

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H02M 5/40 (2006.01)

H02M 5/458 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910082692.8

[43] 公开日 2009年9月16日

[11] 公开号 CN 101534063A

[22] 申请日 2009.4.24

[21] 申请号 200910082692.8

[71] 申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华大学电机系

[72] 发明人 李永东 柴建云 陶兴华

[74] 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

代理人 徐 宁 关 畅

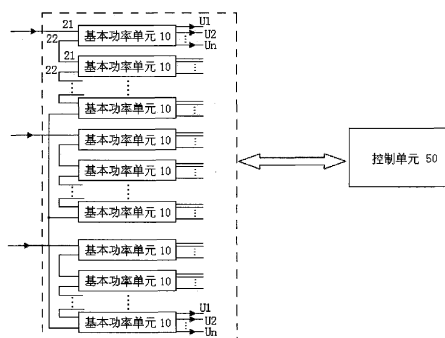
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 3 页

[54] 发明名称

一种级联型多相变流器

[57] 摘要

本发明涉及一种级联型多相变流器，其特征在于：它包括两个以上基本功率单元，所述基本功率单元均为单相电源供电，各所述基本功率单元包括一 H 桥功率变换器；所述 H 桥功率变换器的输入端通过级联的形式与电网连接，输出端通过直流母线与一多相功率变换器采用背靠背的连接方式；所述多相功率变换器连接多相交流电机；一控制单元与所述 H 桥功率变换器进行信息交互。本发明由于采用以 H 桥功率变换器为电网侧接入口，因此可通过控制方式使电网侧的输入电流谐波小，并与输入电压相位基本保持一致，功率因数近似为 1，提高了系统整机的工作效率。本发明广泛适用于各种中高压大容量的多相调速领域。



1、一种级联型多相变流器，其特征在于：它包括两个以上基本功率单元，所述基本功率单元均为单相电源供电，各所述基本功率单元包括一H桥功率变换器；所述H桥功率变换器的输入端通过级联的形式与电网连接，输出端通过直流母线与一多相功率变换器采用背靠背的连接方式；所述多相功率变换器连接多相交流电机；一控制单元与所述H桥功率变换器进行信息交互。

2、如权利要求1所述的一种级联型多相变流器，其特征在于：所述H桥功率变换器包括两个多电平桥臂和一电压电流检测单元，所述电压电流检测单元连接两所述多电平桥臂的输入端，将所述电流、电压信号传送给所述控制单元。

3、如权利要求1所述的一种级联型多相变流器，其特征在于：所述多相功率变换器包括两个以上所述多电平桥臂，由所述控制单元控制。

4、如权利要求2所述的一种级联型多相变流器，其特征在于：所述多相功率变换器包括两个以上所述多电平桥臂，由所述控制单元控制。

5、如权利要求1或2或3或4所述的一种级联型多相变流器，其特征在于：所述多电平桥臂包括两个以上串联的功率半导体开关，所述多电平桥臂有电容箝位和二极管箝位两种连接方式。

6、如权利要求1或2或3或4所述的一种级联型多相变流器，其特征在于：所述控制单元包括：

一数字信号微处理器，所述数字信号微处理器通过一串行的人机通信接口完成键盘显示、计算机通信以及监控；

一模数转换/隔离模块为模数转换电路，其采集所述电压电流检测单元和电压传感器检测到的电流、电压信号，并将采集到的电流、电压信号转化为数字信号，输送给所述数字信号微处理器；

一开关量输入/输出模块，采集系统的过流、过热等故障信号发送给所述数字信号微处理器；所述开关量输入/输出模块同时接收所述数字信号微处理器输出的开关量保护信号；

所述开关量输入/输出模块的输出信号与所述数字信号微处理器输出的脉宽调制控制信号经一脉宽调制扩展模块，将脉宽调制控制脉冲信号扩展为多路脉宽调制控制脉冲信号；

所述控制单元发出的脉宽调制控制信号通过驱动电路驱动所述功率开关器件导通、关断。

7、如权利要求5所述的一种级联型多相变流器，其特征在于：所述控制单元包括：

一数字信号微处理器，所述数字信号微处理器通过一串行的人机通信接口完成键盘显示、计算机通信以及监控；

一模数转换/隔离模块为模数转换电路，其采集所述电压电流检测单元和电压传感器检测到的电流、电压信号，并将采集到的电流、电压信号转化为数字信号，输送给所述数字信号微处理器；

一开关量输入/输出模块，采集系统的过流、过热等故障信号发送给所述数字信号微处理器；所述开关量输入/输出模块同时接收所述数字信号微处理器输出的开关量保护信号；

所述开关量输入/输出模块的输出信号与所述数字信号微处理器输出的脉宽调制控制信号经一脉宽调制扩展模块，将脉宽调制控制脉冲信号扩展为多路脉宽调制控制脉冲信号；

所述控制单元发出的脉宽调制控制信号通过驱动电路驱动所述功率开关器件导通、关断。

8、如权利要求1或2或3或4或7所述的一种级联型多相变流器，其特征在于：所述基本功率单元级联后构成的所述多相变流器与电网有单相和三相两种连接方式，与三相电网的连接方式可以是三角形连接和星形连接。

9、如权利要求5所述的一种级联型多相变流器，其特征在于：所述基本功率单元级联后构成的所述多相变流器与电网有单相和三相两种连接方式，与三相电网的连接方式可以是三角形连接和星形连接。

10、如权利要求6所述的一种级联型多相变流器，其特征在于：所述基本功率单元级联后构成的所述多相变流器与电网有单相和三相两种连接方式，与三相电网的连接方式可以是三角形连接和星形连接。

一种级联型多相变流器

技术领域

本发明涉及一种电力电子多相多电平拓扑结构，特别是关于一种应用于高压大容量调速领域的级联型多相变流器。

背景技术

随着变频装置在舰船电力推进、电力机车牵引等高压大容量调速领域中的应用，由于受功率器件耐压水平和载流能力的限制，传统两电平三相逆变器的变换装置难以满足高压大功率电能变换的要求。因此，多相多电平技术是解决当前功率器件制约系统容量提升的一个很好的方法，被业界认为在高压大容量领域中具有广阔的应用前景。多相多电平变流器同时具有多相和多电平变流器的优点，例如：1、输出电压波形更加接近正弦，谐波含量小。2、输出电压变化率小，对负载（如电机）的绝缘影响小，同时大大降低电磁干扰的水平。3、以低耐压水平的单管构成高压系统，解决高压系统的单管耐压问题。4、系统具有较强的容错运行能力，例如在逆变器或多相电机发生单相甚至多相断相故障时，只要采取正确的控制措施，系统仍然能够在降额的条件下继续运行，可靠性高。

目前采用多相多电平技术的中高压变频装置主要拓扑为交~直~交电压型多电平结构。移相变压器与三相电网连接，移相变压器多个副边绕组为各H桥功率单元提供三相交流输入，每个H桥功率单元为三相不控整流和多相多电平逆变器结构。在这种拓扑中，移相变压器的作用除了实现电网与逆变器之间的电气隔离外，主要是采用多重化技术减小由整流负载产生的网侧电压电流谐波；三相不控整流电路为后面的逆变电路提供稳定的直流母线电压；多相多电平逆变器则实现变频变压功能，为多相电机提供幅值、频率可变的电能。这种拓扑结构的优点是网侧电流谐波小，输出电压波形比较接近正弦，可实现高性能的大容量调速系统。因此，在某些场合得到了一定应用。但这种拓扑结构的变换器也存在一些问题：功率单元采用不控整流电路，电能只能从电网流向负载，无法实现电机系统的四象限运行，即能量回馈电网；同时，在功率很大，电机相数很多的情况下，需要容量极大的移相隔离变压器。该变压器工作在50Hz的工频范围，体积庞大，连线复杂，且价格昂贵，一般移相隔离变压器的成本占到了系统成本的三分之一多，这使得该种拓扑在应用上受到制约。为了实现系统的四象限运行，对上述拓扑进

行改进，将三相不控整流电路改为三相 PWM 整流电路，其它电路不变。改进的变流器虽然在控制上稍微复杂，但在系统的控制性能上有了提高，因此在实际中得到应用。但是，改进电路仍然需要移相变压器，体积、重量大，成本高等缺点并没有改变。

发明内容

针对上述问题，本发明的目的是提供一种不需要移相变压器，就能实现能量双向流动，适用于多相系统的级联型多相变流器。

为实现上述目的，本发明采取以下技术方案：一种级联型多相变流器，其特征在于：它包括两个以上基本功率单元，所述基本功率单元均为单相电源供电，各所述基本功率单元包括一 H 桥功率变换器；所述 H 桥功率变换器的输入端通过级联的形式与电网连接，输出端通过直流母线与一多相功率变换器采用背靠背的连接方式；所述多相功率变换器连接多相交流电机；一控制单元与所述 H 桥功率变换器进行信息交互。

所述 H 桥功率变换器包括两个多电平桥臂和一电压电流检测单元，所述电压电流检测单元连接两所述多电平桥臂的输入端，将所述电流、电压信号传送给所述控制单元。

所述多相功率变换器包括两个以上所述多电平桥臂，由所述控制单元控制。

所述多电平桥臂包括两个以上串联的功率半导体开关，所述多电平桥臂有电容箝位和二极管箝位两种连接方式。

所述控制单元包括：一数字信号微处理器，所述数字信号微处理器通过一串行的人机通信接口完成键盘显示、计算机通信以及监控；一模数转换/隔离模块为模数转换电路，其采集所述电压电流检测单元和电压传感器检测到的电流、电压信号，并将采集到的电流、电压信号转化为数字信号，输送给所述数字信号微处理器；一开关量输入/输出模块，采集系统的过流、过热等故障信号发送给所述数字信号微处理器；所述开关量输入/输出模块同时接收所述数字信号微处理器输出的开关量保护信号；所述开关量输入/输出模块的输出信号与所述数字信号微处理器输出的脉宽调制控制信号经一脉宽调制扩展模块，将脉宽调制控制脉冲信号扩展为多路脉宽调制控制脉冲信号；所述控制单元发出的脉宽调制控制信号通过驱动电路驱动所述功率开关器件导通、关断。

所述基本功率单元级联后构成的所述多相变流器与电网有单相和三相两种连接方式，与三相电网的连接方式可以是三角形连接和星形连接。

本发明由于采取以上技术方案，其具有以下优点：1、本发明由于省去移相变

压器，因此减小了系统的体积和重量，并降低了成本。2、本发明由于采用H桥功率变换器和多相变换器为背靠背的结构方式，因此使系统可四象限运行，实现了能量的双向流动。3、本发明由于将基本功率单元采用级联的形式连接到电网中，基本功率单元输入端的电压仅为电网侧电压的几分之一，使得基本功率单元中的功率半导体开关器件额定值大大减小。4、本发明由于采用以H桥功率变换器为电网侧接入口，因此可通过控制方式使电网侧的输入电流谐波小，并与输入电压相位基本保持一致，功率因数近似为1，提高了系统整机的工作效率。本发明广泛适用于各种中高压大容量的多相调速领域。

附图说明

图1是本发明的多相变流器与三相电网连接结构示意图

图2是本发明的基本功率单元结构示意图

图3是本发明的脉宽调制整流器结构示意图

图4是本发明的逆变器结构示意图

图5是本发明的电容箝位式多电平桥臂结构示意图

图6是本发明的二极管箝位式多电平桥臂结构示意图

图7是本发明的控制单元结构示意图

具体实施方式

下面结合附图和实施例对本发明进行详细的描述。

如图1、图2所示，本发明包括两个以上基本功率单元10和一控制单元50。各基本功率单元10均为单相电源供电，并且各基本功率单元10通过级联的形式与电网连接，级联后的基本功率单元10构成本发明的多相变流器可以与单相电源的电网连接，也可以与三相电源的电网的连接，与三相电网的连接方式可通过三角形连接或星形连接。以三相电网的连接为例，其中，基本功率单元10包括一H桥功率变换器20、直流母线30和多相功率变换器40。每一相电网输入端连接该相第一级基本功率单元10的H桥功率变换器20上的一侧端子21，端子22通过级联的形式与下一级基本功率单元10的端子21连接，所有相电网输入端对应的最后一级基本功率单元10的端子22连接在一起。H桥功率变换器20上的正、负输出端分别连接直流母线30中的一正的直流母线P和一负的直流母线N，直流母线P和直流母线N之间串联有多个电容31，各电容31两端均并联一电压传感器32，通过电压传感器32将检测到的电压信号33传送给控制单元50。并且电容31的正极连接直流母线P，直流母线P和直流母线N均连接多相功率变换器40的输入端。由于H桥功率变换器20通过直流母线30与多相功率变换器40采用背靠背的连接

方式，可以通过控制单元 50 改变多相功率变换器 40 的工作状态为整流或逆变，因此使本发明的多相变流器实现了四象限运动，即能量的双向流动。当系统处于整流状态时，能量从电网流向多相交流电机，电网输出的交流电经过 H 桥功率变换器 20，此时 H 桥功率变换器 20 为整流作用，可将交流电转化为幅值稳定的直流电。该直流电通过直流母线 30 传送至多相功率变换器 40，此时多相功率变换器 40 为逆变作用，直流电经过多相功率变换器 40 转化为频率可变的交流电 U_1 、 U_2 ... U_n ，给多相交流电机（图中未示出）供电。当系统处于逆变状态时，能量从多相交流电机流向电网，多相功率变换器 40 为整流作用，而 H 桥功率变换器 20 为逆变作用。

如图 2 所示，在上述过程中，控制单元 50 与 H 桥功率变换器 20 之间进行信息交互，使各级基本功率单元 10 的 H 桥功率变换器 20 输出端的直流母线 30 电压相等，同时使电网侧的输入功率因数近似为 1。同时控制单元 50 控制多相功率变换器 40 输出频率为可变的交流电。这样可以大大减小电网侧的谐波，提高整个系统的工作效率。

如图 3 所示，本发明的 H 桥功率变换器 20 包括两个多电平桥臂 23、一电感 24 和一电压电流检测单元 25。H 桥功率变换器 20 的端子 21 串联电感 24 后，连接一多电平桥臂 23，端子 22 连接另一多电平桥臂 23。电压电流检测单元 25 连接 H 桥功率变换器 20 的端子 21、22，通过其中的电压传感器和电流传感器检测电网输入 H 桥功率变换器 20 内的电流、电压信号 26，再将电流、电压信号 26 传送给控制单元 50。本实施例中，组成电压电流检测单元 25 的电压传感器和电流传感器均为现有技术中的检测设备。

如图 4 所示，本发明的多相功率变换器 40 可以包括多个多电平桥臂 23，H 桥功率变换器 20 输出的直流电输送到多相功率变换器 40 的多电平桥臂 23 内，多电平桥臂 23 的输出端与多相交流电机连接，并在控制单元 50 的控制下，实现电网与多相交流电机之间的能量变换。

上述各实施例中，多电平桥臂 23 有两种基本连接方式，一种是采用电容箝位，一种是采用二极管箝位。因此 H 桥功率变换器 20 和多相功率变换器 40 均有两种类型多电平桥臂，H 桥功率变换器 20 和多相功率变换器 40 之间可构成四类基本结构。多电平桥臂 23 包括多个功率半导体开关，以一种三电平连接方式为例，其连接方式如下：

电容箝位：如图 5 所示，多电平桥臂 23 包括四个串联的功率半导体开关 K_1 ~ K_4 ，在功率半导体开关 K_2 和 K_3 的两端并联一箝位电容 231。功率半导体开关 K_1

和 K4 的输出端 x1、x2 分别连接直流母线 P 和 N。在功率半导体开关 K2、K3 之间设置一端子 x3，端子 x3 通过电感 24 连接电网或多相交流电机。

二极管箝位：如图 6 所示，多电平桥臂 23 同电容箝位中的连接方式相同，也包括四个串联的功率半导体开关 K1~K4，在功率半导体开关 K2 和 K3 的两端与两个串联的箝位二极管 232 并联。其中，两箝位二极管 232 的中点与直流母线 30 P、N 的中点并联。其余连接方式和工作原理与电容箝位方式相同。

上述各实施例中，由于基本功率单元 10 的不同输出电平、类型、相数以及连接关系等，可以引伸出多种不同的多相变流器实用拓扑电路。该拓扑电路可命名为 A 相 B 级 C 型 D 电平 E 相变流器，其中 A 为电源相数，可以是单相或三相电源；B 为基本功率单元 10 的级联数目；C 为多相功率变换器 40 中多电平桥臂 23 的类型，可以是电容箝位或是二极管箝位；D 为多相功率变换器 40 的电平数，可以是两电平、三电平或五电平；E 为多相功率变换器 40 中多电平桥臂 23 的数目。

如图 7 所示，本发明的控制单元 50 包括一数字信号微处理器 51、一模数转换/隔离模块 52、一开关量输入/输出模块 53、一脉宽调制扩展模块 54、若干驱动电路 55 和一人机通信接口 56。

数字信号微处理器 51 采用的是现有技术中高性能 DSP (digital signal processor, 数字信号处理器) 芯片，比如 TI 公司生产的 TSM320LF2812 系列电机控制的专用芯片。数字信号微处理器 51 通过串行的人机通信接口 56 完成键盘显示和 PC 机通信和监控的功能。

模数转换/隔离模块 52 为一模数转换电路，其采集电压电流检测单元 25 检测到的输入 H 桥功率变换器 20 内的电流、电压信号 26，以及电压传感器 32 检测到的电压信号 33，将采集的电流、电压信号 26 和电压信号 33 转化为数字信号，输送给数字信号微处理器 51。

开关量输入/输出模块 53 为 I/O 接口，它采集系统过流、过热等故障信号，并发送给数字信号微处理器 51，使数字信号微处理器 51 及时发出保护指令，采取保护措施；同时接收数字信号微处理器 51 输出的开关量保护信号，并送入脉宽调制扩展模块 54，辅助脉宽调制扩展模块 54 进行信号扩展。

开关量输入/输出模块 53 的输出信号与数字信号微处理器 51 输出的脉宽调制控制信号经脉宽调制扩展模块 54，将脉宽调制控制脉冲信号扩展为多路脉宽调制控制脉冲信号。其中每一路脉宽调制控制脉冲信号通过相应的驱动电路 55，再次扩展为两路互补的脉宽调制控制脉冲信号，以驱动功率开关器件 K 的导通或关断，使系统具有所要求的性能，如网侧输入功率因数近似为 1 等。本实施例中的脉宽

调制扩展模块 54 为现场可编程门阵列器件(FPGA, Field Programmable Gate Array)或复杂可编程逻辑器件(CPLD, Complex Programmable Logic Device)。

综上所述, 由于本发明的级联型多相变流器省却了传统大容量变流器中体积重量占系统三分之一多的移相变压器, 从而大大降低了整机体积和成本; 并能够实现调速系统在四象限范围内运行, 在电机制动时能量可以从电机回馈到电网中, 提高了调速系统的工况运行效率; 且交流电网侧电流谐波小, 功率因数接近于 1。

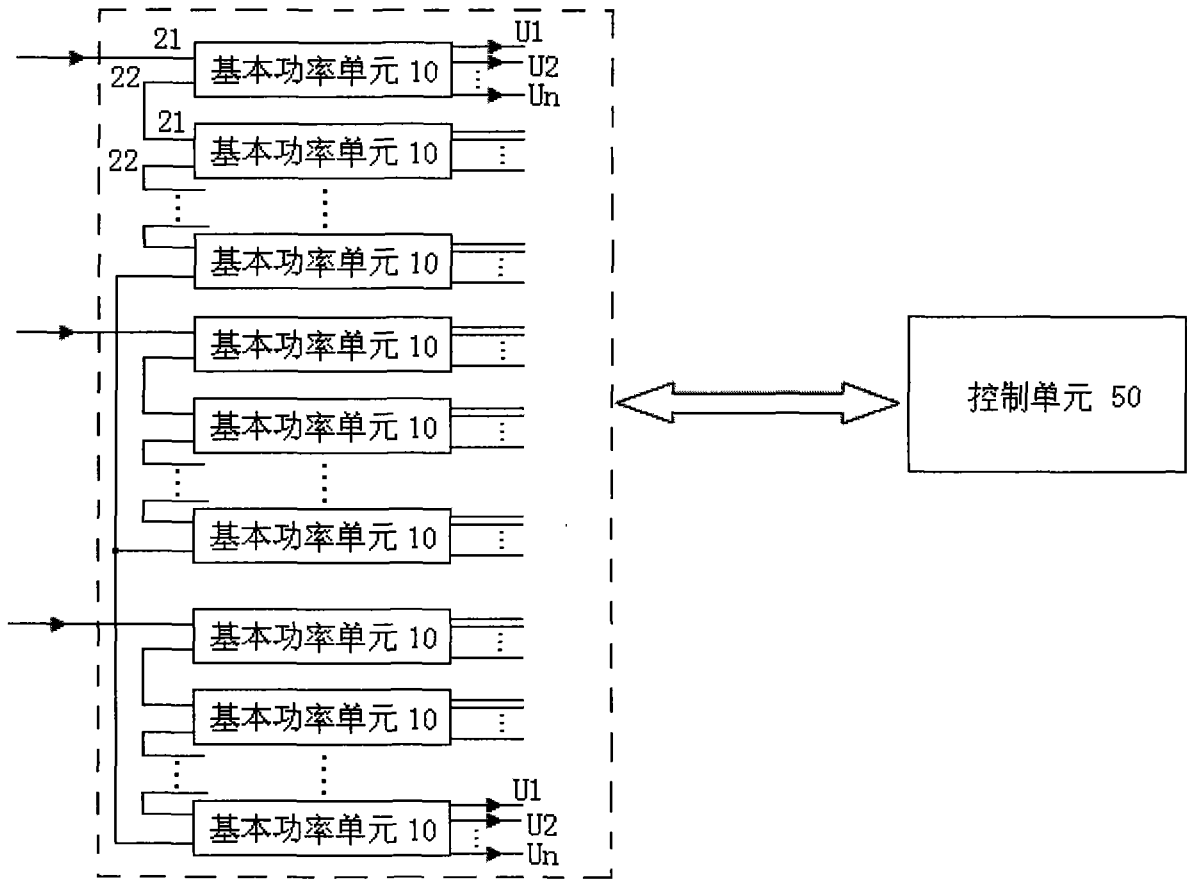


图 1

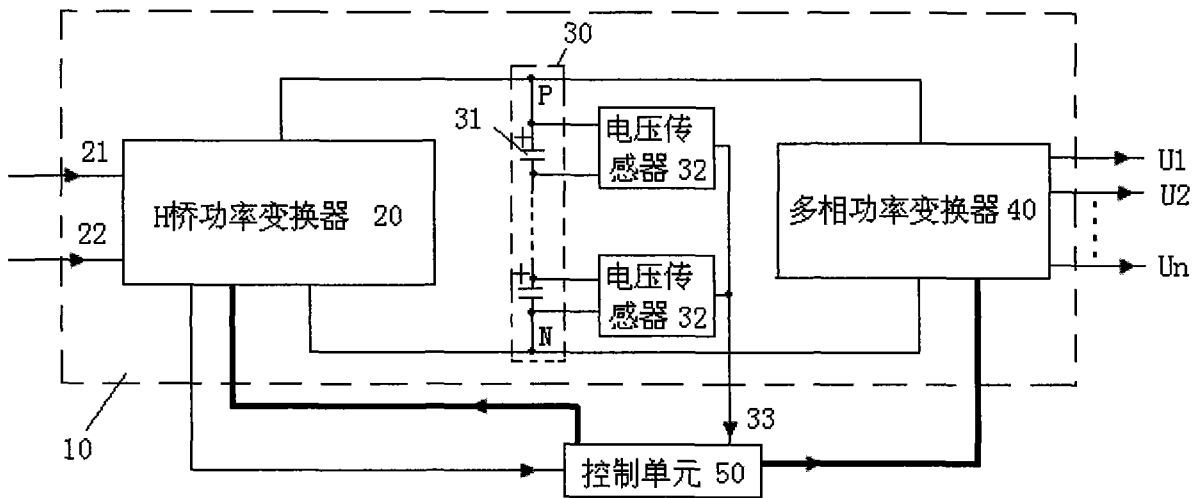


图 2

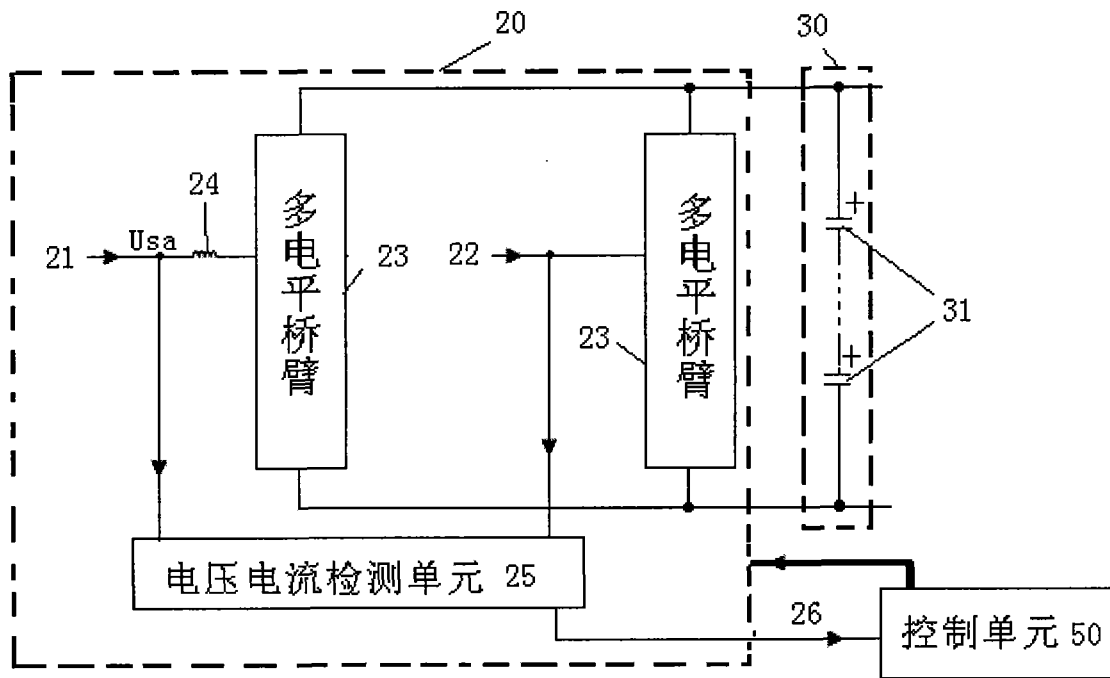


图 3

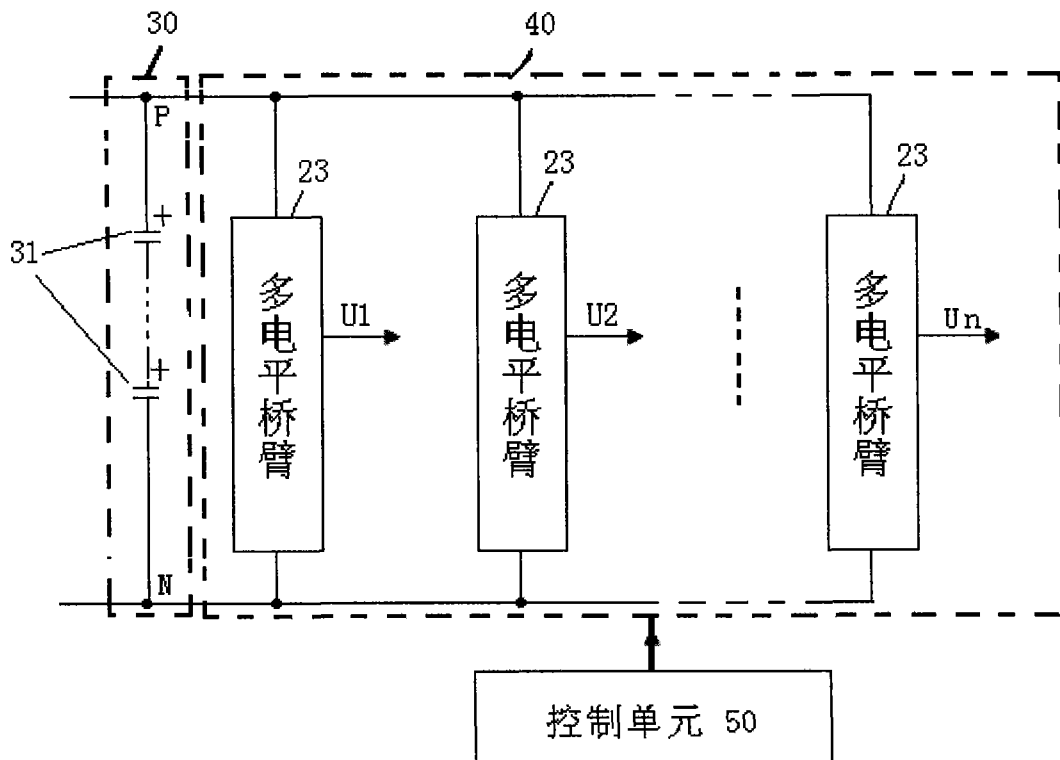


图 4

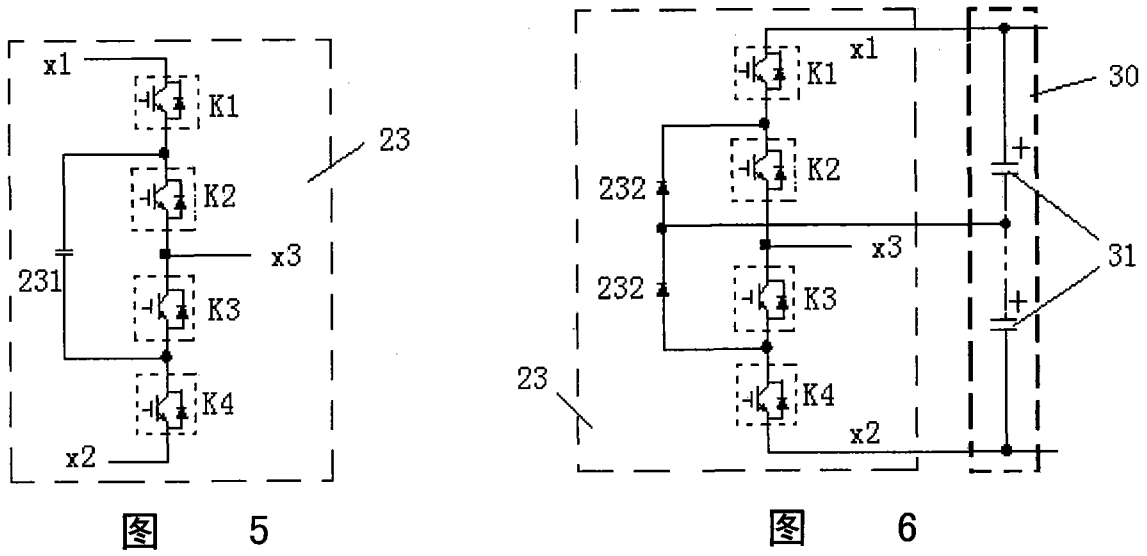


图 5

图 6

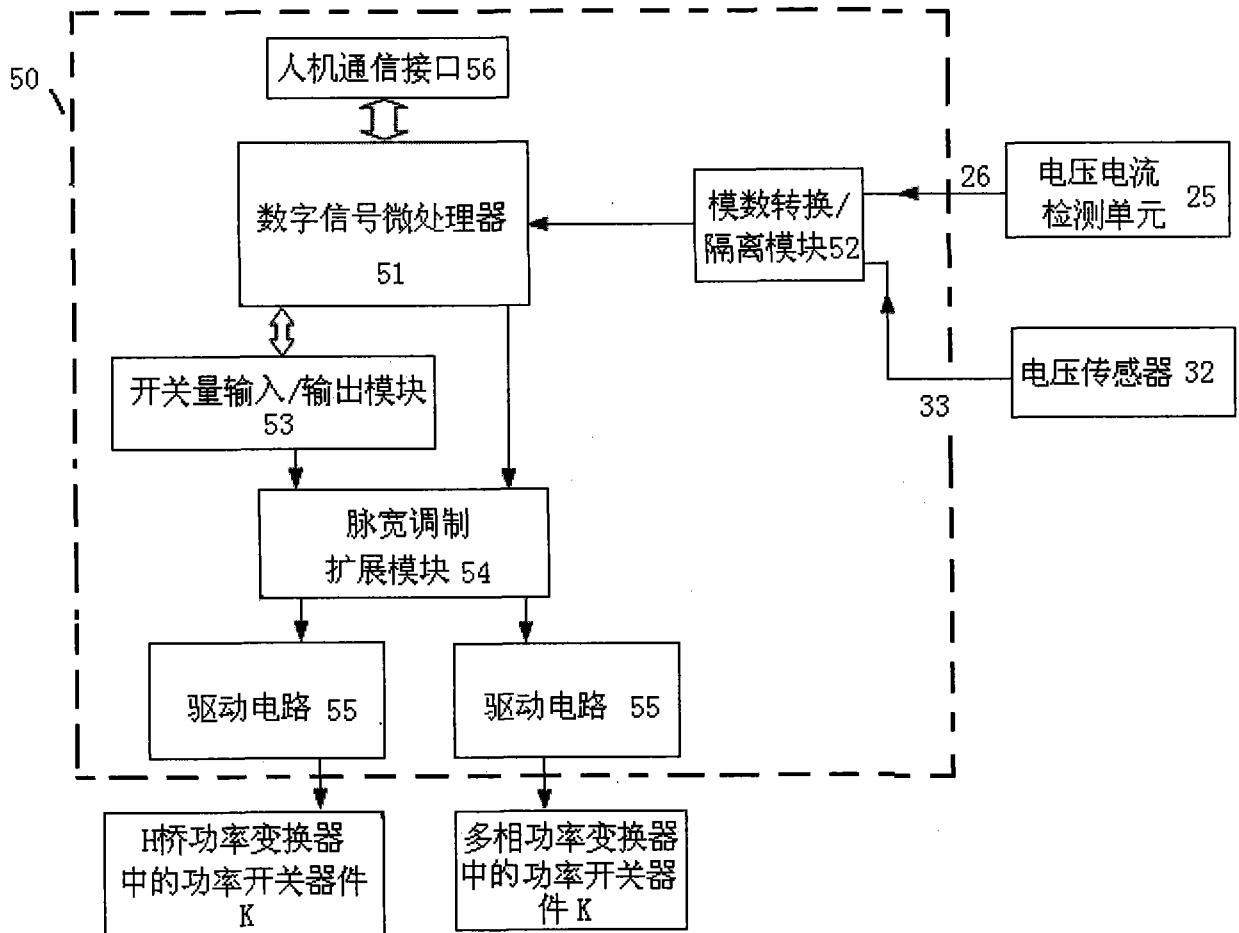


图 7