



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200610042603.3

[43] 公开日 2006年9月13日

[11] 公开号 CN 1830750A

[22] 申请日 2006.3.31

[21] 申请号 200610042603.3

[71] 申请人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市咸宁路 28 号

[72] 发明人 梁晋 叶敏 李舒欣 武小兰
曹秉刚

[74] 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公司
代理人 李郑建

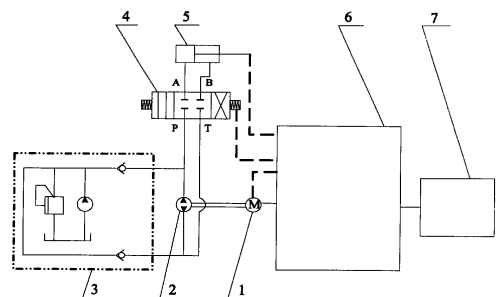
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 3 页

[54] 发明名称

一种具有能量回收的电动叉车举升控制系统

[57] 摘要

本发明公开了一种具有能量回收的电动叉车举升控制系统，该系统包括电机，泵 - 马达，补油装置，电液伺服阀，举升油缸，控制装置，蓄电池；电机驱动液压系统中的泵 - 马达，在控制装置作用下电液伺服阀控制执行机构举升油缸动作。控制系统除了执行机构举升油缸的驱动控制功能外，在举升油缸上升和下降减速过程中，使电机工作于再生制动模式，通过升压电路对制动能量进行回收，并存储在蓄电池中。另外当重物载荷下放过程中，重物势能通过液压泵 - 马达带动电机反转，使电机处于反工况发电状态，将重物的势能转化为电能存储在蓄电池中。因此本控制系统不仅能实现电动叉车动能回收，也可实现重物下降势能回收。其结构简单、成本低，具有极大的经济价值。



1. 一种具有能量回收的电动叉车举升控制系统，其特征在于，该系统包括电机（1），泵-马达（2），补油装置（3），电液伺服阀（4），举升油缸（5），控制装置（6），蓄电池（7）；电机（1）和排量与油缸的两腔面积相当的泵-马达（2）相连；电液伺服阀（4）的T口和P口分别与泵-马达（2）的排油口和吸油口相连，电液伺服阀（4）的A口和B口分别与举升油缸（5）的无杆腔和有杆腔相连；补油装置（3）连接在泵-马达（2）排油口和吸油口，并和电液伺服阀（4）的P口和T口相连；控制装置（6）经电气连接线分别与蓄电池（7）和举升电机（1）相连，并通过控制信号连接线分别与电液伺服阀（4）的控制信号接口、举升油缸（5）上设置的第二信号传感器和电机（1）上设置的第一信号传感器相连。

2. 如权利要求1所述的具有能量回收的电动叉车举升控制系统，其特征在于所述电机（1）是永磁无刷直流电机或永磁有刷直流电机。

3. 如权利要求1所述的具有能量回收的电动叉车举升控制系统，其特征在于所述蓄电池（7）是铅酸电池或锂电池或镍氢电池。

4. 如权利要求1所述的具有能量回收的电动叉车举升控制系统，其特征在于，所述的控制装置（6）包括控制电路板和电机驱动DC/DC变换器，其中控制电路板包括滤波电路，微处理器、光电隔离电路和功率驱动电路，控制电路板通过输入滤波电路采集指令信号和第一、第二传感器信号，微处理器对采集到的信号进行数据处理后经光电隔离电路输出PWM信号，一组与电液伺服阀的控制信号接口相连，另一组经功率驱动电路与电机驱动DC/DC变换器的每个功率器件的控制端相连。

5. 如权利要求4所述的具有能量回收的电动叉车举升控制系统，其特征在于，所述的微处理器为单片机、DSP、CPLD和FPGA其中的一种。

6. 如权利要求4所述的具有能量回收的电动叉车举升控制系统，其特

征在于，对于永磁无刷直流电机，控制装置中电机驱动 DC/DC 变换器由六个功率器件组成，功率器件 VT1 和 VT4 ， VT3 和 VT6， VT2 和 VT5，分别组成驱动半桥构成三相逆变桥，三相逆变桥的两端与蓄电池并联连接，VT1 和 VT4 ， VT3 和 VT6， VT2 和 VT5 的中间分别与电机绕组连接。

7. 如权利要求 4 或 6 所述的具有能量回收的电动叉车举升控制系统，其特征在于，所述的电机驱动 DC/DC 变换器的功率器件采用功率晶体管 GTR 或金属氧化物一半导体型场效应晶体管 MOSFET 或绝缘栅型双极型晶体管 IGBT 或门极关断晶闸管 GTO 或电力晶体管。

8. 如权利要求 4 或 6 所述的具有能量回收的电动叉车举升控制系统，其特征在于，所述的电机驱动 DC/DC 变换器，采用 Boost, Buck, Cuk, Forward 和 Flyback 变换器其中之一或上述组合。

一种具有能量回收的电动叉车举升控制系统

技术领域

本发明属于电动叉车举升装置控制领域，尤其涉及具有能量回收的电动叉车举升控制系统，该系统能够回收控制电动叉车举升装置制动过程的制动能量和重物下降过程的重物势能。

背景技术

近年来，随着世界范围内工业技术的发展，能源短缺和环境污染问题日益严重，电动叉车这一集电子技术和液压技术于一体的产品日新月异，目前电动叉车在国外市场占到保有量的50~60%，而我国目前的保有量约占15~20%，有着广阔的市场前景。电动叉车举升装置多采用电机—液压系统—液压缸的驱动方式，其缺点是效率低，能耗大，电动叉车节能问题已受到业界的广泛关注。电动叉车举升油缸的特点在于往复运动频繁，既要反复举升和放下重物，举升力较大，且经常承受负值载荷。重物下降过程中，其重力势能和动能都转化为液压系统的节流损失，不仅造成能源的浪费，还会引起液压系统发热、噪声和振动。甚至是引发系统故障和降低系统寿命等危害。近年来的能量回收技术成为液压系统节能的一个重点研究方向。另外举升系统的额定负载与最小负载之比为6:1到8:1，按理空载速度应该高于满载速度。目前电动叉车调节提升速度大多采取节流调速，造成液压系统运行效率低，能量损失大。电机功率不能充分利用，叉车的空载速度与满载速度基本相同，提升效率有待于提高。

发明内容

针对上述现有技术存在的缺陷和不足，本发明在于提供具有能量回收的电动叉车举升控制系统，该系统在电动叉车的举升装置执行机构液压油缸上

升和下降制动过程中，控制系统使电机工作于再生制动状态，并把再生制动所产生的电能回馈并存储在蓄电池中。而当重物载荷下放过程中，重物势能通过液压泵—马达带动电机反转，使电机处于反工况发电状态。将重物的势能转化为电能存储在蓄电池中。另外电动叉车在执行机构举升油缸驱动控制中，实现双重调速，综合利用阀控系统高响应精度和泵控系统高效率的优点。

为达到上述目的，本发明采用的技术方案是：一种具有能量回收的电动叉车举升控制系统，其特征在于，该系统包括电机，泵-马达，补油装置，电液伺服阀，举升油缸，控制装置，蓄电池；电机和排量与油缸的两腔面积相当的泵—马达相连；电液伺服阀的 T 口和 P 口分别与泵—马达的排油口和吸油口相连，电液伺服阀的 A 口和 B 口分别与举升油缸的无杆腔和有杆腔相连；补油装置连接在泵-马达排油口和吸油口，并和电液伺服阀的 P 口和 T 口相连；控制装置经电气连接分别与蓄电池和举升电机相连，并通过控制信号连接线分别与电液伺服阀的控制信号接口、举升油缸上设置的第二信号传感器和电机上设置的第一信号传感器相连。

所述的控制装置包括控制电路板和电机驱动 DC/DC 变换器，其中控制电路板包括滤波电路，微处理器、光电隔离电路和功率驱动电路，控制电路板通过输入滤波电路采集指令信号和第一、第二传感器信号，微处理器对采集到的信号进行数据处理后经光电隔离电路输出 PWM 信号，一组与电液伺服阀的控制信号接口相连，另一组经功率驱动电路与电机驱动 DC/DC 变换器的每个功率器件的控制端相连。

本发明带来的技术效果是：

1) 采用双重调速方案，当控制信号较小时，控制装置通过 PWM 波形调节电液伺服阀的开口量，实现阀控系统的高精度控制，当控制信号较大时，控制装置通过 PWM 调速方式调节电机转速，通过泵—马达的排量调节液压油缸的执行速度，实现泵控系统的高效率控制。这样可以满足额定速度下实现

恒转矩调节，而在超过额定功率时，实现恒功率调节，分别调节满载和空载时的提升速度，提高叉车的作业效率。

2) 本系统毋须增加发电机和储能元件，即可实现执行机构的动能回收以及重物势能回收。在举升油缸举升和下放重物减速过程中，控制装置使电机工作于再生制动模式，通过电机驱动 DC/DC 变换器升压电路对制动能量进行回收，并存储在蓄电池中。另外当举升油缸下放较重载荷重物时，利用电机的反馈发电制动原理对重物的下降势能进行回收，并存储在蓄电池中。由于回馈能量存储在蓄电池里，大幅度提高了蓄电池的使用时间，同时减少了系统的节流损失，提高了系统的工作效率。

附图说明

图 1 为本发明的具有能量回收的电动叉车举升控制系统结构图，系统由电机 1，泵-马达 2，补油装置 3，电液伺服阀 4，举升油缸 5，控制装置 6，蓄电池 7 组成。

图 2 为控制装置原理图；

图 3 是举升油缸举升重物驱动电流方向图。

图 4 是举升油缸举升重物制动能量回馈电流方向图。

图 5 是举升油缸下放较轻重物驱动电流方向图。

图 6 是举升油缸下放较轻重物制动能量回馈和下放较重重物势能回馈电流方向图。

下面结合附图和实例对本发明作进一步详细说明。

具体实施方式

本发明包括永磁无刷直流电机 1，泵-马达 2，补油装置 3，电液伺服阀 4，举升油缸 5，控制装置 6，铅酸蓄电池 7。其相互连接关系如下：

1) 永磁无刷直流电机 1 和排量与举升油缸两腔面积相当的泵-马达 2 相连。

2) 电液伺服阀 4 的 P 口和 T 口分别与泵-马达 2 的排油口和吸油口相连, 电液伺服阀 4 的 A 口和 B 口分别与举升油缸 5 的无杆腔和有杆腔相连。补油装置 3 连接在泵-马达 2 排油口和吸油口, 并和电液伺服阀 4 的 P 口和 T 口相连;

3) 控制装置 6 经电气连接线分别与电机 1 和蓄电池 7 相连。控制装置 6 经控制信号连接线分别与电液伺服阀 4 的控制信号接口, 电机 1 上的第一信号传感器和举升油缸 5 上的第二信号传感器相连。

控制装置包括控制电路板和电机驱动 DC/DC 变换器。控制电路板如图 2 所示包括滤波电路, 微处理器, 光电隔离电路和功率驱动电路。微处理器采用 DSP, 滤波电路采用典型的由运算放大器搭建的滤波电路, 光电隔离电路由光耦实现, 功率驱动电路采用模块化设计。控制装置所需各种电平由蓄电池供电, 经过普通 DC/DC 开关电源匹配提供。对于永磁无刷直流电机, 控制装置中电机驱动 DC/DC 变换器由六个功率器件组成, 功率器件 VT1 和 VT4, VT3 和 VT6, VT2 和 VT5, 分别组成驱动半桥构成三相逆变桥, 三相逆变桥的两端与蓄电池并联连接, VT1 和 VT4, VT3 和 VT6, VT2 和 VT5 的中间分别与电机绕组连接。

本发明的工作原理如下:

控制电路板经过输入滤波电路接收指令信号和第一、第二传感器的信号, 信号包括电机电压、电流信号和液压油缸速度、位移信号。微处理器对采集信号进行数据处理后经光电隔离电路输出 PWM 信号。一组 PWM 信号直接连接到电液伺服阀的控制信号接口, 控制电液伺服阀的开口量, 实现阀控系统的高精度控制。另一组 PWM 信号经功率驱动电路控制电机驱动 DC/DC 变换器每个功率器件的动作, 实现对电机驱动与制动控制。电机驱动时, DC/DC 变换器工作于降压模式, 通过调节 PWM 信号占空比调节电机转速, 由于电机和泵-马达同轴连接, 相应改变泵-马达排量, 实现泵控系统的高效率控制。

电机制动时，DC/DC 变换器工作于升压模式，相应调节 PWM 信号占空比调节电机制动力矩，实现电机再生制动和反工况发电制动。因此本系统一方面可以实现执行机构的双重调速控制，综合利用了阀控系统高响应精度和泵控系统高效率的优点；另一方面能实现电动叉车动能回收，也可实现重物势能回收。

当执行机构举升油缸 5 举升重物驱动时，此时 DC/DC 变换器工作于降压模式，电机 1 工作于第一象限，蓄电池 7 电流经 DC/DC 变换器正相流入电机 1，带动电机 1 正方向旋转，电流方向如图 3 所示。控制装置 6 进一步根据指令信号和传感器信号调节 PWM 信号占空比实现举升油缸 5 的双重调速控制。

当执行机构举升油缸 5 举升重物制动时，DC/DC 变换器工作于升压模式，电机 1 工作于第二象限，此时由于电机 1 绕组电感的续流作用，电机 1 再生制动能量经 DC/DC 变换器升压变换回馈到蓄电池 7 中，电流方向如图 4 所示，调节 PWM 信号占空比调节制动力矩。

当执行机构举升油缸 5 下放较轻重物时，由于重物载荷不足以克服系统阻力拖动泵一马达 2 反转，重物载荷须经电机 1 驱动泵一马达 2 下放，此时 DC/DC 变换器工作于降压模式，电机 1 工作于第三象限，电池 7 电流经 DC/DC 变换器反相流入电机 1，带动电机 1 反方向旋转，电流方向如图 5 所示。

当执行机构举升油缸 5 下放较轻重物制动时，DC/DC 变换器工作于升压模式，电机 1 工作于第四象限，此时由于电机 1 绕组电感的续流作用，电机 1 再生制动能量经 DC/DC 变换器升压变换回馈到蓄电池 7 中，电流方向如图 6 所示。

当执行机构举升油缸 5 下放较重重物时，重物载荷足以克服系统阻力，液压缸 5 在重物载荷作用下拖动泵一马达 2 旋转，同时带动电机 1 反转，使电机 1 工作于反工况发电状态，将电能回馈到蓄电池 7 中，实现重物势能的

回收。此时控制 DC/DC 变换器功率器件的导通时间，即可控制电机 1 的制动力矩和回馈电流的大小，保证执行机构的下放速度，电流方向如图 6 所示。

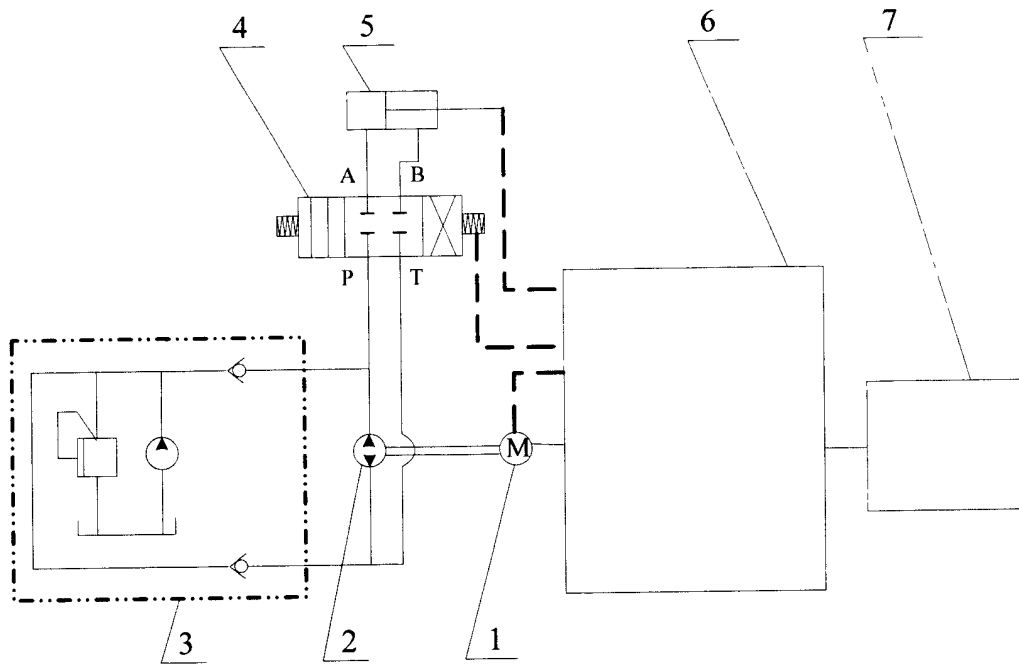


图1

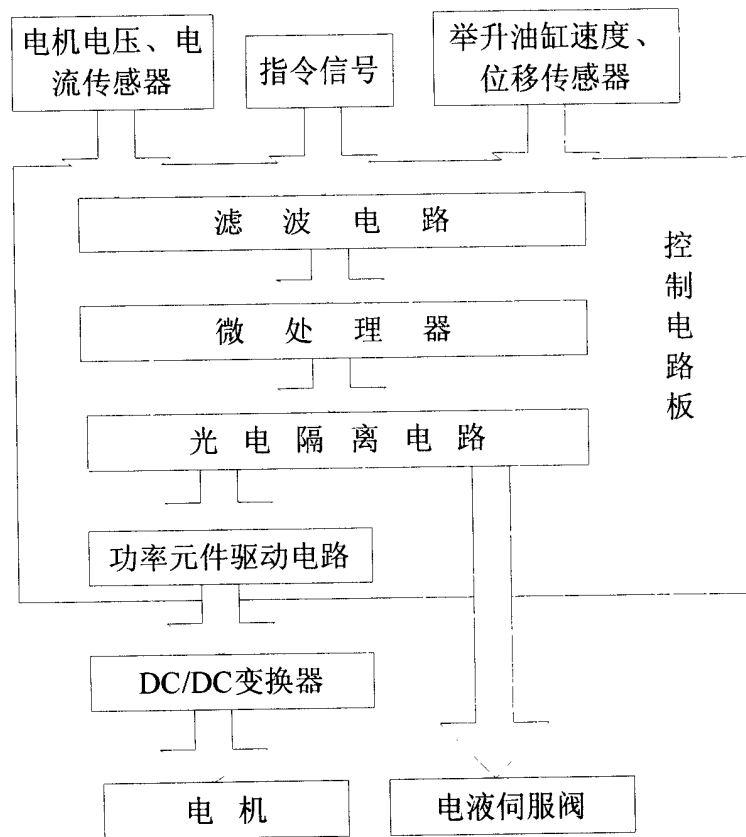


图2

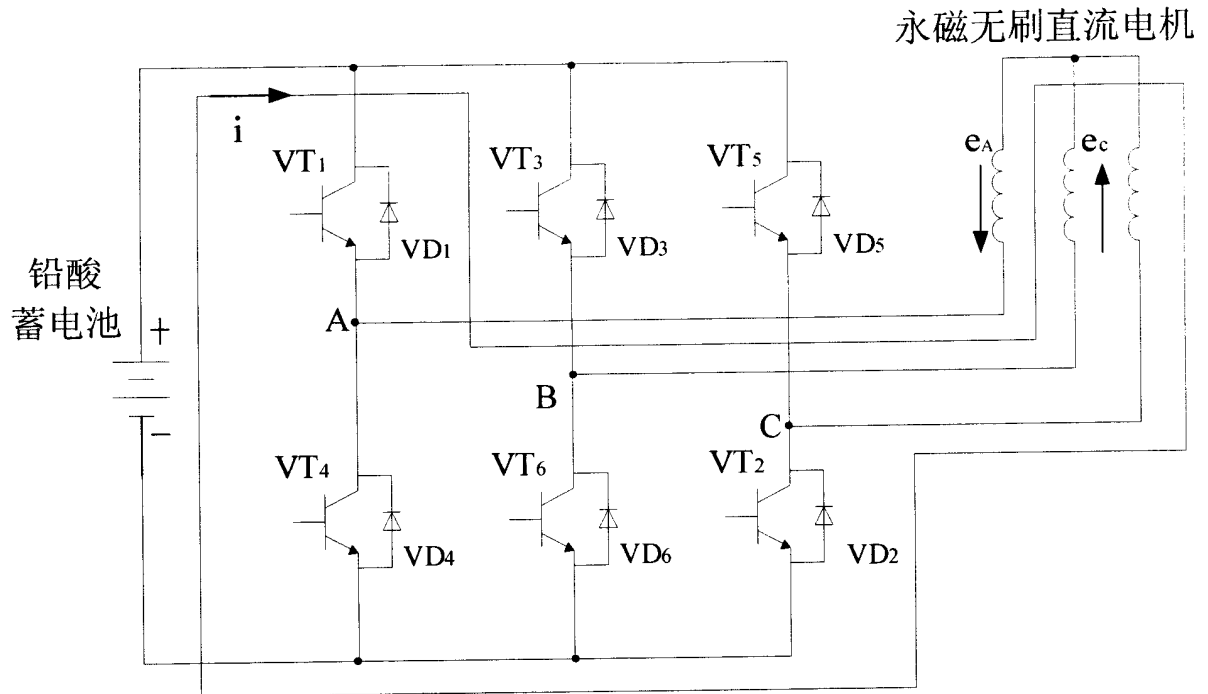


图 3

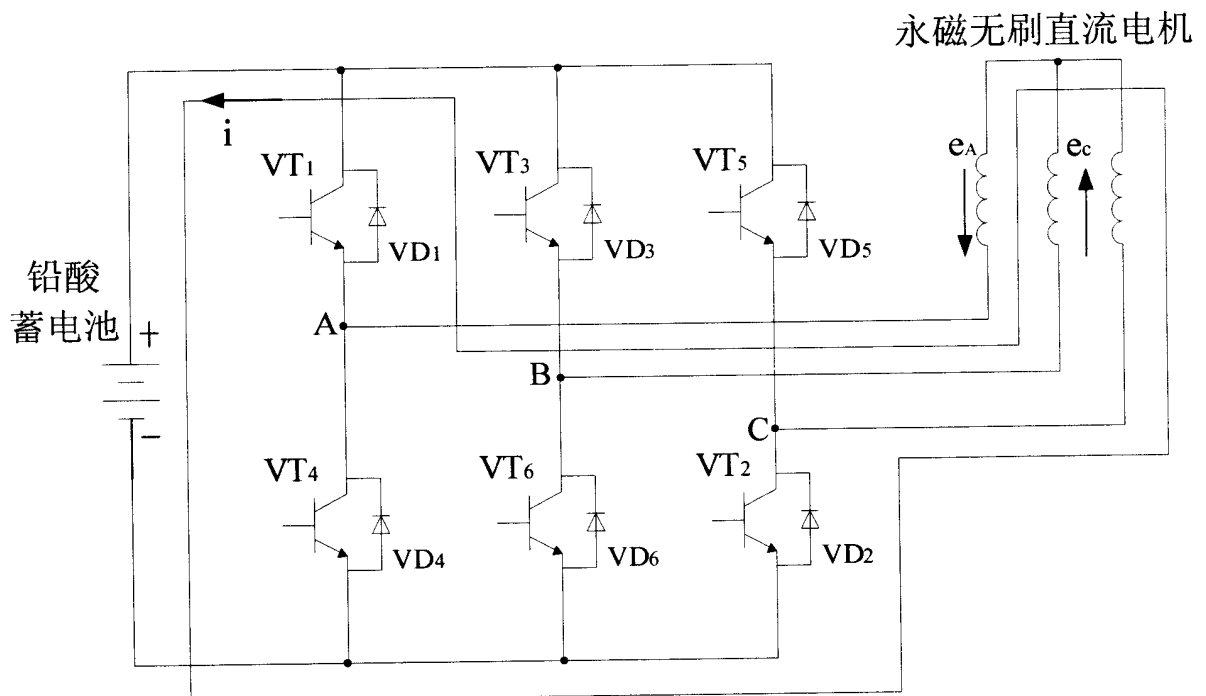


图 4

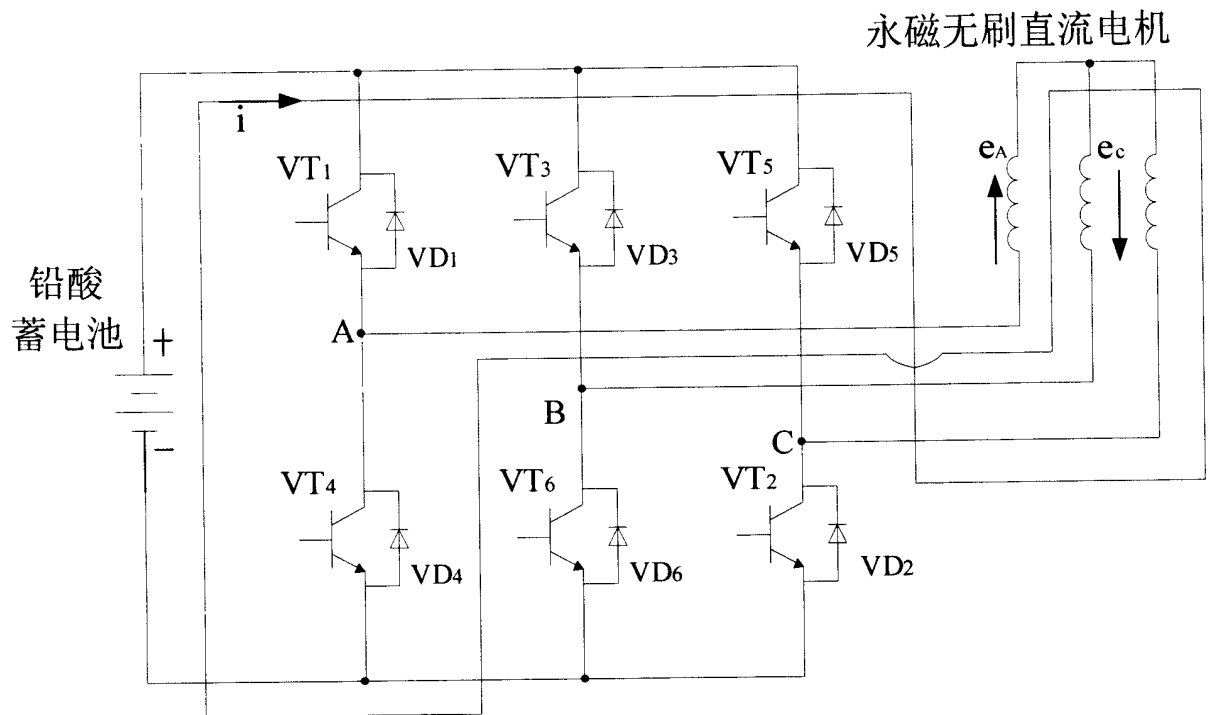


图 5

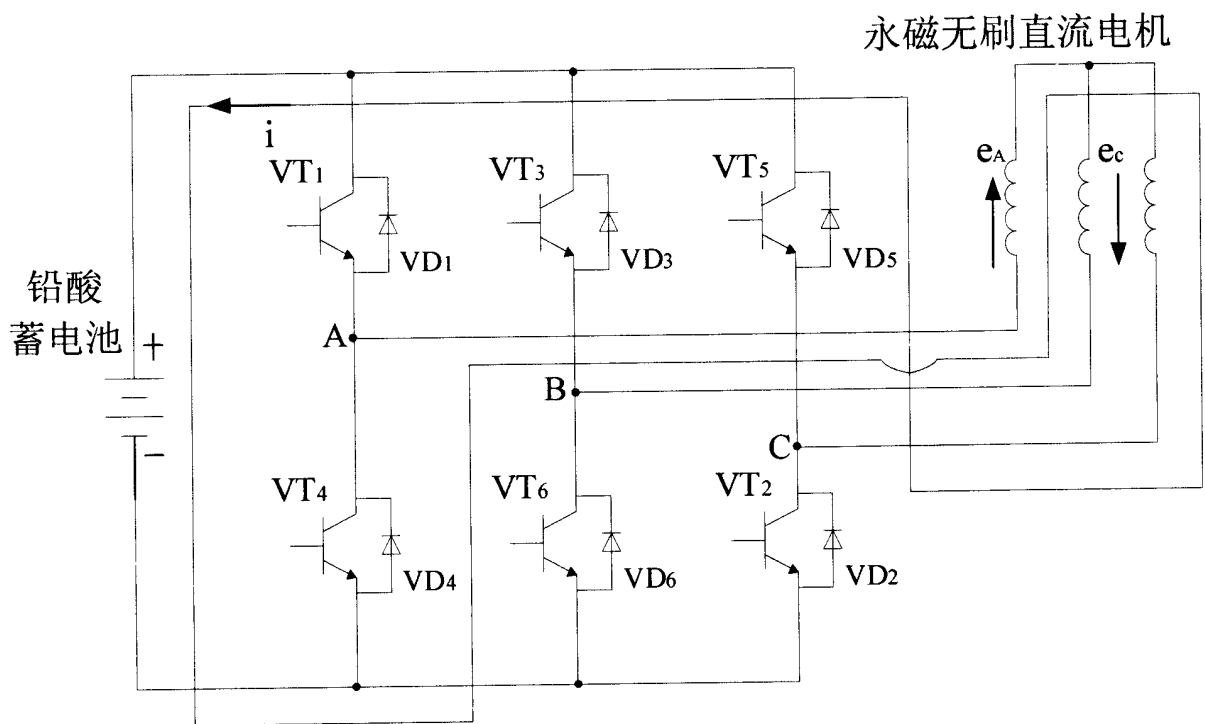


图 6