



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102340248 A

(43) 申请公布日 2012. 02. 01

(21) 申请号 201110201727. 2

H02M 1/32(2007. 01)

(22) 申请日 2011. 07. 19

(30) 优先权数据

12/839134 2010. 07. 19 US

(71) 申请人 通用汽车环球科技运作有限责任公司

地址 美国密执安州

(72) 发明人 L. A. 卡霍克 M. 佩里西克  
R. M. 兰索姆

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 薛峰 杨楷

(51) Int. Cl.

H02M 5/293(2006. 01)

H02M 7/219(2006. 01)

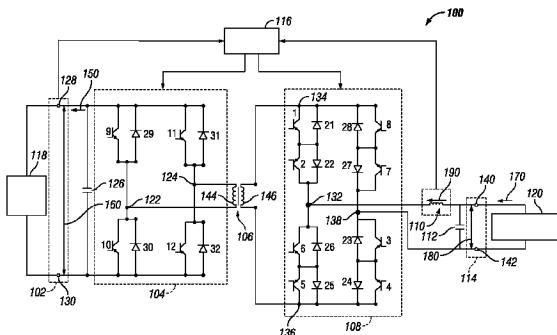
权利要求书 2 页 说明书 14 页 附图 6 页

(54) 发明名称

在矩阵转换器中减小瞬变电压峰值的系统和方法

(57) 摘要

本发明涉及在矩阵转换器中减小瞬变电压峰值的系统和方法。具体地，提供了用于使用能量转换模块传输能量的系统和方法，所述能量转换模块包括一个或多个开关元件。示例性电气系统包括 DC 接口；AC 接口；隔离模块；第一转换模块，其联接在所述 DC 接口和所述隔离模块之间；以及第二转换模块，其在所述 AC 接口和所述隔离模块之间。控制模块配置成操作所述第一转换模块以在断开所述开关元件之前提供注入电流到所述第二转换模块，从而减小通过所述第二转换模块的开关元件的电流大小。



1. 一种电气系统,包括:

第一接口;

第二接口;

隔离模块;

第一转换模块,其联接在所述第一接口和所述隔离模块之间;

第二转换模块,其联接在所述第二接口和所述隔离模块之间,所述第二转换模块包括第一开关元件;以及

控制模块,其联接到所述第一转换模块和所述第二转换模块,其中所述控制模块配置成操作所述第一转换模块以提供注入电流到所述第二转换模块,从而在断开所述第一开关元件之前减小通过所述第一开关元件的电流大小。

2. 如权利要求1所述的电气系统,其中:

所述第一接口包括直流(DC)接口;

所述第二接口包括交流(AC)接口;以及

所述控制模块配置成在操作所述第二转换模块之前提供所述注入电流以将能量从所述AC接口传输到所述DC接口。

3. 如权利要求1所述的电气系统,其中,所述隔离模块包括:

第一节点,其联接到所述第一转换模块;

第二节点,其联接到所述第一转换模块;

第一组绕组,其联接在所述第一节点和所述第二节点之间;

第三节点,其联接到所述第二转换模块;

第四节点,其联接到所述第二转换模块;以及

第二组绕组,其联接在所述第三节点和所述第四节点之间,所述第一组绕组和所述第二组绕组磁耦合,其中所述控制模块配置成操作所述第一转换模块以提供通过所述第二组绕组的所述注入电流。

4. 如权利要求3所述的电气系统,进一步包括电感元件,其联接在所述第二转换模块和所述第二接口之间。

5. 如权利要求4所述的电气系统,其中:

所述第二转换模块包括一组开关元件,其配置成允许电流以第一方向通过所述电感元件,所述一组开关元件包括所述第一开关元件;以及

所述控制模块配置成闭合所述一组开关元件的每个开关元件从而在断开所述第一开关元件之前使电流以所述第一方向循环通过所述电感元件。

6. 如权利要求5所述的电气系统,其中,所述注入电流减小通过所述电感元件的电流的比例,所述通过所述电感元件的电流流过所述第一开关元件。

7. 如权利要求4所述的电气系统,其中,所述控制模块配置成操作所述第一转换模块,从而以受通过所述电感元件的电流大小影响的方式提供所述注入电流。

8. 如权利要求7所述的电气系统,其中,所述控制模块配置成操作所述第一转换模块,从而以受所述第一接口处的电压大小影响的方式提供所述注入电流。

9. 一种用于使用能量转换模块传输能量的方法,所述能量转换模块包括开关元件,所述开关元件联接到电感元件,所述方法包括:

闭合所述开关元件以传导开关电流在第一节点到第二节点之间通过所述开关元件,所述开关电流包括至少一些通过所述电感元件的电流;

在所述第一节点提供注入电流,其中所述注入电流减小所述开关电流的大小;以及当所述开关电流的大小低于阈值时断开所述开关元件。

10. 一种电气系统,包括:

直流(DC)接口;

交流(AC)接口;

隔离模块,其包括第一组绕组,所述第一组绕组磁耦合到第二组绕组;

第一转换模块,其联接在所述DC接口和所述第一组绕组之间;

第二转换模块,其联接到所述第二组绕组;

电感元件,其联接在所述第二转换模块和所述AC接口之间;以及

控制模块,其联接到所述第一转换模块和所述第二转换模块,其中所述控制模块配置成:

操作所述第二转换模块以使电流循环通过所述电感元件;以及

操作所述第一转换模块以在操作所述第二转换模块之前提供通过所述第二组绕组的注入电流,从而将能量从所述电感元件传输到所述DC接口。

## 在矩阵转换器中减小瞬变电压峰值的系统和方法

### [0001] 关于联邦资助研究或开发的声明

本发明通过在协议 DE-FC26-07NT43123 下由美国能源部给予的政府支持而进行。政府对于本发明具有特定权利。

### 技术领域

[0002] 在此描述的发明主题的实施例一般涉及机动车辆中的电气系统,且更具体地,本发明主题的实施例涉及使用一个或多个电感元件的能量传输系统。

### 背景技术

[0003] 矩阵转换器可用于电动车辆和 / 或混合动力车辆中,以适应在相对较宽范围的操作电压下的相对较高的功率传输,而同时实现电流隔离、相对较高的功率因数、低谐波畸变、相对较高功率密度和低成本。例如,双向隔离矩阵转换器可用于将能量从交流(AC)能量源(例如,在大多数住宅和商用建筑物中常用的单相电网电力)传输以充电直流(DC)能量储存元件(例如在车辆中的可再充电池)。

[0004] 经常,电感器出现在 AC 能量源和矩阵转换器之间。中断电感电流会导致跨矩阵转换器的部件的不希望和潜在破坏性电压峰值。在开关循环期间,矩阵转换器在工作周期中使电感电流循环(或自由旋转)和传输能量(或电流)到 DC 能量存储元件之间交替,从而获得从 AC 能量源传递流到 DC 能量存储元件的所需功率。然而,由于矩阵转换器硬件内部的寄生和泄漏电感,从电感电流循环到传输能量的过渡也会产生跨矩阵转换器的部件的不希望和潜在破坏性电压峰值。

[0005] 解决这一问题的通常方法包括使用缓冲器电路,其配置成跨矩阵转换器的开关电气并联。然而,这种方法增加了系统的耗损部件从而降低效率和提高成本。另一种方法包括通过添加谐振电感器或准谐振缓冲器而使用软开关技术。这种方法也增加了部件,降低了效率和提高了成本和电路复杂性。

### 发明内容

[0006] 根据一个实施例,提供一种电气系统。电气系统包括:第一接口;第二接口;隔离模块;第一转换模块;第二转换模块和控制模块。第一转换模块联接在所述第一接口和所述隔离模块之间;第二转换模块联接在所述第二接口和所述隔离模块之间。控制模块联接到所述第一转换模块和所述第二转换模块,并且所述控制模块配置成操作所述第一转换模块以提供注入电流到所述第二转换模块,从而在断开所述第一开关元件之前减小通过所述第二转换模块的开关元件的电流大小。

[0007] 根据另一个实施例,提供一种用于使用能量转换模块传输能量的方法,所述能量转换模块包括开关元件,所述开关元件联接到电感元件。所述方法包括:闭合所述开关元件以传导开关电流在第一节点到第二节点之间通过所述开关元件。所述开关电流包括至少一些通过所述电感元件的电流。所述方法通过在所述第一节点提供注入电流而继续,其中所

述注入电流减小所述开关电流的大小。并且当所述开关电流的大小低于阈值时断开所述开关元件。

[0008] 在另一个实施例中，提供一种电气系统。所述电气系统包括：直流(DC)接口；交流(AC)接口；隔离模块，其包括第一组绕组，所述第一组绕组磁耦合到第二组绕组；第一转换模块，其联接在所述DC接口和所述第一组绕组之间；第二转换模块，其联接到所述第二组绕组；电感元件，其联接在所述第二转换模块和所述AC接口之间；以及控制模块，其联接到所述第一转换模块和所述第二转换模块。所述控制模块配置成操作所述第二转换模块以使电流循环通过所述电感元件；以及操作所述第一转换模块以在操作所述第二转换模块之前提供通过所述第二组绕组的注入电流，从而将能量从所述电感元件传输到所述DC接口。

[0009] 提供本发明内容用以通过简化形式介绍精选思路，其将在下文中的详细描述中进一步描述。本发明内容不用于确认所要求的发明主题的关键特征或实质特征，也不用于辅助确定所要求的发明主题的范围。

[0010] 本发明还提供了以下方案：

1. 一种电气系统，包括：

第一接口；

第二接口；

隔离模块；

第一转换模块，其联接在所述第一接口和所述隔离模块之间；

第二转换模块，其联接在所述第二接口和所述隔离模块之间，所述第二转换模块包括第一开关元件；以及

控制模块，其联接到所述第一转换模块和所述第二转换模块，其中所述控制模块配置成操作所述第一转换模块以提供注入电流到所述第二转换模块，从而在断开所述第一开关元件之前减小通过所述第一开关元件的电流大小。

[0011] 2. 如方案1所述的电气系统，其中：

所述第一接口包括直流(DC)接口；

所述第二接口包括交流(AC)接口；以及

所述控制模块配置成在操作所述第二转换模块之前提供所述注入电流以将能量从所述AC接口传输到所述DC接口。

[0012] 3. 如方案1所述的电气系统，其中，所述隔离模块包括：

第一节点，其联接到所述第一转换模块；

第二节点，其联接到所述第一转换模块；

第一组绕组，其联接在所述第一节点和所述第二节点之间；

第三节点，其联接到所述第二转换模块；

第四节点，其联接到所述第二转换模块；以及

第二组绕组，其联接在所述第三节点和所述第四节点之间，所述第一组绕组和所述第二组绕组磁耦合，其中所述控制模块配置成操作所述第一转换模块以提供通过所述第二组绕组的所述注入电流。

[0013] 4. 如方案3所述的电气系统，进一步包括电感元件，其联接在所述第二转换模块和所述第二接口之间。

[0014] 5. 如方案 4 所述的电气系统,其中 :

所述第二转换模块包括一组开关元件,其配置成允许电流以第一方向通过所述电感元件,所述一组开关元件包括所述第一开关元件;以及

所述控制模块配置成闭合所述一组开关元件的每个开关元件从而在断开所述第一开关元件之前使电流以所述第一方向循环通过所述电感元件。

[0015] 6. 如方案 5 所述的电气系统,其中,所述注入电流减小通过所述电感元件的电流的比例,所述通过所述电感元件的电流流过所述第一开关元件。

[0016] 7. 如方案 4 所述的电气系统,其中,所述控制模块配置成操作所述第一转换模块,从而以受通过所述电感元件的电流大小影响的方式提供所述注入电流。

[0017] 8. 如方案 7 所述的电气系统,其中,所述控制模块配置成操作所述第一转换模块,从而以受所述第一接口处的电压大小影响的方式提供所述注入电流。

[0018] 9. 如方案 3 所述的电气系统,其中 :

所述第一转换模块包括第二开关元件和第三开关元件,所述第二开关元件联接在所述第一节点和所述第一接口之间,所述第三开关元件联接在所述第二节点和所述第一接口之间;以及

所述控制模块配置成闭合所述第二开关元件和所述第三开关元件以提供所述注入电流。

[0019] 10. 如方案 9 所述的电气系统,进一步包括电感元件,其联接在所述第二转换模块和所述第二接口之间,其中所述控制模块配置成至少部分基于通过所述电感元件的电流大小确定用于闭合所述第二开关元件和所述第三开关元件的命令信号。

[0020] 11. 如方案 9 所述的电气系统,其中,所述控制模块配置成确定用于闭合所述第二开关元件和所述第三开关元件的命令信号,所述命令信号被确定使得所述注入电流的大小导致当所述第一开关元件断开时通过所述第一开关元件的电流基本上等于 0。

[0021] 12. 一种用于使用能量转换模块传输能量的方法,所述能量转换模块包括开关元件,所述开关元件联接到电感元件,所述方法包括 :

闭合所述开关元件以传导开关电流在第一节点到第二节点之间通过所述开关元件,所述开关电流包括至少一些通过所述电感元件的电流;

在所述第一节点提供注入电流,其中所述注入电流减小所述开关电流的大小;以及  
当所述开关电流的大小低于阈值时断开所述开关元件。

[0022] 13. 如方案 12 所述的方法,其中 :

提供所述注入电流包括操作联接在隔离模块和直流(DC) 接口之间的第一转换模块以将所述注入电流提供到联接到交流(AC) 接口的第二转换模块;

所述第二转换模块包括所述开关元件;以及

所述电感元件联接在所述第二转换模块和所述 AC 接口之间。

[0023] 14. 如方案 13 所述的方法,进一步包括至少部分基于通过所述电感元件的电流和所述 DC 接口处的电压确定用于所述第一转换模块的多个开关元件的命令信号,其中操作所述第一转换模块包括根据所述命令信号操作所述多个开关元件。

[0024] 15. 如方案 12 所述的方法,其中提供所述注入电流包括在联接到所述第一节点的变压器的一组绕组中感生所述注入电流。

[0025] 16. 如方案 12 所述的方法, 其中提供所述注入电流包括传导电流通过第一组绕组, 所述第一组绕组磁耦合到第二组绕组, 所述第二组绕组联接到所述第一节点, 通过所述第一组绕组的电流在所述第二组绕组中感生所述注入电流。

[0026] 17. 如方案 12 所述的方法, 其中断开所述开关元件包括当所述注入电流的大小等于通过所述电感元件的电流大小时断开所述开关元件。

[0027] 18. 一种电气系统, 包括 :

直流(DC) 接口;

交流(AC) 接口;

隔离模块, 其包括第一组绕组, 所述第一组绕组磁耦合到第二组绕组;

第一转换模块, 其联接在所述 DC 接口和所述第一组绕组之间;

第二转换模块, 其联接到所述第二组绕组;

电感元件, 其联接在所述第二转换模块和所述 AC 接口之间; 以及

控制模块, 其联接到所述第一转换模块和所述第二转换模块, 其中所述控制模块配置成:

操作所述第二转换模块以使电流循环通过所述电感元件; 以及

操作所述第一转换模块以在操作所述第二转换模块之前提供通过所述第二组绕组的注入电流, 从而将能量从所述电感元件传输到所述 DC 接口。

[0028] 19. 如方案 18 所述的电气系统, 其中所述控制模块配置成:

基于通过所述电感元件的电流和所述 DC 接口处的电压确定用于操作所述第一转换模块的命令信号; 以及

根据所述命令信号操作所述第一转换模块以提供通过所述第二组绕组的注入电流。

[0029] 20. 如方案 19 所述的电气系统, 其中所述控制模块配置成:

通过操作所述第二转换模块的第一开关操作所述第二转换模块以将能量从所述电感元件传输到所述 DC 接口; 以及

所述命令信号配置成产生所述注入电流, 所述注入电流具有的大小基本上等于当所述第一开关断开时通过所述电感元件的电流。

## 附图说明

[0030] 通过结合附图并参照详细描述和权利要求, 可得到对本发明主题的更完整理解, 其中相同附图标记在全部图中总是表示相似元件。

[0031] 图 1 是根据一个实施例的适用于车辆中的电气系统的示意图;

图 2 是根据一个实施例的适用于图 1 所示电气系统的控制过程的流程示意图; 和

图 3-6 是示出了适于与示例性实施例中的图 2 的控制过程一起使用的图 1 的电气系统的开关元件的各种状态的示意图。

## 具体实施方式

[0032] 以下详细描述实际上仅为示例性的, 并不用于限制本发明主题的实施例或这些实施例的应用和使用。在此使用的措辞“示例性”是指“用作示例、实例或例示”。作为示例在此描述的任何实施方案均不必被认为相对于其它实施方案的优选或有利的方案。而且,

本发明不会受限于在前文中的技术领域、背景技术、发明内容或后文中的详细描述中所呈现的任何明示或暗示的原理。

[0033] 以下描述涉及被“连接”或“联接”在一起的元件或节点或特征。除非另行明确说明，否则在此使用的“连接”是指一个元件 / 节点 / 特征直接接合到(或直接连通于)另一元件 / 节点 / 特征，而且不必采用机械方式。同样，除非另行明确说明，否则“联接”是指一个元件 / 节点 / 特征部直接或间接接合到(或直接或间接连通于)另一元件 / 节点 / 特征，而且不必采用机械方式。这样，虽然附图可图示出元件的一种示例性布置，不过，在所示主题的实施例中可能存在其它中介元件、装置、特征、或部件。此外，在以下描述中也可使用特定术语，其仅用于参照目的，而不同于限制。措辞“第一”、“第二”以及其它这样的指代结构的序数措辞并不暗示次序或顺序，除非在上下文中明确指出。

[0034] 在此使用的“节点”是指任何内部或外部的基准点、连接点、汇合部、信号线、导电元件、或类似物，在所述节点处，存在给定的信号、逻辑电平、电压、数据样式、电流、或量值。而且，两种或更多种节点可通过一个实体元件(物理元件)实现(两种或更多种信号可被复用、调制、或以其它方式区分，即使在共用节点处接收或输出也是如此)。

[0035] 在此所述的技术和思路一般涉及矩阵转换器系统，其能够在断开相应的一个或多个开关之前减少通过矩阵转换器的该一个或多个开关的电流，从而阻止或以其他方式抑制跨一个或多个开关的电压峰值，上述电压峰值将会以其他方式对于寄生电容和 / 或在矩阵转换器中泄漏电感的出现有贡献。如在下文中更详细所述，与矩阵转换器电感耦合(如通过变压器)的能量转换模块被操作以导致从直流电(DC)能量源流出，从而在与矩阵转换器耦合的绕组中感生注入电流。注入电流减少了通过将断开的矩阵转换器的一个或多个开关的电流的大小，并且当流经矩阵转换器相应开关的电流低于阈值时，矩阵转换器的相应开关断开以将能量传输到 DC 能量源。在示例性实施例中，注入电流配置成使得在相应开关断开时，流过断开的一个或多个开关的电流基本上等于 0。这样，防止、抑制或以其他方式减小了跨开关的电压瞬变，由此允许通过具有较低功率 / 电压处理要求的部件和较小的缓冲器(或完全没有缓冲器)或其它损耗性部件来实现矩阵转换器。

[0036] 图 1 图示出电气系统 100 (或可替代地为充电系统、充电器或充电模块) 的示例性实施例，其适用于车辆，例如电动车辆和 / 或混合动力车辆。非限制性地，电气系统 100 包括：第一接口 102；第一能量转换模块 104；隔离模块 106；第二能量转换模块 108；电感元件 110；电容元件 112；第二接口 114；和控制模块 116。第一接口 102 一般表示物理接口(例如，端子，连接器，和类似物)，用于将电气系统 100 联接到 DC 能量源 118；以及，第二接口 114 一般表示物理接口(例如，端子，连接器，和类似物)，用于将电气系统 100 联接到交流(AC) 能量源 120。因此，为了方便起见，第一接口 102 在此可被称为 DC 接口，而第二接口 114 在此可被称为 AC 接口。在示例性的实施例中，控制模块 116 联接到转换模块 104、108，并且操作转换模块 104、108，从而得到从 AC 能量源 120 流入 DC 能量源 118 的所需功率，如在下文中更详细所述。

[0037] 在示例性实施例中，DC 能量源 118 (或者可替代地为能量储存源或称 ESS)能够以特定 DC 电压电平( $V_{DC}$ ) (由箭头 160 表示)从电气系统 100 接收直流电流( $i_{DC}$ ) (由箭头 150 表示)。根据一个实施例，DC 能量源 118 被实现为可再充电高电压电池组，其具有从约 200 到约 500 伏 DC 范围内的标称 DC 电压。对此，DC 能量源 118 可包括主能量源，用于车辆中另

外的电气系统和 / 或电动马达。例如,DC 能量源 118 可联接到被设置为将电压和 / 或电流提供到电动马达的功率变换器,其转而可接合变速器以通过常规方式驱动车辆。在其它实施例中,DC 能量源 118 可实现为电池、燃料电池、超级电容器或其它适合的能量储存元件。

[0038] AC 能量源 120 (或功率源) 配置成以特定 AC 电压电平 ( $V_{AC}$ ) (由箭头 180 表示) 将 AC 电流 ( $i_{AC}$ ) 提供到充电系统 100 (由箭头 170 表示), 并且 AC 能量源 120 可被实现为主电源或主电气系统, 用于建筑物、家居、或在电力电网(例如, 干线电力或电网电力) 内的其它结构。根据一个实施例, AC 能量源 120 包括如在大多数住宅结构中常用的单相电源, 其根据地理区域而变化。例如, 在美国, AC 能量源 120 可被实现为在 60 Hz 下的 120 伏(RMS)或 240 伏(RMS), 而在其它区域中, AC 能量源 120 可被实现为在 50 Hz 下的 110 伏(RMS)或 220 伏(RMS)。在可替代的实施例中, AC 能量源 120 可被实现为适于充电系统 100 操作的任何 AC 能量源。

[0039] 如在下文中更详细所述, DC 接口 102 联接到第一转换模块 104, AC 接口 114 通过电感元件 110 联接到第二转换模块 108。隔离模块 106 联接在转换模块 104、108 之间, 并在两个转换模块 104、108 之间提供电流隔离。控制模块 116 联接到转换模块 104、108, 并操作第二转换模块 108 以将来自 AC 能量源 120 的能量转换为在隔离模块 106 上的高频能量, 其然后通过转换模块 104 转换为在 DC 接口 102 处的 DC 能量, 从而实现所希望的从 AC 能量源 120 到 DC 能量源 118 的功率流动。应理解, 虽然本发明的主题为了阐释的目的而在此被描述为处于电网至车辆的应用环境(例如, AC 能量源 120 将能量传输到 DC 能量源 118) 中, 不过, 在其它实施例中, 在此描述的本发明的主题可在车辆至电网的应用(例如, DC 能量源 118 将能量传输到 AC 接口 114 和 / 或 AC 能量源 120) 中实施和 / 或采用。

[0040] 为了充电 DC 能量源 118, 第一转换模块 104 将节点 122、124 处的高频能量转换为 DC 能量, 且该 DC 能量被提供到 DC 接口 102 处的 DC 能量源 118。对此, 第一转换模块 104 在将高频 AC 能量转换为 DC 能量时作为整流器操作。在所示实施例中, 第一转换模块 104 包括四个开关元件(9-12), 其中每个开关元件具有被设置为反向并联于相应开关元件以适应于双向能量传输的二极管(29-32)。如图所示, 电容器 126 被设置为在 DC 接口 102 两端上电并联, 以减小在 DC 接口 102 处的电压波动, 如现有技术中应认识到的那样。

[0041] 在示例性实施例中, 开关元件(9-12)为晶体管, 并可使用任意适合的半导体晶体管开关而实现, 例如, 双极结晶体管(例如 IGBT), 场效应晶体管(例如 MOSFET), 或在现有技术中已知的任何其它相当的装置。开关和二极管反向并联, 意味着开关和二极管以相反或逆反的极性电并联。反向并联设置允许双向电流流动而同时单向阻止电压, 如现有技术中应认识到的那样。在这种设置中, 通过开关的电流的方向相反于通过相应二极管的允许电流的方向。反向并联二极管连接在每个开关两端上, 从而在相应开关闭合时提供通向 DC 能量源 118 的电流路径, 用于对 DC 能量源 118 充电。如在下文中更详细所述, 在示例性实施例中, 控制模块 116 操作第一转换模块 104 的开关以提供从 DC 能量源 118 至隔离模块 106 的电流路径, 从而在第二转换模块 108 的节点 134, 136 处提供注入电流。

[0042] 在所示实施例中, 开关 9 连接在 DC 接口 102 的节点 128 与节点 122 之间, 并被设置为当开关 9 闭合时提供从节点 128 至节点 122 的电流流动路径。二极管 29 连接在节点 122 与节点 128 之间, 并被设置为提供从节点 122 至节点 128 的电流流动路径(例如, 二极管 29 反向并联于开关 9)。开关 10 连接在 DC 接口 102 的节点 130 与节点 122 之间, 并被设置

为当开关 10 闭合时提供从节点 122 至节点 130 的电流流动路径；二极管 2130 连接在节点 122 与节点 130 之间，并被设置为提供从节点 130 至节点 122 的电流流动路径。以类似方式，开关 11 连接在节点 128 与节点 124 之间，并被设置为当开关 11 闭合时提供从节点 128 至节点 124 的电流流动路径；二极管 2131 连接在节点 124 与 DC 接口 102 之间，并被设置为提供从节点 124 至节点 128 的电流流动路径。开关 12 连接在节点 130 与节点 124 之间，并被设置为当开关 12 闭合时提供从节点 124 至节点 130 的电流流动路径；二极管 2132 连接在节点 124 与 DC 接口 102 之间，并被设置为提供从节点 130 至节点 124 的电流流动路径。

[0043] 在示例性实施例中，第二转换模块 108 有利于使电流(或能量)从 AC 能量源 120 和 / 或电感元件 110 流动到隔离模块 106。在所示实施例中，第二转换模块 108 被实现为前端单相矩阵转换器，其包括八个开关元件(1-8)，其中每个开关元件具有被设置为以与前文关于第一转换模块 104 所述类似的方式反向并联于相应开关元件的二极管(21-28)。为了方便起见但非限制性地，第二转换模块 108 可替代地可在此被例示为矩阵转换模块(或矩阵转换器)或者循环换流器。如在下文中更详细所述，控制模块 116 调制(例如，断开和 / 或闭合)矩阵转换器 108 的开关(1-8)以在节点 122, 124 处产生高频电压，其得到了流入 DC 接口 102 和 / 或 DC 能量源 118 的所需功率。

[0044] 在图 1 所示实施例中，第一对的开关(1, 2)和二极管(21, 22)联接在节点 132 与节点 134 之间，其中，第一对的开关和反向并联二极管(例如，1 和 21)被设置为与第二对的开关和反向并联二极管(例如，2 和 22)具有相反极性。以这种方式，开关 1 和二极管 22 被设置为当开关 1 闭合、导通或以其它方式启用且节点 134 处的电压正于(或高于)节点 132 处的电压时，提供从节点 134 通过开关 1 和二极管 22 至节点 132 的电流流动路径。开关 2 和二极管 21 被设置为当开关 2 闭合、导通或其它方式启用且节点 132 处的电压正于节点 134 处的电压时，提供从节点 132 通过开关 2 和二极管 21 至节点 134 的电流流动路径。以类似方式，第二对的开关(3, 4)和二极管(23, 24)联接在节点 136 与节点 138 之间，第三对的开关(5, 6)和二极管(25, 26)联接在节点 132 与节点 136 之间，第四对的开关(7, 8)和二极管(27, 28)联接在节点 134 与节点 138 之间。

[0045] 在所示实施例中，开关 1, 3, 5 和 7 包括第一组开关，其能够在通过电感元件 110 的电流在负向流动时(例如， $i_L < 0$ )，使从节点 138 到节点 132 通过电感元件 110 的电流( $i_L$ ) (由箭头 190 表示)变换方向，并且开关 2, 4, 6 和 8 包括第二组开关，其能够在通过电感元件 110 的电流在正向流动时(例如， $i_L > 0$ )，使从节点 132 到节点 138 通过电感元件 110 的电流变换方向，如在下文中更详细所述。换言之，开关 1, 3, 5, 7 能够传导负向流过电感元件 110 的电流(例如， $i_L < 0$ )的至少一部分，并且开关 2, 4, 6, 8 能够传导正向流过电感元件 110 的电流(例如， $i_L > 0$ )的至少一部分。如本文所使用的，变换方向应理解为使电流通过矩阵转换器 108 的开关和二极管循环经过电感元件 110 使得通过电感元件 110 的电流流动不被中断的过程。

[0046] 在示例性实施例中，隔离模块 106 包括：连接在第一转换模块 104 的节点 122 和 124 之间的第一组绕组 144；和连接在节点 134 和 136 之间的第二组绕组 146。为了阐释目的，绕组 146 在此可被例示为包括主绕组级(或称主绕组)，成组的绕组 144 在此可被例示为

包括副绕组级(或称副绕组)。绕组 144、146 提供电感元件,所述电感元件以传统方式磁耦合以形成变压器,如应在现有技术中认识到的那样。在示例性实施例中,隔离模块 106 被实现为高频变压器。由此,隔离模块 106 包括被设计为在高频(例如转换模块 104、108 中开关的开关频率,如 50 kHz)下用于特定功率水平的变压器,使得变压器的物理尺寸相对于被设计为在较低频(例如 AC 能量源 120 的频率,如主频率)下用于相同功率水平的变压器而减小。

[0047] 在示例性实施例中,电感元件 110 实现为电感器,电感器被设置为电串联在矩阵转换器 108 的节点 132 与 AC 接口 114 的节点 140 之间。因此,为了方便起见,而不用于限制,电感元件 110 在此被称作电感器。电感器 110 在电气系统 100 的工作过程中用作高频电感能量储存元件。电容元件 112 实现为电容器,电容器被联接在 AC 接口 114 的节点 140 和节点 142 之间,电容器 112 和电感器 110 协同设置以提供高频过滤器,使得 AC 接口 114 处的电压波动最小,如应在现有技术中认识到的那样。

[0048] 控制模块 116 一般代表硬件、固件和 / 或软件,其被设置以操作和 / 或调制转换模块 104、108 的开关,以实现从 AC 能量源 120 到 DC 能量源 118 的所需功率流动。根据实施例,控制模块 116 可被实施或实现为通用处理器、微处理器、微控制器、内容可寻址存储器、数字信号处理器、专用集成电路、现场可编程门阵列、任何适合的可编程逻辑器件、分立的门或晶体管逻辑器件、分立的硬件部件、或者它们的任意组合,上述结构被设计为支持和 / 或执行在此所述的功能。

[0049] 当正常运行电网至车辆应用期间,控制模块 116 确定脉宽调制(PWM)命令信号从而控制矩阵转换器 108 的开关(1-8)的定时和工作周期以在绝缘模块 106 的一次绕组 146 上产生高频率 AC 电压,其在节点 22、24 上跨二次绕组 144 感生电流,从而导致所需电流( $i_{DC}$ )流入 DC 接口 102 以充电 DC 能量源 118。例如,根据一个实施例,控制模块 116 产生正弦 PWM 变量工作周期控制信号以控制状态机过渡,并由此控制开关间隔内(例如,开关倒转频率)的开关(1-8)的工作周期以应用适当的开关设计。控制模块 116 获得、监控,或以其他方式在 DC 接口 102 电压采样( $V_{DC}$ )并把获得的 DC 电压与参考电压(例如,理想的 DC 接口 102 电压)比较以得出误差信号,再将其与对应于开关频率(例如,50 kHz)的高频率载波信号比较从而得到正弦 PWM 调制工作周期。当误差信号低于载波信号时,控制模块 116 操作开关 1-8 以有效地使节点 132、138 短路并使能量循环通过矩阵转换器 108 以跨电感器 110 施加请求电压。当误差信号高于载波信号时,控制模块 116 操作开关(1-8)以释放电感器 110 存储的能量和 / 或电压(替代地,回扫电压)。回扫电压和 AC 接口 114 处的电压的和应用于绝缘模块 106 上的一次绕组 146,导致功率转移到节点 122、124 和 / 或 DC 能量源 118。控制模块 116 重复操作开关(1-8)的步骤以在误差信号变得低于载波信号时通过矩阵转换器 108 循环能量并且当误差信号高于载波信号时释放电感器 110 存储的能量。以这种方式,矩阵转换器在通过电感器 110 循环能量以及向绝缘模块 106 和 / 或 DC 接口 102 传输能量(在充电系统 100 的操作中始终需要)之间交替。

[0050] 如在下文中更详细所述,在示例性实施例中,控制模块 116 通过电感器 110 获得或以其他方式监控电流( $i_L$ )(例如,通过电流传感器测量的电感电流),并且当电感电流大小大于阈值时,确定 PWM 命令信号以控制定时和工作周期,其用于操作第一转换模块 104 的开关(9-12),从而在从使能量循环通过电感器 110 到传输能量到隔离模块 106 和 / 或 DC 接口

102 的过渡之前通过绝缘模块 106 的一次绕组 146 注入电流。根据一个或多个实施例，控制模块 116 联接到 DC 接口 102 和电感器 110，并至少部分基于 DC 接口 102 处的电压( $V_{DC}$ )和 / 或通过电感器 110 的电流( $i_L$ )确定开关(9-12)的 PWM 命令信号的定时和工作周期。

[0051] 应理解，图 1 是电气系统 100 的简化表现，用于说明目的，而不用于以任何方式限制在此所述本发明主题的范围或应用性。这样，虽然图 1 图示出在电路元件和 / 或端子之间的直接电连接，不过，在以大致相似方式实现功能的情况下，可替代实施例可采用中介电路元件和 / 或部件。此外，虽然电气系统 100 在此描述为处于车辆矩阵转换器 108 的应用环境中，不过，本发明的主题应不限于车辆和 / 或汽车应用，在此描述的本发明的主题可在其中能量转换模块用于使用开关元件传输能量的任何应用(例如，降压转换器，增压转换器，功率变换器，电流源变换器和 / 或转换器，电压源变换器和 / 或转换器，等等)中实施。

[0052] 现在参见图 2，在示例性实施例中，电气系统可被设置以执行下述的控制过程 200 和另外的任务、功能和操作。各种任务可通过软件、硬件、固件、或它们的任意组合而执行。为了示例目的，以下的描述可参考前文中结合图 1 所述的元件。在实践中，任务、功能和操作可通过所述系统的不同元件(例如，第一转换模块 104、隔离模块 106、矩阵转换模块 108、和 / 或控制模块 116)执行。应认识到，任意量的另外的或可替代的任务可包括在内，并可并入在此未详细描述的具有另外功能的更复杂的进程或过程中。

[0053] 参见图 2 并继续参见图 1，控制过程 200 通过得到 DC 接口的电压和得到电感电流(任务 202, 204)而初始化或开始。例如，控制模块 116 可得到样本或以其他方式测量 DC 接口 102 的电压和通过电感器 110 的电流(例如，通过电流传感器，其配置在电感器 110 和节点 132 或节点 140 之间)。控制过程 200 通过确定用于矩阵转换器的开关的 PWM 命令信号(任务 206)而继续。对此，控制模块 116 使用高频 PWM 来调制或以其他方式操作矩阵转换器 108 的开关(1-8)以在二次绕组 144 的输出 122, 124 提供所需电压(或电流)，以与图 1 内容如上所述类似的方式。PWM 命令信号在开关间隔(或 PWM 周期)上控制矩阵转换器 108 的相应开关(1-8)的定时，即当相应开关闭合，打开或以其他方式激活时。

[0054] 例如，再次参照图 1，当电感电流处于正向时(例如， $i_L > 0$ )，控制模块 116 同时闭合(或打开)开关 2, 4, 6 和 8 以循环或以其他方式循环电感电流( $i_L$ )通过矩阵转换器 108 以跨电感器 110 施加电压。为了释放存储的能量和 / 或电感器 110 的电压并传输跨二次绕组 144 的正电压(或通过二次绕组 144 的正电流)，控制模块 116 断开(或关断)开关 2 和 4 同时维持开关 6 和 8 处于闭合状态，使得仅开关 6 和 8 经由一次绕组 146 从节点 132 到节点 138 传导电感电流( $i_L$ )以施加跨一次绕组 146 的正电压。在特定时间量之后，控制模块 116 闭合开关 2 和 4 以使能量循环通过矩阵转换器 108，如上所述。为了传输跨二次绕组 144 的负电压(或通过二次绕组 144 的负电流)，控制模块 116 断开(或关断)开关 6 和 8 同时维持开关 2 和 4 处于闭合状态，使得仅开关 2 和 4 经由一次绕组 146 从节点 132 到节点 138 传导电感电流( $i_L$ )以施加跨一次绕组 146 的负电压。开关 2, 4, 6 和 8 闭合的定时以及开关 2, 4, 6 和 8 闭合的持续时间(即，工作周期)由控制模块 116 确定以在二次绕组 144 的输出 122, 124 提供所需电压(或电流)，如上所述。

[0055] 以类似方式,当电感电流处于负向时(例如, $i_L < 0$ ),控制模块 116 同时闭合(或打开)开关 1,3,5 和 7 以循环或以其他方式循环电感电流( $i_L$ )通过矩阵转换器 108。为了释放存储的能量和 / 或电感器 110 的电压并传输跨二次绕组 144 的正电压(或通过二次绕组 144 的正电流),控制模块 116 断开(或关断)开关 5 和 7 同时维持开关 1 和 3 处于闭合状态,使得仅开关 1 和 3 经由一次绕组 146 从节点 138 到节点 132 传导电感电流以释放电感器 110 存储的能量并施加跨一次绕组 146 的正电压。在特定时间量之后,控制模块 116 闭合开关 5 和 7 以使能量循环通过矩阵转换器 108,如上所述。为了传输跨二次绕组 144 的负电压(或通过二次绕组 144 的负电流),控制模块 116 断开(或关断)开关 1 和 3 同时维持开关 5 和 7 处于闭合状态,使得仅开关 5 和 7 经由一次绕组 146 从节点 138 到节点 132 传导电感电流以释放电感器 110 存储的能量并施加跨一次绕组 146 的负电压。开关 1,3,5 和 7 闭合的定时以及开关 1,3,5 和 7 闭合的持续时间(即,工作周期)由控制模块 116 确定以在二次绕组 144 的输出 122,124 提供所需电压(或电流),如上所述。

[0056] 再次参考图 2,并继续参考图 1,根据一个实施例,控制过程 200 确定电流注入是否应被使能(任务 208)。对此,控制模块 116 可将获得的电感电流( $i_L$ )与一个或多个阈值比较来确定电流注入应被使能还是停用。例如,在一个实施例中,控制模块 116 获得电感电流( $i_L$ )的测量值(例如,通过采样和 / 或读取电流传感器的值),并根据最近被获得的电感电流值( $i_L$ )和之前获得的电感电流值确定电感电流的移动平均数( $\bar{i}_L$ )。确定移动平均数降低了电感电流测量值的噪音效果,这也会被本领域技术人员所认识到。当对于之前开关间隔电流注入之前没有被使能时,控制模块 116 将电感电流的移动平均数大小与第一阈值比较,并当移动平均数的大小大于第一阈值时使能电流注入。对此,第一阈值被选出作为流过电感器 110 的电流大小的值,其很有可能产生跨矩阵转换器 108 开关的瞬变电压峰值,这就超过开关 1-8 的击穿电压。当对于之前开关间隔电流注入被使能时,控制模块 116 将移动平均数大小与第二阈值比较,并当移动平均数的大小低于第二阈值时停用电流注入。在示例性实施例中,第一阈值大于第二阈值以提供磁滞现象并保护控制过程 200 不受使能电流注入和停用电流注入之间的振荡。例如,根据一个实施例,第一阈值被选择为大概 4 安培,第二阈值被选择为大概 2 安培。在某些具体实施例中应注意的是,电流注入可在不管电感电流大小的情况下在所有时间被使能。

[0057] 在示例性实施例中,响应于确定了电流注入不应该被使能(或者可替代地,电流注入应该停用),控制过程 200 通过根据矩阵转换器开关的 PWM 命令信号操作矩阵转换器而继续(任务 210)。以这种方式,当电流注入被停用时,控制模块 116 根据之前确定的 PWM 命令信号操作矩阵转换器 108 的开关 1-8,从而在通过矩阵转换器 108 循环电感电流和向 DC 接口 102 和 / 或 DC 能量源 118 传输能量之间交替,如上所述。由任务 202、204、206、208 限定的循环可在电气系统 100 的操作中始终重复,直到电感电流超过第一阈值和控制过程 200 确定电流注入应该被使能。

[0058] 响应于确定了电流注入应该被使能,控制过程 200 通过确定通过矩阵转换器的绝缘模块的一次绕组的注入电流的 PWM 命令信号而继续(任务 212)。在示例性实施例中,根

据 DC 接口 102 处的电压( $V_{DC}$ )和感应电流,控制模块 116 确定操作第一转换模块 104 的开关 9-12 的定时和工作周期(或脉冲宽度),从而提供注入电流通过一次绕组 146 以减少通过矩阵转换器的一个或多个闭合的开关的电流,并防止当矩阵转换器 108 的一个或多个开关随后断开时瞬变电压峰值超过开关 1-8 的击穿电压。在示例性实施例中,控制模块 116 应用二维查询表,并根据感应电流( $i_L$ )的大小和 DC 接口 102 的电压( $V_{DC}$ )确定开关 9-12 的定时和工作时间。对此,查询表由相应一对开关 9-12 同时打开的工作周期(脉冲宽度)值和当相应开关 9-12 相对于断开矩阵转换器 108 的一对开关以传输能量到 DC 接口 102 而应被打开 / 关闭的定时组成。控制模块 116 根据通过变压器 106 的电流预期方向来确认或以其他方式确定该对开关 9-12 被同时闭合。例如,根据矩阵转换器 108 的开关 1-8 的电感电流( $i_L$ )方向和 / 或 PWM 命令信号,控制模块 116 确认开关 9 和 12 作为一对开关被闭合以在矩阵转换器 108 被操作以将负电压施加到一次绕组 146 之前提供注入电流从节点 134 到节点 136 通过一次绕组 146,并且确认开关 10 和 11 作为一对开关被闭合以在矩阵转换器 108 被操作以将正电压施加到一次绕组 146 之前提供注入电流从节点 136 到节点 134 通过一次绕组 146,如在下文中更详细所述。

[0059] 在确定用于提供注入电流通过隔离模块的一次绕组的 PWM 命令信号之后,控制过程 200 通过根据用于矩阵转换器的开关的 PWM 命令信号操作矩阵转换器以及在传输能量到 DC 接口和 / 或 DC 能量源之前提供通过一次绕组的注入电流而继续(任务 214,216)。这样,控制模块 116 根据之前确定的 PWM 命令信号操作矩阵转换器 108 的开关 1-8,从而在通过矩阵转换器 108 循环电感电流( $i_L$ )和向 DC 接口 102 和 / 或 DC 能量源 118 传输能量之间交替。控制模块 116 根据之前确定的 PWM 命令信号操作第一转换模块 104 的开关 9-12,用于注入电流通过隔离模块 106 的一次绕组 146,从而传导电流通过二次绕组 144,并感应或以其他方式在断开矩阵转换器 108 的一个或多个开关以传输能量到 DC 接口 102 和 / 或 DC 能量源 118 之前提供注入电流通过一次绕组 146。由任务 202,204,206,208,210,212,214 和 216 限定的循环可根据需要在电气系统 100 的操作中始终重复。

[0060] 例如,现在参照图 3,并继续参照图 1-2,如上所述,当电感电流( $i_L$ )处于正向时(由箭头 300 表示)和 / 或 AC 接口 140 的电压为正时,控制模块 116 闭合(或打开)开关 2,4,6 和 8 以循环或以其他方式循环电感电流( $i_L$ )通过矩阵转换器 108。对此,开关 2 和 6 均在节点 132 传导至少一部分电感电流( $i_L$ ),开关 8 和 4 均传导该部分电感电流分别流经开关 2 和 6 到节点 138。为了简便起见和易于解释,开关 1,3,5,7 和二极管 22,24,26,28 在图 3 和图 4 的实施例中没有示出,因为它们在电感电流处于正向时不传导电感电流的任何部分。控制模块 116 确定或以其他方式确认开关 9 和 12 作为第一转换模块 104 的一对开关被闭合,以在断开开关 6 和 8 以将负电压跨二次绕组 144 传输之前提供注入电流( $i_{IN}$ )(由箭头 310 表示)通过一次绕组 146。类似地,为了简便起见和易于解释,开关 10,11 和二极管 29-32 在图 3 的实施例中没有示出,因为它们在开关 9 和 12 闭合并且没有施加跨一次绕组 146 的电压时不传导任何电流。

[0061] 当开关 9 和 12 闭合时, DC 能量源 118 的电压跨二次绕组 144 施加, 导致 DC 电流 ( $i_{DC}$ ) (由箭头 320 表示) 通过开关 9, 12 和二次绕组 144。通过二次绕组 144 的电流变化感生通过一次绕组 146 的注入电流 ( $i_{IN}$ ), 其在节点 136 增加电压并在节点 134 减小电压。当在节点 136 的电压相对于节点 132 增加以及流入节点 136 的注入电流 ( $i_{IN}$ ) 增加时, 流经开关 6 的节点 132 处的电感电流 ( $i_L$ ) 比例减小, 并且类似地, 当在节点 134 的电压相对于节点 132, 138 减小以及从节点 134 流出的注入电流 ( $i_{IN}$ ) 增加时, 流经开关 2 的节点 132 处的电感电流 ( $i_L$ ) 比例增加, 而流经开关 8 的节点 134 处的电流比例减小。这样, 注入电流 ( $i_{IN}$ ) 减小流经开关 6 和 8 的电流大小。在示例性实施例中, 控制模块 116 基于 DC 接口 102 处的电压 ( $V_{DC}$ ) 和电感电流 ( $i_L$ ) 大小确定 PWM 命令信号以控制开关 9 和 12 相对于开关 6 和 8 的断开而闭合的定时并控制用于闭合开关 9 和 12 的工作周期, 使得注入电流 ( $i_{IN}$ ) 配置成导致流经开关 6 和 8 的开关电流小于阈值。当通过开关 6 和 8 的开关电流小于阈值同时维持开关 2 和 4 处于闭合状态时, 控制模块 116 随后断开(或关断)开关 6 和 8 以从节点 132 到节点 138 传导电感电流 ( $i_L$ ) 通过一次绕组 146 并跨一次绕组 146 施加负电压。根据一个实施例, 阈值被选择为等于 0 安培, 并且注入电流 ( $i_{IN}$ ) 随后配置成等于电感电流 ( $i_L$ ), 使得在开关 6 和 8 断开时, 注入电流导致流经开关 6 和 8 的开关电流基本上等于 0。对此, 当流经开关 6 和 8 的开关电流等于 0 时, 流经开关 2 和 4 的开关电流等于电感电流 ( $i_L$ )。

[0062] 现在参照图 4, 并继续参照图 1-3, 当电感电流 ( $i_L$ ) 处于正向时, 在断开开关 2 和 4 以跨一次绕组 146 施加正电压之前, 控制模块 116 闭合第一转换模块 104 的开关 10 和 11 以产生从节点 136 到节点 134 通过一次绕组 146 的注入电流 ( $i_{IN}$ ) (由箭头 410 表示)。当开关 10 和 11 闭合时, DC 能量源 118 的电压跨二次绕组 144 施加, 导致电流 ( $i_{DC}$ ) (由箭头 420 表示) 通过开关 10, 11 并从节点 124 到节点 122 通过二次绕组 144。通过二次绕组 144 的电流在一次绕组 146 中感生注入电流 ( $i_{IN}$ ), 其在节点 134 增加电压并在节点 136 减小电压。当在节点 134 的电压相对于节点 132 增加以及流入节点 134 的注入电流 ( $i_{IN}$ ) 增加时, 流经开关 2 的节点 132 处的电感电流 ( $i_L$ ) 比例减小, 并且类似地, 当在节点 136 的电压相对于节点 132, 138 减小以及从节点 136 流出的注入电流 ( $i_{IN}$ ) 增加时, 流经开关 6 的节点 132 处的电感电流 ( $i_L$ ) 比例增加, 而流经开关 4 的节点 136 处的电流比例减小。如上所

述,基于 DC 接口 102 处的电压( $V_{DC}$ )大小和电感电流( $i_L$ )大小确定开关 10 和 11 相对于开关 2 和 4 的断开而闭合的定时以及闭合开关 10 和 11 的工作周期,从而在开关 2 和 4 断开时产生流经开关 2 和 4 的电流,所述电流小于阈值,并且优选地基本上等于 0。

[0063] 现在参照图 5,并继续参照图 1-2,当电感电流( $i_L$ )处于负向时(由箭头 500 表示)和 / 或 AC 接口 140 的电压为负时,控制模块 116 闭合(或打开)开关 1,3,5 和 7 以循环或以其他方式循环电感电流( $i_L$ )通过矩阵转换器 108。对此,开关 1 和 5 均在节点 132 传导至少一部分电感电流( $i_L$ ),开关 7 和 3 传导该部分电感电流从节点 138 分别流经开关 1 和 5。为了简便起见和易于解释,开关 2,4,6,8 和二极管 21,23,25,27 在图 5 和图 6 的实施例中没有示出,因为它们在电感电流处于负向时不传导电感电流的任何部分。

[0064] 以如上所述的类似方式,在断开开关 5 和 7 以将正电压跨一次绕组 146 施加之前,控制模块 116 第一转换模块 104 的闭合开关 10 和 11 以产生注入电流( $i_{IN}$ )(由箭头 510 表示)通过一次绕组 146,如上所述的类似方式。当开关 10 和 11 闭合时,DC 能量源 118 的电压跨二次绕组 144 施加,导致电流( $i_{DC}$ )(由箭头 520 表示)流经二次绕组 144,并且在一次绕组 146 中感生注入电流( $i_{IN}$ ),其在节点 134 增加电压并在节点 136 减小电压。当在节点 134 的电压相对于节点 132,138 增加时,流经开关 7 的节点 138 处的电流比例减小,流经开关 1 的电感电流( $i_L$ )比例增加,并且类似地,当在节点 136 的电压相对于节点 132 减小时,流经开关 5 的节点 132 处的电感电流( $i_L$ )比例减小。当通过开关 5 和 7 的开关电流小于所需阈值同时维持开关 1 和 3 处于闭合状态时,控制模块 116 随后断开(或关断)开关 5 和 7 以传导电感电流( $i_L$ )并施加跨一次绕组 146 的正电压。

[0065] 现在参照图 6,并继续参照图 1-2 和 5,当电感电流( $i_L$ )处于负向时,在断开开关 1 和 3 以跨一次绕组 146 施加负电压之前,控制模块 116 闭合第一转换模块 104 的开关 9 和 12 以导致流经二次绕组 144 的电流(由箭头 620 表示)并产生从节点 134 到节点 136 通过一次绕组 146 的注入电流( $i_{IN}$ )(由箭头 610 表示)。当在节点 136 的电压相对于节点 132,138 增加以及流入节点 136 的注入电流( $i_{IN}$ )增加时,流经开关 5 的电感电流( $i_L$ )比例增加,流经开关 3 的节点 138 的电流比例减小,并且类似地,当在节点 134 的电压相对于节点 132,138 减小以及从节点 134 流出的注入电流( $i_{IN}$ )增加时,流经开关 1 的节点 132 处的电感电流( $i_L$ )比例减小,流经开关 7 的节点 138 处的电流比例增加。当通过开关 1 和 3 的开关电流小于所需阈值同时维持开关 5 和 7 处于闭合状态时,控制模块 116 随后断开(或关断)开关 1 和 3 以传导电感电流( $i_L$ )并施加跨一次绕组 146 的负电压。

[0066] 简要总结,以上描述的系统和 / 或方法的一个优势是通过矩阵转换器的一个或多个开关的电流在相应开关断开之前被减小,从而防止或以其它方式在电流流入矩阵转换器

的一个或多个电感元件时抑制电压峰值，其或以其他方式通过关闭或断开相应开关而中断。这减少了矩阵转换器部件对电压和 / 或功率的处理需求，转而减少了矩阵转换器部件的尺寸和成本。另外，矩阵转换器可使用任意缓冲器或其他有损耗部件而应用，上述缓冲器或其他部件也将以其他方式对于额外尺寸，重量，成本和 / 或热设计要求有贡献，同时减小了总体功率处理效率。

[0067] 为了简要起见，与电能和 / 或功率转换、充电系统、功率转换器、脉宽调制(PWM)、和所述系统的其它功能方面(以及所述系统的各操作部件)相关的传统技术可能并未在此详细描述。而且，在包含于此的各图中所示的连接线用于表示在各元件之间的示例性功能关系和 / 或物理联接。应注意，许多可替代的或另外的功能关系或物理连接可存在于本发明主题的实施例中。

[0068] 可在此根据功能和 / 或逻辑块部件并且参照可由各种计算部件或装置执行的各操作、处理任务和功能的符号标记来描述工艺技术。应认识到，图中所示的各种块部件可通过被设置为执行特定功能的任意数量的硬件、软件和 / 或固件部件而实现。例如，系统或部件的实施例可采用各种集成电路部件(例如存储器元件)、数字信号处理元件、逻辑元件、查询表、或类似物，其可在在一个或多个微处理器或其它控制装置的控制下执行各种功能。

[0069] 虽然已在前文中的详细描述中展现出至少一个示例性实施例，不过，应认识到，存在大量变例。还应认识到，在此描述的一个或多个示例性实施例并不用于以任何方式限制要求保护的本发明主题的范围、应用性或设置。而是，在前文中的详细描述将为本领域技术人员提供实施所述一个或多个实施例的便利途径。应理解，在不背离由权利要求书限定的范围的情况下，可以对元件的功能和布置进行各种改变，在递交本专利申请时，本发明的范围包括已知的等同方案和可预见到的等同方案。

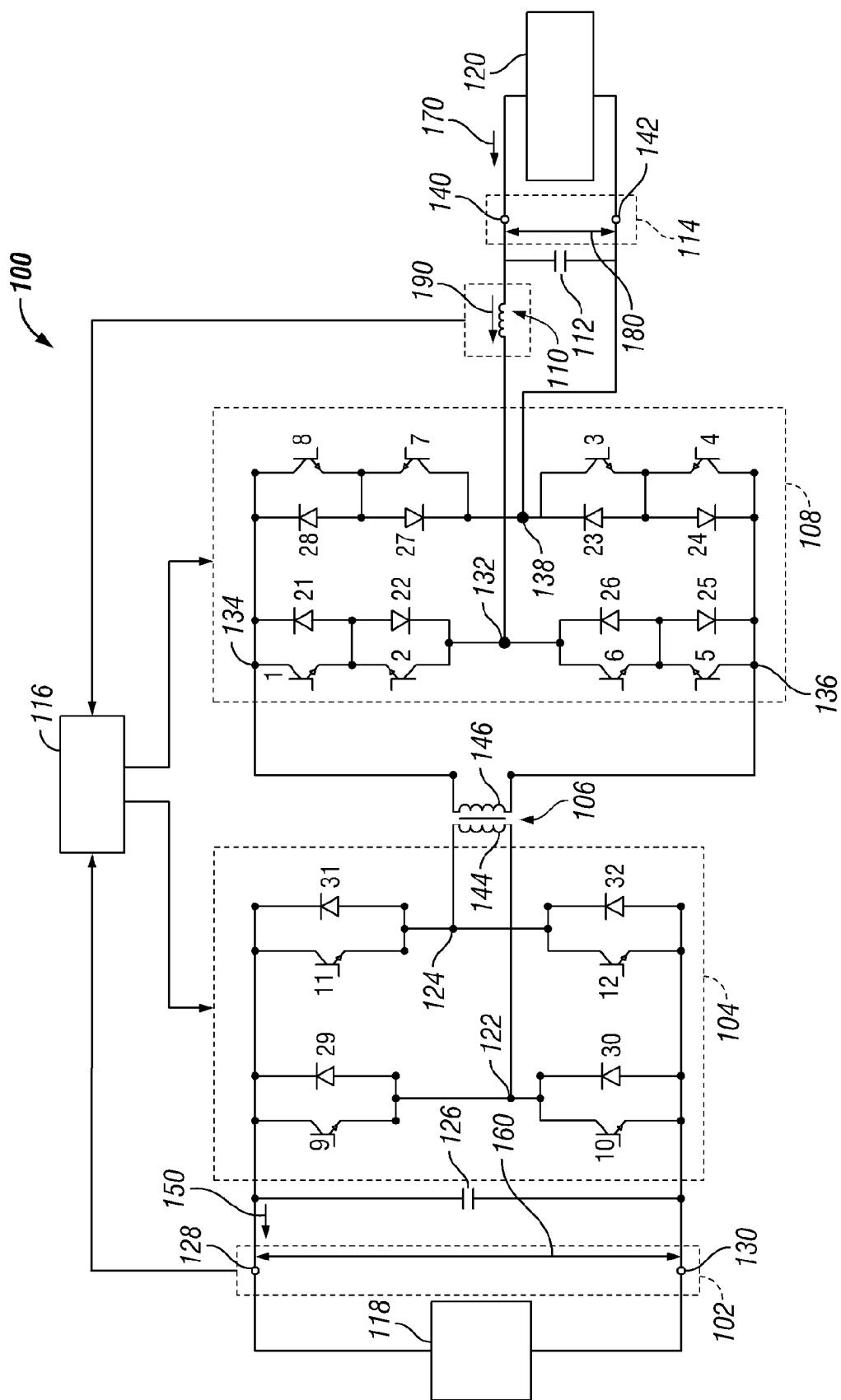


图 1

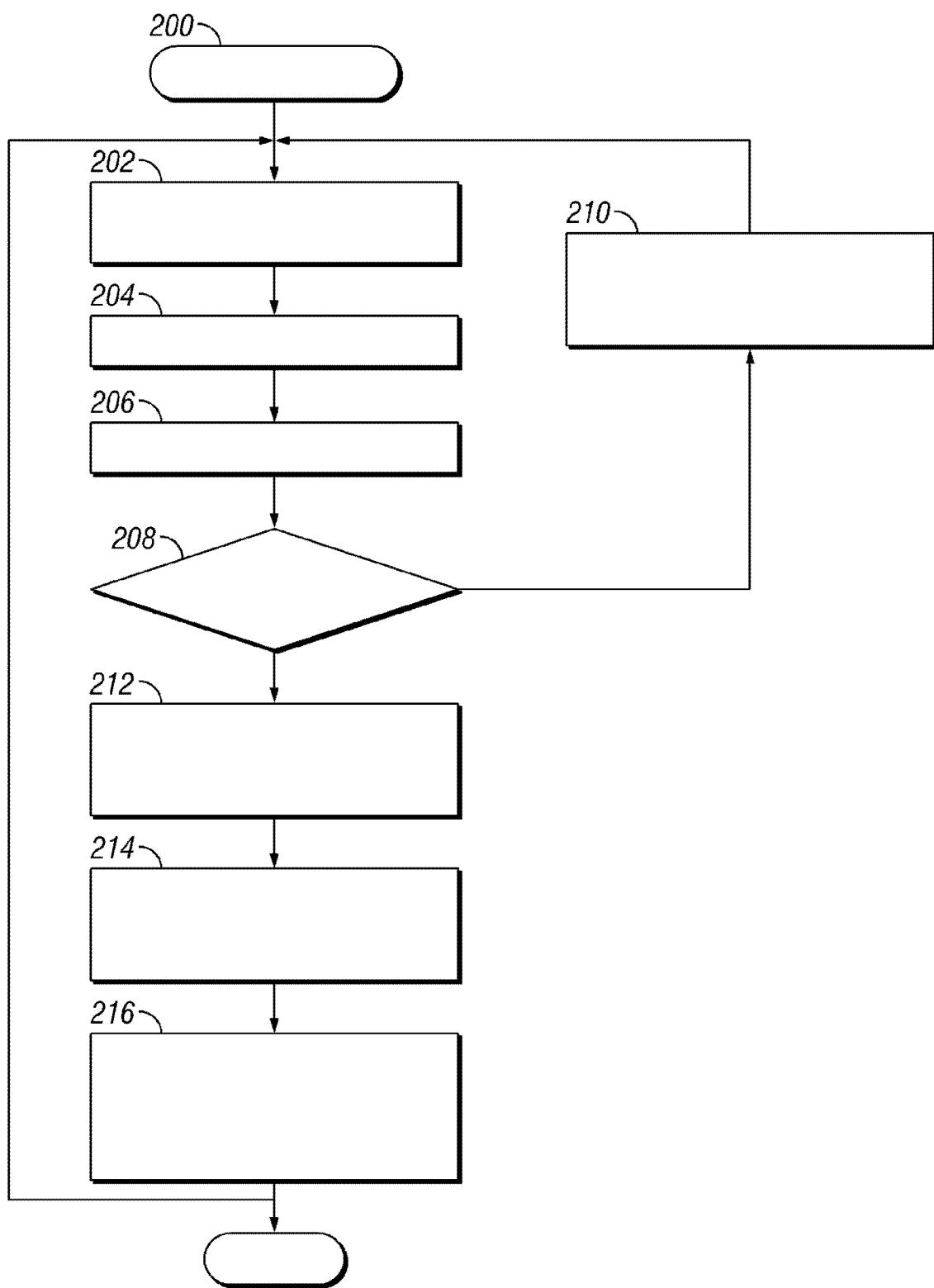


图 2

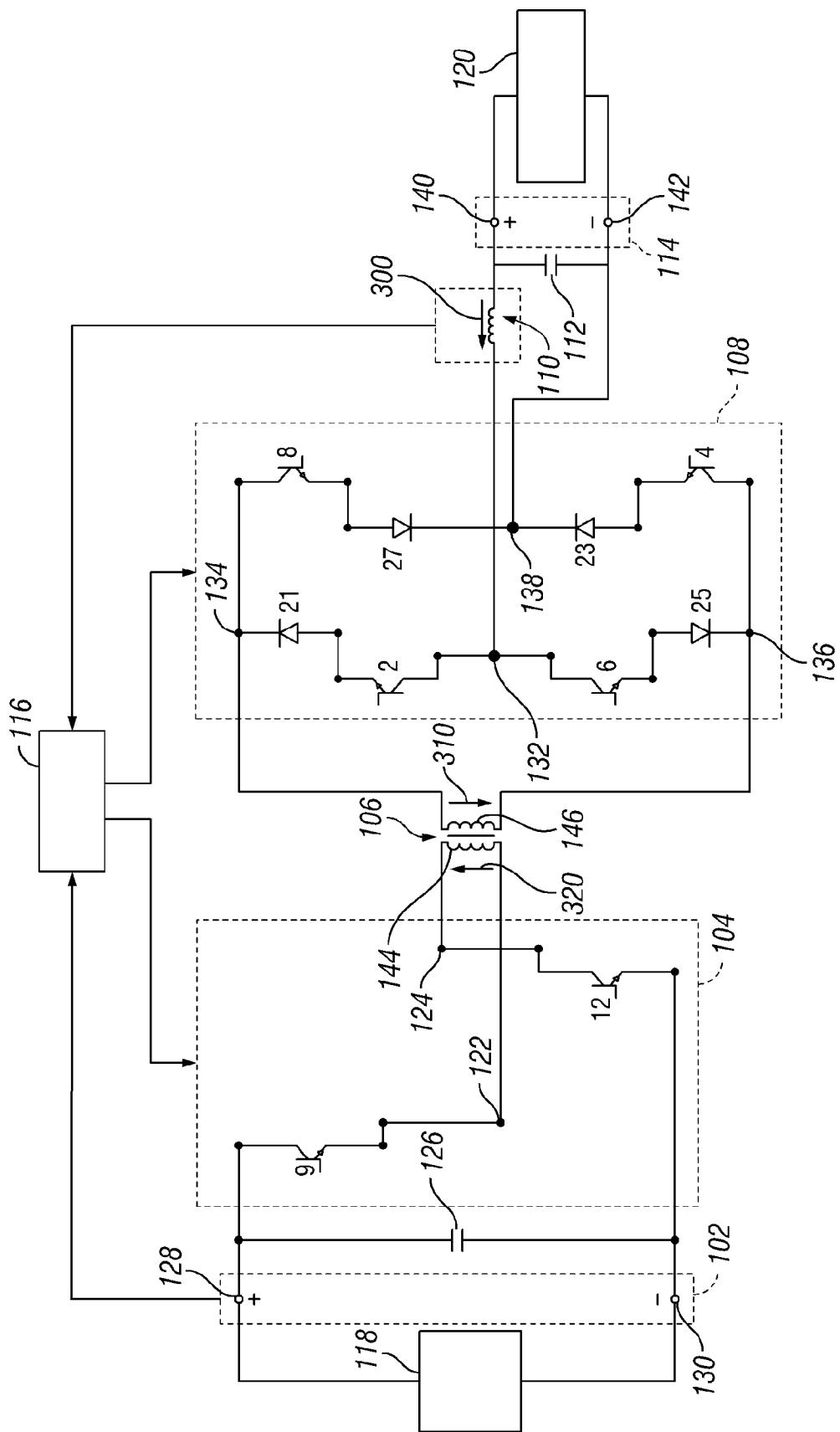


图 3

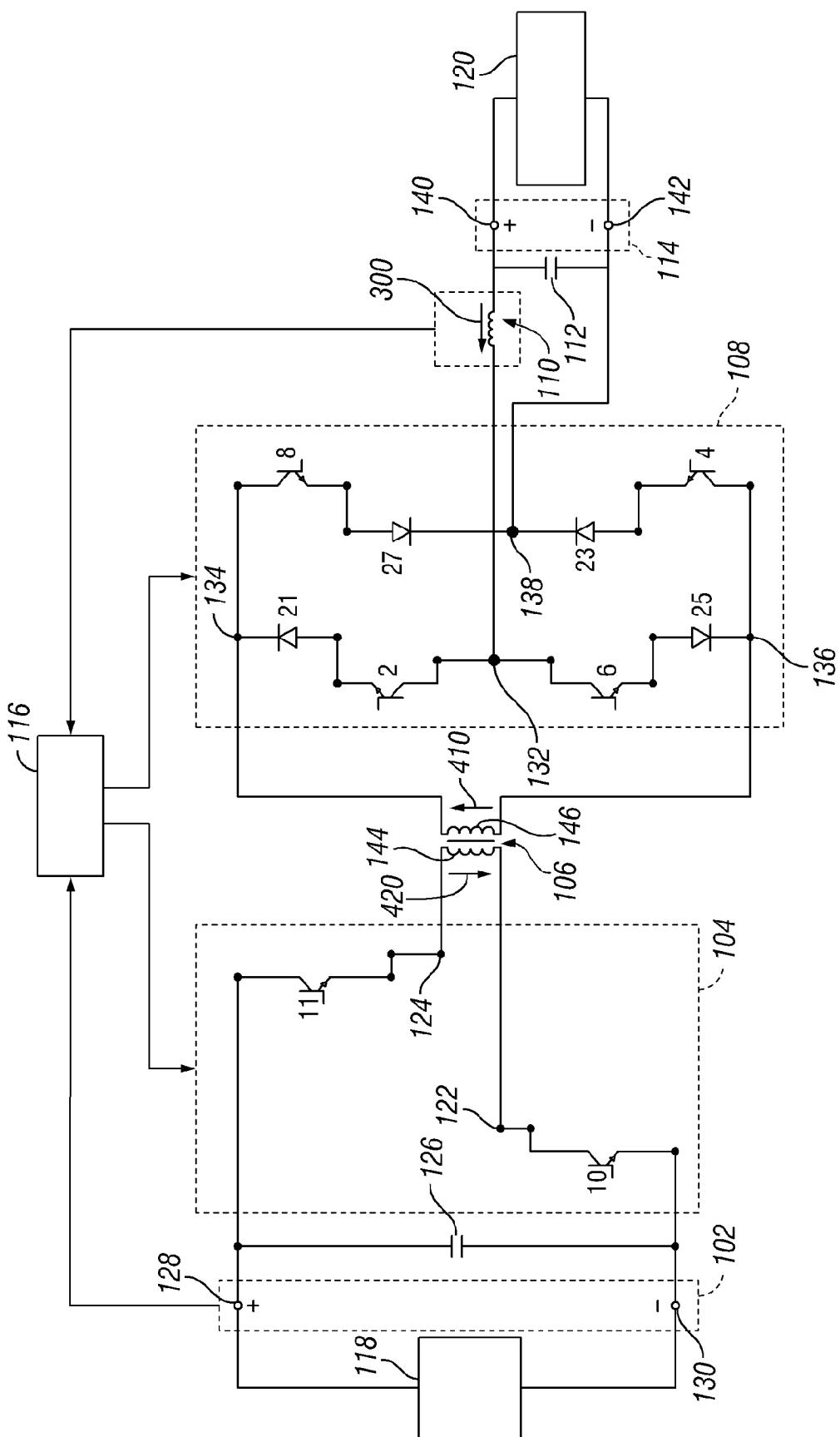


图 4

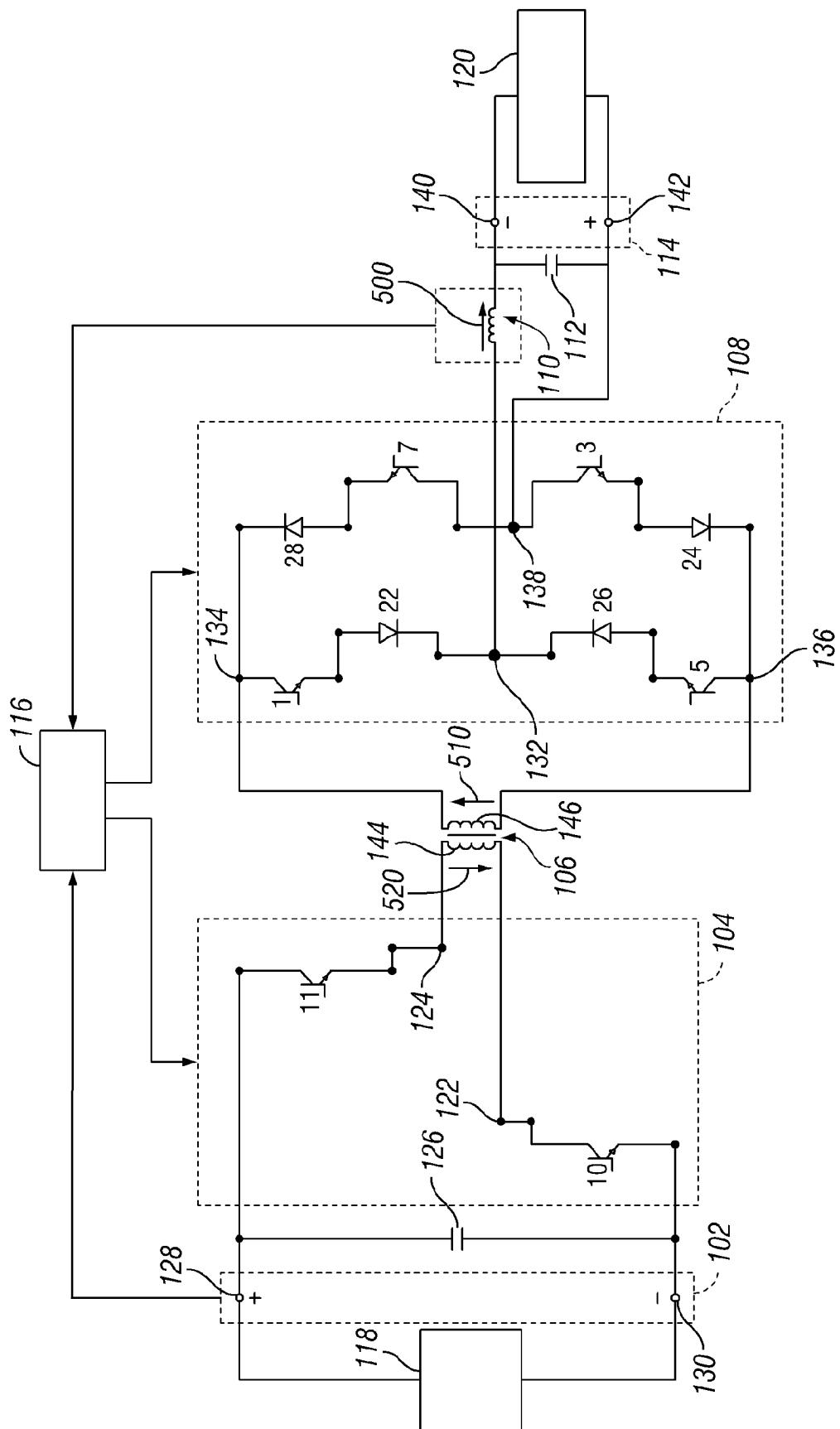


图 5

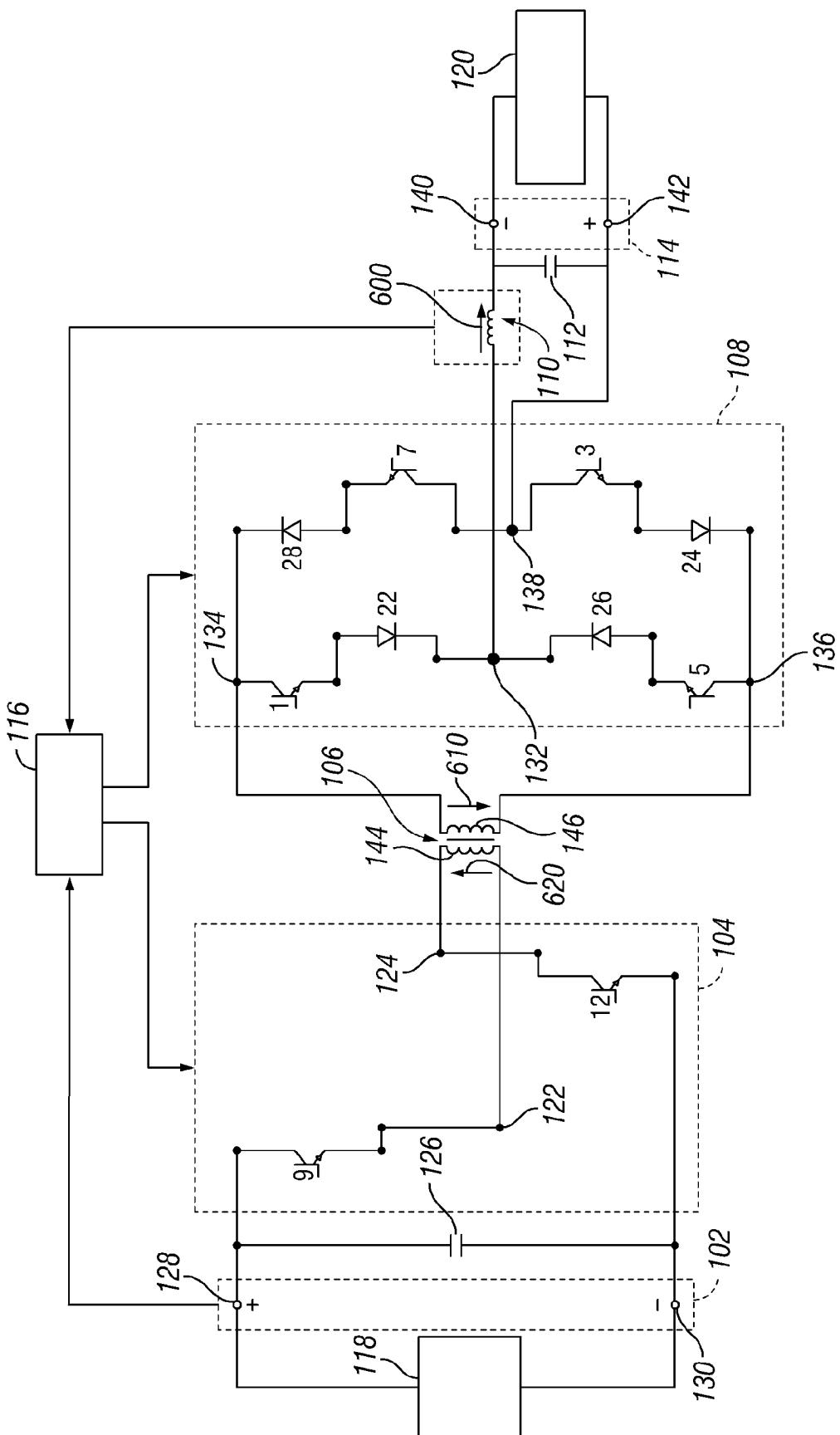


图 6