

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102163927 A

(43) 申请公布日 2011.08.24

(21) 申请号 201110099482.7

H02M 7/5387(2007.01)

(22) 申请日 2011.04.20

(71) 申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华园 1 号清华大学电机系

(72) 发明人 郑泽东 高志刚 李永东

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

代理人 徐宁 关畅

(51) Int. Cl.

H02M 5/44(2006.01)

H02M 3/335(2006.01)

H02M 7/483(2007.01)

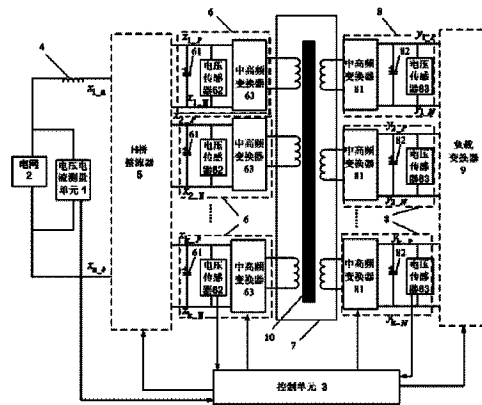
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 6 页

(54) 发明名称

一种采用多绕组中高频变压器的多电平变换器

(57) 摘要

本发明涉及一种采用多绕组中高频变压器的多电平变换器,它包括电压电流测量单元,电压电流测量单元并联在电网两端,电压电流测量单元将测量到电网的电压电流信号传输至控制单元;电网输出的电流信号经电感滤波、限流后,输入 H 桥整流器内,H 桥整流器根据控制单元发送至的控制信号,将输入至的交流电转化为幅值稳定的直流电;H 桥整流器的输出端连接若干个逆变器,逆变器的输出端连接至多绕组中高频变压器的输入端,多绕组中高频变压器的输出端经若干个整流器连接负载变换器;电压电流测量模块、各逆变器和各整流器均与控制单元进行信息交互,负载变换器在控制单元的控制下对负载供电。本发明能节省成本,缩小多电平变换器的体积和重量,可以广泛应用于电力系统和电力牵引中。



1. 一种采用多绕组中高频变压器的多电平变换器,其特征在于:它包括电压电流测量单元、电网、控制单元、电感、H桥整流器、位于变压器原边侧的逆变器、多绕组中高频变压器、位于变压器副边侧的整流器和负载变换器;

所述电压电流测量单元并联在所述电网两端,所述电压电流测量单元将测量到所述电网的电压电流信号传输至所述控制单元;所述电网输出的电流信号经所述电感滤波、限流后,输入所述H桥整流器内,所述H桥整流器根据所述控制单元发送至的控制信号,将输入至的交流电转化为幅值稳定的直流电;所述H桥整流器的输出端连接若干个所述逆变器,所述逆变器的输出端连接至所述多绕组中高频变压器的输入端,所述多绕组中高频变压器的输出端经若干个所述整流器连接所述负载变换器;所述电压电流测量模块、各逆变器和各整流器均与所述控制单元进行信息交互,所述负载变换器在所述控制单元的控制下对负载供电。

2. 如权利要求1所述的一种采用多绕组中高频变压器的多电平变换器,其特征在于:各所述逆变器包括直流母线电容、电压传感器和中高频变换器,所述直流母线电容输入端与所述H桥整流器的输出端连接,所述直流母线电容的输出端依次并联所述电压传感器和中高频变换器;各所述中高频变换器的输出端分别连接所述多绕组中高频变压器的各原边绕组;各所述电压传感器分别测量各所述中高频变换器输入端的直流母线电压,并把测量结果发送给控制单元。

3. 如权利要求1所述的一种采用多绕组中高频变压器的多电平变换器,其特征在于:各所述整流器包括中高频变换器、直流母线电容和电压传感器,各所述中高频变换器的输入端分别连接所述多绕组中高频变压器的各副边绕组,输出端分别依次并联所述直流母线电容和电压传感器;各所述电压传感器分别测量各所述中高频变换器输出端的直流母线电压,并把测量结果发送给所述控制单元。

4. 如权利要求1或2或3所述的一种采用多绕组中高频变压器的多电平变换器,其特征在于:所述多绕组中高频变压器的所有原边绕组和所有副边绕组共用一个铁芯。

5. 如权利要求1或2或3所述的一种采用多绕组中高频变压器的多电平变换器,其特征在于:所述逆变器和整流器中的所有中高频变换器均采用H桥拓扑结构和半桥拓扑结构两种拓扑结构中的一种。

6. 如权利要求1所述的一种采用多绕组中高频变压器的多电平变换器,其特征在于:所述H桥整流器包括级联的多级H桥单元,各级所述H桥单元相互串联,每一级所述H桥单元包括两个并联的单相桥臂,每个所述单相桥臂由两个串联的功率开关器件组成。

7. 如权利要求1所述的一种采用多绕组中高频变压器的多电平变换器,其特征在于:所述负载变换器采用以下两种结构中的一种结构为负载供电:一种是把各级直流母线分别接所述逆变器后再给负载供电;另一种是采用把直流母线经过级联型所述逆变器的变换后来驱动高压负载。

8. 如权利要求1或2或3所述的一种采用多绕组中高频变压器的多电平变换器,其特征在于:所述控制单元包括中央处理器、通讯模块、上位机、状态显示模块、数字量输入模块、信号调理模块、AD转换模块、脉宽调制信号扩展模块和脉宽调制信号驱动模块;

所述中央处理器采用高性能数字信号处理芯片,所述中央处理器通过所述通讯模块实现与所述上位机之间的通讯;

所述状态显示模块和数字量输入模块通过所述中央处理器的 I/O 接口来实现,分别将电路工作状态的状态指示和外部指令信号、故障信号的输入;

所述信号调理模块把外部的电压和电流测量模块测量得到的信号进行处理后,经过所述 AD 转换模块的传送到所述中央处理器;

所述脉宽调制信号扩展模块通过可编程逻辑芯片来实现,将所述中央处理器输出的脉宽调制指令扩展为控制信号,通过所述脉宽调制信号驱动模块来驱动电路中的所有功率开关器件。

一种采用多绕组中高频变压器的多电平变换器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种多电平变换器拓扑结构,特别是关于一种采用多绕组中高频变压器的多电平变换器。

背景技术

[0002] 随着大容量电机调速系统和电力电子变换器在电力系统中的应用,对电力电子变换器的输出电压等级要求也越来越高。受功率器件耐压和耐流水平的限制,传统两电平变换器已无法满足高压大容量场合的需要。与器件直接串联和电压多重化技术相比较,电压型多电平技术是目前大容量变换器的主要发展方向。

[0003] 目前,常用的多电平拓扑主要有二极管箝位型、电容箝位型、H桥级联型等。其中,二极管箝位型和电容箝位型这一类拓扑存在以下的缺点:1、五电平以上各级母线电容的电压需要从硬件或者软件上进行额外的控制,否则电容电压可能会出现不稳定,造成电路失稳或者输出电平数减少。2、随着输出电平数的增多,箝位二极管或电容的数目将按照电平数目的二次方快速增加,电路成本增加过大,控制较为复杂。3、电路的模块化较差,电路的故障运行能力较低。因此,为了保证变换器能够实现可靠的多电平输出,就需要控制各级母线电容电压稳定在一定范围内。为解决这一技术问题,可以采用硬件箝位,也就是利用多个直流电源对各级母线进行独立供电的方法可以解决这个问题,但是这将引入额外的硬件设备(变压器,整流桥等)。

[0004] H桥级联型变换器每相由多个单相H桥串联形成,多个独立直流电网分别给各个H桥逆变器供电,由于各组H桥的输出电平达三种,因此级联后各相输出的电平数增多,形成多电平逆变器。级联H桥多电平逆变器稳定性较好,控制比较简单,是目前工业应用较为成熟的一种拓扑结构。但是该拓扑结构中的隔离变压器的体积和重量较大,且成本较高。为解决这一技术问题,提出了一类新型的基于中频变压器变换器拓扑结构(如图1所示),通过H桥级联变换器组成模块化多电平(M2LC)变换器,直接把工频的高压交流电变为中频400Hz的交流电,经过中频变压器进行隔离后,副边的多个绕组分别连接变换器来驱动多个负载。

[0005] 与上述基于中频变压器变换器拓扑结构类似,R. Marquardt 和日本学者 H. Akagi 等还提出另外一种基于中频变压器的拓扑(如图2所示),电网侧采用H桥级联整流器产生多个直流母线,再分别逆变为中频交流电,然后采用多个中频变压器隔离后,分别驱动不同的负载。同时为了解决由于负载不均衡造成的H桥级联整流器的母线电压平衡问题,该拓扑在右侧的各级直流母线进行了直接并联,如N0和P0,用于均衡各级负载的功率,从而可以实现H桥级联整流器的各级母线电压的均衡控制。但是由于输出各级的直流母线进行了并联,所以各级输出也只能接相互隔离的负载,一般应用于电力牵引等系统中。

发明内容

[0006] 针对上述问题,本发明的目的是提供一种采用多绕组中高频变压器的多电平变换

器,可以取消传统高压多电平变换器的输入变压器,并且能兼顾电气隔离与能量的均衡。

[0007] 为实现上述目的,本发明采取以下技术方案:一种采用多绕组中高频变压器的多电平变换器,其特征在于:它包括电压电流测量单元、电网、控制单元、电感、H桥整流器、位于变压器原边侧的逆变器、多绕组中高频变压器、位于变压器副边侧的整流器和负载变换器;所述电压电流测量单元并联在所述电网两端,所述电压电流测量单元将测量到所述电网的电压电流信号传输至所述控制单元;所述电网输出的电流信号经所述电感滤波、限流后,输入所述H桥整流器内,所述H桥整流器根据所述控制单元发送至的控制信号,将输入至的交流电转化为幅值稳定的直流电;所述H桥整流器的输出端连接若干个所述逆变器,所述逆变器的输出端连接至所述多绕组中高频变压器的输入端,所述多绕组中高频变压器的输出端经若干个所述整流器连接所述负载变换器;所述电压电流测量模块、各逆变器和各整流器均与所述控制单元进行信息交互,所述负载变换器在所述控制单元的控制下对负载供电。

[0008] 各所述逆变器包括直流母线电容、电压传感器和中高频变换器,所述直流母线电容输入端与所述H桥整流器的输出端连接,所述直流母线电容的输出端依次并联所述电压传感器和中高频变换器;各所述中高频变换器的输出端分别连接所述多绕组中高频变压器的各原边绕组;各所述电压传感器分别测量各所述中高频变换器输入端的直流母线电压,并把测量结果发送给控制单元。

[0009] 各所述整流器包括中高频变换器、直流母线电容和电压传感器,各所述中高频变换器的输入端分别连接所述多绕组中高频变压器的各副边绕组,输出端分别依次并联所述直流母线电容和电压传感器;各所述电压传感器分别测量各所述中高频变换器输出端的直流母线电压,并把测量结果发送给所述控制单元。

[0010] 所述多绕组中高频变压器的所有原边绕组和所有副边绕组共用一个铁芯。

[0011] 所述逆变器和整流器中的所有中高频变换器均采用H桥拓扑结构和半桥拓扑结构两种拓扑结构中的一种。

[0012] 所述H桥整流器包括级联的多级H桥单元,各级所述H桥单元相互串联,每一级所述H桥单元包括两个并联的单相桥臂,每个所述单相桥臂由两个串联的功率开关器件组成。

[0013] 所述负载变换器采用以下两种结构中的一种结构为负载供电:一种是把各级直流母线分别接所述逆变器后再给负载供电;另一种是采用把直流母线经过级联型所述逆变器的变换后来驱动高压负载。

[0014] 所述控制单元包括中央处理器、通讯模块、上位机、状态显示模块、数字量输入模块、信号调理模块、AD转换模块、脉宽调制信号扩展模块和脉宽调制信号驱动模块;所述中央处理器采用高性能数字信号处理芯片,所述中央处理器通过所述通讯模块实现与所述上位机之间的通讯;所述状态显示模块和数字量输入模块通过所述中央处理器的I/O接口来实现,分别将电路工作状态的状态指示和外部指令信号、故障信号的输入;所述信号调理模块把外部的电压和电流测量模块测量得到的信号进行处理后,经过所述AD转换模块的传送到所述中央处理器;所述脉宽调制信号扩展模块通过可编程逻辑芯片来实现,将所述中央处理器输出的脉宽调制指令扩展为控制信号,通过所述脉宽调制信号驱动模块来驱动电路中的所有功率开关器件。

[0015] 本发明由于采取以上技术方案,其具有以下优点:1、本发明由于采用多绕组中高频变压器来代替传统H桥电路中的工频输入变压器,这样可以大大节省成本,同时,缩小了多电平变换器的体积和重量。2、本发明由于采用若干个逆变器和整流器,并采用H桥整流器与电网连接,因此,实现了能量的双向流动,便于应用在电力牵引等需要四象限运行的场合的同时,还可以实现控制输入功率因数为1,减少对电网的谐波污染。3、本发明由于采用多绕组中高频变压器中的磁场耦合来进行各级功率的平衡,从而可以从电路上实现各级电压的均衡控制,可以不需要进行软件的均衡控制。因此,实现了控制简单,可靠性好的特点。4、本发明由于采用各级电路模块化,电路的模块化较好,便于系统的构建和故障修理,同时可以很方便地设置一定的冗余模块,提高系统的可靠性。5、本发明由于多绕组中高频变压器的原边绕组和副边绕组的数量可以任意配置,并且副边各绕组之间相互隔离,因此,本发明能根据负载的要求,输出侧可以有多种连接形式,系统比较灵活,通用性强。本发明可以广泛应用于电力系统和电力牵引等场合。

附图说明

- [0016] 图1是现有技术中采用中频变压器的多电平变换器拓扑结构;
- [0017] 图2是现有技术中采用多个中频变压器的多电平变换器拓扑结构;
- [0018] 图3是本发明的总体结构示意图;
- [0019] 图4是本发明的H桥整流器结构示意图;
- [0020] 图5是图4中H桥单元结构示意图;
- [0021] 图6是本发明的中高频变换器采用普通H桥拓扑结构示意图;
- [0022] 图7是本发明的中高频变换器采用半桥拓扑结构示意图;
- [0023] 图8是本发明的负载变换器连接多个独立结构的负载结构示意图;
- [0024] 图9是本发明的负载变换器连接高压负载的结构示意图;
- [0025] 图10是本发明的控制单元结构示意图。

具体实施方式

[0026] 下面结合附图和实施例对本发明进行详细的描述。

[0027] 如图3所示,本发明的电路拓扑结构包括电压电流测量单元1、电网2、控制单元3、电感4、H桥整流器5、位于变压器原边侧的逆变器6、多绕组中高频变压器7、位于变压器副边侧的整流器8和负载变换器9。

[0028] 电压电流测量单元1并联在电网2的两端,由电压电流测量单元1将测量到的电网2的电压和电流信号传输至控制单元3内;电网2输出的电流信号经电感4进行滤波、限流后,输入H桥整流器5内,H桥整流器5根据控制单元3发送至的控制信号,将电网2输入至的交流电转化为幅值稳定的直流电;H桥整流器5的输出端连接若干个逆变器6,逆变器6的输出端连接至多绕组中高频变压器7的输入端,多绕组中高频变压器7的输出端经若干个整流器8连接负载变换器9。电压电流测量模块1、各逆变器6和各整流器8均与控制单元3进行信息交互,控制单元3将各信号处理后,将控制信号发送至各逆变器6、各整流器8和负载变换器9,负载变换器9在控制单元3的控制下对负载供电。

[0029] 其中,每个逆变器6包括直流母线电容61、电压传感器62和中高频变换器63,直

流母线电容 61 输入端与 H 桥整流器 5 的输出端连接,直流母线电容 61 的输出端依次并联电压传感器 62 和中高频变换器 63。各中高频变换器 63 的输出端分别连接多绕组中高频变压器 7 的各原边绕组。各电压传感器 62 分别测量各中高频变换器 63 输入端的直流母线电压,并把测量结果发送给控制单元 3。

[0030] 每个整流器 8 也包括中高频变换器 81、直流母线电容 82 和电压传感器 83,各中高频变换器 81 的输入端分别连接多绕组中高频变压器 7 的各副边绕组,各中高频变换器 81 的输出端分别依次并联直流母线电容 82 和电压传感器 83。各电压传感器 83 分别测量各中高频变换器 81 输出端的直流母线电压,并把测量结果发送给控制单元 3。

[0031] 控制单元 3 根据接收到的所有中高频变换器 63、81 的直流母线电压值,对 H 桥整流器 5 进行控制,目标是控制所有直流母线的总和稳定在目标值,并通过对电流的控制实现对电网的输出功率因数的控制。同时,控制单元 3 接收到的所有中高频变换器 63、81 的直流母线电压值,向所有中高频变换器 63、81 发送控制信号,通过对所有中高频变换器 63、81 的控制,也可以对各直流母线电容 61、82 电压的功率平衡进行控制。即由电路特性实现的功率自然均衡和对所有中高频变换器 63、81 控制实现的均衡控制相互配合,实现电路中各级单元之间的功率均衡。

[0032] 多绕组中高频变压器 7 的所有原边绕组和所有副边绕组共用一个铁芯 10,且原边绕组和副边绕组可以根据使用需要进行任意配置。由于所有的原边绕组和所有副边绕组都共用一个铁芯,因此与中高频变换器 63、81 相连的多绕组中高频变压器 7 原边绕组和副边绕组都交链同一个磁场,任何一个绕组功率的变化都会对磁场产生影响,从而影响其它绕组中的反电势,所以可以通过磁场的耦合实现各直流母线电容 61、82 电压的功率的平衡。因此由于负载不平衡造成的多绕组中高频变压器 7 副边绕组功率输出的不平衡,经过共用铁芯磁场的均衡,在原边侧的功率仍然是平衡的。

[0033] 如图 4、图 5 所示,本发明的 H 桥整流器 5 的控制量有两个,分别为各级母线电压之和及输入电流的相位。H 桥整流器 5 包括级联的多级 H 桥单元 11,各级 H 桥单元 11 通过端子 x_{k_a} 和 x_{k_b} 进行相互串联,通过端子 x_{k_p} 和 x_{k_n} 输出直流电压。其中,每一级 H 桥单元 11 包括两个并联的单相桥臂 12,每个单相桥臂 12 由两个串联的功率开关器件组成(如图 5 所示)。

[0034] 如图 6、图 7 所示,本发明的所有中高频变换器 63、81 均可以采用现有技术中的两种拓扑结构,即普通 H 桥拓扑结构(如图 6 所示)和半桥拓扑结构(如图 7 所示),半桥结构的一输出端子 x_{k_c} 连接单相桥臂的中点,另一输出端子 x_{k_d} 连接直流母线电容的中点。各中高频变换器 63 或中高频变换器 81 的输出端子 x_{k_p} 和 x_{k_n} 或 y_{k_p} 和 y_{k_n} 连接电压传感器 62 或电压传感器 83,另外两个输出端子连接多绕组中高频变压器 7 的原边绕组或副边绕组,实现直流电压和中高频交流电之间的转换。

[0035] 如图 8、图 9 所示,本发明的负载变换器 9 可以采用把各级直流母线 y_{k_p} 和 y_{k_n} 分别接逆变器 6 后再给负载供电,或者采用把直流母线 y_{k_p} 和 y_{k_n} 经过级联型逆变器 6 的变换后来驱动高压负载。由于多绕组中高频变压器 7 的原边绕组和副边绕组的数量可以任意配置,并且副边各绕组之间相互隔离,所以本发明的负载变换器 9 也可以采用多种形式。

[0036] 如图 10 所示,本发明中的控制单元 3 包括中央处理器 31、通讯模块 32、上位机 33、状态显示模块 34、数字量输入模块 35、信号调理模块 36、AD 转换模块 37、PWM(脉宽调制信

号) 扩展模块 38 和 PWM 驱动模块 39。其中,中央处理器 31 可以采用高性能 DSP(Digital Signal Processor, 数字信号处理) 芯片,比如 TI 公司的 TMS320F28335 系列电机控制专用芯片,中央处理器 31 通过 RS232 通讯协议的通讯模块 32 实现与 PC 机等上位机 33 之间的通讯。

[0037] 状态显示模块 34 和数字量输入模块 35 通过中央处理器 31 的 I/O 接口来实现,分别用于电路工作状态的状态指示和外部指令信号和故障信号等的输入。故障信号包括电路中的过压、欠压、过流、过热等信号。

[0038] 信号调理模块 36 把外部的电压和电流测量模块测量得到的信号进行一定的处理后,转化为适合控制电路的模 / 数转换的电压信号,然后经过 AD 转换模块 37 的转换后变为数字信号并传送到中央处理器 31。

[0039] PWM 扩展模块 38 可以通过 CPLD 或者 FPGA 等可编程逻辑芯片来实现,用于将中央处理器 31 输出的脉宽调制指令扩展为电路控制所需要的各控制信号,通过 PWM 驱动模块 39 来驱动电路中的所有功率开关器件。

[0040] 上述各实施例仅用于说明本发明,各部件的连接和结构都是可以有所变化的,在本发明技术方案的基础上,凡根据本发明原理对个别部件的连接和结构进行的改进和等同变换,均不应排除在本发明的保护范围之外。

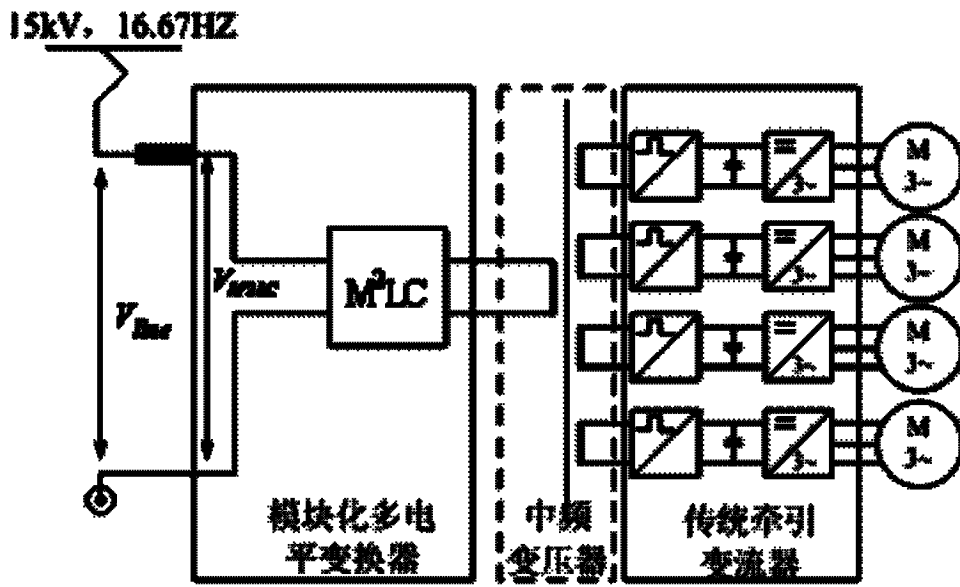


图 1

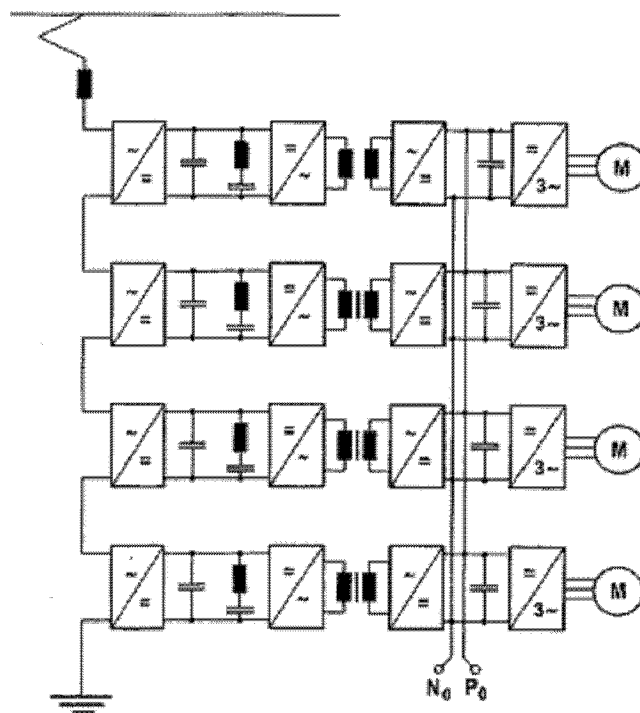


图 2

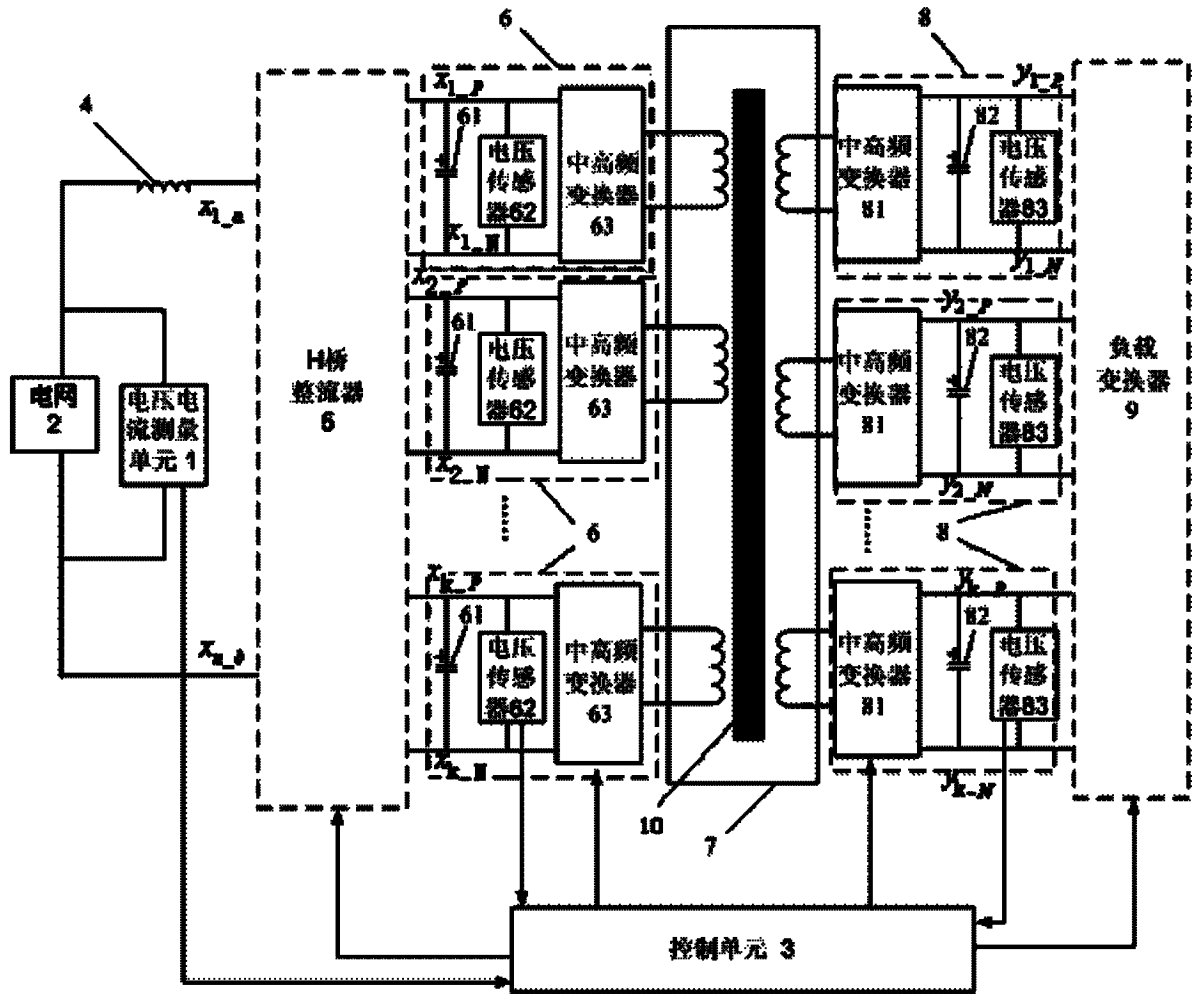


图 3

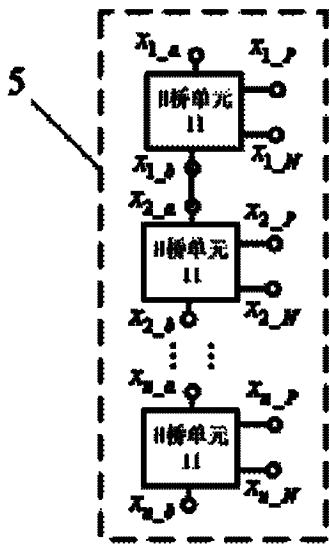


图 4

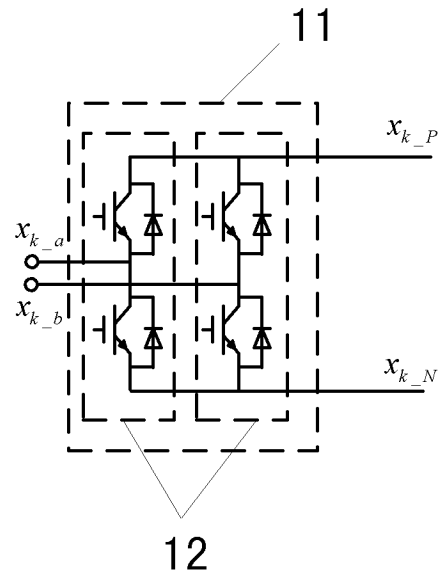


图 5

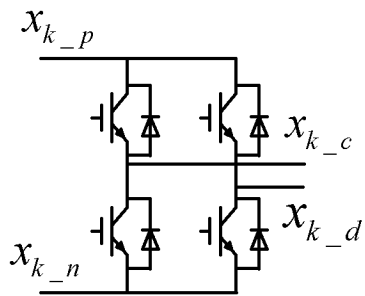


图 6

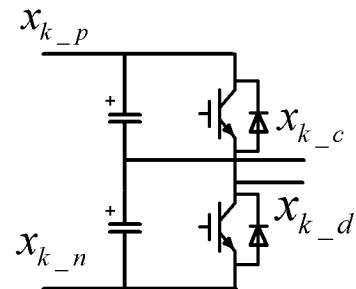


图 7

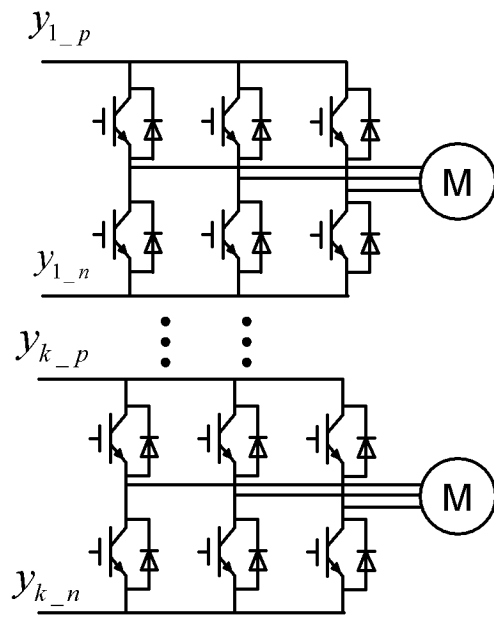


图 8

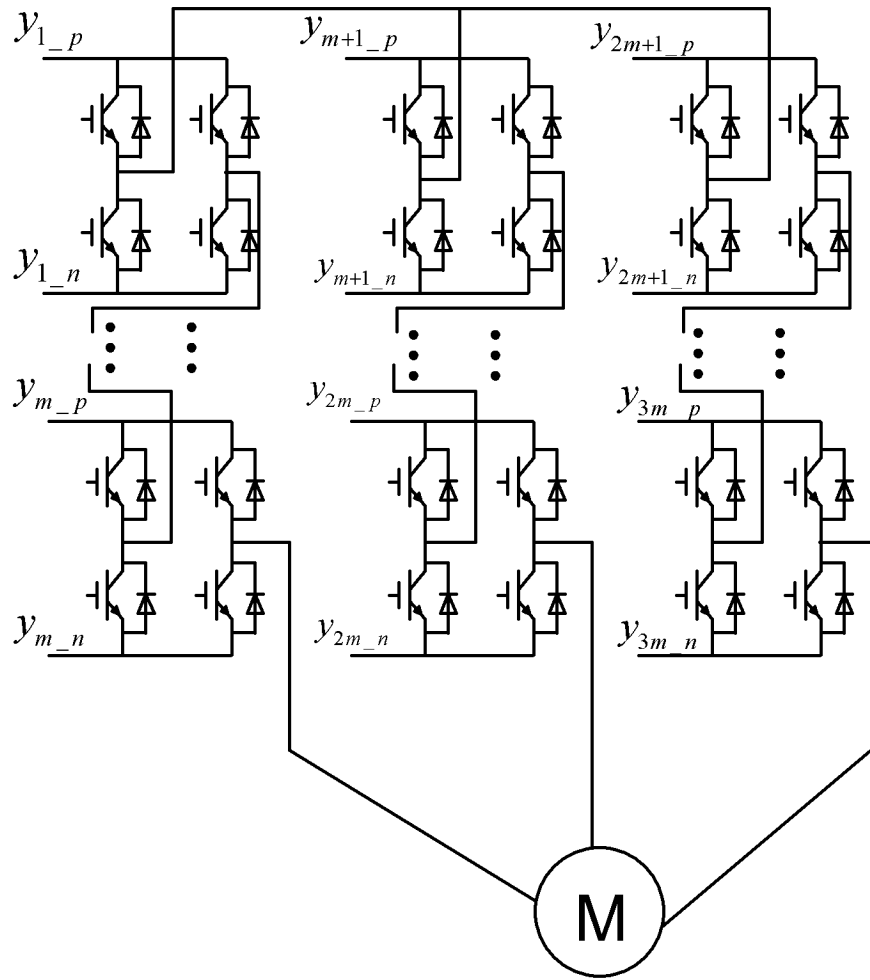


图 9

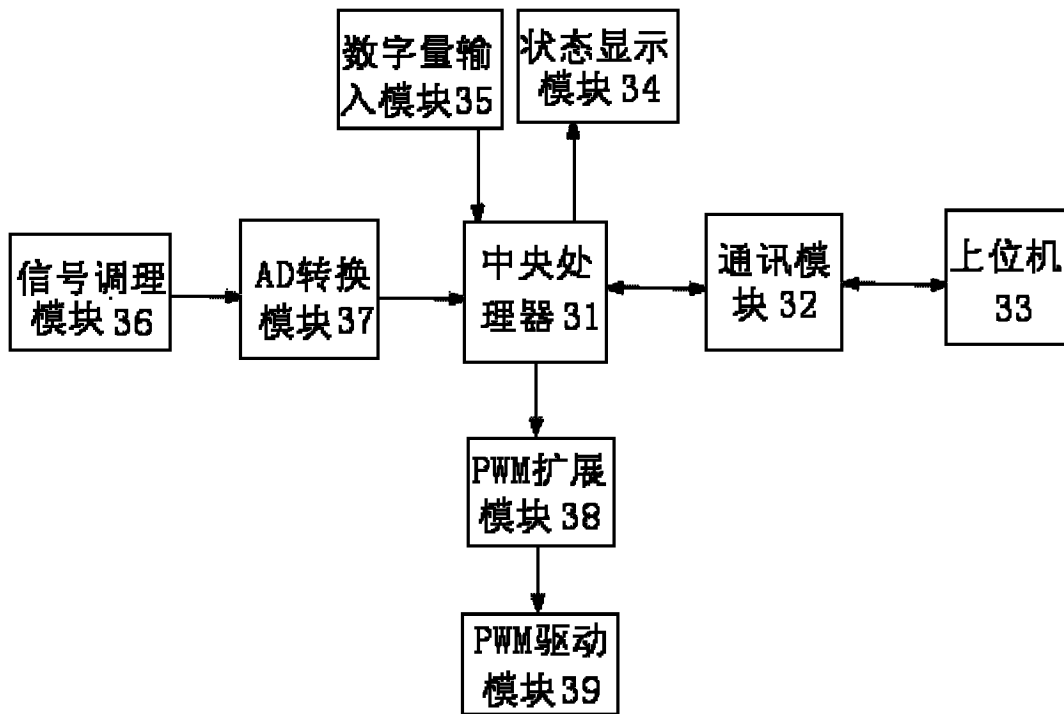


图 10