



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580007898.4

[45] 授权公告日 2009年11月18日

[11] 授权公告号 CN 100561848C

[22] 申请日 2005.3.9

[21] 申请号 200580007898.4

[30] 优先权

[32] 2004.3.12 [33] US [31] 60/552,691

[86] 国际申请 PCT/US2005/007892 2005.3.9

[87] 国际公布 WO2005/091486 英 2005.9.29

[85] 进入国家阶段日期 2006.9.12

[73] 专利权人 MKS 仪器股份有限公司

地址 美国马萨诸塞州

[72] 发明人 A·R·米尔纳 I·贝斯特亚克

[56] 参考文献

US5428522A 1995.6.27

US6119046A 2000.9.12

US6150628A 2000.11.21

US4710686A 1987.12.1

审查员 李伟波

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 陈 炜

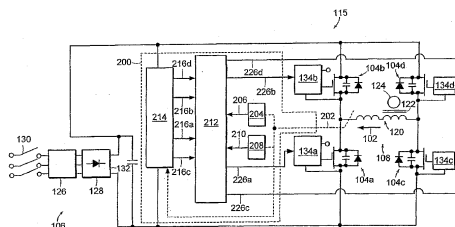
权利要求书3页 说明书10页 附图2页

[54] 发明名称

用于开关式电源的控制电路

[57] 摘要

一种用于开关式电源(115)的控制电路(200)对开关式电源中的过电流条件起作用,以使其工作点到达安全条件。该控制电路检测开关式电源中的负载(102)电流的方向和大小,然后利用该检测到的信息来控制开关式电源中的有源功率开关(104a-104d)。在过电流条件下,即使所检测的信息被延迟或被严重滤波,或者来自控制电路的开关信号在到达开关时被延迟,也控制该开关以积极地将负载电流驱向零。该开关式电源的所得的工作更能抵抗反常的负载条件,并在存在瞬时短路或电弧时被维持。同时更好地保护了该开关式电源的硬件。



1. 一种用于控制开关式电源的系统，包括：
电压源；
多个开关，电连接到所述电压源以改变从所述电压源到一电力负载的电流通路；以及
控制电路，其检测负载电流的方向，并且基于负载电流强度是否超过正和负方向中至少一个的设定点来改变所述多个开关中的至少一个的状态，以改变所述电流通路并主动驱动所述负载电流大小向期望值，其中，维持所述多个开关中的至少一个的状态，直到所述负载电流大小满足至少一个工作标准。
2. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，维持所述多个开关中的至少一个的状态，直到所述负载电流大小基本等于零。
3. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，维持所述多个开关中的至少一个的状态，直到所述负载电流大小低于预定工作值。
4. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述多个开关是四个开关，其中改变所述开关中的两个的状态以改变所述电流通路。
5. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，包括用于检测所述负载电流的传感器。
6. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述控制电路是以从由集成电路、处理器元件中的程序、可编程逻辑元件和一组离散的逻辑和控制元件组成的组中选择的方式来实现。
7. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述电压源是从由 DC 电压源和 AC 电压源组成的组中选择的。
8. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述开关式电源向所述电力负载输出从由 DC 电压和 AC 电压组成的组中选择的电压。
9. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述多个开关以从由推挽转换器、半桥转换器和全桥转换器组成的组中选择的开关拓扑来配置。
10. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，包括相对于所述多个开关放置的反极性二极管，以保护所述开关免遭反向电流。
11. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述电力负载包括初级绕组和

耦合到次级绕组的磁芯。

12. 如权利要求 11 所述的系统, 其特征在于, 所述次级绕组是环形等离子体。

13. 如权利要求 1 所述的系统, 其特征在于, 在所述负载电流大小没有超过正和负方向的至少一个中的所述设定点时, 所述开关通过脉宽调制、调相或脉冲频率调制来控制。

14. 一种用于控制开关式电源的系统, 包括:

电压源, 供给在正和负方向之间交替的负载电流; 以及

控制电路, 其检测负载电流的方向, 并且基于所述负载电流大小是否超过所述正和负方向中至少一个的设定点, 通过改变开关式电源的多个开关中的至少一个的状态改变从所述电压源到一电力负载的电流通路, 并主动驱动所述电流大小向期望值, 其中维持所述多个开关中的至少一个的状态, 直到所述负载电流大小满足至少一个工作标准。

15. 一种用于控制开关式电源的方法, 包括:

确定在正向和负向之间交替的负载电流的大小和方向;

确定所述负载电流强度是否超过正和负方向的至少一个中的设定点;

当所述负载电流大小超过正和负方向的至少一个中的所述设定点时, 通过改变开关式电源的多个开关中的一个或多个的状态, 并且维持一个或多个开关的状态直到所述负载电流大小满足至少一个工作标准, 以主动在相反的方向驱动所述负载电流。

16. 如权利要求 15 所述的方法, 其特征在于, 维持所述一个或多个开关的状态, 直到所述负载电流大小基本等于零。

17. 如权利要求 15 所述的方法, 其特征在于, 维持所述一个或多个开关的状态, 直到所述负载电流大小低于预定工作值。

18. 如权利要求 15 所述的方法, 其特征在于, 所述负载电流的大小和方向中的至少一个通过电测量来确定。

19. 如权利要求 15 所述的方法, 其特征在于, 所述负载电流的大小和方向中的至少一个是被推断的。

20. 如权利要求 19 所述的方法, 其特征在于, 所述负载电流的大小和方向中的至少一个是基于使用模型、模拟或测量中的至少一个来推断的。

21. 如权利要求 15 所述的方法, 其特征在于, 向一电力负载供给功率。

22. 如权利要求 21 所述的方法, 其特征在于, 所述电力负载包括初级绕组和

耦合到次级绕组的磁芯。

23. 如权利要求 22 所述的方法, 其特征在于, 所述次级绕组是环形等离子体。

24. 一种用于控制开关式电源的系统, 包括:

用于供给电压的装置;

用于检测负载电流方向的装置;

基于负载电流大小是否超过正和负方向的至少一个中的设定点, 通过改变开关式电源的多个开关中的至少一个的状态来改变从所述电压供给装置到一电力负载的电流通路并主动驱动所述电流大小向期望值的装置, 其中维持所述多个开关中的至少一个的状态, 直到所述负载电流大小满足至少一个工作标准。

用于开关式电源的控制电路

发明领域

本发明涉及用于控制开关式电源的方法和系统。

相关申请

本申请要求 2004 年 3 月 12 日提交的美国临时申请第 60/552,619 号的优先权。

发明背景

开关式电源可利用诸如推挽转换器、半桥转换器、脉宽调制全桥转换器或调相全桥转换器等常规的电路拓扑来实现。对于这些转换器电路的每一种，如果负载电流增长得太大，那么控制电路通过改变转换器电路中的一个或多个开关的状态以限制负载电流来响应。常规的控制电路仅检测负载电流的大小，并且如果确定该电流太大，则终止驱动脉冲的有效电流或完全关闭转换器电路。

然而，对于这些常规的控制电路，由于缺少负载电压来驱动电流下降，高电流条件可能在脉冲终止后持续，从而使电路元件过热。由于等离子体点燃后的低阻抗，这通常发生在等离子体生成情况中。或者，检测负载中的过电流情况，然后改变转换器电路的开关的状态过程中的延迟可能太长。因此，在很多转换器电路中，开关的状态可能改变得太晚（即，在转换周期的之后的相反极性部分期间）。这可能减慢而不是加快负载电流的修正。具体地，负载电流可能未能归零，而是在几个转换周期中持续具有单一极性。这能中断电源转换过程或破坏转换器电路的元件。此外，所得的负载电流波形可能有多个跃迁，导致开关元件中的过度损耗。

因此，本发明的一个目的是提供一种用于控制开关式电源的系统和方法。本发明的另一个目的是提供一种用于控制电源以迅速回到正常工作条件的系统和方法。

发明概要

本发明涉及用于开关式电源的控制电路。除检测开关式电源的负载电流的大

小外，本发明的控制电路还检测负载电流的方向。在确定负载中发生了过电流条件时，控制电路利用所检测的信息设置电源开关的状态以驱动负载电流归零。然后，控制电路维持电源开关的状态，直到由控制电路检测的负载电流实际回到了零或安全的工作值。在那一点上，控制电路恢复用其正常的序列驱动电源的开关。

与用于开关式电源的常规控制电路相比，本发明的控制电路具有对于检测过电流条件时的延迟和对于改变电源开关状态时的延迟的较大的容限。例如，容许超过转换周期的大部分的延迟。尽管这种延迟导致较大的瞬时电流误差，然而本发明的控制电路仍响应以恢复用于开关式电源的安全工作条件。

较高的开关频率、较慢的检测电路及给定开关频率下较慢的开关驱动电路可结合发明的控制电路和它所控制的开关式电源来使用。因此，实现了较低的成本和较好的性能。

本发明的一方面的特征在于一种用于控制开关式电源的系统。该系统包括电压源和连接到该电压源用于改变从电压源到电力负载的电流通路的多个开关。该系统还包括基于负载电流大小是否超过正和负方向的至少一个中的设定点来改变多个开关中的至少一个的状态，以改变电流通路并将电流强度驱向期望值的控制电路。

在一些实施例中，维持多个开关中的至少一个的状态，直到负载电流大小满足至少一个工作标准。在一些实施例中，维持多个开关中的至少一个的状态，直到负载电流大小基本等于零。在一些实施例中，维持多个开关中的至少一个的状态，直到负载电流强度低于预定的工作值。

该系统可包括用于检测负载电流的传感器。在一些实施例中，该控制电路以从由例如集成电路、处理器元件中的程序、可编程逻辑元件和一组离散的逻辑和控制元件组成的组中选择的方式来实现。在一些实施例中，电压源是 DC 电压源或 AC 电压源。在一些实施例中，开关式电源输出 DC 电压或 AC 电压。

在一些实施例中，该系统具有四个开关，其中改变开关中的两个的状态以改变电流通路。在一些实施例中，多个开关以从由推挽转换器、半桥转换器和全桥转换器组成的组中选择的开关拓扑来配置。该系统还可包括相对于多个开关放置的反极性二极管以保护开关免遭负向电流。

在一些实施例中，电力负载包括初级绕组和耦合到次级绕组（例如，环形等离子体）的磁芯。在一些实施例中，当没有负载电流大小超过正和负方向的至少一个中的设定点时，该开关通过脉宽调制、调相或脉冲频率调制来控制。

在本发明的另一个方面中，一种用于控制开关式电源的系统包括提供在正和负方向之间交替的负载电流的电压源。该系统还包括基于负载电流大小是否超过正和负方向的至少一个中的设定点来改变从电压源到电力负载的电流通路，并将电流大小驱向期望值的控制电路。

本发明的一方面涉及一种用于控制开关式电源的方法。该方法涉及确定在正向和负向之间交替的负载电流的大小和方向。该方法还涉及确定负载电流大小是否超过正和负方向的至少一个中的设定点。该方法还包括当负载电流大小超过正和负方向的至少一个中的设定点时在相反的方向上驱动负载电流。

该用于控制开关式电源的方法可涉及改变开关式电源中的一个或多个开关的状态以在相反的方向上驱动负载电流。在一些实施例中，维持一个或多个开关的状态，直到负载电流大小基本等于零。在一些实施例中，维持一个或多个开关的状态，直到负载电流大小低于预定的工作值。在一些实施例中，负载电流的大小和方向中的至少一个通过电测量来确定。负载电流的大小和方向中的至少一个可被推断。负载电流的大小和方向可基于对模型、模拟或测量中的至少一个的使用来推断。在一些实施例中，该方法还涉及向电力负载供电。电力负载可包括初级绕组和耦合到次级绕组（例如，环形等离子体）的磁芯。

本发明的另一个方面的特征在于一种用于控制包括电压源的开关式电源的系统。该系统包括用于基于负载电流大小是否超过正和负方向的至少一个中的设定点来改变从电压源到电力负载的电流通路并将电流强度驱向期望值的装置。

在另一方面，本发明涉及一种用于开关式电源的控制电路。该开关式电源具有在正向和负向之间交替的负载电流。该控制电路检测负载电流的大小和方向，并建立负载电流超过正和负方向的至少一个中的设定极限值时的条件。当负载电流超过正和负方向的至少一个中的设定极限值时，控制电路改变开关式电源中的一个或多个开关的状态，以在相反的方向上驱动负载电流。该控制电路维持开关的已改变状态，直到检测到负载电流已经回到零或安全的工作值。

本发明的这一方面的各种实施例包括以下特征。在一个实施例中，该开关式电源是 DC-AC 转换器。可任选地，为产生 DC 输出并由此实现 DC-AC 转换器，DC-AC 转换器的输出可经由整流器和例如滤波器传递。在另一个实施例中，开关式电源是 AC-AC 转换器。开关式电源可具有推挽转换器、半桥转换器或全桥转换器的开关拓扑。在另一个实施例中，开关式电源是脉宽调制转换器。或者，开关式电源是调相转换器。

在又一个实施例中，开关式电源中的开关包括反极性二极管。或者，开关针对反向电流被积极地控制。开关可以是金属氧化物半导体场效应晶体管、双极晶体管、绝缘栅双极晶体管、可控硅整流器或其它门控开关器件。

在一个实施例中，控制电路直接测量负载电流的大小和/或方向。在另一个实施例中，负载电流的大小和/或方向由控制电路从模型、实时模拟或通过利用除负载电流之外的检测的参数来推断。控制电路可被实现为开关式电源的主要控制机构的一部分。或者，控制电路被实现为与开关式电源的主要控制机构分离的保护机构。控制电路可被实现为集成电路、一组离散的逻辑和控制元件、可编程逻辑元件或处理器元件中的程序。此外，控制电路可被应用于各种装置中的任意一种的控制，包括环形等离子体源和其它类型的等离子体负载。

本发明的上述和其它目的、方面、特征和优点将从以下描述和权利要求书中变得更加明显。

附图简述

当结合不一定按比例附图阅读本发明时，从以下说明性描述将更全面地理解本发明的上述和其它目的、方面、特征和优点以及本发明自身。

图 1 是示例性开关式电源的电路图。

图 2 是根据本发明的一个实施例的示例性开关式电源以及用于该开关式电源的控制电路的电路图。

说明性实施例的详细描述

图 1 描述了示例性开关式电源。更具体地，图 1 描述了全桥转换器电路 100。如这里所述，全桥转换器电路 100 是调相全桥转换器电路 100，这是一种对于高频应用的常见选择。调相全桥转换器电路 100 是根据本发明的一个示例性开关式电源，对于该电源可控制负载电流 102，并在过电流的条件下，负载电流能由控制电路 200（见图 2）快速校正。然而，应该注意，通过适当的修改，控制电路 200 也可用于控制和/或校正诸如推挽转换器、半桥转换器或脉宽调制全桥转换器等其它转换器的电路的负载电流。

如图 1 所示，全桥转换器电路 100 包括第一、第二、第三和第四开关 104a、104b、104c 和 104d（统称 104）。全桥转换器电路 100 还包括电压源 106（例如，DC 电压源）和负载 108。在这个实施例中，负载电流 102 在从第四开关 104d 经由

负载 108 流向第一开关 104a 时被认为是正的，而在从第二开关 104b 经由负载 108 流向第三开关 104c 时是负的。开关 104 可以是例如金属氧化物半导体场效应晶体管、双极晶体管、绝缘栅双极晶体管、可控硅整流器或其它门控开关器件。在一个实施例中，开关 104 具有并联二极管。在另一个实施例中，开关 104 针对反向电流被积极地控制。

在正常工作中（即，在没有过电流条件时），当负载电流 102 为负时，第二和第三开关 104b、104c 断开，而第一和第四开关 104a、104d 闭合，从而正向地驱动负载电流 102，直到达到期望的水平。第四开关 104d 断开，而第三开关 104c 闭合，从而在负载 108 上施加零伏以使负载电流 102 缓慢衰减。在下一个半周期中，第一开关 104a 断开，而第二开关 104b 闭合，从而在负载 108 上施加负电压并驱动负载电流为负。当负载电流 102 达到期望的负向水平时，第三开关 104c 断开，而第四开关 104d 闭合，从而在负载 108 上施加零伏。在下一个半周期的开头，第二开关 104b 断开，而第一开关 104a 闭合，从而驱动负载电流 102 为正，并再次开始开关序列。

对于常规的控制电路，例如，如果对由于第一和第四开关 104a、104d 闭合而导致的正过电流条件的检测被延迟或延长直到第二和第四开关 104b、104c 被闭合的时候，会发生问题。因为常规的控制电路仅测量负载电流 102 的大小而不测量其方向，在这种情况下，它们通过断开第三开关 104c 并闭合第四开关 104d 来起作用。因此，将零伏施加到负载 108 上，使负载电流 102 向零缓慢衰减而不是被积极且快速地驱向零。当下一个半周期开始时，第二开关 104b 断开，而第一开关 104a 闭合。如果负载电流 102 在这一半周期的开始没有到达零，则在第四开关 104d 闭合的情况下的负载电流 102 被驱向更高，从而使故障条件恶化。因为过电流条件不是自校正的，因此反常的负载电流 102 可在多个工作周期中持续并继续增长，例如导致全桥转换器电路 100 的关闭或其开关 104 的损坏。

如果将慢速或本征二极管用作开关 104 的一部分，则增加的负载电流 102 导致开关 104 的硬转换（hard transition）并导致开关器件的故障。此外，可命令开关 104 在该周期中不止一次地改变状态，导致开关 104 增加的损耗。

图 2 描述了实现图 1 的全桥转换器电路拓扑的固态开关式电源 115 的一个实施例。如图 2 所示，根据本发明的控制电路 200 可用于控制开关式电源 115 的开关 104。

在一个实施例中，如图所示，开关式电源 115 用于驱动变压器的初级绕组 120。

开关 104 的输出通过初级绕组 120 和磁芯 122 耦合到次级绕组 124。次级绕组 124 可以是例如美国专利第 6,150,628 号和/或美国专利第 6,552,296 号中描述的环形等离子体，这两个专利的全部公开内容通过引用结合于此。在一些实施例中，少量的电感（例如，通过包括一个具有少量电感的电感器）被加到与负载 108 串联的电源 115 上以限制当例如等离子体点燃时电源 115 中的电流上升。

在一个实施例中，例如，开关式电源 115 和用于开关式电源 115 的控制电路 200 被用于美国专利第 6,150,628 号和/或美国专利第 6,552,296 号中描述的环形低场等离子体源。作为例子，开关式电源 115 和用于开关式电源 115 的控制电路 200 在由马萨诸塞州威尔明顿的 MKS 公司制造的 ASTRON® 远等离子体源。

更一般地，在其它实施例中，开关式电源 115 驱动其它负载，并连同控制电路 200 一起用于除环形低场等离子体源外的应用。

再次参考图 2，开关式电源 115 可包括耦合到线电压源 130 的滤波器 126 和整流器电路 128。滤波器 126 和整流器电路 128 的输出产生 DC 电压。开关式电源 115 还包括分别驱动第一、第二、第三和第四开关 104a、104b、104c、104d 的第一、第二、第三和第四开关驱动器 134a、134b、134c、134d。

在一个实施例中，控制电路 200 包括用于检测负载电流 102 的传感器 202、为负载电流方向产生第一数字输出 206 的高速方向比较器 204、为负载电流大小产生第二数字输出 210 的第二高速比较器 208、用于保护实现的可编程逻辑器件 212、以及分别为第一、第二、第三和第四开关 104a、104b、104c、104d 提供第一、第二、第三和第四初始数字驱动信号 216a、216b、216c、216d 的电路 214。提供初始驱动信号 216 的电路 214 可以是例如在电压控制模式中工作的 UCC3895 相位控制集成电路（德克萨斯州达达拉斯市的德州仪器公司）。

一般而言，在其它实施例中，整个控制电路 200 被实现为集成电路、一组离散的逻辑和控制元件、可编程逻辑元件或处理器元件中的程序。

在一个实施例中，高速方向比较器 204 分析所检测的负载电流 102，以产生用于负载电流方向的第一数字输出 206。或者，在另一个实施例中，不是使用高速方向比较器 204 直接确定负载电流 102 的方向，而是从模型、电路状态的实时模拟或通过检测除负载电流外的参数来推断或再生成负载电流 102 的方向。

在一个实施例中，为产生用于负载电流大小的第二数字输出 210，由第二高速比较器 208 将负载电流 102 信号整流并与基准信号比较。第二数字输出 210 指示负载 108 中过电流条件的存在与否。在另一个实施例中，用于负载电流大小的第二数

字输出 210 从模型、电路状态的实时模拟或通过检测除负载电流 102 外的参数来推断或再生成。

第一和第二数字输出 206、210 以及由电路 214 生成的四个初始数字驱动信号 216a、216b、216c、216d 由可编程逻辑器件 212 处理。在一个实施例中，可编程逻辑器件 212 是使用四个置位复位触发器来产生分别用于第一、第二、第三和第四开关 104a、104b、104c、104d 的第一、第二、第三和第四实际驱动信号 216a、216b、216c、216d 的数字滤波器。用于可编程逻辑器件 212 的一个实施例的示例性程序代码在说明性实施例的详细描述之后和权利要求书之前的附录中示出。这个例子是用于可编程逻辑器件 (PLD) 模型 XC9536-7VD44I 的代码。所示的源代码是以 Verilog 脚本编写的。PLD 被置于调相全桥控制器芯片和门驱动器之间。用于 PLD 的输入是来自控制器的四个门驱动信号、电流方向信号和过电流信号。输出是至功率桥门驱动器的已处理的门驱动信号。

在一个实施例中，分别用于第一和第二开关 104a、104b 的第一和第二初始驱动信号 216a、216b 通过可编程逻辑器件 212 而不被可编程逻辑器件 212 修改（即，第一和第二初始数字驱动信号 216a、216b 分别等于第一和第二实际驱动信号 226a、226b）。

可编程逻辑器件 212 的置位复位触发器之一存储正的过电流条件的事件；当负载电流 102 的大小超过正向的设定点极限（例如，由操作员选择的用于在系统工作期间保护电源 130 或电力负载 108 的电流大小极限）时它被置位，而当负载电流 102 的极性翻转时它被复位。置位复位触发器中的另一个存储负过电流条件的事件；当负载电流 102 超过负方向的设定点极限时它被置位，而当负载电流 102 的极性翻转时它被复位。其它两个触发器存储第三和第四开关 104c、104d 的状态。如果发生正过电流条件，或者如果负载电流 102 低于极限值且输入的第三初始数字驱动信号 216c 指示第三开关 104c 应该闭合，则将第三开关 104c 置于闭合状态，而将第四开关 104d 置于断开状态。如果发生负过电流条件，或者如果负载电流 102 低于极限值且输入的第四初始数字驱动信号 216d 指示第四开关 104d 应该闭合，则将第三开关 104c 置于断开状态，而将第四开关 104d 置于闭合状态。这种算法导致第三和第四实际驱动信号 226c、226d 在负载电流 102 在极限值内（例如，正向极限值和负向极限值之间）的情况下分别跟随第三和第四初始数字驱动信号 216c、216d，而在负载电流 102 在极限值外的情况下最优地响应。

此外，该算法对信号路径延迟是容许的。在工作中，例如，如果正过电流条

件被传感器 202 检测到, 则控制电路 200 通过断开第四开关 104d 并闭合第三开关 104c、强制负载电流 102 朝向负方向来起作用。控制电路 200 维持第三和第四开关 104c、104d 的这个状态, 直到检测的负载电流 102 变为负。第一和第二开关 104a、104b 如由电路 214 所指示的继续断开和闭合; 它们的状态不被可编程逻辑器件 212 改变。如此, 根据本发明的一个说明性实施例, 改变了从电源 130 到电力负载 108 的电流通路。一旦检测到负载电流 102 满足工作标准 (例如, 负载电流为负), 则恢复所有的开关 104 的正常工作。

类似地, 例如, 如果负过电流条件被传感器 202 检测到, 则控制电路 200 通过断开第三开关 104c 并闭合第四开关 104d、强制负载电流 102 朝向正方向来起作用。控制电路 200 维持第三和第四开关 104c、104d 的这个状态, 直到检测的负载电流 102 变为正。第一和第二开关 104a、104b 如由电路 214 所指示的继续断开和闭合; 它们的状态不被可编程逻辑器件 212 改变。一旦检测到负载电流为正, 则恢复所有的开关 104 的正常工作。

在另一个实施例中, 例如, 如果在负载电流 102 的两极上持续地发生过电流条件, 那么控制电路 200 在每个半周期中将负载电流 102 驱向相反的极性水平。在一些实施例中, 维持第三和第四开关的状态, 直到电流大小满足另一个工作标准 (例如, 负载电流大小基本等于零或负载电流大小低于预定工作值)。

因此, 因为控制电路 200 不仅检测负载电流 102 的大小, 还检测其方向, 所以在存在过电流条件时, 控制电路 200 能迅速且有效地将负载电流 102 驱至零, 从而排除故障条件。此外, 检测负载电流 102 时的延迟和/或激活第三和第四开关 104c、104d 时超过半周期的结束的延迟不会阻止或妨碍控制电路 200 排除过电流条件。

因此, 应该注意, 申请人旨在使存在于上述说明性实施例中公开的系统、方法、器件及其应用之间的任意可操作实施例被认为是落入此处所公开的本发明的范围内, 且被认为是可要求保护的主体。

本领域的普通技术人员在不脱离本发明的精神和范围的前提下可以想到这里所描述的实施例的变体、修改和其它实现。因此, 本发明不是由以上说明性描述限定的, 而是由所附权利要求书的精神和范围来限定的。

附录

```
module Pwr_Bd_Top(pwm_a,pwm_b,pwm_c,pwm_d,ilim,pld_ena, ipos, z_drive,
```

```

dbg_Q1, dbg_Q2);
input pwm_a;      /*全部 4 个输入被 opto 反置*/
input pwm_b;
input pwm_c;
input pwm_d;
input ilim;      /*对于超过极限 h, =0 */
input ipos;      /*对于从 d 到 a 的电流=1, 是 b 到 c*/
inout pld_ena;

output [3:0] z_drive;
output dbg_Q1;
output dbg_Q2;

wire [3:0] pwm_n;      /*这里反向输入是正向为真*/

wire dqp;          /*用于过电流事件的 RS 触发器*/
wire dqpi;
wire dqn;
wire dqni;
wire cq;          /* 用于 c 和 d 输出的 RS 触发器*/
wire cqi;
wire dq;
wire dqi;

assign pwm_n [0] = !pwm_a; /*反置所有 4 个输入以获得正向为真*/
assign pwm_n [1] = !pwm_b; /*a=超前的较低 fet, c=滞后的较低 fet*/
assign pwm_n [2] = !pwm_c;
assign pwm_n [3] = !pwm_d;

assign dqp = !(dqpi & !(ilim & ipos & dqni & pwm_n [3])); /*保持过电流正
事件*/
//not allowed until dqni=1 no neg event ; not unless d =1
assign dqpi = !(dqp & !(ipos & pwm_n [2]) & !pld_ena); /* 当运行时=0,当停
止时=1*/
assign dqn = !(dqni & !(ilim & ipos & dqpi & pwm_n [2])); /*保持过电流负

```

的事件*/

```

//在 dqpi=1, 没有正向事件之前不被允许; 除非 c=1, 否则为否)
assign dqni = !(dqn & !(ipos & pwm_n [3]) & !pld_ena);
assign cq = !(cqi & !(dqp | (pwm_n[2]& !pwm_n [3] & (dqpi & dqni )))); /*C
由正过电流或正常的 c 置位*/
assign cqi = !(cq & !(dqn | (!pwm_n[2] & (dqpi & dqni )))); /* 由负过电流
或正常的!c 置位*/
assign dq = !(dqi & !(dqn | (pwm_n[3] & !pwm_n [2] & (dqpi & dqni )))); /*由
负过电流或正常的 d 置位*/
assign dqi = !(dq & !(dqp | (!pwm_n[3] & (dqpi & dqni )))); /*由正过电流或正
常的!d 置位*/

assign z_drive [0] = pwm_n [0]; /* 总是 a,b 通过 */
assign z_drive [1] = pwm_n [1];
// 临时禁用算法
// assign z_drive [2] = pwm_n [2]; /* 临时通过 C */
// assign z_drive [3] = pwm_n [3]; /* 临时通过 D */

assign z_drive [2] = !cqi; /*c,d 取触发器的值*/
assign z_drive [3] = !dqi;
// 如果都被置位和复位, 则 c,d=0
assign pld_ena = pwm_n [0]? !'b0: !'bZ; /*如果 a=1, 则将 ena 置为 0, 如果
a=0 , trisate */

// 使 TC 时间常数远大于输入 a 的周期

assign dbg_Q1 = dqp; /*如果由过电流置位, 则=1*/
assign dbg_Q2 = dqn;

endmodule

```

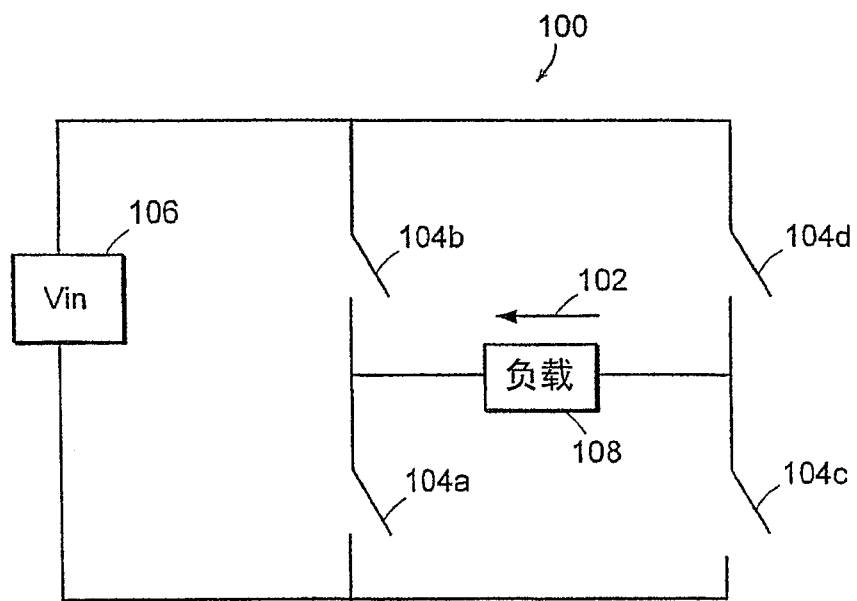
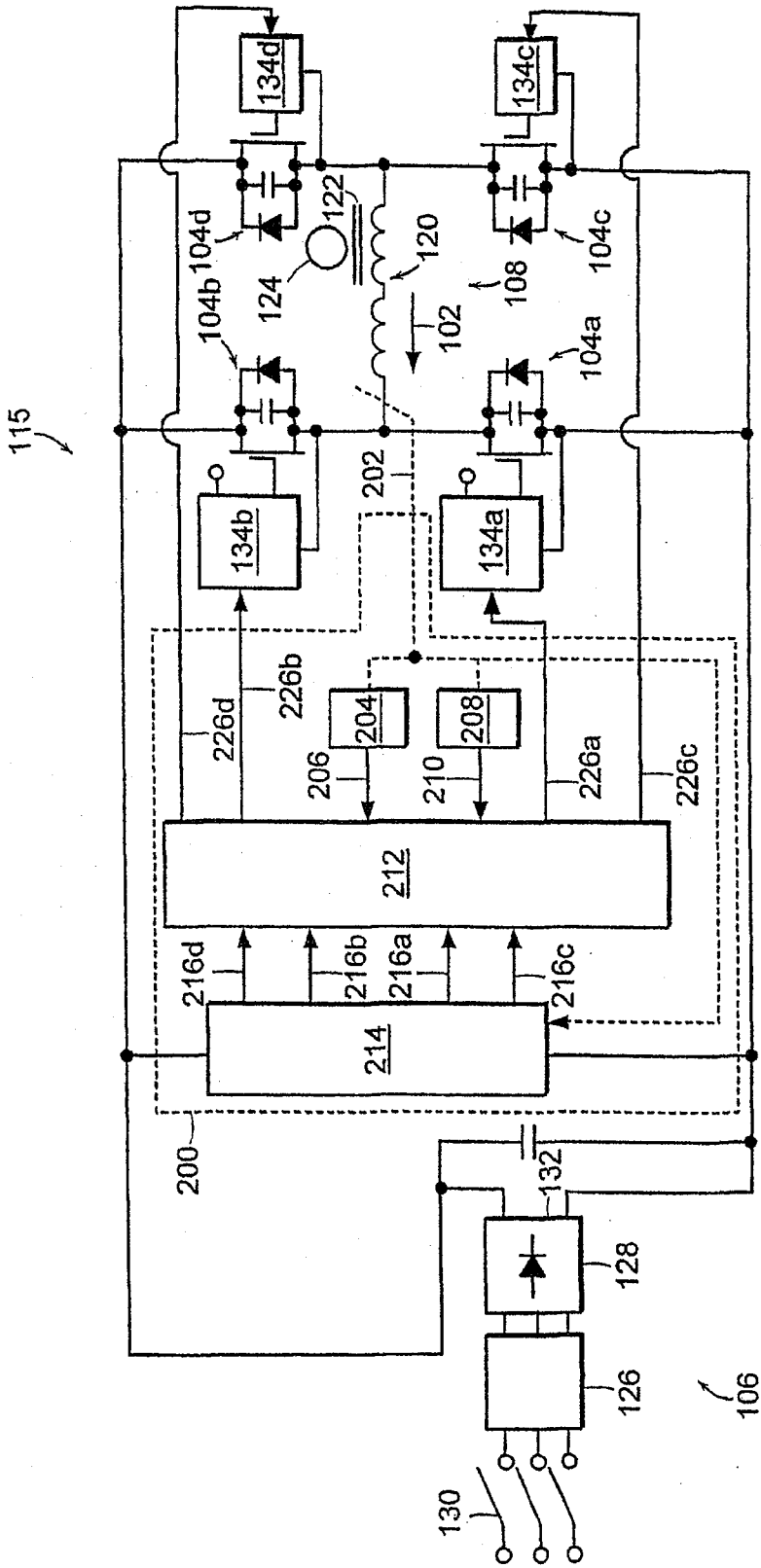


图 1



2