

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101460789 B

(45) 授权公告日 2011. 01. 26

(21) 申请号 200680054811. 3

(22) 申请日 2006. 06. 01

(85) PCT申请进入国家阶段日
2008. 12. 01

(86) PCT申请的申请数据
PCT/US2006/021123 2006. 06. 01

(87) PCT申请的公布数据
W02007/142619 EN 2007. 12. 13

(73) 专利权人 开利公司
地址 美国康涅狄格州

(72) 发明人 J·W·布什 W·P·比格尔
B·米特拉

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001
代理人 原绍辉 曹若

(51) Int. Cl.
F25B 1/10(2006. 01)

(56) 对比文件

- US 4594858 A, 1986. 06. 17, 全文.
- US 5394709 A, 1995. 05. 07, 全文.
- US 5079929 A, 1992. 01. 14, 全文.
- CN 1023833 A, 1987. 05. 20, 全文.
- CN 1392948 A, 2003. 01. 22, 全文.

审查员 韩雪

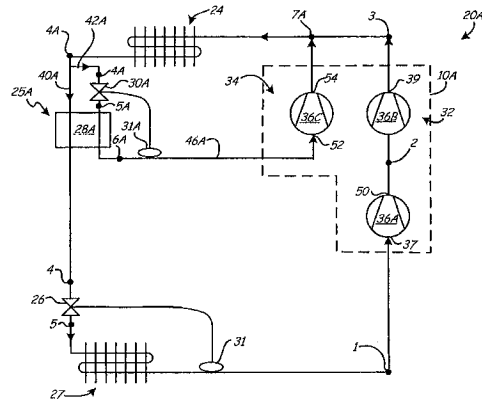
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 6 页

(54) 发明名称

适于制冷系统的多级压缩机单元

(57) 摘要

适于设置成循环制冷剂的制冷系统的多级压缩机单元包括第一压缩机子单元以及第二压缩机子单元, 该第一压缩机子单元具有第一级和第二级, 以及第二压缩机子单元与第一压缩机子单元并联并具有第一级。第一压缩机子单元的每一第一级和第二级具有吸入口和排放口。第一压缩机子单元设置成接收来自蒸发器的制冷剂的第一部分并对其进行压缩。第二压缩机子单元的第一级设置成对制冷剂的第二部分进行压缩。



1. 适于设置成循环制冷剂的制冷系统的多级压缩机单元,该多级压缩机单元包括:

第一压缩机子单元,该第一压缩机子单元具有串联的第一级和第二级,其中第一压缩机子单元的每一第一级和第二级具有吸入口和排放口,并且其中第一压缩机子单元设置成接收来自蒸发器的制冷剂的第一部分并对其进行压缩;以及

第二压缩机子单元,第二压缩机子单元与第一压缩机子单元并联并具有第一级,其中第二压缩机子单元的第一级具有吸入口和排放口,并且其中第二压缩机子单元设置成在被压缩的第二部分与被压缩的第一部分结合之前对制冷剂的第二部分进行压缩。

2. 根据权利要求1所述的多级压缩机单元,其中第二压缩机子单元的第一级设置成接收来自第二蒸发器的制冷剂的第二部分。

3. 根据权利要求1所述的多级压缩机单元,其中第二压缩机子单元的第一级设置成接收来自第一节能回路的制冷剂的第二部分。

4. 根据权利要求3所述的多级压缩机单元,其中第一压缩机子单元进一步包括设置于第一级的排放口和第二级的吸入口之间的级间端口,并且其中级间端口设置成接收来自第二节能回路的制冷剂的第三部分。

5. 根据权利要求1所述的多级压缩机单元,其中第一压缩机子单元和第二压缩机子单元包括往复式压缩机。

6. 根据权利要求1所述的多级压缩机单元,其中制冷剂是跨临界制冷剂。

7. 根据权利要求1所述的多级压缩机单元,进一步包括中间冷却器,该中间冷却器设置成对第一压缩机子单元的第一级和第二级之间的制冷剂的第一部分进行冷却。

8. 根据权利要求1所述的多级压缩机单元,其中第二压缩机子单元设置成排放到第一压缩机子单元的级间端口中。

9. 根据权利要求1所述的多级压缩机单元,其中第二压缩机子单元还包括第二级,该第二级具有吸入口和排放口,并且其中第二压缩机子单元的第一级和第二级串联连接。

10. 适于具有第一节能回路并设置成循环制冷剂的制冷系统的多级压缩机单元,该多级压缩机单元包括:

第一压缩机子单元,该第一压缩机子单元具有串联的第一级和第二级,其中第一压缩机子单元设置成接收来自蒸发器的制冷剂的第一部分并对其进行压缩;以及

与第一压缩机子单元并联的第二压缩机子单元,其中第二压缩机子单元设置成在被压缩的第二部分与被压缩的第一部分结合之前对来自第一节能回路的制冷剂的第二部分进行压缩。

11. 根据权利要求10所述的多级压缩机单元,进一步包括中间冷却器,该中间冷却器设置成对第一压缩机子单元的第一级和第二级之间的制冷剂的第一部分进行冷却。

12. 根据权利要求10所述的多级压缩机单元,其中第一压缩机子单元设置成在第一出口压力下排放制冷剂,并且其中第二压缩机子单元设置成在第二出口压力下排放制冷剂。

13. 根据权利要求12所述的多级压缩机单元,其中第一和第二出口压力基本相同。

14. 根据权利要求10所述的多级压缩机单元,其中第一压缩机子单元进一步包括设置于第一级和第二级之间的级间端口,并且该级间端口设置成接收来自第二节能回路的制冷剂的第三部分,并且其中第一压缩机子单元的第二级设置成对制冷剂的第一和第三部分的混合物进行压缩。

15. 根据权利要求 10 所述的多级压缩机单元,其中第二压缩机子单元是单级压缩机。
16. 根据权利要求 10 所述的多级压缩机单元,其中第二压缩机子单元是两级压缩机。
17. 根据权利要求 16 所述的多级压缩机单元,其中第二压缩机子单元进一步包括级间端口,该级间端口设置成接收来自第三节能回路的制冷剂的第四部分。
18. 适于设置成循环制冷剂的制冷系统的多级压缩机单元,该多级压缩机单元包括:
第一压缩机子单元,该第一压缩机子单元具有第一级,第二级,以及设置于第一级和第二级之间的级间端口,其中第一压缩机子单元的第一级设置成将制冷剂的第一部分压缩到中间压力,并且其中第一压缩机子单元的第二级设置成将制冷剂的第一部分压缩到第一压缩机子单元的出口压力;以及
具有第一级的第二压缩机子单元,其中第二压缩机子单元设置成在被压缩的第二部分与被压缩的第一部分结合之前将制冷剂的第二部分压缩到第二压缩机子单元的出口压力。
19. 根据权利要求 18 所述的多级压缩机单元,其中第一压缩机子单元和第二压缩机子单元的出口压力基本相同。
20. 根据权利要求 18 所述的多级压缩机单元,其中第二压缩机子单元将制冷剂的第二部分排放到第一压缩机子单元的级间端口中,并且其中第二压缩机子单元的出口压力基本与第一压缩机子单元的中间压力相同。

适于制冷系统的多级压缩机单元

背景技术

[0001] 本发明通常涉及用于制冷系统中的压缩机。更具体的,本发明涉及适于制冷系统的多级压缩机单元,该压缩机单元包括至少一个两级的压缩机子单元。

[0002] 通常的制冷系统包括蒸发器、压缩机、冷凝器和节流阀。诸如水合碳氟化合物(HFC)的制冷剂通常以两相的液气混合物进入蒸发器。在蒸发器中,作为热量传送到制冷剂中的结果,制冷剂的液体部分从液相变为气相。然后在压缩机中对制冷剂进行压缩,从而增加制冷剂的压力。接着,制冷剂经过冷凝器,在冷凝器中当制冷剂在冷凝器中冷却时其从气相变为液相。最后,当制冷剂流经节流阀时其膨胀,上述导致压力下降并且从液相变为两相液气混合物。

[0003] 虽然近期提出用诸如二氧化碳的天然制冷剂代替当前使用的 HFC,但是二氧化碳的高侧压通常终止于超临界区域,在该区域当高压制冷剂冷却时不存在从气相到液相的转换。对于通常的单级蒸汽压缩循环而言,由于亚临界恒温冷凝过程的损失以及由于在通常高侧温下超临界二氧化碳的相对高的残余焓,导致效率较低。

[0004] 因此,存在对适于制冷系统的压缩机单元的需求,该压缩机单元能够使用任意制冷剂,包括跨临界的制冷剂,同时有助于维持高水平的系统效率。

发明内容

[0005] 本发明为适于设置成循环制冷剂的制冷系统的多级压缩机单元。该多级压缩机单元包括第一压缩机子单元以及第二压缩机子单元,该第一压缩机子单元具有第一级和第二级,以及第二压缩机子单元与第一压缩机子单元并联并具有第一级。第一压缩机子单元的每一第一级和第二级具有吸入口和排放口。第一压缩机子单元设置成接收来自蒸发器的制冷剂的第一部分并对其进行压缩。第二压缩机子单元的第一级具有吸入口和排放口。第二压缩机子单元设置成对制冷剂的第二部分进行压缩。

附图说明

[0006] 图 1A 示出连接到制冷系统的多级压缩机单元的第一可选实施例的示意图;

[0007] 图 1B 示出适于图 1A 制冷系统的关于焓和压力关系的图;

[0008] 图 2A 示出连接到制冷系统的多级压缩机单元的第二可选实施例的示意图;

[0009] 图 2B 示出适于图 2A 制冷系统的关于焓和压力关系的图;

[0010] 图 3A 示出连接到制冷系统的多级压缩机单元的第三可选实施例的示意图;

[0011] 图 3B 示出适于图 3A 制冷系统的关于焓和压力关系的图;

[0012] 图 4A 示出连接到制冷系统的多级压缩机单元的第四可选实施例的示意图;

[0013] 图 4B 示出适于图 4A 制冷系统的关于焓和压力关系的图;

[0014] 图 5A 示出连接到制冷系统的多级压缩机单元的第五可选实施例的示意图;

[0015] 图 5B 示出适于图 5A 制冷系统的关于焓和压力关系的图;

[0016] 图 6A 示出连接到制冷系统的多级压缩机单元的第六可选实施例的示意图;

[0017] 图 6B 示出适于图 6A 制冷系统的关于焓和压力关系的图。

具体实施方式

[0018] 图 1A 示出连接到制冷系统 20A 的多级压缩机单元 10A 的示意图,其包括排热换热器 24,第一节能回路 25A,主膨胀阀 26,蒸发器 27 以及传感器 31。第一节能回路 25A 包括第一节能换热器 28A,膨胀阀 30A 以及传感器 31A。虽然示出第一节能换热器 28A 为平行流动的管中管换热器,但是多级压缩机单元 10A 在制冷系统中使用其它类型的节能换热器是有利的,上述换热器包括但不限于,逆流管中管换热器、壳中管换热器、闪蒸罐以及铜焊板换热器。

[0019] 多级压缩机单元 10A 包括两级压缩机子单元 32 和单级压缩机子单元 34。如图 1 中所示,两级压缩机子单元 32 是往复式压缩机,并且包括串联连接的气缸 36A 和 36B。类似的,单级压缩机子单元 34 也是往复式压缩机,并且包括气缸 36C。虽然示出两级压缩机子单元 32 和单级压缩机子单元 34 是往复式压缩机,但是也可使用其它类型的压缩机(以各种组合方式),上述压缩机包括但不限于,螺旋式、螺杆式、回转片式、固定片式、可变速式、密封式以及空运转式的压缩机。但是,为了示例的目的,将本发明实施例描述成包括往复式类型压缩机单元,该压缩机单元具有由压缩气缸代表的多级。

[0020] 在制冷系统 20A 中,通过连接系统中的各个元件形成两个不同的制冷剂路径。主要的制冷剂路径由通过点 1,2,3,4 和 5 限定的回路形成。第一节能的制冷剂路径由通过点 4A,5A,6A 和 7A 限定的回路形成。应该理解,上述路径均为闭合路径,以允许制冷剂连续流经制冷系统 20A。

[0021] 参照主要的制冷剂路径,在制冷剂以高压和高焓通过排放口 39(点 3)离开两级压缩机子单元 32 之后,制冷剂在排热换热器 24 中散失热量,以低焓和高压离开排热换热器(点 4A)。然后制冷剂在进入第一节能换热器 28A 之前分成两条流动路径 40A 和 42A。主要的路径继续沿着路径 40A 经过第一节能换热器 28A(点 4)。当路径 40A 中的制冷剂流经第一节能换热器 28A 时,其由第一节能路径的路径 42A 中的制冷剂冷却。

[0022] 然后自路径 40A 的制冷剂经节流装置节流后流入主要的膨胀阀 26 中。主要的膨胀阀 26 连同节能膨胀阀 30A 一起优选为热膨胀阀(TXV)或电子膨胀阀(EXV)。在经过主要膨胀阀 26 内的膨胀过程(点 5)之后,制冷剂是两相的液气混合物,并且通向蒸发器 27。在剩余液体蒸发(点 1)之后,制冷剂通过吸入口 37 进入两级压缩机子单元 32。对气缸 36A 中的制冷剂进行压缩(其是两级压缩机子单元 32 的第一级),之后从排放口 50 排放(点 2)。在经过第二级压缩之后,制冷剂通过排放口 39 排放(点 3)。

[0023] 参照第一节能路径,在制冷剂以低焓和高压离开排热换热器 24(点 4A)并且分成两条流动路径 40A 和 42A 之后,第一节能路径沿着路径 42A 继续。在路径 42A 中,在制冷剂流经第一节能换热器 28A 之前,制冷剂经由节能膨胀阀 30A 节流成低压(点 5A)。来自路径 42A 的流经第一节能换热器 28A(点 6A)的制冷剂接着沿着节能返回路径 46A 行进,并且注入到单级压缩机子单元 34 的吸入口 52 中,以便在单级压缩机子单元 34 中进行压缩。在单级压缩机子单元 34 中压缩之后,制冷剂通过排放口 54 排放(点 7A),在点 7A 处制冷剂与从两级压缩机子单元 32 排放的制冷剂会合。

[0024] 制冷系统 20A 还包括沿着主要制冷剂路径设置于蒸发器 27 和多级压缩机单元 10A

之间的传感器 31。通常,传感器 31 与膨胀阀 26 一起作用以便感测离开蒸发器 27 的制冷剂温度以及蒸发器 27 中的制冷剂压力,从而调节流入蒸发器 27 中的制冷剂,以便将温度和压力组合在一些特定的界限内。在优选实施例中,膨胀阀 26 是电子膨胀阀以及传感器 31 是诸如热电偶或热敏电阻的温度变换器。在另一实施例中,膨胀阀 26 是机械热膨胀阀,并且传感器 31 包括终止于压力容器内的小管,其中压力容器填充有制冷剂(与流经制冷系统 20A 的制冷剂不同)。当自蒸发器 27 的制冷剂在朝向多级压缩机单元 10A 的路径上流经传感器 31 时,压力容器将被加热或冷却,从而改变压力容器内的压力。当压力容器内的压力变化时,传感器 31 发送信号到膨胀阀 26,以便改变由上述阀导致的压降。类似的,在电子膨胀阀的情况下,传感器 31 发送电信号到膨胀阀 26,膨胀阀 26 以类似的方式响应以便调节制冷剂的流动。例如,如果来自蒸发器 27 的返回气体过热,那么传感器 31 将被加热,并且发送信号到膨胀阀 26,以便导致上述阀进一步开放并且允许每单位时间更多的制冷剂流经蒸发器 27,从而降低离开蒸发器 27 的制冷剂的热量。

[0025] 节能回路 25A 也包括以类似于传感器 31 的方式操作的传感器 31A。但是,取而代之,传感器 31 感测沿着节能返回路径 46A 的温度,并且与膨胀阀 30A 一起作用以便控制在膨胀阀 30A 中的压降。还应注意还可用与前述传感器之外的传感器代替传感器 31 和 31A。

[0026] 通过控制膨胀阀 26 和 30A,可调节制冷系统 20A 的操作,以便满足冷却要求并且获得最佳效率。除了调节关于膨胀阀 26 和 30A 的压降之外,还可调节气缸 36A, 36B 和 36C 的放置,以有助于获得制冷系统 20A 的最佳效率。

[0027] 图 1B 示出适于图 1A 制冷系统 20A 的关于焓和压力关系的图。由饱和的液相线和饱和的气相线形成蒸气穹顶 V,并且在沿着制冷循环的各个点处限定制冷剂的状态。在蒸气穹顶 V 之下,包括液相和气相同时共存的所有状态。在蒸气穹顶 V 的最顶部是临界点。由饱和液相和饱和气相共存之处的最高压力限定临界点。通常,压缩液体位于蒸气穹顶 V 的左侧,而过热的气体位于蒸气穹顶 V 的右侧。

[0028] 再一次,在图 1B 中,主要的制冷剂路径是由点 1, 2, 3, 4 和 5 限定的回路,并且第一节能路径是由点 4A, 5A, 6A 和 7A 限定的回路。在主路径的点 1 处开始循环,在点 1 处在进入多级压缩机单元 10A 之前制冷剂处于低压和高焓下。在两级压缩机子单元 32 的气缸 36A 内进行第一级压缩之后,如由点 2 所示焓和压力增加。在气缸 36B 内进行第二级压缩之后,如由点 3 所示,制冷剂以高压和甚至更高焓离开多级压缩机单元 10A。之后,当制冷剂流经排热换热器 24 之后,焓减小而压力保持恒定。在进入第一节能换热器 28A 之前,如由点 4A 所示,制冷剂分成主要部分和第一节能部分。主要的部分接着经由节流装置进入主要的膨胀阀 26 中,如由点 5 所示减小压力。最后,制冷剂的主要部分蒸发,以较高焓离开蒸发器 27,如由点 1 所示。

[0029] 如前所述,如由点 4A 指示的那样第一节能部分与主要部分分开。第一节能部分在膨胀阀 30A 中节流成低压。接着制冷剂的第一节能部分与第一节能换热器 28A 中的主要部分进行热交换,对制冷剂的主要部分进行冷却,如由点 4 所示,并且使得制冷剂的第一节能部分被加热,如由点 6A 所示。结合则第一节能部分在单级压缩机子单元 34 中进行压缩,并且与自两级压缩机子单元 32 排放的制冷剂的主要部分会合,如由点 7A 所示。

[0030] 如图 1B 中所示,多级压缩机单元 10A 的气缸 36A, 36B 和 36C 设置成接收制冷剂并将其压缩到不同的压力。具体的,气缸 36A 接收来自主要制冷剂路径的制冷剂并将其压缩

到中间压力,如由点 2 所示。接着,气缸 36B 接收来自中间压力的制冷剂并将其压缩到出口压力,如由点 3 所示。类似的,气缸 36C 接收来自第一节能制冷剂路径的制冷剂并将其压缩到出口压力,如由点 7A 所示。如图 1B 中所示,气缸 36C 的出口压力与气缸 36B 的出口压力基本相同。在制冷系统 20A 中,出口压力由入口压力确定并且是由排热换热器 24 需要的。

[0031] 图 2A 示出连接到制冷系统 20B 的多级压缩机单元 10B 的示意图。多级压缩机单元 10B 类似于多级压缩机单元 10A。但是,如将在下面进行更详细描述的那样,两级压缩机子单元 32 还包括级间端口,其设置成接收来自节能回路的制冷剂,以便在进行第二级压缩之前对主要制冷剂路径中的制冷剂进行冷却。制冷系统 20B 类似于制冷系统 20A,但是进一步包括第二节能回路 25B。第二节能回路 25B 包括第二节能换热器 28B,膨胀阀 30B 以及传感器 31B。

[0032] 在制冷系统 20B 中,通过连接系统中的各个元件形成三个不同的制冷剂路径。主要的制冷剂路径由通过点 1, 2, 3, 4, 5 和 6 限定的回路形成。第一节能的制冷剂路径由通过点 5A, 6A, 7A, 3 和 4 限定的回路形成。最后,第二节能制冷剂路径由通过点 5B, 6B, 7B 和 8B 限定的回路形成。

[0033] 参照主要的制冷剂路径,在制冷剂以高压和高焓通过排放口 39(点 4)离开两级压缩机子单元 32 之后,制冷剂在排热换热器 24 中散失热量,以低焓和高压离开排热换热器 24(点 5A)。然后在进入第一节能换热器 28A 之前制冷剂分成两条流动路径 40A 和 42A。主要路径沿着路径 40A 和 40B 分别继续通过第一节能换热器 28A(点 5B)和第二节能换热器 28B(点 5)。当路径 40A 中的制冷剂流经第一节能换热器 28A 时,制冷剂经由第一节能路径的路径 42A 中的制冷剂冷却。类似的,当路径 40B 中的制冷剂流经第二节能换热器 28B 时,制冷剂经由第二节能路径的路径 42B 中的制冷剂冷却。

[0034] 然后来自路径 40B 的制冷剂在主要的膨胀阀 26 中节流。在经过主要膨胀阀 26 内的膨胀过程(点 6)之后,制冷剂是两相的液气混合物,并且通向蒸发器 27。在剩余液体蒸发(点 1)之后,制冷剂通过吸入口 37 进入两级压缩机子单元 32。对气缸 36A 中的制冷剂进行压缩(其是两级压缩机子单元 32 的第一级),之后从排放口 50(点 2)排放,在点 2 处制冷剂与来自节能返回路径 46A 的较冷制冷剂(该较冷制冷剂注入到级间端口 48 中)会合(点 3)。这样,在气缸 36B 中进行第二级压缩之前,来自节能返回路径 46A 的制冷剂起到冷却自气缸 36A 排放的制冷剂的作用。在进行第二级压缩之后,制冷剂通过排放口 39 排放(点 4)。

[0035] 参照第一节能路径,在制冷剂以低焓和高压离开排热换热器 24(点 5A)并且分成两条流动路径 40A 和 42A 之后,第一节能路径沿着路径 42A 继续。在路径 42A 中,在制冷剂流经第一节能换热器 28A 之前,制冷剂经由节能膨胀阀 30A 节流成低压(点 6A)。来自路径 42A 的流经第一节能换热器 28A(点 7A)的制冷剂接着沿着节能返回路径 46A 行进,并且注入到两级压缩机子单元 32 的级间端口 48 中,在级间端口 48 处制冷剂与流经主要路径的制冷剂会合,以便在气缸 36B 中进行第二级压缩之前冷却制冷剂(点 3)。

[0036] 参照第二节能路径,制冷剂在较高压力的第一节能换热器 28A 中冷却之后(点 5B),路径 40A 中的制冷剂分成两条流动路径 40B 和 42B。第二节能路径沿着流动路径 42B 继续,在路径 42B 中,在制冷剂流经第二节能换热器 28B 之前,制冷剂经由节能膨胀阀 30B 节流成(点 6B)低压。来自路径 42B 的流经第二节能换热器 28B(点 7B)的制冷剂接着沿

着节能返回路径 46B 行进,并且注入到单级压缩机子单元 34 的吸入口 52 中,以便在单级压缩机子单元 34 中进行压缩。在单级压缩机子单元 34 中进行压缩之后,制冷剂通过排放口 54 排放,在该处,制冷剂在注入到两级压缩机子单元 32 的级间端口 48(点 3)之前与节能返回路径 46A 中的制冷剂会合(点 8B)。

[0037] 图 2B 示出适于图 2A 制冷系统 20B 的关于焓和压力关系的图。如图 2B 中所示,主要的制冷剂路径是由点 1,2,3,4,5 和 6 限定的回路;第一节节能路径是由点 5A,6A,7A,3 和 4 限定的回路;以及第二节节能路径是由点 5B,6B,7B,8B 限定的回路。

[0038] 如图 2B 中所示,多级压缩机单元 10B 的气缸 36A,36B 和 36C 设置成接收制冷剂并将其压缩到不同的压力。具体的,气缸 36A 接收来自主要制冷剂路径的制冷剂并将其压缩到中间压力,如由点 2 所示。类似的,气缸 36B 接收来自主要的制冷剂路径和第一节节能路径的制冷剂并将其从中间压力压缩到出口压力,如由点 4 所示。接着,气缸 36C 接收来自第二节节能路径的制冷剂并将其压缩到出口压力,如由点 8B 所示。如图 2B 中所示,气缸 36C 的出口压力与气缸 36B 的出口压力基本相同。

[0039] 图 3A 示出连接到制冷系统 20C 的多级压缩机单元 10C 的示意图。多级压缩机单元 10C 类似于多级压缩机单元 10B。但是,如下所述,单级压缩机子单元 34 被设置为排放入第一节节能返回路径 46A 中而不是排热热交换器 24 中,如在附图 2A 的多级压缩机单元 10B 中所述。

[0040] 在制冷系统 20C 中,通过连接系统中的各个元件形成三个不同的制冷剂路径。主要的制冷剂路径由通过点 1,2,3,4,5 和 6 限定的回路形成。第一节节能的制冷剂路径由通过点 5A,6A,7A,3 和 4 限定的回路形成。最后,第二节节能制冷剂路径由通过点 5B,6B,7B,3 和 4 限定的回路形成。

[0041] 参照主要的制冷剂路径,在制冷剂以高压和高焓通过排放口 39 离开两级压缩机子单元 32(点 4)之后,制冷剂在排热换热器 24 中散失热量,以低焓和高压离开排热换热器 24(点 5A)。然后在进入第一节节能换热器 28A 之前制冷剂分成两条流动路径 40A 和 42A。主要路径沿着路径 40A 和 40B 分别继续通过第一节节能换热器 28A(点 5B)和第二节节能换热器 28B(点 5)。当路径 40A 中的制冷剂流经第一节节能换热器 28A 时,制冷剂经由第一节节能路径的路径 42A 中的制冷剂冷却。类似的,当路径 40B 中的制冷剂流经第二节节能换热器 28B 时,制冷剂经由第二节节能路径的路径 42B 中的制冷剂冷却。

[0042] 然后来自路径 40B 的制冷剂在主要的膨胀阀 26 中节流。在经过主要膨胀阀 26 内的膨胀过程(点 6)之后,制冷剂是两相的液气混合物,并且通向蒸发器 27。在剩余液体蒸发(点 1)之后,制冷剂通过吸入口 37 进入两级压缩机子单元 32。对气缸 36A 中的制冷剂进行压缩(其是两级压缩机子单元 32 的第一级),之后从排放口 50 排放(点 2),在点 2 处与来自节能返回路径 46A 的被注入中间级端口 48 的冷却器制冷剂会合(点 3)。于是,在气缸 36B 内进行第一级压缩之前,来自节能返回路径 46A 的制冷剂起把气缸 36A 排出的制冷剂冷却的作用。在第二级压缩之后,把制冷剂排出排放端口 39(点 4)。

[0043] 参照第一节节能路径,在制冷剂以低焓和高压离开排热换热器 24(点 5A)并且分成两条流动路径 40A 和 42A 之后,第一节节能路径沿着路径 42A 继续。在路径 42A 中,在制冷剂流经第一节节能换热器 28A 之前,制冷剂经由节能膨胀阀 30A 节流成低压(点 6A)。来自路径 42A 的流经第一节节能换热器 28A 的制冷剂(点 7A)接着沿着节能返回路径 46A 行进,并

且注入到两级压缩机子单元 32 的中间口 48, 在该处, 在进行气缸 36B 中第二级压缩之前, 与流经主路径的制冷剂会合以冷却制冷剂。

[0044] 参照第二节能路径, 制冷剂在较高压力的第一节能换热器 28A 中冷却之后 (点 5B), 路径 40A 中的制冷剂分成两条流动路径 40B 和 42B。第二节能路径沿着流动路径 42B 继续, 在路径 42B 中, 在制冷剂流经第二节能换热器 28B 之前, 制冷剂经由节能膨胀阀 30B 节流成低压 (点 6B)。来自路径 42B 的流经第二节能换热器 28B (点 7B) 的制冷剂接着沿着节能返回路径 46B 行进, 并且注入到单级压缩机子单元 34 的吸入口 52 中。在单级压缩机子单元 34 中进行压缩之后, 制冷剂通过排放口 54 排放 (点 8B), 在点 8B 处, 在被注入两级压缩机子单元 32 的级间端口 48 之前与节能返回路径 46A 中的制冷剂混合 (点 3)。

[0045] 图 3B 示出适于图 3A 制冷系统 20C 的关于焓和压力关系的图。如图 3B 中所示, 主要的制冷剂路径是由点 1, 2, 3, 4, 5 和 6 限定的回路; 第一节能路径是由点 5A, 6A, 7A, 3 和 4 限定的回路; 以及第二节能路径是由点 5B, 6B, 7B, 8B, 3 和 4 限定的回路。

[0046] 如图 3B 中所示, 多级压缩机单元 10C 的气缸 36A, 36B 和 36C 设置成接收制冷剂并将其压缩到不同的压力。具体的, 气缸 36A 接收来自主要制冷剂路径的制冷剂并将其压缩到中间压力, 如由点 2 所示。类似的, 气缸 36C 接收来自第二节能制冷剂路径的制冷剂并将其压缩到出口压力, 如由点 8B 所示。接着, 气缸 36B 接收来自主要制冷剂路径、第一节能路径和第二节能路径的制冷剂并将其压缩到出口压力, 如由点 4 所示。如图 3B 中所示, 气缸 36C 的出口压力与气缸 36A 的出口压力基本相同。

[0047] 图 4A 示出连接到制冷系统 20D 的多级压缩机单元 10D 的示意图。多级压缩机单元 10D 类似于多级压缩机单元 10A。但是, 多级压缩机单元 10D 还包括单级压缩机子单元 35 (其具有气缸 36D)。制冷系统 20D 类似于制冷系统 20C, 除了级间端口 48 由中间冷却器 49 代替之外, 该中间冷却器 49 设置成冷却在两级压缩机子单元 32 中的第一和第二级压缩之间的制冷剂的主要部分。

[0048] 在制冷系统 20D 中, 通过连接系统中的各个元件形成三个不同的制冷剂路径。主要的制冷剂路径由通过点 1, 2, 3, 4, 5 和 6 限定的回路形成。第一节能的制冷剂路径由通过点 5A, 6A, 7A 和 8A 限定的回路形成。最后, 第二节能制冷剂路径由通过点 5B, 6B, 7B, 和 8B 限定的回路形成。

[0049] 参照主要的制冷剂路径, 在制冷剂以高压和高焓通过排放口 39 离开两级压缩机子单元 32 (点 4) 之后, 制冷剂在排热换热器 24 中散失热量, 以低焓和高压离开排热换热器 24 (点 5A)。然后在进入第一节能换热器 28A 之前制冷剂分成两条流动路径 40A 和 42A。主要路径沿着路径 40A 和 40B 分别继续通过第一节能换热器 28A (点 5B) 和第二节能换热器 28B (点 5)。当路径 40A 中的制冷剂流经第一节能换热器 28A 时, 制冷剂经由第一节能路径的路径 42A 中的制冷剂冷却。类似的, 当路径 40B 中的制冷剂流经第二节能换热器 28B 时, 制冷剂经由第二节能路径的路径 42B 中的制冷剂冷却。

[0050] 然后来自路径 40B 的制冷剂在主要的膨胀阀 26 中节流。在经过主要膨胀阀 26 内的膨胀过程 (点 6) 之后, 制冷剂是两相的液气混合物, 并且通向蒸发器 27。在剩余液体蒸发 (点 1) 之后, 制冷剂通过吸入口 37 进入两级压缩机子单元 32。对气缸 36A 中的制冷剂进行压缩 (其是两级压缩机子单元 32 的第一级), 之后从排放口 50 排放 (点 2), 在点 2 处在气缸 36B 中进行第二级压缩之前制冷剂流经中间冷却器 49。中间冷却器 49 设置成在气

缸 36 中进行第二级压缩之前对自气缸 36A 排放的制冷剂进行冷却。在进行第二级压缩之后,制冷剂通过排放口 39 排放(点 4)。

[0051] 参照第一节能路径,在制冷剂以低焓和高压离开排热换热器 24(点 5A)并且分成两条流动路径 40A 和 42A 之后,第一节能路径沿着路径 42A 继续。在路径 42A 中,在制冷剂流经第一节能换热器 28A 之前,制冷剂经由节能膨胀阀 30A 节流成低压(点 6A)。来自路径 42A 的流经第一节能换热器 28A 的制冷剂(点 7A)接着沿着节能返回路径 46A 行进,并且注入到单级压缩机子单元 34 的吸入口 52 中以便在单级压缩机子单元 34 中进行压缩。在单级压缩机子单元 34 中进行压缩之后,制冷剂通过排放口 54 排放(点 8A),在点 8A 处制冷剂与自两级压缩机子单元 32 和单级压缩机子单元 35 排放的制冷剂会合。

[0052] 参照第二节能路径,制冷剂在较高压力的第一节能换热器 28A 中冷却之后(点 5B),路径 40A 中的制冷剂分成两条流动路径 40B 和 42B。第二节能路径沿着流动路径 42B 继续,在路径 42B 中,在制冷剂流经第二节能换热器 28B 之前,制冷剂经由节能膨胀阀 30B 节流成低压(点 6B)。来自路径 42B 的流经第二节能换热器 28B(点 7B)的制冷剂接着沿着节能返回路径 46B 行进,并且注入到单级压缩机子单元 35 的吸入口 56 中。在单级压缩机子单元 35 中进行压缩之后,制冷剂通过排放口 58 排放(点 8B),在点 8B 处制冷剂与自两级压缩机子单元 32 和单级压缩机子单元 34 排放的制冷剂会合。

[0053] 图 4B 示出适于图 4A 制冷系统 20D 的关于焓和压力关系的图。如图 4B 中所示,主要的制冷剂路径是由点 1, 2, 3, 4, 5 和 6 限定的回路;第一节能路径是由点 5A, 6A, 7A 和 8A 限定的回路;以及第二节能路径是由点 5B, 6B, 7B 和 8B 限定的回路。

[0054] 如图 4B 中所示,多级压缩机单元 10D 的气缸 36A, 36B, 36C 和 36D 设置成接收制冷剂并将其压缩到不同的压力。具体的,气缸 36A 接收来自主要制冷剂路径的制冷剂并将其压缩到中间压力,如由点 2 所示。在中间冷却器 49 内被冷却之后,气缸 36B 接收来自主要制冷剂路径的制冷剂并将其从中间压力压缩到出口压力,如由点 4 所示。气缸 36C 接收来自第二节能制冷剂路径的制冷剂并将其压缩到出口压力,如由点 8A 所示。类似的,气缸 36D 接收来自第一节能制冷剂路径的制冷剂并将其压缩到出口压力,如由点 8B 所示。如图 4B 中所示,气缸 36C 和 36D 的出口压力与气缸 36B 的出口压力基本相同。

[0055] 图 5A 示出连接到制冷系统 20E 的多级压缩机单元 10E 的示意图。除了两级压缩机子单元 32 之外,多级压缩机单元 10E 还包括两级压缩机子单元 70。两级压缩机子单元 70 包括串联连接的气缸 36E 和 36F。制冷系统 20E 类似于制冷系统 20D,除了将第三节能回路 25C 加入到系统中之外。

[0056] 在制冷系统 20E 中,通过连接系统中的各个元件形成四个不同的制冷剂路径。主要的制冷剂路径由通过点 1, 2, 3, 4, 5 和 6 限定的回路形成。第一节能的制冷剂路径由通过点 5A, 6A, 7A, 3 和 4 限定的回路形成。第二节能制冷剂路径由通过点 5B, 6B, 7B, 9 和 10 限定的回路形成。最后,第三节能制冷剂路径由通过点 5C, 6C, 7C, 8C, 9 和 10 限定的回路形成。

[0057] 参照主要的制冷剂路径,在制冷剂以高压和高焓通过排放口 39(点 4)离开两级压缩机子单元 32 之后,制冷剂在排热换热器 24 中散失热量,以低焓和高压离开排热换热器 24(点 5A)。然后在进入第一节能换热器 28A 之前制冷剂分成两条流动路径 40A 和 42A。主要路径沿着路径 40A 和 40B 分别继续通过第一节能换热器 28A(点 5B)和第二节能换热器 28B(点 5C)以及第三节能换热器 28C(点 5)。当路径 40A 中的制冷剂流经第一节能换热器

28A 时,制冷剂经由第一节能路径的路径 42A 中的制冷剂冷却。类似的,当路径 40B 中的制冷剂流经第二节能换热器 28B 时,制冷剂经由第二节能路径的路径 42B 中的制冷剂冷却。最后当路径 40C 中的制冷剂流经第三节能换热器 28C 时,制冷剂经由第三节能路径的路径 42C 中的制冷剂冷却。

[0058] 然后来自路径 40C 的制冷剂在主要的膨胀阀 26 中节流。在经过主要膨胀阀 26 内的膨胀过程(点 6)之后,制冷剂是两相的液气混合物,并且通向蒸发器 27。在剩余液体蒸发(点 1)之后,制冷剂通过吸入口 37 进入两级压缩机子单元 32。对气缸 36A 中的制冷剂进行压缩(其是两级压缩机子单元 32 的第一级),之后从排放口 50(点 2)排放,在点 2 处制冷剂与来自节能返回路径 46A 的较冷制冷剂(该较冷制冷剂注入到级间端口 48 中)会合(点 3)。这样,在气缸 36B 中进行第二级压缩之前,来自节能返回路径 46A 的制冷剂起到冷却自气缸 36A 排放的制冷剂的作用。在进行第二级压缩之后,制冷剂通过排放口 39 排放(点 4)。

[0059] 参照第一节能路径,在制冷剂以低焓和高压离开排热换热器 24(点 5A)并且分成两条流动路径 40A 和 42A 之后,第一节能路径沿着路径 42A 继续。在路径 42A 中,在制冷剂流经第一节能换热器 28A 之前,制冷剂经由节能膨胀阀 30A 节流成低压(点 6A)。来自路径 42A 的流经第一节能换热器 28A 的制冷剂(点 7A)接着沿着节能返回路径 46A 行进,并且注入到两级压缩机子单元 32 的级间端口 48 中,在级间端口 48 处制冷剂与流经主要路径的制冷剂会合,以便在气缸 36B 中进行第二级压缩之前冷却制冷剂(点 3)。

[0060] 参照第二节能路径,制冷剂在较高压力的第一节能换热器 28A 中冷却之后(点 5B),路径 40A 中的制冷剂分成两条流动路径 40B 和 42B。第二节能路径沿着流动路径 42B 继续,在路径 42B 中,在制冷剂流经第二节能换热器 28B 之前,制冷剂经由节能膨胀阀 30B 节流成(点 6B)低压。来自路径 42B 的流经第二节能换热器 28B(点 7B)的制冷剂接着沿着节能返回路径 46B 行进,并且注入到两级压缩机子单元 70 的级间端口 72 中,在级间端口 72 处制冷剂与离开排放口 74 的制冷剂会合(点 9),以便在气缸 36F 中进行第二级压缩之前冷却制冷剂。

[0061] 参照第三节能路径,制冷剂在较高压力的第二节能换热器 28B 中冷却之后,路径 40B 中的制冷剂分成两条流动路径 40C 和 42C(点 5C)。第三节能路径沿着流动路径 42C 继续,在路径 42C 中,在制冷剂流经第三节能换热器 28C 之前,制冷剂经由节能膨胀阀 30C 节流成低压(点 6C)。来自路径 42C 的流经第三节能换热器 28C(点 7C)的制冷剂接着沿着节能返回路径 46C 行进,并且注入到两级压缩机子单元 70 的吸入口 76 中。在气缸 36E 中进行第一级压缩(点 8C)之后,在进行第二级压缩之前由来自节能返回路径 46B 的注入到级间端口 72 中的制冷剂对制冷剂进行冷却(点 9)。在气缸 36F 中进行第二级压缩之后,制冷剂通过排放口 78 排放(点 10),在点 10 处制冷剂与自两级压缩机子单元 32 排放的压缩制冷剂会合。

[0062] 图 5B 示出适于图 5A 制冷系统 20E 的关于焓和压力关系的图。如图 5B 中所示,主要的制冷剂路径是由点 1, 2, 3, 4, 5 和 6 限定的回路;第一节能路径是由点 5A, 6A, 7A, 3 和 4 限定的回路;第二节能路径是由点 5B, 6B, 7B, 9 和 10 限定的回路;以及第三节能路径是由点 5C, 6C, 7C, 8C, 9 和 10 限定的回路。

[0063] 如图 5B 中所示,多级压缩机单元 10E 的气缸 36A, 36B, 36E 和 36F 设置成接收制冷

剂并将其压缩到不同的压力。具体的,气缸 36A 接收来自主要制冷剂路径的制冷剂并将其压缩到中间压力,如由点 2 所示。接着,气缸 36B 接收来自主要制冷剂路径和第一节能路径的制冷剂并将其从中间压力压缩到出口压力,如由点 4 所示。类似的,气缸 36E 接收来自第三节能制冷剂路径的制冷剂并将其压缩到中间压力,如由点 8C 所示。气缸 36F 接收来自第二和第三节能路径的制冷剂并将其从中间压力压缩到出口压力,如由点 10 所示。如图 5B 中所示,气缸 36B 的出口压力与气缸 36F 的出口压力基本相同。

[0064] 虽然所示的和上述的多级压缩机单元的每一实施例都连接到包括一个或多个节能回路的制冷系统,但是在不包括节能回路的制冷系统中还可使用本发明的多级压缩机单元。图 6A 示出连接到制冷系统 20F 的多级压缩机单元 10F 的示意图,其包括排热换热器 24,第一膨胀阀 26,第一蒸发器 27,第一传感器 31,第二膨胀阀 126,第二蒸发器 127,以及第二传感器 131。多级压缩机单元 10F 包括两级压缩机子单元 32 和单级压缩机子单元 34。两级压缩机子单元 32 包括串联连接的气缸 36A 和 36B,而单级压缩机子单元 34 包括气缸 36C。

[0065] 在制冷系统 20F 中,通过连接系统中的各个元件形成两个不同的制冷剂路径。第一主要的制冷剂路径由通过点 1,2,3,4 和 5 限定的回路形成。第一主要的制冷剂路径由通过点 4,5A,6A 和 7A 限定的回路形成。

[0066] 参照第一主要的制冷剂路径,在制冷剂以高压和高焓通过排放口 39 离开两级压缩机子单元 32(点 3)之后,制冷剂在排热换热器 24 中散失热量,以低焓和高压离开排热换热器 24(点 4)。然后该主要路径中的制冷剂在第一膨胀阀 26 中节流。在经过第一膨胀阀 26 内的膨胀过程(点 5)之后,制冷剂是两相的液气混合物,并且通向第一蒸发器 27。在剩余液体蒸发(点 1)之后,制冷剂通过吸入口 37 进入两级压缩机子单元 32。对气缸 36A 中的制冷剂进行压缩(其是两级压缩机子单元 32 的第一级),之后从排放口 50 排放(点 2)。在气缸 36B 中进行第二级压缩之后,制冷剂通过排放口 39 排放(点 3)。

[0067] 参照第二主要制冷剂路径,在离开排热换热器 24 之后,制冷剂在第二膨胀阀 126 中节流。在经过第二膨胀阀 126 内的膨胀过程(点 5A)之后,制冷剂是两相的液气混合物,并且通向第二蒸发器 27。在第二蒸发器 127 中蒸发(点 6A)之后,制冷剂通过吸入口 52 进入单级压缩机子单元 34 中。对气缸 36C 中的制冷剂进行压缩,之后从排放口 54 排放(点 7A),在点 7A 处,制冷剂与通过两级压缩机子单元 32 的排放口 39 排放的制冷剂混合。

[0068] 图 6B 示出适于图 6A 制冷系统 20F 的关于焓和压力关系的图。如图 6B 中所示,第一主要的制冷剂路径是由点 1,2,3,4 和 5 限定的回路,以及第二主要的制冷剂路径是由点 4,5A,6A 和 7A 限定的回路。

[0069] 如图 6B 中所示,多级压缩机单元 10F 的气缸 36A,36B 和 36C 设置成接收制冷剂并将其压缩到不同的压力。具体的,气缸 36A 接收来自第一主要制冷剂路径的制冷剂并将其压缩到中间压力,如由点 2 所示。接着,气缸 36B 接收来自中间压力的制冷剂并将其压缩到出口压力,如由点 3 所示。类似的,气缸 36C 接收来自第二节能制冷剂路径的制冷剂并将其压缩到出口压力,如由点 7A 所示。如图 6B 中所示,气缸 36C 的出口压力与气缸 36B 的出口压力基本相同。

[0070] 虽然将多级压缩机单元的可选实施例描述成包括从两个到三个的压缩机子单元,但是应该理解具有多于三个的压缩机子单元的多级压缩机单元也在本发明的预期范围内。此外,虽然多级压缩机单元的实施例描述成仅仅包括单级和两级的压缩机子单元,但是具

有多于两级的压缩机子单元也在本发明的预期范围内。这样,单级和两级压缩机子单元仅作为示例的目的示出,而并非限定性的。此外,包括除了上述那些之外的以各种组合结合的压缩机子单元的可选实施例也是预期的。

[0071] 虽然本发明的多级压缩机单元有利于在利用任意类型制冷剂的制冷系统中增加系统效率,其尤其有利于利用跨邻临界制冷剂(诸如二氧化碳)的制冷系统。由于二氧化碳是如此低临界温度的制冷剂,因此利用二氧化碳的制冷系统通常跨临界运行。此外,由于二氧化碳是如此高压力的制冷剂,有更多的机会在回路的高压部分和低压部分之间提供多个压力步骤,以便包括多个节能器和多个压缩机气缸,上述每一个有利于增加系统效率。这样,可利用本发明的多级压缩机单元来增加使用跨临界制冷剂(诸如二氧化碳)的系统的效率,使其效率可与通常制冷剂的效率相比。然而,本发明的多级压缩机单元有利于增加利用任意制冷剂的制冷系统的效率,包括那些亚临界运行和那些跨临界运行的制冷系统。

[0072] 虽然已经参照优选实施例对本发明进行了描述,但是本领域的那些技术人员将意识到在不脱离本发明精神和范围的情况下可在形式和细节上进行改变。

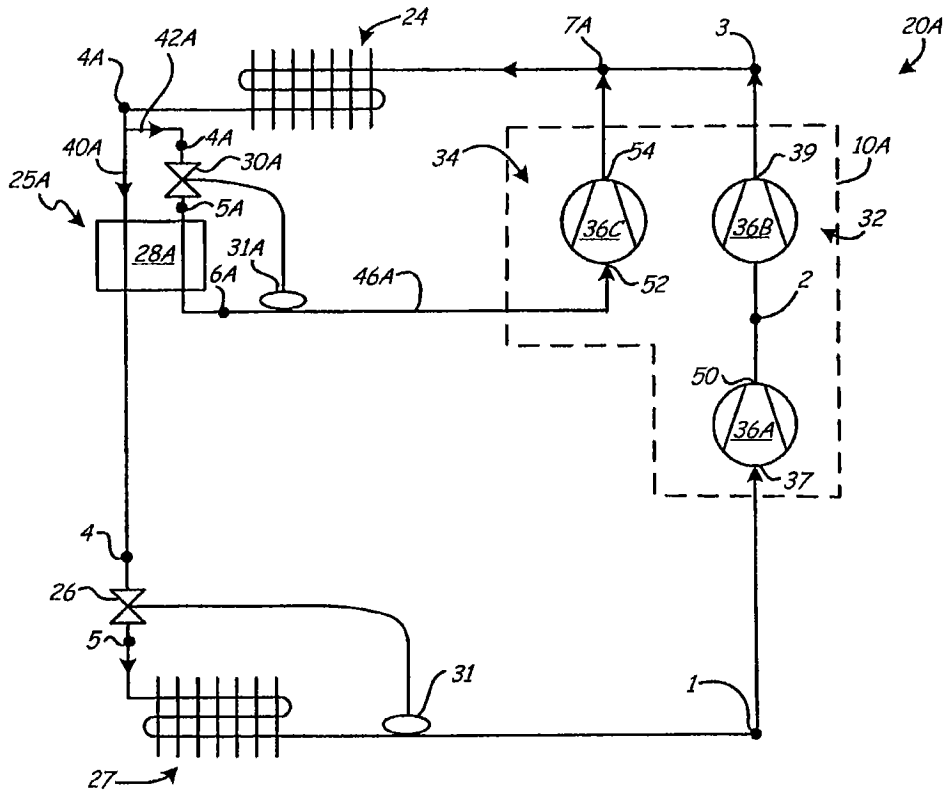


图 1A

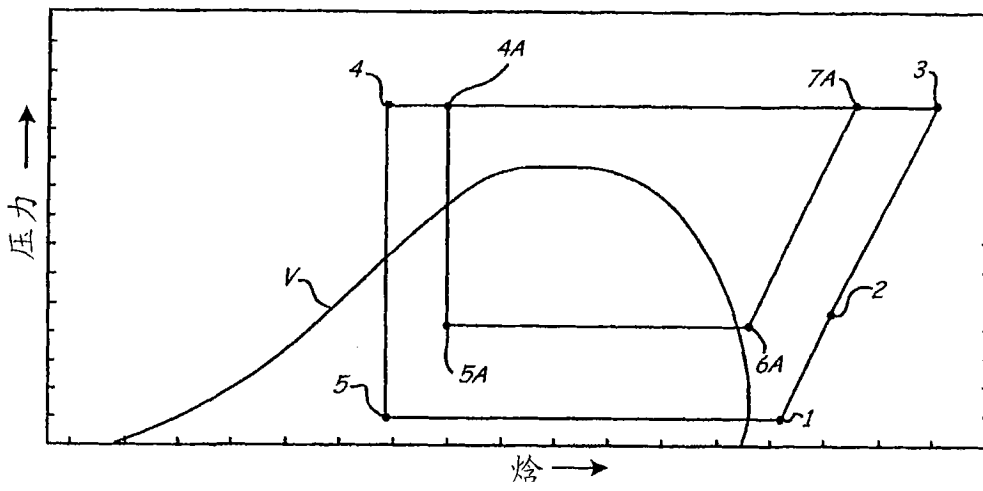


图 1B

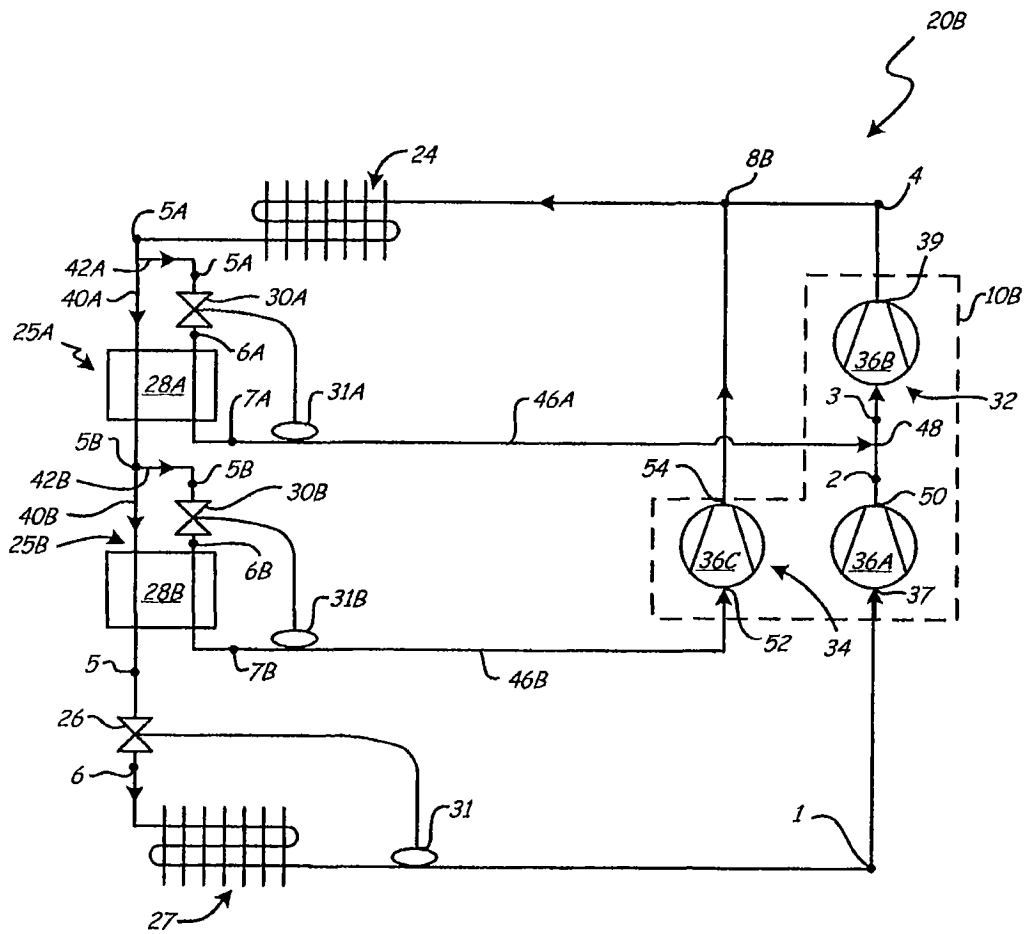


图 2A

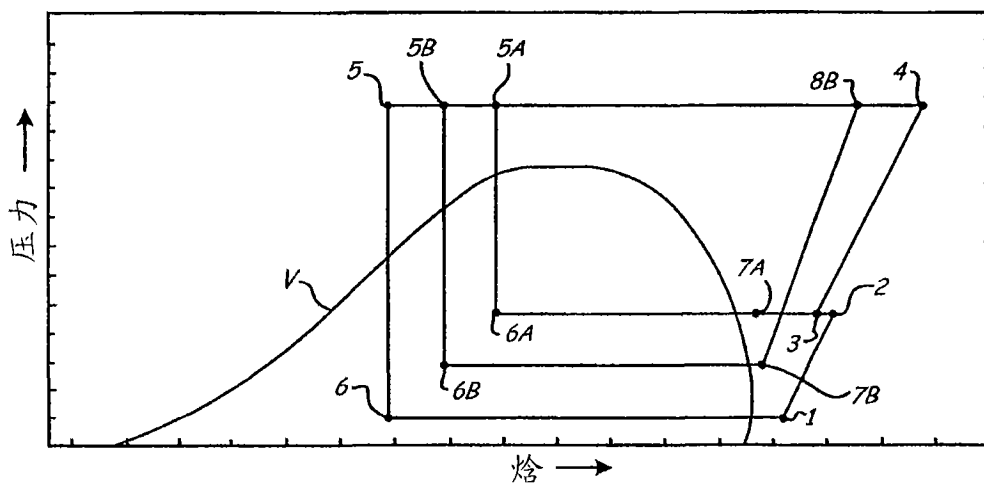


图 2B

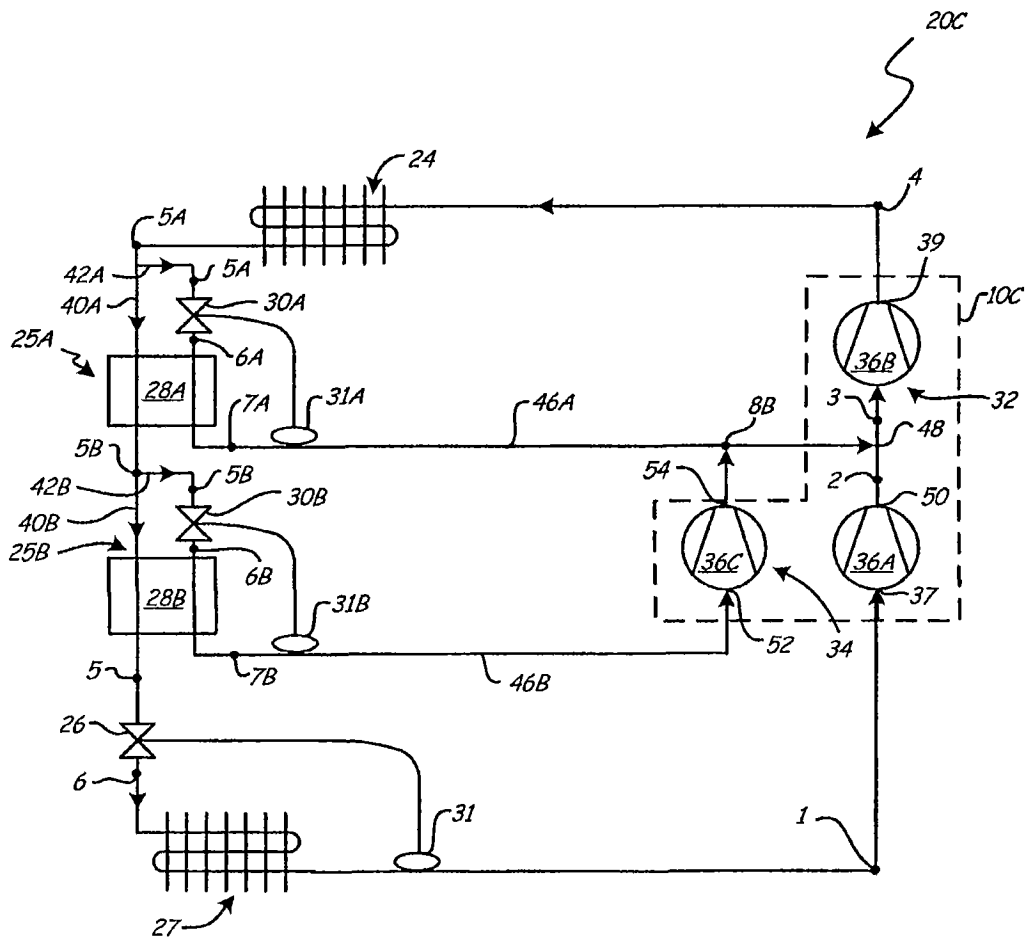


图 3A

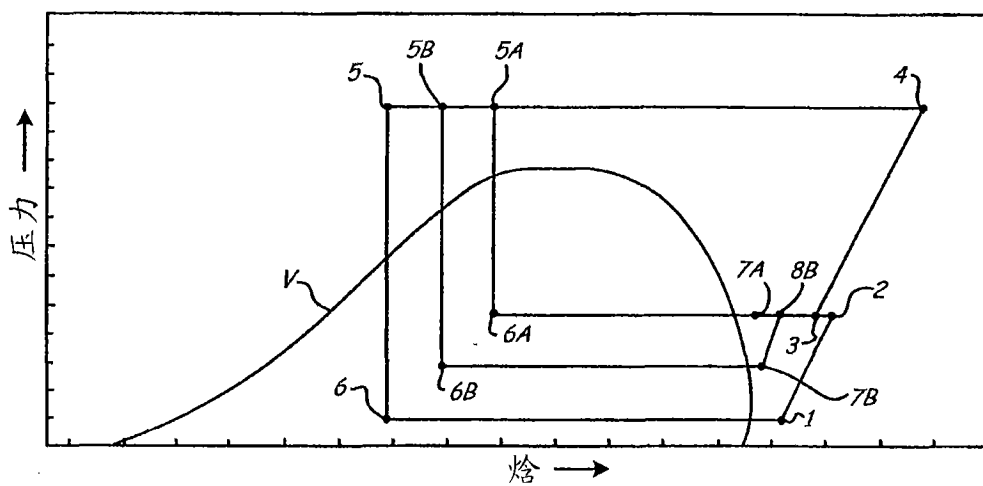


图 3B

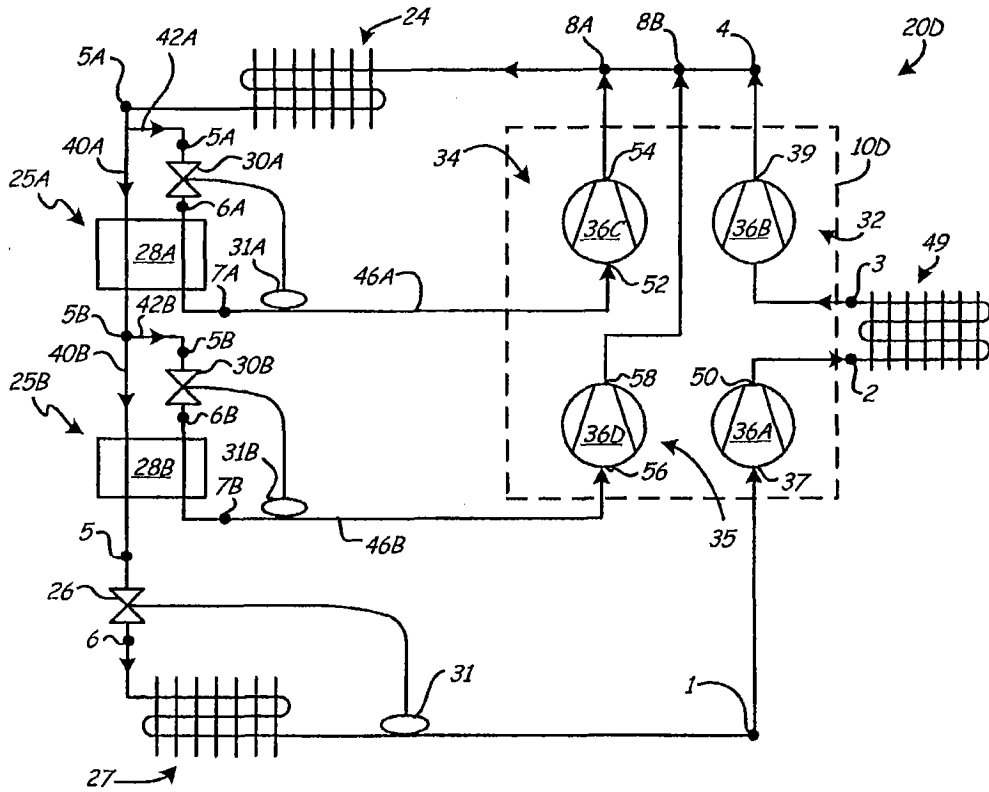


图 4A

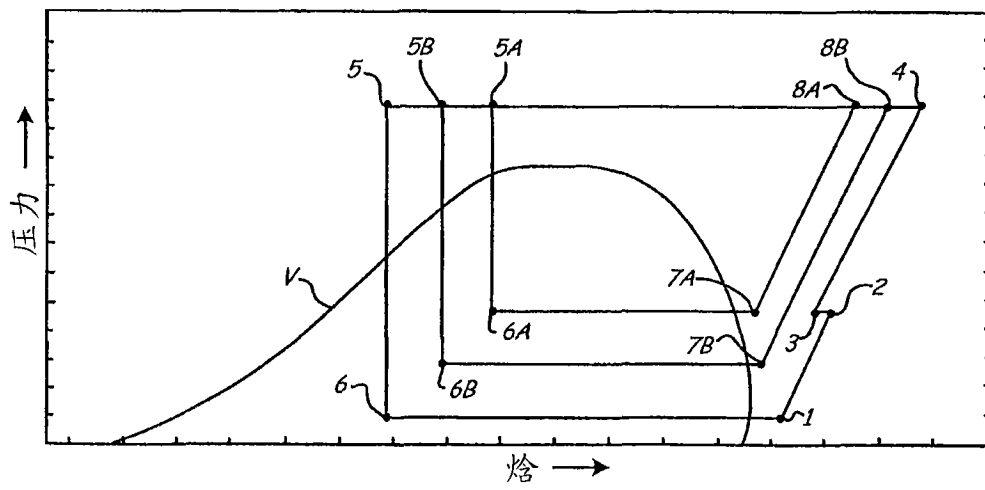


图 4B

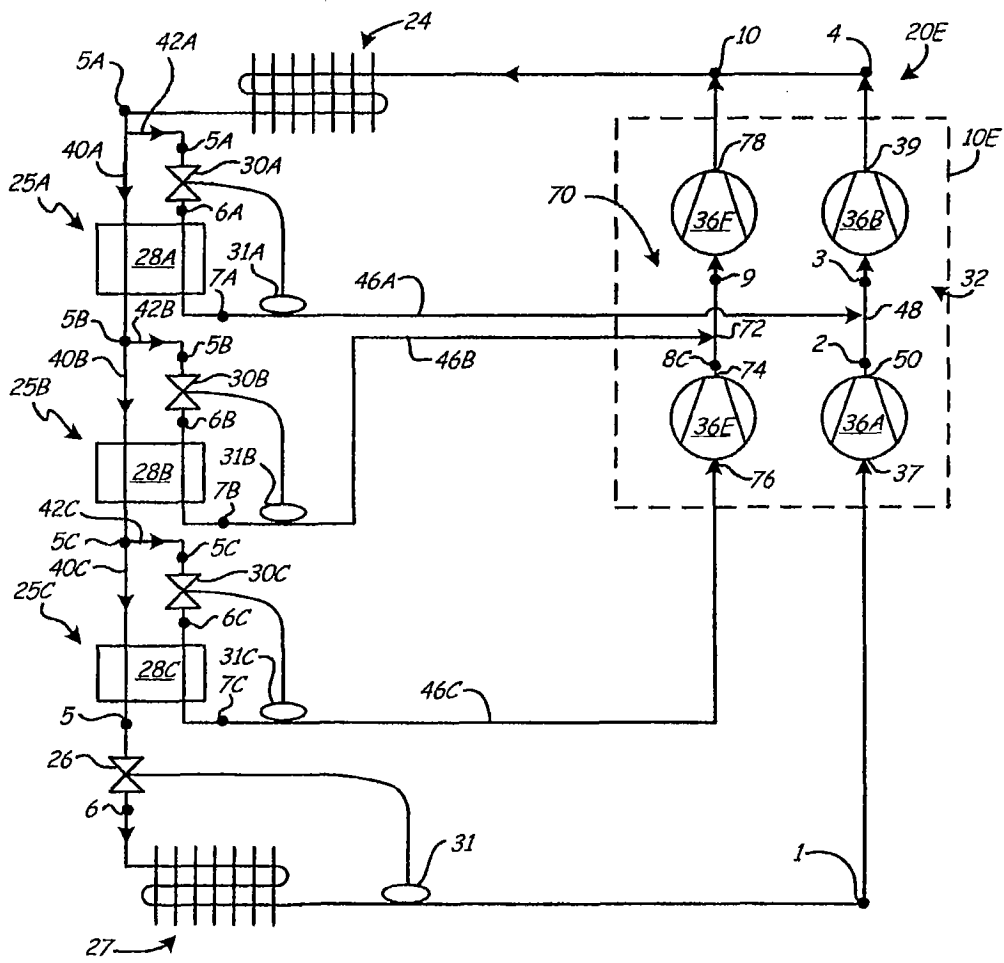


图 5A

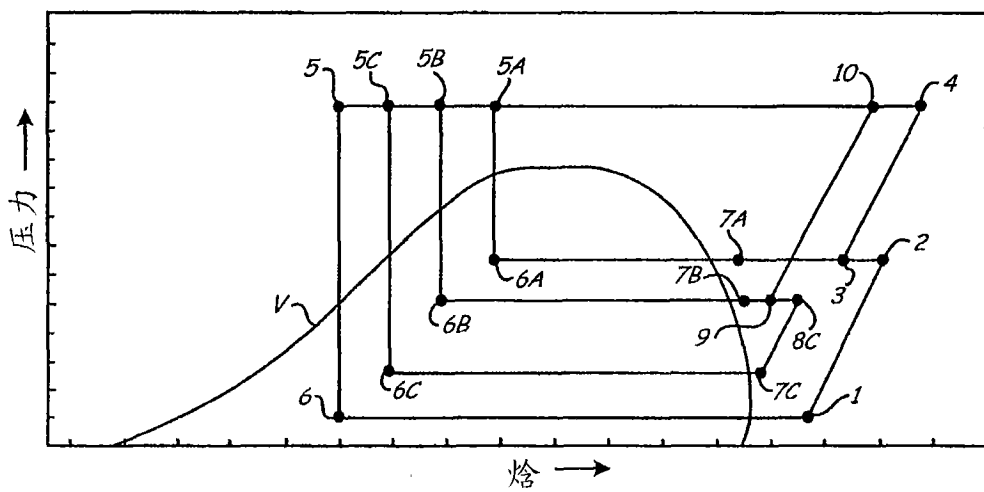


图 5B

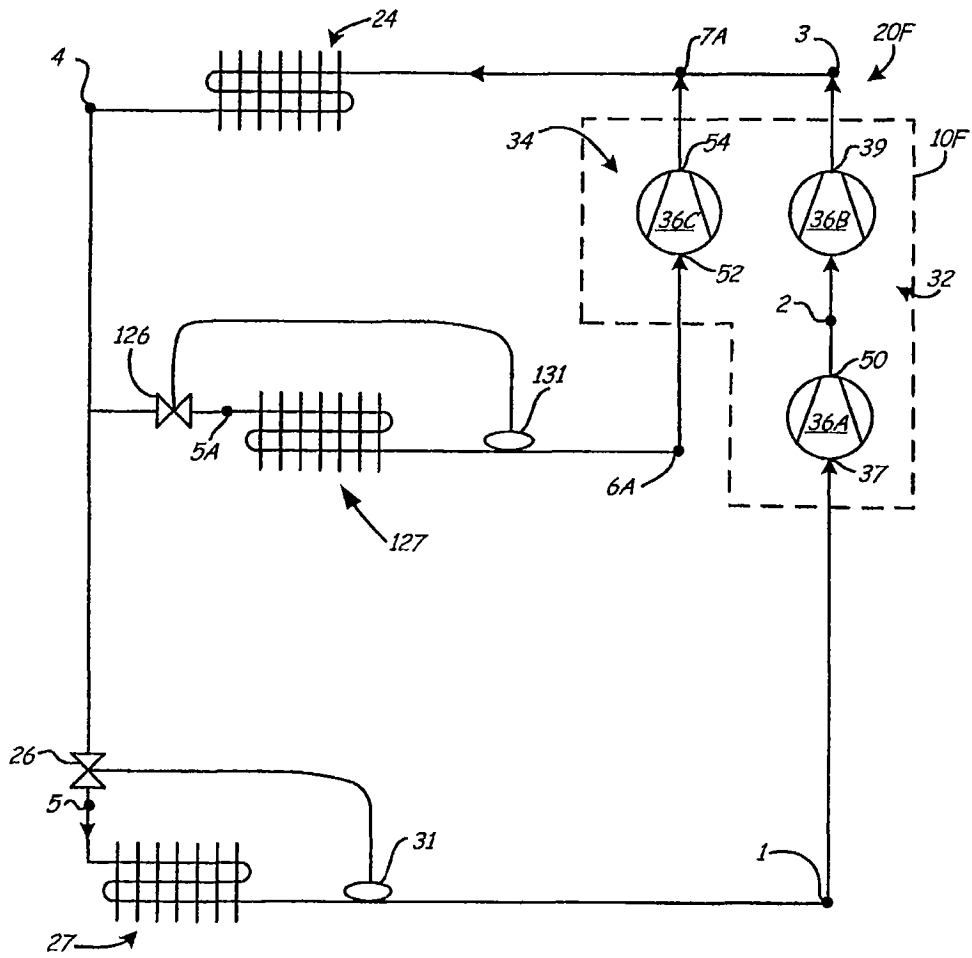


图 6A

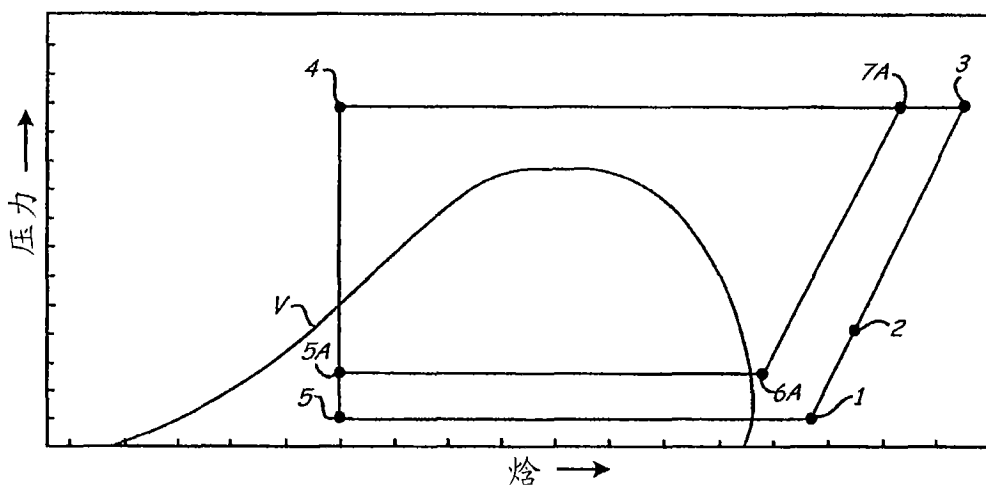


图 6B