



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102047485 A

(43) 申请公布日 2011.05.04

(21) 申请号 200980120501.0

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所 11038

(22) 申请日 2009.04.08

代理人 秦晨

(30) 优先权数据

12/101,771 2008.04.11 US

(51) Int. Cl.

H01M 8/04 (2006.01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010.12.02

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2009/039876 2009.04.08

(87) PCT申请的公布数据

W02009/126692 EN 2009.10.15

(71) 申请人 BDF IP 控股有限公司

地址 加拿大不列颠哥伦比亚省

(72) 发明人 U·M·林贝克 M·阿贝勒

C·R·路易 A·E·内尔森

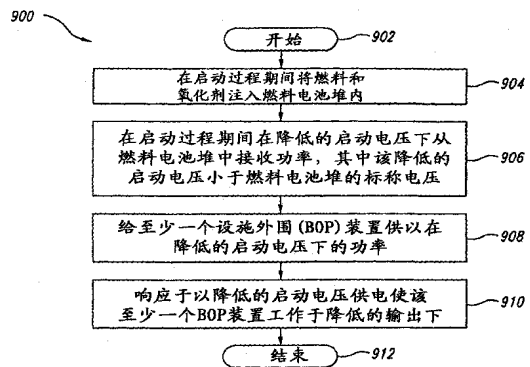
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 4 页

(54) 发明名称

启动燃料电池系统的系统和方法

(57) 摘要

公开了一种用于启动燃料电池系统的系统和方法。简要地说,用于在启动过程期间启动燃料和氧化剂之间的电化学反应的实施例包括在正常工作条件期间可用于输出标称电压的并且在启动过程期间可用于输出降低的启动电压的燃料电池堆,以及包括至少一个支持燃料电池堆的工作的设施外围(BOP)装置,该设施外围(BOP)装置在由燃料电池堆供以标称电压时工作于标称输出下,以及在由燃料电池堆供以降低的启动电压时可工作于降低的输出下。BOP装置是有贡献于燃料电池系统的工作的负载,例如控制系统、燃料或空气供给系统、冷却剂系统。



1. 一种用于在启动过程期间启动燃料与氧化剂之间的电化学反应的系统,包括:  
燃料电池堆,其在正常工作条件期间可输出标称电压以及在启动过程期间可输出降低的启动电压;以及

至少一个设施外围 (BOP) 装置,其支持所述燃料电池堆的工作,在由所述燃料电池堆供以所述标称电压时可工作于标称输出,以及在由所述燃料电池堆供以所述降低的启动电压时可工作于降低的输出。

2. 根据权利要求 1 所述的系统,其中所述 BOP 装置包括:

氧化剂供给装置电动机,其由所述燃料电池堆供电,在被供以所述标称电压时可用于将标称流速的空气流提供给所述燃料电池堆,以及在被供以所述降低的启动电压时可用于将降低速率的空气流提供给所述燃料电池堆,其中所述降低速率的空气流在所述启动过程期间维持了在所述燃料和所述氧化剂之间的所述电化学反应。

3. 根据权利要求 1 所述的系统,其中所述 BOP 装置包括:

燃料再循环系统电动机,其由所述燃料电池堆供电,在被供以所述标称电压时可用于向所述燃料电池堆提供标称速率的燃料再循环,以及在被供以所述降低的启动电压时可用于向所述燃料电池堆提供降低速率的燃料再循环,其中所述降低速率的燃料再循环在所述启动过程期间维持了所述燃料和所述氧化剂之间的所述电化学反应。

4. 根据权利要求 1 所述的系统,其中所述 BOP 装置包括:

热管理系统加热器,其可用于在所述启动过程期间加热流体;以及  
热管理系统电动机,其由所述燃料电池堆供电,在以所述标称电压供应功率时可用于向所述燃料电池堆以标称速率循环所述流体,以及在以所述降低的启动电压供电时可用于向所述燃料电池堆以降低的速率循环被加热时的流体,其中被加热的流体在所述启动过程期间提高了所述燃料电池堆的温度。

5. 根据权利要求 1 所述的系统,其中所述 BOP 装置包括:

可变速电动机,其由所述燃料电池堆供电,在被供以所述标称电压时可工作于标称速率下,以及在被供以所述降低的启动电压时可工作于降低的速率下。

6. 根据权利要求 1 所述的系统,还包括:

直流-直流 (DC/DC) 升压变换器,其电耦接至所述燃料电池堆的输出,以及在所述启动过程期间可用于将来自所述燃料电池堆的所述降低的启动电压升高到所述标称电压。

7. 一种用于启动燃料电池堆内的电化学反应的方法,该方法包括:

在启动过程期间将燃料注入所述燃料电池堆中;  
在所述启动过程期间从所述燃料电池堆接收处于降低的启动电压下的功率,其中所述降低的启动电压小于所述燃料电池堆的标称电压;  
以处于所述降低的启动电压下的所述功率给至少一个设施外围 (BOP) 装置供电;以及  
响应于供以所述降低的启动电压使所述至少一个 BOP 装置工作于降低的输出下。

8. 根据权利要求 7 所述的方法,还包括:

在所述启动过程期间维持所述降低的启动电压以在所述燃料电池堆内产生热,其中所产生的热提高了所述燃料电池堆的温度。

9. 根据权利要求 7 所述的方法,其中给所述至少一个 BOP 装置供电包括:

给氧化剂供给装置电动机供以所述降低的启动电压以向所述燃料电池堆提供降低速

率的空气流。

10. 根据权利要求 7 所述的方法,其中给所述至少一个 BOP 装置供电包括:

给燃料再循环泵电动机供以所述降低的启动电压以使所述燃料以降低的流速率再循环通过所述燃料电池堆。

11. 根据权利要求 7 所述的方法,其中给所述至少一个 BOP 装置供电包括:

在所述启动过程期间给热管理系统加热器供电以加热流体;以及

给热管理系统电动机供以所述降低的启动电压以使被加热时的流体以降低的流速率循环通过所述燃料电池堆以提高所述燃料电池堆的温度。

12. 根据权利要求 7 所述的方法,其中给所述至少一个 BOP 装置供电包括:

给可变速电动机供以所述降低的启动电压使得所述可变速电动机工作于降低的速率下。

13. 根据权利要求 7 所述的方法,其中给所述至少一个 BOP 装置供电包括:

给可变速电动机供以所述降低的启动电压使得所述可变速电动机工作于降低的扭矩下。

14. 根据权利要求 7 所述的方法,还包括:

在所述启动过程期间使所述燃料电池堆的电压维持于所述降低的启动电压;以及使所述燃料电池堆的所述电压在所述启动过程结束之后增加至所述标称电压。

15. 根据权利要求 7 所述的方法,还包括:

用升压变换器来将所述降低的启动电压升压至至少所述标称电压;以及由所述升压变换器给所述 BOP 装置供以所述标称电压。

16. 一种启动在燃料电池堆内的电化学反应的方法,该方法包括:

开始时将燃料注入所述燃料电池堆内以启动特征为第一极化曲线的电化学反应;以及给第一设施外围(BOP)装置供以在所述第一极化曲线上的降低的电压。

17. 根据权利要求 16 所述的方法,其中给所述第一 BOP 装置供以所述降低的电压在所述燃料电池堆内产生热。

18. 根据权利要求 16 所述的方法,还包括:

继续给所述第一 BOP 装置供以所述降低的电压以提高所述电化学反应的速率,其中所述电化学反应的提高了的速率的特征为第二极化曲线。

19. 根据权利要求 18 所述的方法,还包括:

响应于所述电化学反应提高至所述第二电化曲线而给所述第一 BOP 装置和第二 BOP 装置供以所述降低的电压。

20. 根据权利要求 18 所述的方法,其中所述第一 BOP 装置是氧化剂泵以及其中所述第二 BOP 装置是燃料再循环泵。

## 启动燃料电池系统的系统和方法

### 技术领域

[0001] 本公开内容总体地涉及电功率系统，并且更特别地涉及燃料电池堆启动系统。

### 背景技术

[0002] 电化学燃料电池转换反应物（即燃料和氧化剂流体流）以产生电功率和反应产物。电化学燃料电池一般地使用布置于两个电极（即阴极和阳极）之间的电解质。布置于电解质和电极之间的界面的电催化剂典型地引发在电极处所期望的电化学反应。电催化剂的位置总体地界定了电化学活性区。

[0003] 一种类型的电化学燃料电池是质子交换膜（PEM）燃料电池。PEM 燃料电池一般地使用包括布置于两个电极之间的固体聚合物电解质或离子交换膜的膜电极组件（MEA）。每个电极典型地包括给隔膜（membrane）提供结构支撑并用作流体扩散层的多孔的、导电的基板，例如碳纤维纸或碳布。隔膜是离子导电的，典型为质子导电的，并且既充当用于使反应物流彼此隔离的屏障也充当两个电极之间的电绝缘体。典型的商用 PEM 是由 E. I. du Pont de Nemours and Company 出售的货物名称为 NAFION<sup>®</sup> 的磺化全氟化碳膜。电催化剂典型为贵金属组合物（例如，铂金属黑（platinum metal black）或其合金）并且可以被提供于合适的支撑物上（例如，在碳黑支撑物上所支撑的铂颗粒）。

[0004] 在燃料电池中，MEA 被典型地插入基本上不渗透燃料流的两个隔板之间。隔板（plate）典型地充当集流体并且为 MEA 提供支撑。另外，隔板可以具有形成于其中的燃料管道并且充当给燃料流提供到各自多孔电极的通路以及为在燃料电池的工作期间所形成的反应产物的去除作准备的流场板。

[0005] 在燃料电池堆中，多个燃料电池连接在一起，典型为串联，以增加组件的总的输出功率。在该布局中，给定隔板的一侧可以用作一个电池（cell）的阳极流场板以及隔板的另一侧可以用作相邻电池的阴极流场板。在这种布局中，隔板可以称为双极板。典型地，多个进出口、供应歧管、排出歧管及排出口被利用来将燃料导引到流场板中的燃料管道。供应及排出歧管可以是延伸穿过在流场板内所形成的对齐的开口和 MEA 的内部歧管，或者可以包括附接于流场板的边缘的外部或边缘歧管。

[0006] 范围广泛的反应物（可交换地称为燃料）能够被使用于 PEM 燃料电池中。例如，燃料可以基本上是纯的氢气、气态的含氢重整物（reformate）流，或者在直接甲醇燃料电池中的甲醇。例如，氧化剂可以是基本上纯的氧气或稀释的氧气流（例如空气）。

[0007] 在 PEM 燃料电池的正常工作期间，燃料中的氢在电化学上被还原于阳极侧上，典型地导致生成质子、电子，以及可能为取决于所使用燃料的其他物质。质子被从它们所产生的反应位置中传导穿过隔膜以与阴极侧上的氧化剂中的氧电化学反应。电子穿过提供有用功率的外部电路并且然后与阴极侧上的质子及氧反应以产生水。

[0008] 一个影响启动过程的重要因素是启动过程开始时的燃料电池的初始温度。当燃料电池相对冷时，电化学反应过程是效率很低的。已知要设法在启动期间给燃料电池提供热以加快启动过程。例如，可以使用辅助加热装置来给燃料电池提供热。同样已知的是使燃

料电池工作于降低的电压下以通过相对高的功率损耗在燃料电池之内产生热。

[0009] 常规的燃料电池堆,以及它们关联的个体燃料电池,在正常的工作条件期间工作于相对高的最小堆组、电池,和 / 或各自的燃料电池电压。例如,在某些汽车应用中,燃料电池堆提供在 300 安培下的 250 伏特 (V) 的标称输出电压。燃料电池堆的个体的、串联的燃料电池在正常的工作条件期间输出每个燃料电池大约 0.5 伏特的标称电压。

[0010] 但是,在冷的启动过程,尤其是零下的启动期间,极化曲线显著小于正常工作期间由燃料电池所提供的极化曲线。例如,燃料电池堆可以在冷的温度下于 250 伏特的工作堆电压提供 100 安培的输出电流以及在正常工作温度下于 250 伏特的工作电压提供 200 安培的输出电流。

[0011] 随着燃料电池堆的启动过程进行,堆组及个体燃料电池的极化曲线从上述的启动极化曲线升高到正常工作的极化曲线。因此,在来自燃料电池堆的足够的电压和电流可用于正常的工作条件之前,启动过程需要一段时间。

[0012] 但是,支持燃料电池系统工作的各种设施外围 (balance of plant) (BOP) 装置并未总是为了工作于由燃料电池堆在启动期间提供的降低的电压下而设计。BOP 装置的一个实例是给在正常工作条件期间以标称电压范围提供源或电力时的燃料电池提供标称速率的空气流的氧化剂供给装置,例如鼓风机、风扇或空气压缩机。另一实例是使冷却剂以标称速率循环通过在标称电压范围内被供以源时的燃料电池堆的冷却剂泵。再一个实例是使到在标称电压范围内被供以源时的燃料电池的燃料流以标称速率再循环的阳极再循环泵。上述 BOP 装置是燃料电池工作所必要的。因此,在可从燃料电池堆中获得足够的电压和电流之前的启动过程期间,这些 BOP 装置由辅助电源 (例如蓄电池 (battery), 超级电容器) 和 / 或相对小的燃机供电。但是,此类辅助电源可能受限于它们的输出电流和 / 或能量容量,尤其是在冷温时,从而限制了 BOP 装置的数量和 / 或限制了可以给 BOP 装置供电的时间。

[0013] 而且,在可从燃料电池堆中获得足够的电压和电流之前的启动过程期间,其他系统负载同样可能需要辅助电源的电力。否则,其他系统负载必须保持关闭直到燃料电池堆能够提供足够的电压和电流来给这些系统负载供电。例如,在某些汽车应用中,使用乘客车厢的电加热器来加热乘客车厢。在启动条件期间,乘客车厢加热器无法工作除非另外由辅助电源供电。因为由乘客车厢加热器引出的高电流,所以由有限容量的辅助电源给乘客车厢加热器供电可能是不现实的。因此,减少用于冷燃料电池堆启动过程的持续时间是所希望的。

[0014] 尽管在本领域中已经有了进展,但是在本领域中仍然需要提高燃料电池堆启动过程的效率。本公开内容解决这些需要并且进一步提供相关的优点。

## 发明内容

[0015] 本发明公开了用于启动燃料电池系统的系统和方法。简要来描述,在一方面,实施例可以概括为在启动过程期间用于启动燃料与氧化剂之间的电化学反应的系统,包括可在正常工作条件期间工作以输出标称电压的并且可在启动过程期间工作以输出降低的启动电压的燃料电池堆,以及至少一个支持燃料电池堆工作的设施外围 (BOP) 装置。BOP 装置在由燃料电池堆供以标称电压时可工作于标称输出下,并且在由燃料电池堆供以降低的启动电压时可工作于降低的输出下。

[0016] 在另一方面,实施例可以概括为启动燃料电池系统的方法,该方法包括:在启动过程期间将燃料注入燃料电池堆内;在启动过程期间从燃料电池堆接收降低的启动电压的功率,其中降低的启动电压小于燃料电池堆的标称电压;给至少一个 BOP 装置供以在降低的启动电压下的功率;以及响应于在降低的启动电压下的供电使至少一个 BOP 装置工作于降低的输出下。

[0017] 在另一方面,实施例可以概括为启动燃料电池堆的方法,该方法包括:初始将燃料注入燃料电池堆内以启动其特征在于第一极化曲线的电化学反应,以及在第一极化曲线上给第一 BOP 装置供以降低的电压以在燃料电池堆内产生热。

### 附图说明

[0018] 在附图中,相同的参考数字标识类似的元件或动作。附图中的元件的尺寸和相对位置并不一定按比例绘制。例如,各种元件的形状和角度没有按比例绘制,以及这些元件中的某一些被任意地放大和定位以提高附图的可读性。此外,所绘制的元件的特别形状并不意欲传达关于特别元件的实际形状的任意信息,而是已经被单独地选择以便于在附图中辨认。

[0019] 图 1 是功率系统的示例性实施例的示意图。

[0020] 图 2 是示出在功率系统的正常工作期间的燃料电池堆的工作点的极化曲线的图表。

[0021] 图 3 是示出在燃料电池堆的启动过程的初始阶段内的工作点的极化曲线的图表,其中于降低的启动极化曲线给所选择的 BOP 装置供电。

[0022] 图 4 是使用启动升压变换器及可选的旁路电路的燃料电池系统的可选实施例的示意图。

[0023] 图 5 和 6 是示出用于启动燃料电池系统的过程的实施例的流程图。

### 具体实施方式

[0024] 在以下描述中,阐述了某些具体细节以便全面理解各种实施例。但是,本领域技术人员应当理解,本发明可以在没有这些细节的情况下实施。在其他实例中,与燃料电池、燃料电池系统、控制器、控制系统、设施外围、功率变换器、控制器和 / 或栅极驱动有关的已知的结构并没有示出或者并没有详细描述以避免不必要地使实施例的描述难理解。

[0025] 除非上下文另外要求,在本说明书以及之后的权利要求书的全文中,词语“包括”及其变形,例如,“包含”和“含有”将按开放的意义来理解,也就是“包括,但不限于”。

[0026] 本说明书通篇所提及的“一种实施例”或“实施例”意思是结合该实施例所描述的特别的特征、结构或特性包含于至少一种实施例中。因而,在本说明书全文各个地方出现的短语“在一种实施例中”或“在实施例中”并不一定指的是相同的实施例。而且,特别的特征、结构或特性可以按任意适合的方式结合于一个或多个实施例中。

[0027] 如同在本说明书及所附的权利要求书中所使用的,单数形式的“一 (a)”、“一个 (an)”和“该 (the)”包括复数对象,除非内容另有明确说明。还应当注意,词语“或”一般地按其包括“和 / 或”的意义来使用,除非内容另有明确说明。

[0028] 在此所提供的标题只是为了方便起见而并不说明所要求的发明的范围或含意。

### [0029] 功率系统概述

[0030] 图 1 是功率系统 100 的示意性实施例的示意图。功率系统 100 包括燃料电池堆 102 和控制器 104。燃料电池堆 102 包括至少一个膜电极组件 (MEA) 106, 该膜电极组件 (MEA) 106 包括由离子交换膜 112 所隔开的两个电极, 阳极 108 和阴极 110。

[0031] 膜电极组件 106 位于一对流场板 114a、114b 之间。在所示出的实施例中, 流场板 114a 包括形成于流场板 114a 的平面表面之上或之内的用于给阳极 108 运载燃料的一个或多个燃料管道 (没有示出)。流场板 114b 包括形成于流场板 114b 的平面表面之上或之内的用于给阴极 110 运载氧化剂 (例如, 空气) 的一个或多个氧化剂管道 (没有示出)。在某些实施例中, 运载氧化剂的氧化剂管道还运载废气和产物水离开阴极 110。

[0032] 功率系统 100 包括用于将燃料供给引入阳极 108 内的燃料入口 116 以及用于从阳极 108 排出用过的燃料流的燃料出口 118。用过的燃料流主要包括水、不反应的成分、杂质及一定量的残余燃料。供给和用过的燃料流为了方便起见可以共同称为反应物流或燃料流。为了方便起见, 燃料入口 116 和 / 或燃料出口 118 还可以分别称为反应物入口和反应物出口。

[0033] 在某些实施例中, 功率系统 100 可以具有为用过的燃料流从燃料出口 118 再循环回燃料入口 116 而设计的燃料再循环系统 120。燃料再循环泵 122 将用过的燃料流按期望的流速再循环到燃料电池堆 102。可选地, 可以引入再循环阀 124 以控制通过燃料再循环系统 120 的流量。消耗的或不反应的燃料可以通过临时打开清除阀 126 经由燃料出口 118 来排出。

[0034] 在一种实施例中, 设计每个膜电极组件 106 使之在阳极 108 和阴极 110 之间产生大约 0.6 伏特 (v) 的标称电位差。因此, 可以使多个个体膜电极组件 106 以及它们相关联的流场板 114a、114b 电串联地工作于燃料电池堆 102 内以在所期望的电压下产生电流。为了方便起见, 个体膜电极组件 106 及其相关联的流场板 114a、114b 可以称为燃料电池。

[0035] 燃料源系统 128 通过燃料源系统 128 给阳极 108 提供燃料 (例如, 氢)。例如, 燃料源系统 128 可以包括诸如一个或多个燃料箱 (没有示出) 的燃料源以及用于控制到燃料流中的燃料传输的燃料调节系统 (没有示出)。燃料源系统 128 可以耦接至主气阀 130。阀 130 由控制器 104 所控制以控制到燃料流的燃料引入流量。在一种实施例中, 控制器 104 可用于节流主气阀 130 以降低给燃料流添加燃料的速率。

[0036] 清除阀 126 被设置于燃料电池堆 102 的燃料流排出口端口 118 并且在燃料电池堆 102 工作的时候典型地工作于闭合位置。只有在需要维持所期望速率的电化学反应时才将用过的燃料从燃料电池堆 102 中清除。此外, 氮 (及其他杂质) 可能开始污染燃料流。当燃料的这些杂质及损耗的出现导致了燃料电池堆 102 降低性能时, 控制器 104 给清除阀 126 发送信号使之打开以便允许可能已经聚集于燃料流中的用过的燃料、杂质及其他不反应的成分排出。清除被适当地限制于短的时间周期内以限制有用燃料的损失, 因为此类损失会降低燃料电池堆 102 的效率。

[0037] 功率系统 100 通过氧化剂源系统 132 将氧化剂 (例如富氧空气) 提供给膜电极组件 106 的阴极 110。到氧化剂源系统 132 的氧气源或空气源可以采取氧气箱或环境大气的形式。在某些实施例中, 活性氧化剂供给装置 134 (例如鼓风机、风扇或空气压缩机) 经由氧化剂入口 138 以期望的流速将空气流提供给燃料电池堆 102。可选地, 还可以包括空气供

给阀 136。气流通过阴极 110,从氧化剂出口 140 离开。

[0038] 控制器 104 耦接至用于监控功率系统 100 环境的多个传感器 142。在工作期间,控制器 104 接收各种传感器测量值,例如但不限于:环境空气温度、燃料压力、燃料浓度、燃料电池堆电流、空气质量流量及燃料电池堆 102 上的电压。控制器 104 将控制信号提供给各种装置(例如以上描述的阀和/或下面将更详细描述设施外围(BOP)装置)以控制功率系统 100 的工作。

[0039] 某些实施例还包括可选的喷射泵系统 144。喷射泵系统 144 以相对较高的压力和/或速度将燃料强行喷入阳极 108 内。一种类型的喷射泵系统 144 使用两个喷嘴,其中每个喷嘴以不同的压力和/或速度来喷射燃料。

[0040] 功率系统 100 还包括可用来给燃料电池堆 102 提供热传输流体(例如,冷却剂)的热管理系统 146。在正常工作期间,通过热管理泵 148 使热传输流体循环通过燃料电池堆 102 使得热传输流体去除由电化学反应所产生的过剩热。某些实施例还可以包括可选的热管理系统加热器 150。热管理系统加热器 150 可用来在启动过程期间加热热传输流体。所加热的热传输流体的循环通过提高膜电极组件 106 的温度来促进启动过程。

[0041] 电功率从燃料电池堆 102 经过直流(DC)总线 156 输出到一个或多个系统负载 152 和/或辅助电源 154。燃料电池堆 102 经由直流-直流(DC/DC)变换器 158 耦接至 DC 总线 156,其中该直流-直流(DC/DC)变换器 158 可用于将在燃料电池堆电压下的来自燃料电池堆 102 的功率输出变换为 DC 总线 156 的电压。可以设计 DC/DC 变换器 158 使其以较低的输入电压阈值来工作。辅助电源 154 可以包括一个或多个蓄电池和/或超级电容器(没有示出)。当系统负载 152 由 DC 总线 152 供电时,此类负载被认为是 DC 装置。

[0042] 典型地,功率系统 100 将包括交流(AC)负载或给交流(AC)负载供电。因此,此类实施例使用将 DC 总线 156 耦接至 AC 总线 162 的交流-直流(AC/DC)变换器 160。AC 负载于是可以由 AC 总线 162 供电。当系统负载 152 由 AC 总线 162 供电时,此类负载被认为是 AC 装置。

[0043] 包括燃料电池堆 102 和控制器 104 的功率系统 100 的上述实施例一般描述示例性的实施例。功率系统 100 的其他实施例可以包括为了简便起见没有在此详细描述的其他元件和/或系统。此类可选的功率系统 100 数量太多以致无法在此方便地描述,并且为了简便起见而省略了。但是,任何可选的功率系统 100 都意欲包含于本公开内容的范围之内。

#### [0044] 燃料电池 BOP 装置

[0045] 一般地,设施外围(BOP)装置是对燃料电池系统正常工作有贡献的负载(例如,控制系统、燃料或空气供给系统、冷却系统)。功率系统 100 的实施例控制既可工作于标称电压下也可以工作于降低的启动电压下的所选择的 BOP 装置的工作。使所选择的 BOP 装置工作于降低的启动电压下使得在启动过程期间允许从燃料电池堆 102 引出更多的电流。使燃料电池堆 102 工作于降低的启动电压下则导致更多的热产生于燃料电池堆 102 内,显著地加快了燃料电池的启动以及到达正常的工作温度和性能。提高温度提高了燃料电池堆 102 之内的电化学反应的速率。可以使多个所选择的 BOP 装置依次工作以维持降低的启动电压。该启动过程将在下面更详细地描述。

[0046] 某些类型的 BOP 装置使用既可工作于标称电压下也可工作于降低的启动电压下的电动机。可工作于降低的启动电压下的电动机的实例是可变速电动机。可变速电动机在



被供以降低的启动电压时以降低的速度来工作,并且从而以降低的扭矩输出工作。此类电动机可以包括被供以 DC 功率的 DC 电动机或者可以包括被供以 AC 功率的 AC 电动机。使用在被供以降低的启动电压时可工作于降低的速度和 / 或扭矩的电动机的示例性的 BOP 装置在下面更详细地描述。

[0047] 如上所述,氧化剂供给装置(例如,鼓风机、风扇或空气压缩机)134的工作给阴极110供应富氧空气。氧化剂供给装置134由电动机164所驱动使得空气流被传输到氧化剂入口138,通过阴极110,以及从氧化剂出口140出来。

[0048] 在正常工作期间,当电动机164被供以其标称的额定电压时,氧化剂供给装置134供应足够量的空气以充分支持在燃料电池堆102内发生的电化学反应过程,因为电动机164正以其标称速度和 / 或其标称扭矩输出工作。但是,在启动过程期间,燃料电池堆102所需的空气量显著地小于正常工作条件期间所需的空气量。也就是,需要较少的空气(对应于相对较低的空气流量)因为由电化学反应过程在启动过程期间所消耗的氧气量是相对小的。

[0049] 实施例在燃料电池堆102的启动过程期间给电动机164供以降低的启动电压。给电动机164供以降低的启动电压导致了通过阴极110的降低的空气流量因为电动机164正以降低的速度和 / 或降低的扭矩输出工作。但是,这种降低的空气流量是足够用于在燃料电池系统102之内启动电化学反应过程的。

[0050] 如上所述,燃料再循环系统120和泵122的工作使燃料流再循环通过阳极108。泵122由电动机166所驱动使得燃料流被传输到燃料入口116,通过阳极108,以及从燃料出口118出来。

[0051] 在正常工作期间,当电动机166被供以其标称的额定电压时,泵122供应足够量的燃料以充分支持在燃料电池堆102之内发生的电化学反应过程因为电动机166正以其标称的速度和 / 或其标称的扭矩输出工作。但是,在启动过程期间,为燃料电池堆102所需的燃料量显著地小于在正常的工作条件期间所需的燃料量。也就是,需要更少的燃料(对应于相对较慢的燃料流)因为电化学反应过程在启动过程期间所消耗的燃料量是相对小的。

[0052] 实施例在燃料电池堆102的启动过程期间给电动机166供以降低的启动电压。给电动机166供以降低的启动电压导致了通过阳极108的相对较慢的燃料流因为电动机166正以降低的速度和 / 或降低的扭矩输出工作。但是,这种相对较慢的燃料流是足够用于启动在燃料电池系统102之内的电化学反应过程的。

[0053] 在正常工作期间,相当多的过剩热产生于燃料电池106之内。如上所述,热管理系统146使热传输流体循环通过燃料电池堆102以去除过剩的热。电动机168操作热管理系统泵148。给电动机168供以其标称的电压导致了所设计数量的热传输流体流通过燃料电池堆102因为电动机168正以其标称的速度和 / 或其标称的扭矩输出工作。

[0054] 但是,在所选实施例的启动过程期间,燃料电池堆102并不需要那么多的热传输流体流因为燃料电池堆102的温度是典型相对低的。装备有热管理系统加热器150的实施例可以给热管理系统加热器150供电以加热在热管理系统146中的热传输流体。热管理系统加热器150可以被供以由燃料电池堆102所提供的降低的启动电压。作为选择,热管理系统加热器150可以由辅助电源154供电。然后可以使所加热的热传输流体循环通过燃料电池堆102以提高温度。

[0055] 此类实施例在燃料电池堆 102 的启动过程期间给电动机 168 供以降低的启动电压。给电动机 168 供以降低的启动电压导致了降低数量的加热的热传输流体流通过燃料电池堆 102 因为电动机 168 正以降低的速度和 / 或降低的扭矩输出工作。但是,这种降低数量的热传输流体流在启动过程期间提高了在燃料电池系统 102 之内的温度。

[0056] 以上所描述的电动机 164、166 和 / 或 168 可以从 DC 总线 156 所供电的 DC 电动机。在其他实施例中,电动机 164、166 和 / 或 168 可以从 AC 总线 162 供电的 AC 电动机。

#### [0057] 燃料电池系统启动过程概述

[0058] 起初,燃料电池堆 102 并没有有效地产生功率,因为在阳极 108 内没有燃料并且在阴极 110 内没有空气来支持电化学反应过程。因此,启动过程在燃料由燃料源 128 供应以及空气由氧化剂源供应时开始。

[0059] 相对少量的燃料在开始时就被注入阳极 108 内以启动电化学反应过程。燃料由打开的阀 130 和工作着的泵 122 所注入。泵 122 开始时由辅助电源 154 供电。燃料再循环和热传输流体再循环同样开始于降低的启动电压下,并且全部依靠辅助电源。图 2 是示出燃料电池堆 102(图 1) 在功率系统 100 的正常工作期间的工作点的极化曲线 202 的图表 200。极化曲线 202 示出了针对燃料电池堆 102 的各种电压(垂直轴)以及来自燃料电池堆 102 的对应的输出电流(水平轴)的假设的工作点。特别地,极化曲线 202 示出了其中在 250 伏特的标称电压下提供 300 安培的工作点 204,这对应于 75 千瓦(kW)的功率。例如,75kW 的功率在功率系统 100 的正常工作期间可以以标称电压由燃料电池堆 102 供应给 BOP 装置及其他系统负载 152。但是,燃料电池堆 102 在它达到极化曲线 202 之前需要一段时间。也就是,如果燃料电池在启动过程的初始阶段是冷的,尤其是零下的,则可以意识到并没有实际的方式使燃料电池堆 102 能够在开始时提供所示出的 75kW 的功率。

[0060] 在图 2 中也示出的是示例性的降低的启动电压。在启动过程期间,功率系统 100 被限制于将在启动电压下的和 / 或在启动电压范围 206 之内的电流提供给至少一个所选择的 BOP 装置。为了方便起见,启动电压在图 2 中被示出为 100V。在一种示例性实施例中,燃料电池堆 102 的启动电压范围 206 为 100V ~ 150V(对应于电池数量 500 和电池电压 0.2V ~ 0.3V)。

[0061] 图 3 是示出在冷电池堆的启动过程的初始阶段的工作点的极化曲线 302 的图表 300。示例性的极化曲线 302 示出了假设的工作点 304,在该工作点 304 中在 250V 的正常启动电压下的 40 安培可从燃料电池堆 102 获得,总功率为 10kW。可获得的功率由参考数字 306 所标示。在冷极化曲线 302 上的工作点 305 表明了降低的启动电压 100V 下的较高的有效电流 120 安培,总功率为 12kW。在这两种情形中的功率大小(参考数字分别为 304 和 305)取决于极化曲线形状及实际工作电压是稍微不同的但也可以是相同的。该 10 或 12kW 的功率能够使 BOP 负载工作,或者如果没有足够的可获得的 BOP 负载或系统负载则能够给辅助负载充电。如果燃料电池功率对于 BOP 负载是不充足的,则附加的功率可来自于辅助负载。从燃料电池中引出的功率大小能够通过控制到及来自系统以及 BOP 负载和辅助负载的功率来调整以使电压保持于优选的范围内。应当意识到,通过将燃料电池堆 102 的工作维持于所示出的降低的启动电压 100V(与之相对的是正常工作电压 270V),过剩的热产生于燃料电池堆 102 之内。在由参考数字 304 所标示的工作点,产生了近似 14kW 的过剩热,然而在由参考数字 305 所标示的工作点,则产生了近似 60kW 的过剩热,这快了大约四倍的

速度来加热燃料。极化曲线 302 将更快地接近标称温度极化曲线 202, 从而使功率系统能够在较短的时间内获得充分的功率容量。随着极化曲线向外移动, 更大的功率变为可获得。

[0062] 各种实施例可以以选择性的方式依次给附加的 BOP 装置供电, 因为极化曲线在启动过程期间继续向外移动。通过将燃料电池堆 102 的电压维持于启动电压范围 206 之内, 一定量的过剩热继续产生于燃料电池堆 102 之内以支持启动过程。为了方便起见, 图 2 和 3 概念性地示出了启动过程的假设阶段, 其中随着附加的功率变为可获得, BOP 装置由燃料电池堆 102 以选择性的方式依次以启动电压供电。也就是, 在启动过程进行时实施例使用依次给多个 BOP 装置供以降低的启动电压的递增过程。如果燃料电池处于降低的启动电压将提供比能够由 BOP 负载、系统负载以及辅助电源的充电所使用的功率更大的功率, 则电压将上升并且电流将下降以维持功率平衡。

[0063] 总而言之, 在图 2 和 3 中示出的启动过程例示了在启动过程期间使燃料电池堆的电压维持于启动电压范围 206 之内更快速地提高了燃料电池堆 102 的温度。燃料电池堆 102 的温度提高使极化曲线更快地向外移动使得当工作于启动电压时附加的功率可从燃料电池堆 102 获得。

#### [0064] BOP 装置工作概述

[0065] 返回图 1, 在启动过程期间依次给各 BOP 装置供电的功率系统 100 的实施例的情形中, 假设的启动过程被描述。起初, 燃料必须被注入阳极 108 内以及空气被注入阴极内。如上所述, 控制器 104、阀 130 和泵 122 由辅助电源 188 供电。因此, 初始时添加的燃料和空气使电化学反应过程开始, 并且燃料电池堆 102 开始升温。

[0066] 在启动过程的某早期阶段, 燃料电池堆 102 不断增加的电压达到以上所描述的启动电压 (图 2 和 3)。在一种实施例中, 启动电压对应于在上文被描述为启动电压范围 206 的 100V ~ 150V 范围内的电压。在燃料电池堆 102 内使用 400 ~ 500 个个体燃料电池的实施例中, 每个燃料电池都工作于大约 0.2V ~ 0.4V 的降低的启动电压下。

[0067] 在一种示例性实施例中, 当可获得足够的功率时, 第一选择的 BOP 装置以由燃料电池堆 102 所供给的功率来开始工作。在本实例中, 电动机 164 是第一选择的 BOP 装置。如上所述, 氧化剂供给装置 134 在电动机 164 被供以降低的启动电压范围 206 时给燃料电池 106 提供了降低速率的空气流。降低速率的空气流至少足以在功率系统 100 的启动期间开始并维持与燃料的电化学反应过程。

[0068] 随着电化学反应的速率提高, 可以从燃料电池堆 102 中引出的功率的大小也增加。在启动过程的后期阶段, 一个或多个附加的 BOP 装置可以由燃料电池堆 102 供以降低的启动电压。

[0069] 例如, 燃料再循环系统 120 可以由控制器 104 来启动以开始燃料流的循环。起初, 可以不需要燃料再循环系统 120, 因为在阳极 108 内有足够的燃料。但是, 在某种情况下, 变得希望以循环的燃料流来重填 (refresh) 阳极 108。因此, 燃料再循环系统 120 将燃料流再循环至阳极 108。当电动机 166 被供以降低的启动电压时, 燃料流被以降低的速率来再循环。在启动过程的这点上, 降低速率的燃料流再循环足以提供足量的燃料来维持电化学反应过程。

[0070] 随着启动过程继续进行, 电化学反应的速率进一步提高, 因为通过使燃料电池堆 102 工作于降低的启动电压下所产生的过剩热使上述极化曲线向外移动。也就是, 可以从处

于降低的启动电压下的燃料电池堆 102 中引出的功率的大小进一步增加。在某种情况下,另一种 BOP 装置可以由燃料电池堆 102 选择性地供以降低的启动电压。

[0071] 例如,热管理系统 146 可以由控制器 104 来启动以开始热传输流体的循环。起初,因为燃料电池堆 102 是冷的,可以不需要热管理系统 146。但是,在某种情况下,可能变得希望使热管理系统加热器 150 工作以加热热传输流体。因而,控制器 104 可以开启热管理系统加热器 150 并且使其工作于降低的启动电压下。(作为选择,热管理系统加热器 150 可以由辅助电源 154 供电)。因此,热管理系统 146 使所加热的热传输流体以降低的速率循环至燃料电池堆 102。

[0072] 随着启动过程继续进行,其他装置可以由功率系统 100 供以降低的启动电压。例如,在某些汽车应用中,乘客车厢的电加热器(没有示出)可以被用来加热乘客车厢。在启动过程期间,能够使乘客车厢加热器工作于降低的启动电压以开始加热乘客车厢。某种水平的加热可能是所希望的,即使乘客车厢加热器在被供以降低的启动电压时工作于降低的输出。因此,能够通过调整到系统内的各个负载中的每一个负载的功率流来将启动电压控制于系统所限的负载突降之内

[0073] 如上所述,降低的启动电压在 100V ~ 150V 的示例性的降低的启动电压范围 206 之内。在其他实施例(所述实施例可以在燃料电池堆 102 中使用其他类型的燃料和/或不同数量的燃料电池)中,降低的启动电压和/或降低的启动电压范围 206 可以与以上所描述的不同。在功率系统 100 的实施例中的所有此类变化均意欲包含于本公开内容的范围之内。

[0074] 在以上所描述的启动过程期间,燃料电池堆 102 的输出电压被维持于启动电压范围 206(图 2)之内。在一种实施例中,控制器 104 控制着 DC/DC 变换器 158 使得电压被维持于启动电压和/或在启动电压范围 206 之内。应当意识到,DC/DC 变换器 158 的内部元件必须是可工作于宽范围的 DC 输入电压上,范围为从启动电压到标称工作电压。

[0075] 来自燃料电池堆 102 的电流可以通过选择性地给以上所描述的 BOP 装置供电来控制。此外,可变速的装置,例如电动机 164、166 和/或 168 可以可控地工作以从燃料电池堆 102 中引出期望大小的电流。

[0076] 除了促进燃料电池堆 102 较快启动之外,由功率系统 100 所实现的另一个优点是从辅助电源 154(例如蓄电池或超级电容器)中引出的功率可以被降低或者甚至被最小化。在某些情况下,功率可以由燃料电池堆 102 所提供以给辅助电源 154 充电。

#### [0077] 可选实施例

[0078] 图 4 是使用 DC/DC 升压变换器 802 和旁路电路 804 的功率系统 100a 的可选实施例。升压变换器 802 是使从燃料电池堆 102 获得的降低的启动电压步进提高(升压)至标称 DC 电压的 DC/DC 变换器系统。因此,在启动过程期间,以上所描述的 BOP 装置由升压变换器 802 供以它们的标称工作电压。一旦燃料电池堆 102 工作于其标称电压下,则降低的启动电压的升压结束并且 BOP 装置由燃料电池堆 102 直接供以标称的工作电压。

[0079] 旁路电路 804 包括开关电路系统 806。为了方便起见,开关电路系统 806 被示出为简化的一般开关。当由控制器 104 使其工作于第一状态时,旁路电路 804 将 DC/DC 变换器 158 的输出耦接至 DC/DC 升压变换器 802。当由控制器 104 使其工作于第二状态时,旁路电路 804 将 DC/DC 变换器 158 的输出耦接至 DC 总线 156。

[0080] 任何适合的开关电路系统 806 (例如,诸如 FET 和 IGBT 的功率晶体管、继电器等) 可以被使用于旁路电路 804。可以在功率系统 100a 的各种实施例中使用的开关电路系统 806 的类型数量太多以致无法在此方便地描述,因此,此类描述为了简短起见被省略了。所有这样类型的旁路电路 804 意欲包含于本公开内容的范围之内。

[0081] 图 5 和 6 是示出用于实现燃料电池堆 102 (图 1) 中的电化学反应过程的启动的过程的实施例的流程图。可选的实施例以配置为状态机的硬件来实现图 5 和 6 的流程图的逻辑。在这点上,每个块可以代表包含一条或多条可执行的指令的模块、片段或部分代码。还应当注意,在可选的实施例中,在块中所提及的功能可以不按图 5 和 6 中所提及的顺序出现,或者可以包括附加的功能。例如,取决于所涉及的功能,在图 5 和 6 中连续示出的两个块实际上可以基本上同时执行,块有时可以按相反的顺序来执行,或者某些块可以不执行于所有实例中,这将在下文进一步阐明。所有这样的修改和变更在此意欲包含于本公开内容的范围之内。

[0082] 在图 5 中示出了启动燃料电池堆 102 的过程 900 的一种示例性实施例。过程 900 开始于块 902。在块 904,燃料和氧化剂在启动过程期间被注入燃料电池堆 102 内。在块 906,在启动过程期间从燃料电池堆 102 接收处于降低的启动电压的功率,其中该降低的启动电压小于燃料电池堆 102 的标称电压。在块 908,至少一个设施外围 (BOP) 装置被供以降低的启动电压下的功率。在块 910,响应于以降低的启动电压供电而使该至少一个 BOP 装置工作于降低的输出。过程结束于块 912。

[0083] 在图 6 中示出了启动燃料电池堆 102 的过程 1000 的示例性实施例。过程 1000 从块 1002 开始。在块 1004,燃料和氧化剂在开始时被注入燃料电池堆 102 内以开始其特征在于第一极化曲线的电化学反应。在块 1006,第一设施外围 (BOP) 装置被供以在第一极化曲线上的降低的电压以使热产生于燃料电池堆 102 之内。过程结束于块 1008。

[0084] 所示实施例的以上描述 (包括在摘要中所描述的内容) 并没有意欲是穷尽的或者将本发明限定于所公开的确切形式。尽管为了说明的目的在此描述了具体的实施例和实例,但是各种等价的修改可以在没有脱离本发明的精神和范围的情况下进行,这将由本领域技术人员所认识到。在此提供的教导能够应用于其他功率系统,而并不一定是以上一般描述的示例性实施例。例如,功率系统 100 可以包括附加的初级 DC/DC 功率变换器或者具有不同布局的初级 DC/DC 功率变换器,这可以适用于特别的应用。

[0085] 以上的详细描述已经通过使用框图、示意图和实例来阐明了装置和 / 或过程的各种实施例。在此类框图、示意图及实例包含一种或多种功能和 / 或工作的情况下,本领域技术人员应当理解在此类框图、流程图或实例之内的每种功能和 / 或工作能够由范围广泛的硬件、软件、固件或者它们的任意实际结合来个体地和 / 或共同地实现。在一种实施例中,本发明主题可以通过专用集成电路 (ASIC) 和 / 或驱动板或电路系统连同任意相关存储器 (例如随机存取存储器 (RAM)、只读存储器 (ROM)、电可擦只读存储器 (EEPROM) 或者存储指令的其他存储装置) 一起来实现以控制工作。但是,本领域技术人员应当意识到在此所公开的实施例能够完全或部分地等价地实现于标准集成电路中,作为在一台或多台计算机上运行的一个或多个计算机程序 (例如,作为在一个或多个计算机系统上运行的一个或多个计算机程序),作为在一个或多个控制器 (例如,微控制器) 上运行的一个或多个程序,作为在一个或多个处理器 (例如,微处理器) 上运行的一个或多个程序,作为固件,或者作为它

们的任意实际结合,以及给软件和 / 或固件设计电路系统和 / 或编写代码根据本公开内容将会是在本领域技术人员技能之内的。

[0086] 另外,本领域技术人员应当认识到在此所教导的控制机制能够作为程序产品以各种形式来发布,以及在不考虑用来实际执行发布的特别类型的信号承载媒体的情况下等同地应用示出的实施例。信号承载媒体的实例包括但不限于下列媒体:可记录型媒体,例如软盘、硬盘驱动器、CD ROM、数字磁带及计算机存储器;以及传送型媒体,例如使用基于 TDM 或 IP 的通信链路(例如,包链路)的数字及模拟通信链路。

[0087] 能够结合以上所描述的各种实施例以提供更多的实施例。在本说明书中所涉及的所有以上美国专利、专利申请和出版物都通过引用的方式全文并入于此。若需要,能够修改各方面以使用不同专利、申请和出版物的系统、电路和概念以提供另外的实施例。

[0088] 能够根据以上详细描述对实施例来进行这些和其他改变。一般地,在权利要求书中,所使用的词语不应当被看作将权利要求限定于本说明书及权利要求书中所公开的具体实施例,而应当被看作是包括连同此类权利要求所授权的全范围的等价物一起的所有可能的实施例。因此,权利要求并不受限于本公开内容。

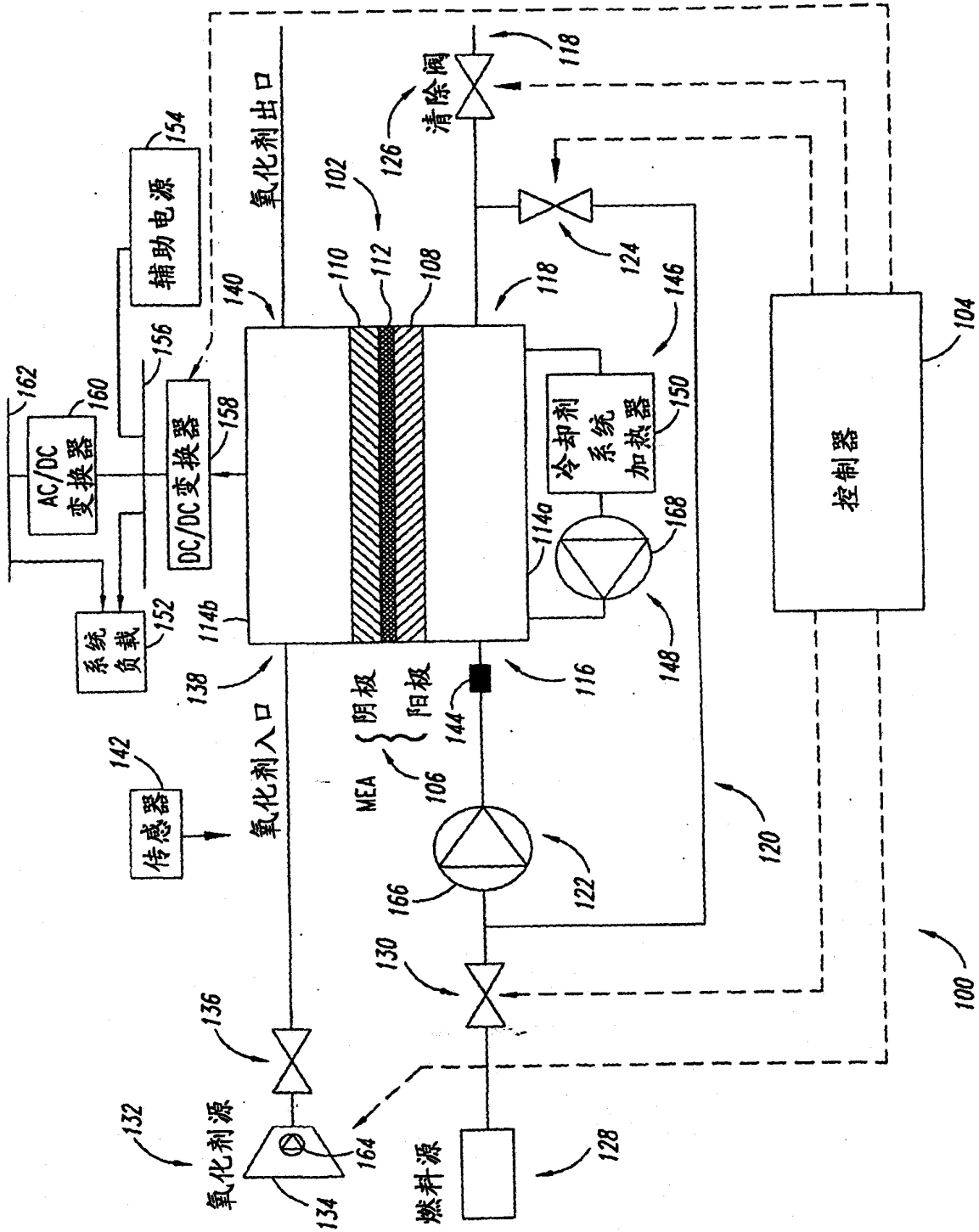


图 1

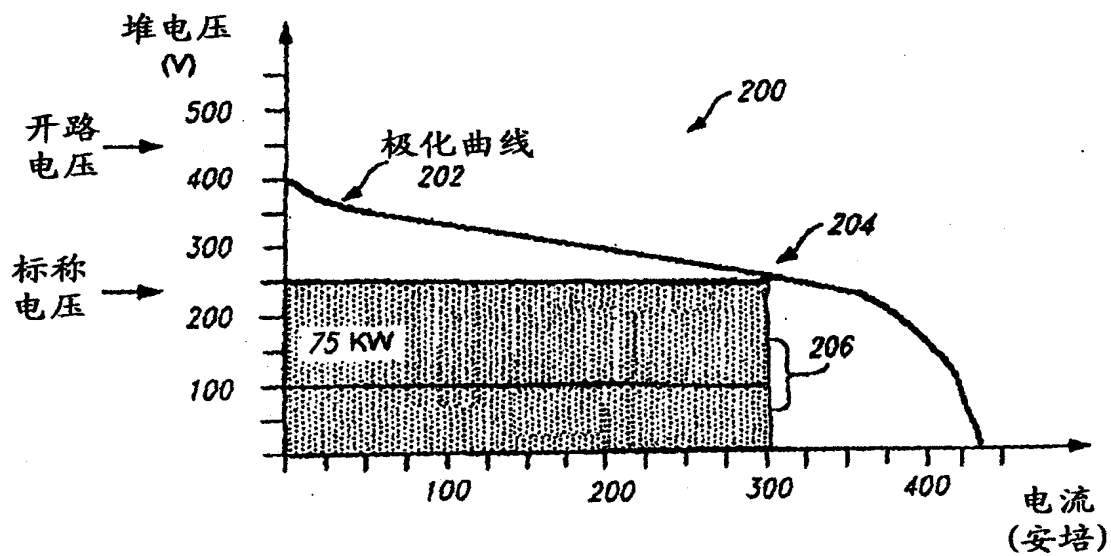


图 2

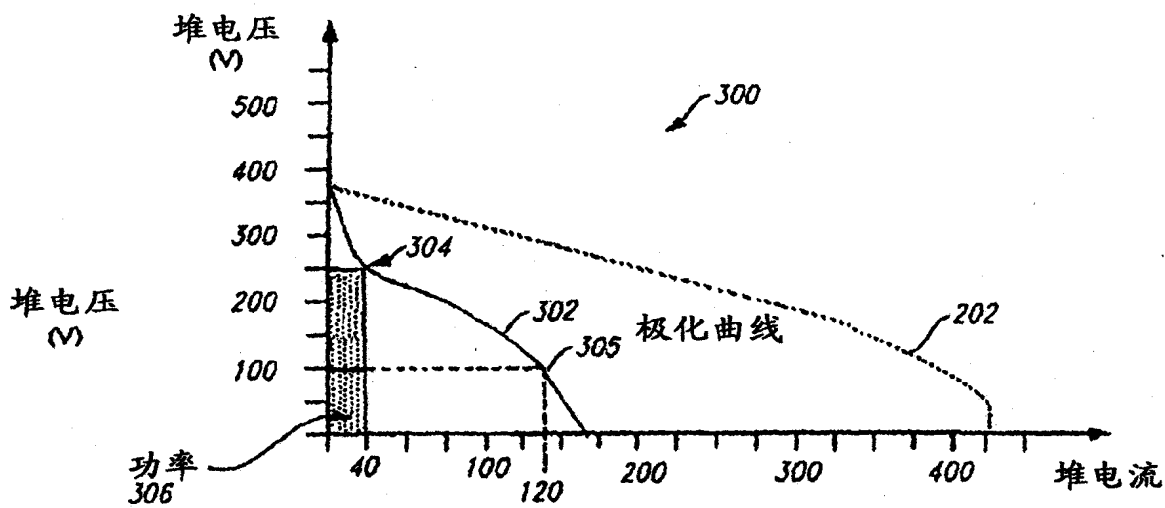


图 3



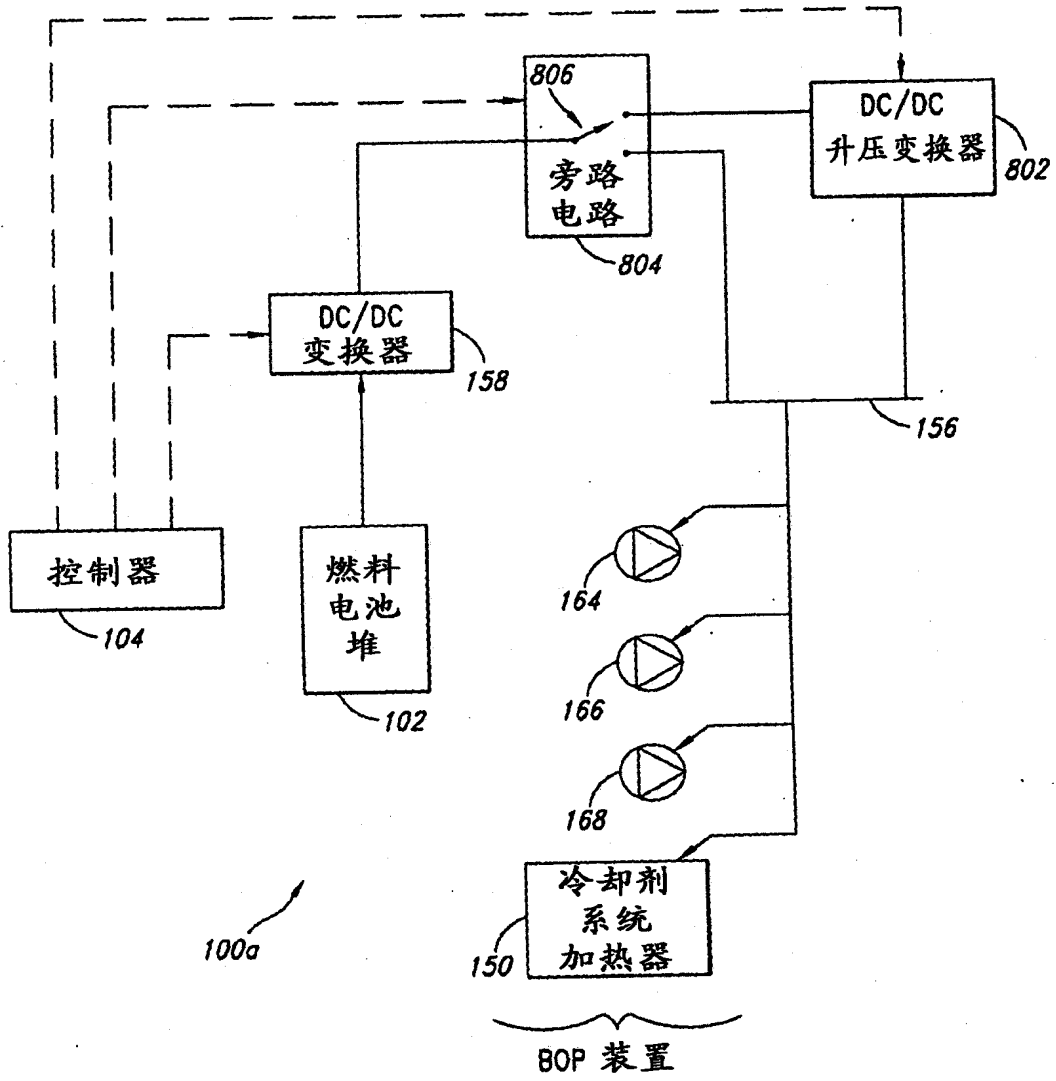


图 4

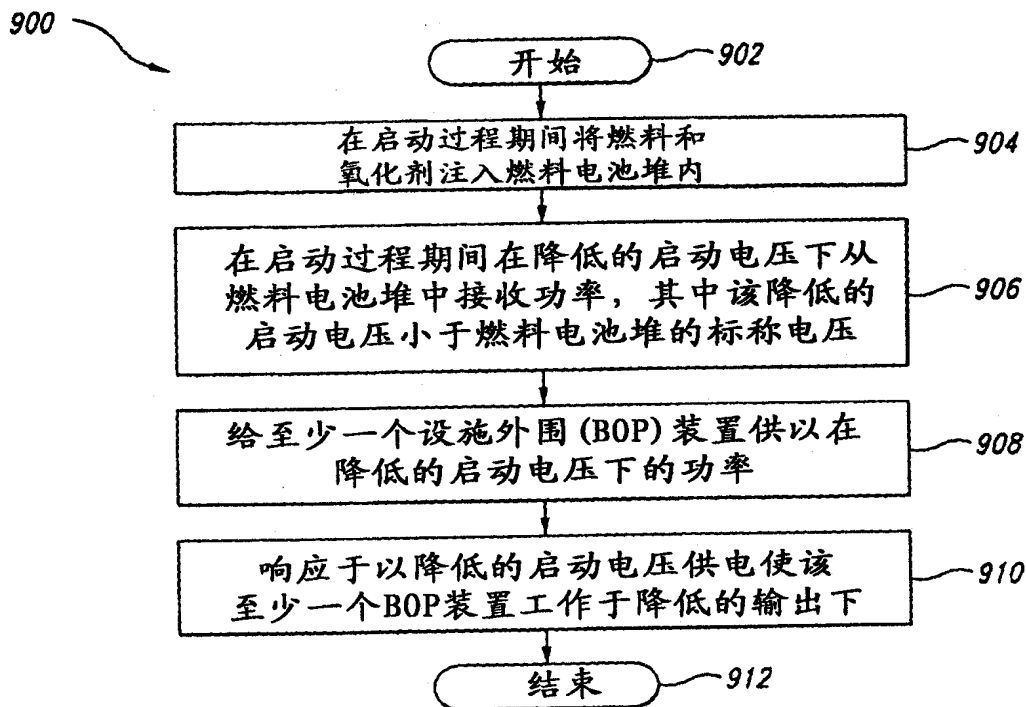


图 5

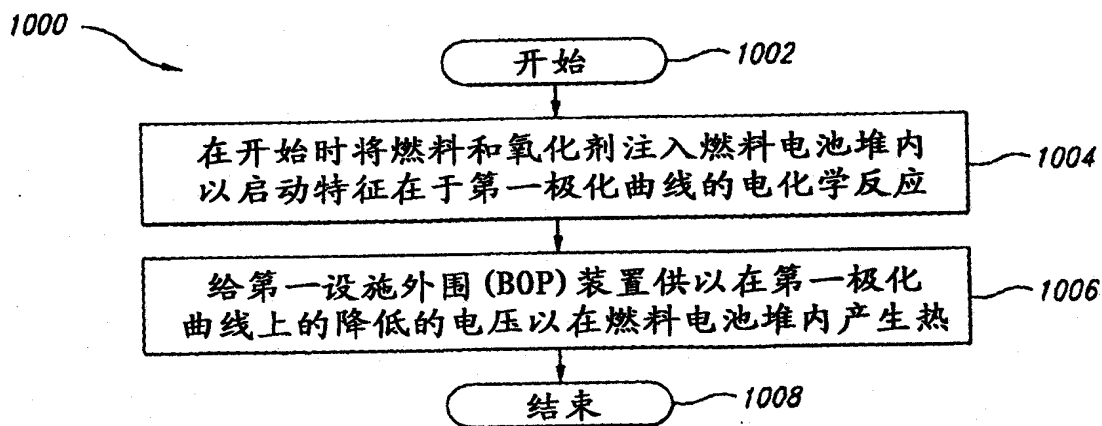


图 6