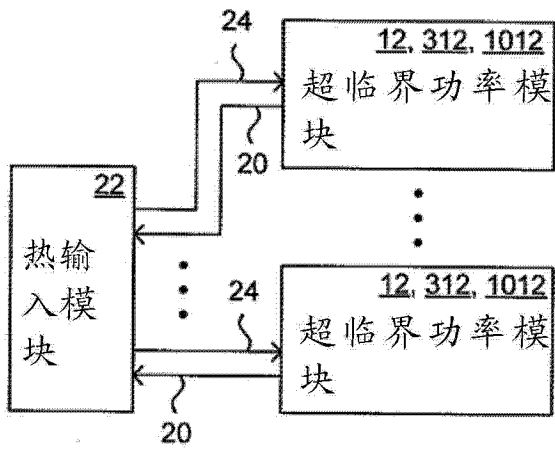


图 23

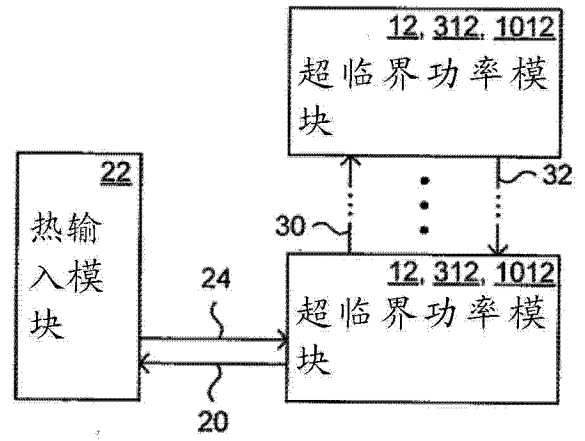


图 24

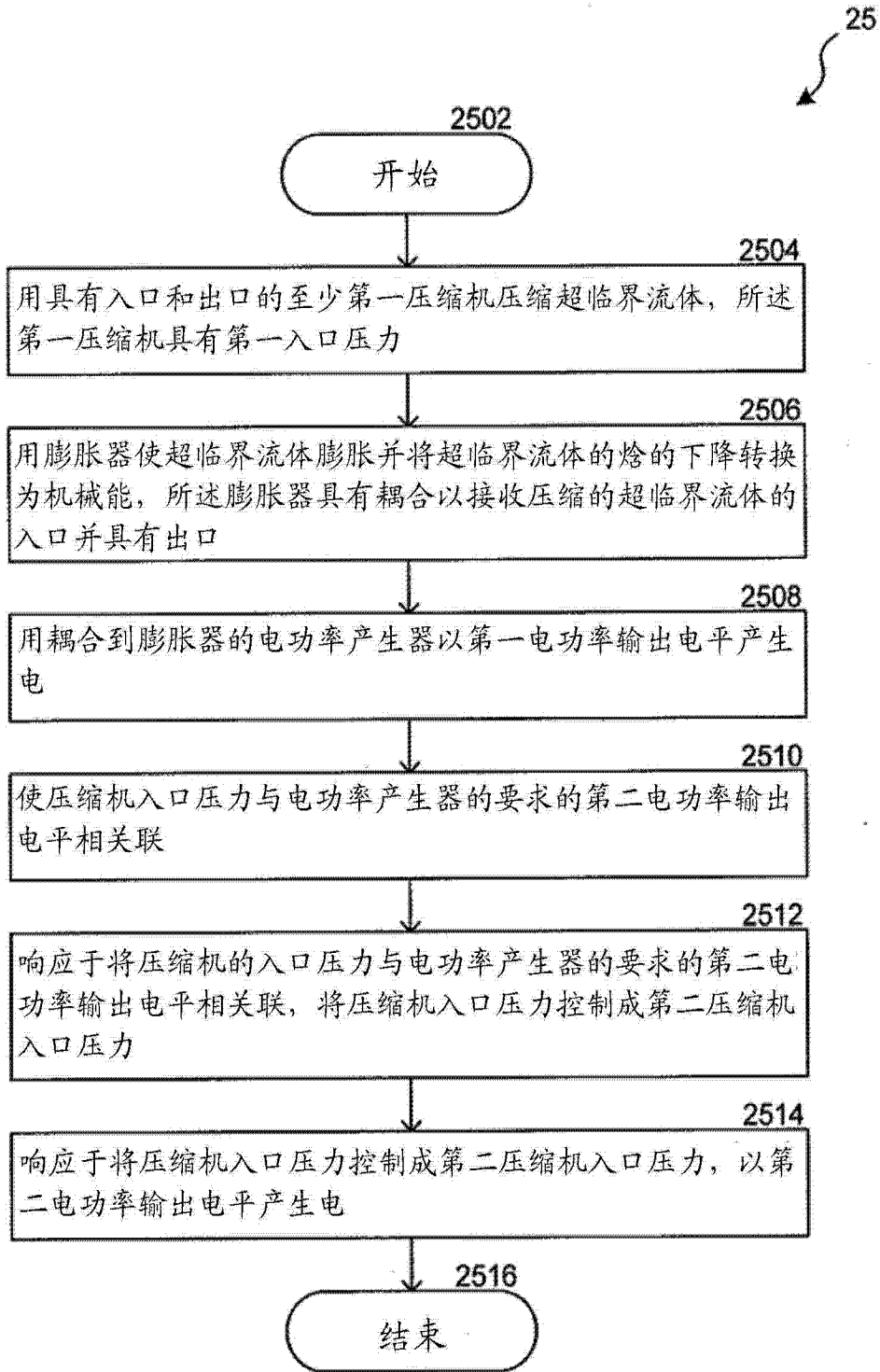


图 25A

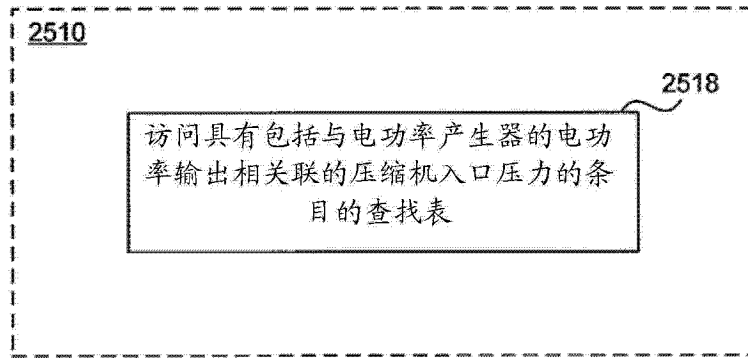


图 25B

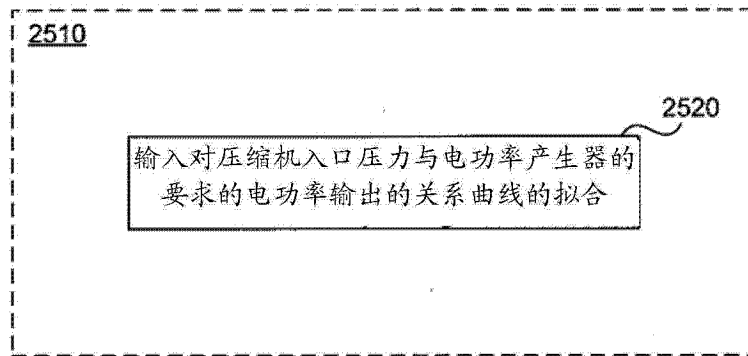


图 25C

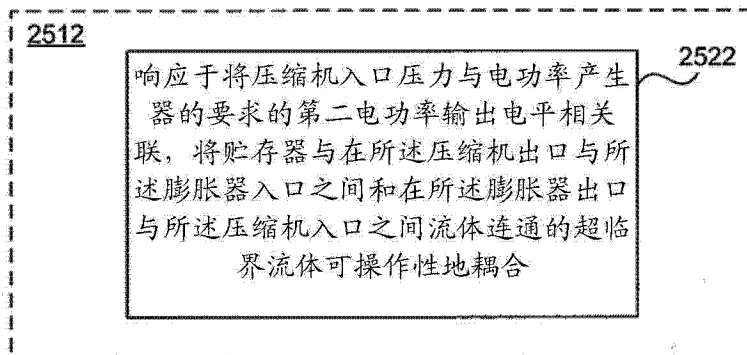


图 25D

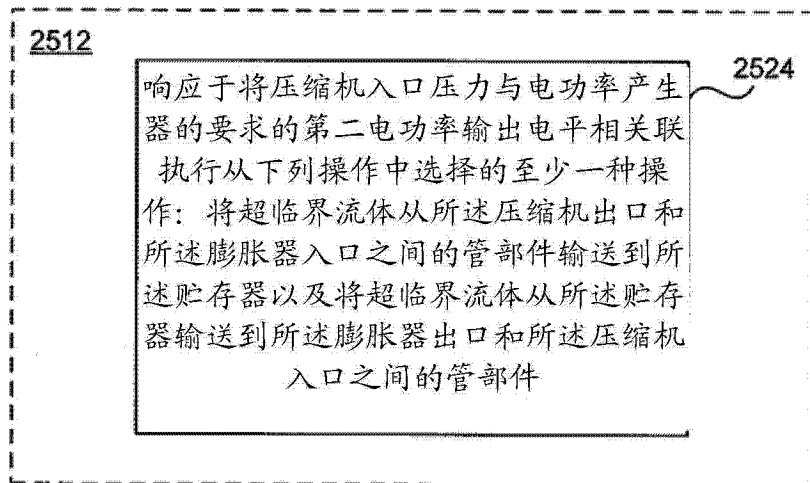


图 25E

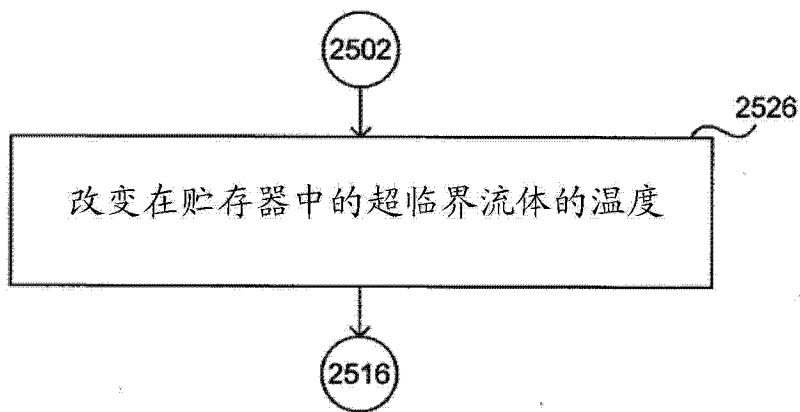


图 25F