

(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 202565186 U

(45) 授权公告日 2012. 11. 28

(21) 申请号 201220134421. X

(22) 申请日 2012. 04. 01

(73) 专利权人 上海市电力公司

地址 200122 上海市浦东新区源深路 1122 号

专利权人 中国电力科学研究院

(72) 发明人 何维国 刘隽 赵国亮 包海龙 蒋晓春

(74) 专利代理机构 上海三和万国知识产权代理 事务所 31230

代理人 章鸣玉

(51) Int. Cl.

H02M 7/219 (2006. 01)

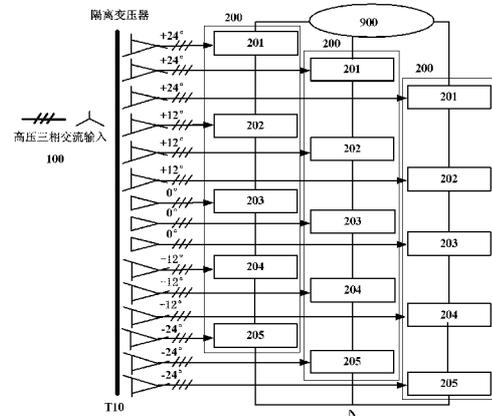
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 4 页

(54) 实用新型名称

一种 IGBT 构成的 VSC 换流器

(57) 摘要

一种 IGBT 构成的 VSC 换流器, 涉及应用有控制极的半导体器件的交直流功率变换装置, 尤其是涉及到一种适用于高压交流电网的电压源换流器, 包括换流模块和检测控制模块, 换流模块为三相多重化级联功率模块, 每相包含 n 个串联连接的 PWM 可控整流单元; PWM 可控整流单元的主电路是 IGBT 连接组成的 H 桥功率单元电路, PWM 可控整流单元的交流侧, 通过一台多绕组隔离变压器连接到三相系统电源; 隔离变压器包含 3n 个二次绕组, 每个二次绕组对应连接一个 PWM 可控整流单元; PWM 可控整流单元的直流侧, 依次串联后连接到负载。该装置降低了功率器件的耐压要求, 可采用技术成熟、价格低廉的低压 IGBT 组成逆变单元, 通过串联单元的个数适应不同的输出电压要求。



1. 一种 IGBT 构成的 VSC 换流器,包括换流模块和检测控制模块,所述的 VSC 换流器连接在三相系统电源和负载之间,所述的检测控制模块的检测输入端连接到三相系统电源,所述的检测控制模块的控制输出端,连接到换流模块,其特征在于:所述的换流模块为三相多重化级联功率模块,每相包含 n 个串联连接的 PWM 可控整流单元,其中 $1 \leq n \leq 20$;

所述的 PWM 可控整流单元的主电路是 IGBT 连接组成的 H 桥功率单元电路,所述 PWM 可控整流单元的交流侧,通过一台多绕组隔离变压器连接到三相系统电源;所述隔离变压器包含 $3n$ 个二次绕组,每个二次绕组对应连接一个 PWM 可控整流单元;所述 PWM 可控整流单元的直流侧,依次串联后连接到负载。

2. 根据权利要求 1 所述的 IGBT 构成的 VSC 换流器,其特征在于所述的换流模块还包含 AC 输出模块;所述的 AC 输出模块为三相多重化级联功率模块,每相包含 n 个串联连接的 AC 电压调节单元;所述的 AC 电压调节单元的主电路是 IGBT 连接组成的 H 桥功率单元电路;所述 PWM 可控整流单元的直流侧,分别连接到对应的 AC 电压调节单元的直流侧;所述 AC 电压调节单元的交流侧,依次串联后连接到负载。

3. 根据权利要求 1 所述的 IGBT 构成的 VSC 换流器,其特征在于所述的 AC 输出模块设有谐波电压补偿单元和与其对应的 PWM 可控整流单元,所述的谐波电压补偿单元的主电路是 IGBT 连接组成的 H 桥功率单元电路;所述隔离变压器设有为谐波电压补偿单元供电的二次绕组;所述为谐波电压补偿单元供电的二次绕组,通过所述对应的 PWM 可控整流单元,连接到所述的谐波电压补偿单元的 H 桥功率单元电路的输入端;连接在三相系统电源同一相上的谐波电压补偿单元与 AC 电压调节单元串联连接。

4. 根据权利要求 1、2 或 3 所述的 IGBT 构成的 VSC 换流器,其特征在于所述的检测控制模块包含数字信号处理器、信号调理元件、电流 / 电压转换元件和网络接口单元;所述的数字信号处理器设有 AD 转换器和 PWM 输出端口,所述 AD 转换器的模拟信号输入端,通过信号调理元件和电流 / 电压转换元件连接到三相系统电源的电压互感器和电流互感器;所述 PWM 输出端口通过 IGBT 驱动电路,分别连接到各路 AC 输出电压调节单元和谐波电压补偿单元的 IGBT 的栅极;所述的数字信号处理器通过网络接口单元连接到三相系统电源的电网监控系统。

一种 IGBT 构成的 VSC 换流器

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种应用有控制极的半导体器件的交直流功率变换装置,尤其是涉及到一种适用于高压交流电网的电压源换流器。

背景技术

[0002] 众所周知,全控电力电子器件具有动作快速、操控灵活等传统电力电子器件无法比拟的特点,但耐压低这个致命的缺点却大大制约了其中高压场合的应用。世界各国一直没有停止在这方面的努力,也取得了很多成果,应用比较多的主要有二极管钳位的 IGBT 串联结构和跨接电容器的 IGBT 串联结构。一般来讲,IGBT 串联的主要障碍是 IGBT 的均压问题,二极管钳位技术成功地解决了均压问题,利用直流母线电容器和钳位二极管的协同作用,将 IGBT 两端的电压钳位在 $2*V_{dc}/n$,其中 V_{dc} 是直流母线电压, n 是桥臂 IGBT 的个数。二极管钳位结构虽然可以通过 IGBT 串联用于高压场合,但是,二极管钳位结构有一个比较致命的缺点,无论是采用三电平输出还是两电平输出,输出的 dv/dt 很大,可能会对电机等负载的绝缘造成危害,且谐波成分大,需要专门设计输出滤波器,另外二极管钳位结构的通用性和可扩展性比较差。

[0003] 常见的跨接电容器的 IGBT 串联结构如图 5 所示,功率器件不是简单地串联,而是结构上的串联,通过电容钳位,保证了电压的安全分配。其主要优点是:通过整体单元装置的串并联拓扑结构以满足不同的电压等级的需要;这种结构可使系统普遍采用直流母线方案,以实现在多台高压变频器之间能量互相交换;这种结构没有传统结构中的各级功率器件上的众多分压分流装置,消除了系统的可靠性低的因素,从而使系统结构非常简单,可靠,易于维护;输出波形非常接近正弦波,可适用于普通感应电机和同步电机调速,而无需降低容量,没有 dv/dt 对电机等负荷绝缘等的影响。但是,这种结构的缺点是对跨接在串联 IGBT 两端的电容器的耐压要求高,而且,随着串联 IGBT 的个数的增多,控制难度指数增大,通用性和可扩展性比较差。

[0004] 中国实用新型专利“一种基于 IGBT 模块的通用换流器平台”(实用新型专利号:200720103182.0 公开号:CN201054549)公开了一种基于 IGBT 模块的通用换流器平台,属于大功率电力电子技术领域。由双 IGBT 串联构成的模块,由 24 个该模块组屏构成通用换流器平台,每个 IGBT 模块包括:正极性直流母线,负极性直流母线,连接正极直流母线电容单元,连接负极直流母线电容单元,直流电压传感器,连接正极直流母线 IGBT 单元,连接负极性直流母线 IGBT 单元,电流传感器。该实用新型的目的是作为实验平台作为电力电子技术的研究手段,克服了孤立采用数字仿真技术和研发专用电力电子装置控制器的不足,使得电力电子装置及其控制的研究设计周期大大缩短,减少投资,提高开发效率。但是,该装置仅适用于低压系统的试验装置,采用双 IGBT 模块串联的模式,不适用于高压大功率的电网系统的电压源换流器(VSC)系统。

实用新型内容

[0005] 本实用新型的目的是要提供一种 IGBT 构成的 VSC 换流器,解决 IGBT 器件构成的交直流功率变换装置在高压大功率的电网系统应用的技术问题。

[0006] 本实用新型解决上述技术问题所采用的技术方案是:

[0007] 一种 IGBT 构成的 VSC 换流器,包括换流模块和检测控制模块,所述的 VSC 换流器连接在三相系统电源和负载之间,所述的检测控制模块的检测输入端连接到三相系统电源,所述的检测控制模块的控制输出端,连接到换流模块,其特征在于:

[0008] 所述的换流模块为三相多重化级联功率模块,每相包含 n 个串联连接的 PWM 可控整流单元,其中 $1 \leq n \leq 20$;

[0009] 所述的 PWM 可控整流单元的主电路是 IGBT 连接组成的 H 桥功率单元电路,所述 PWM 可控整流单元的交流侧,通过一台多绕组隔离变压器连接到三相系统电源;

[0010] 所述隔离变压器包含 $3n$ 个二次绕组,每个二次绕组对应连接一个 PWM 可控整流单元;所述 PWM 可控整流单元的直流侧,依次串联后连接到负载。

[0011] 本实用新型的 IGBT 构成的 VSC 换流器的一种较佳的技术方案,其特征在于所述的换流模块还包含 AC 输出模块;所述的 AC 输出模块为三相多重化级联功率模块,每相包含 n 个串联连接的 AC 电压调节单元;所述的 AC 电压调节单元的主电路是 IGBT 连接组成的 H 桥功率单元电路;所述 PWM 可控整流单元的直流侧,分别连接到对应的 AC 电压调节单元的直流侧;所述 AC 电压调节单元的交流侧,依次串联后连接到负载。

[0012] 本实用新型的 IGBT 构成的 VSC 换流器的一种更好的技术方案,其特征在于所述的 AC 输出模块设有谐波电压补偿单元和与其对应的 PWM 可控整流单元,所述的谐波电压补偿单元的主电路是 IGBT 连接组成的 H 桥功率单元电路;所述隔离变压器设有为谐波电压补偿单元供电的二次绕组;所述为谐波电压补偿单元供电的二次绕组,通过所述对应的 PWM 可控整流单元,连接到所述的谐波电压补偿单元的 H 桥功率单元电路的输入端;连接在三相系统电源同一相上的谐波电压补偿单元与 AC 电压调节单元串联连接。

[0013] 本实用新型的 IGBT 构成的 VSC 换流器的一种改进的技术方案,其特征在于所述的检测控制模块包含数字信号处理器、信号调理元件、电流/电压转换元件和网络接口单元;所述的数字信号处理器设有 AD 转换器和 PWM 输出端口,所述 AD 转换器的模拟信号输入端,通过信号调理元件和电流/电压转换元件连接到三相系统电源的电压互感器和电流互感器;所述 PWM 输出端口通过 IGBT 驱动电路,分别连接到各路 AC 输出电压调节单元和谐波电压补偿单元的 IGBT 的栅极;所述的数字信号处理器通过网络接口单元连接到三相系统电源的电网监控系统。

[0014] 本实用新型的有益效果是:

[0015] 1. 本实用新型的 IGBT 构成的 VSC 换流器,采用多重化级联功率模块,通过功率单元的串联,降低了功率器件的耐压要求,可采用技术成熟、价格低廉的低压 IGBT 组成逆变单元,通过串联单元的个数适应不同的输出电压要求。

[0016] 2. 由于换流模块的各功率单元具有相同的结构及参数,便于将功率单元做成模块化,实现冗余设计,即使在个别单元故障时也可通过单元旁路功能将该单元短路,或者通过可控旁路开关元件继续供电,进一步提高了系统供电的可靠性。

附图说明

- [0017] 图 1 是本实用新型的 IGBT 构成的 VSC 换流器的主电路原理框图；
- [0018] 图 2 是本实用新型的 IGBT 构成的 VSC 换流器的 H 桥功率单元 DC 级联模式电路图；
- [0019] 图 3 是本实用新型的 IGBT 构成的 VSC 换流器的 H 桥功率单元 AC 级联模式电路图；
- [0020] 图 4 是本实用新型的复合电压质量调节装置的控制单元电路图；
- [0021] 图 5 是现有的跨接电容器的 IGBT 串联结构的连接示意图。
- [0022] 以上图中的各部件的标号：100- 三相电源，200- 多重化级联功率模块，101 ~ 10n-PWM 可控整流单元，201 ~ 20n-AC 输出换流模块 H 桥功率模块，300- 数字信号处理器，310-AD 转换器，320-PWM 输出端口，400- 信号调理元件，410- 电流 / 电压转换元件，500- 网络接口单元，700-IGBT 驱动电路，900- 敏感负载。

具体实施方式

[0023] 为了能更好地理解本实用新型的上述技术方案，下面结合附图和实施例进行进一步详细描述。

[0024] 图 1 是本实用新型的 IGBT 构成的 VSC 换流器的主电路原理框图，包括换流模块 200 和检测控制模块（图中未表示），VSC 换流器连接在三相系统电源 100 和负载 900 之间，检测控制模块的检测输入端连接到三相系统电源 100，所述的检测控制模块的控制输出端，连接到换流模块 200。换流模块 200 为三相多重化级联功率模块，每相包含 n 个串联连接的 PWM 可控整流单元，其中 $1 \leq n \leq 20$ 。三相多重化级联功率模块可以采用 DC 级联模式或者 AC 级联模式，DC 级联模式的 H 桥功率单元电路图如图 2 所示，AC 级联模式的 H 桥功率单元电路图如图 3 所示。图 2 和图 3 中仅表示了三相多重化级联功率模块中的一相，另外两相的电路结构完全相同。

[0025] 在图 2 所示的实施例中，本实用新型的 IGBT 构成的 VSC 换流器工作模式为 AC-DC 变换，换流模块 200 为直流侧串联连接的 PWM 可控整流单元 101 ~ 10n，其主电路是 IGBT 连接组成的 H 桥功率单元电路。PWM 可控整流单元 101 ~ 10n 的交流侧，通过一台多绕组隔离变压器 T10 连接到三相系统电源 100。三相隔离变压器 T10 包含 3n 个二次绕组，每个二次绕组对应连接一个 PWM 可控整流单元；每一相的 PWM 可控整流单元 101 ~ 10n 的直流侧依次串联，连接到直流负载 900。在图 1 所示的实施例中，三相多重化级联功率模块的一端，连接在公共点 N，形成 Y 型连接。在本实用新型的 IGBT 构成的 VSC 换流器用于高压直流输电系统的实施例中，连接在三相隔离变压器 T10 上的三组多重化级联功率模块 200，依次串联连接，以便获得更高的电压等级。

[0026] 在图 3 所示的实施例中，本实用新型的 VSC 换流器工作模式为 AC-AC 变换，换流模块 200 包含 n 个 PWM 可控整流单元 101 ~ 10n 和 n 个 AC 电压调节单元组成的 AC 输出模块；AC 输出模块为三相多重化级联功率模块，每相包含 n 个串联连接的 AC 电压调节单元 201 ~ 20n；AC 电压调节单元 201 ~ 20n 的主电路是 IGBT 连接组成的 H 桥功率单元电路；PWM 可控整流单元 101 ~ 10n 的直流侧，分别连接到对应的 AC 电压调节单元 201 ~ 20n 的直流侧；AC 电压调节单元 201 ~ 20n 的交流侧依次串联，连接到交流负载 900。

[0027] 在图 3 所示的实施例中，每一个 PWM 可控整流单元连接一个 AC 输出电压调节单

元,即可控整流单元 101 连接到 AC 输出电压调节单元 201,可控整流单元 102 连接到 AC 输出电压调节单元 203,依次类推;PWM 可控整流单元 101 ~ 10n 的交流侧,通过一个多绕组隔离变压器 T10 连接到三相系统电源 100;所述隔离变压器包含 3n 个二次绕组,每个二次绕组对应连接一个 PWM 可控整流单元。在本实施例中,PWM 可控整流单元 101 ~ 10n 的主电路与 AC 输出电压调节单元 201 ~ 20n 的主电路相同,都是绝缘栅双极型晶体管 (IGBT) 连接组成的 H 桥功率单元电路,每个功率单元 101 ~ 10n 或 201 ~ 20n 都是由 IGBT (T1 至 T4) 构成,所有的 PWM 可控整流单元 101 ~ 10n,组成单相电压型 PWM 可控整流,完成从系统吸收有功能量或向系统倒灌能量的功能,保证直流侧电容 C1 ~ Cn 两端的电压稳定。所有 AC 输出电压调节单元 201 ~ 20n,组成三相输入、单相输出的 PWM 电压型逆变器。每个功率单元 201 ~ 20n 的输出电压为 1、0、-1 三种状态电平,每相 n 个单元叠加,就可产生 2n+1 种不同的电平等级。

[0028] 隔离变压器 T10 为三相电力变压器,共有 3n 个二次绕组,分成 n 组,每组之间通过隔离变压器的不同联接组别,实现 $180/3n$ 的相位差 (参见图 1)。图 1 中以 5 单元级联模式为例,以中间 Δ 接法为参考 (相位差为 0),上下方各有两套分别超前 ($+180/3n$ 、 $+360/3n$) 和滞后 ($-180/3n$ 、 $-360/3n$) 的 4 组绕组。通过变压器的不同联接组别,可以实现所需相差角度。若每组由 5 个额定电压为 690V 的功率单元串联,相电压为 $690V \times 5 = 3450V$,所对应的线电压为 6000V,从而实现了用低压功率元件实现高压电压补偿的功能。采用功率单元串联,而不是用传统的器件串联来实现高压输出,所以不存在器件均压的问题。每个功率单元承受的输出电流都等于负载相电流,即, $I_1 = I_2 = \dots = I_n$;每个功率单元承受的电压 U_i ($i = 1-n$) 为输出相电压 U 的 $1/n$;每个功率单元承受 $1/3n$ 的输出功率。

[0029] 根据本实用新型的 IGBT 构成的 VSC 换流器的另一个实施例,AC 输出换流模块 200 设有谐波电压补偿单元和与其对应的 PWM 可控整流单元,所述的谐波电压补偿单元的主电路与 AC 输出电压调节单元的主电路完全相同,都是 IGBT 连接组成的 H 桥功率单元电路;隔离变压器 T10 设有为谐波电压补偿单元供电的二次绕组;所述为谐波电压补偿单元供电的二次绕组,通过所述对应的 PWM 可控整流单元,连接到所述的谐波电压补偿单元的 H 桥功率单元电路的输入端;连接在三相系统电源同一相上的谐波电压补偿单元与 AC 电压调节单元串联连接。

[0030] 本实用新型的 IGBT 构成的 VSC 换流器的检测控制模块如图 4 所示,包含数字信号处理器 300、信号调理元件 400、电流 / 电压转换元件 410 和网络接口单元 500,数字信号处理器 300 设有 AD 转换器 310 和 PWM 输出端口 320,AD 转换器 310 的模拟信号输入端,通过信号调理元件 400 和电流 / 电压转换元件 410 连接到三相系统电源的电压互感器和电流互感器,接收电源电压和电流检测信号;PWM 输出端口 320 通过 IGBT 驱动电路 700,分别连接到各路 AC 输出电压调节单元和谐波电压补偿单元的 IGBT (T1 至 T4) 的栅极,把数字信号处理器 300 产生的 PWM 控制信号传送给多重化级联的各个功率单元;数字信号处理器 300 通过网络接口单元 500 连接到三相系统电源的电网监控系统,实现远程监控和联网控制。

[0031] 在本实用新型的一个实施例中,数字信号处理器 300 为 TI 公司的 TMS320F28335 型数字信号处理器,该处理器具有 150MHz 的高速处理能力,具备 32 位浮点处理单元,6 个 DMA 通道支持 ADC、McBSP 和 EMIF,有多达 18 路的 PWM 输出,其中有 6 路为 TI 特有的更高精度的 PWM 输出 (HRPWM),12 位 16 通道 ADC。在该实施例中,网络接口单元 500 采用 EtherCAT

网络接口, EtherCAT 是开放的实时以太网通讯协议, 能够满足电力系统规模的不断扩大, 系统运行方式越来越复杂, 对自动化水平的要求越来越高的要求。

[0032] 28335 产生 8 路 PWM 波, 经过 IGBT 驱动电路 700 送出。板卡上将所有输入故障信号相“或”送给 6 路封锁 PWM 输入信号 (TZ), 确保一旦发生故障 28335 可直接从硬件上封锁所有 PWM。

[0033] 模拟量采集通道连接的信号调理元件 400 和电流 / 电压转换元件 410 包括: 两路电压霍尔元件 (CHV-50P/1200A) 输入, 2 路电流霍尔元件输入, 4 路热敏电阻采样输入, AD 转换器采用 28335 内部 12bitAD。

[0034] DIDO 连接的 4 路 DI 输入端子连接的数字输入信号包括: 整流桥左桥臂故障, 右桥臂故障, 逆变桥左桥臂故障, 右桥臂故障, 驱动板电源欠压故障; DO 输出端的数字输出信号包括: 8 路 PWM 信号, 封锁旁路信号和驱动板复位信号。

[0035] 本技术领域中的普通技术人员应当认识到, 以上的实施例仅是用来说明本实用新型的技术方案, 而并非用作为对本实用新型的限定, 任何基于本实用新型的实质精神对以上所述实施例所作的变化、变型, 都将落在本实用新型的权利要求的保护范围内。

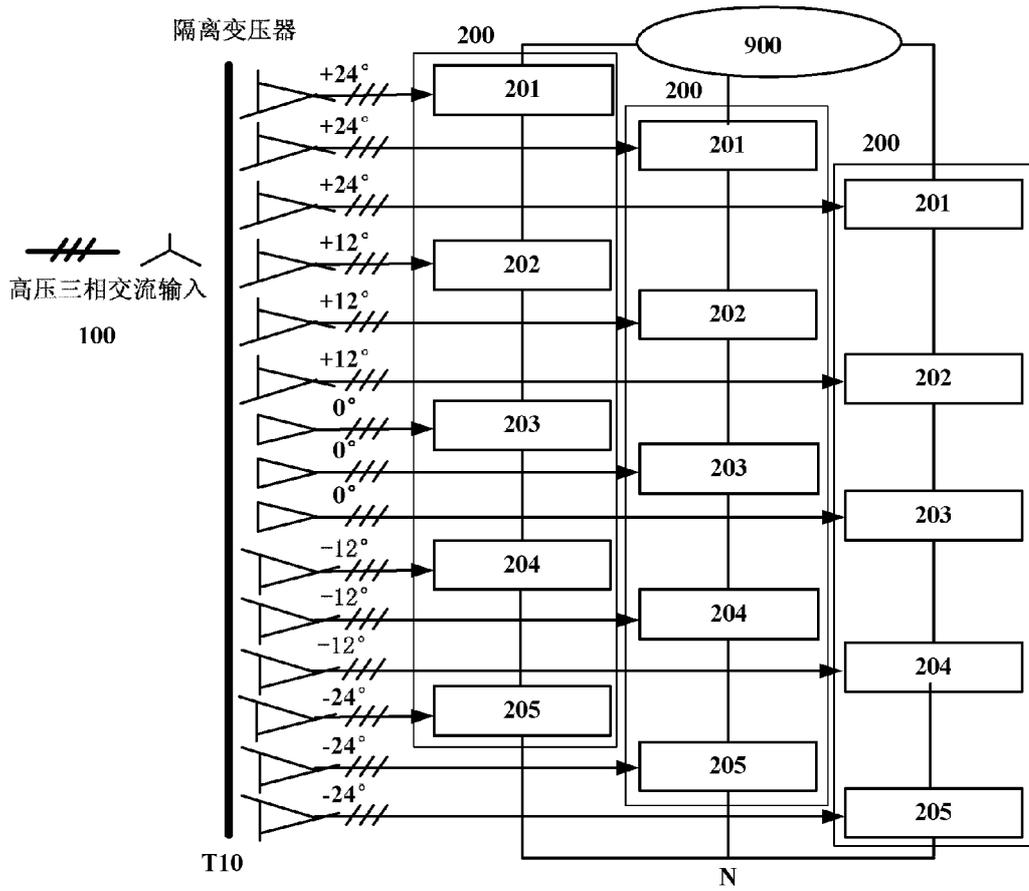


图 1

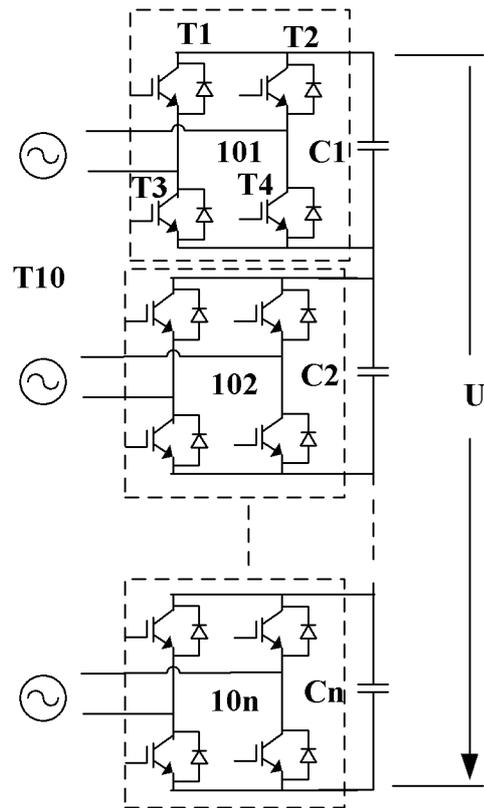


图 2

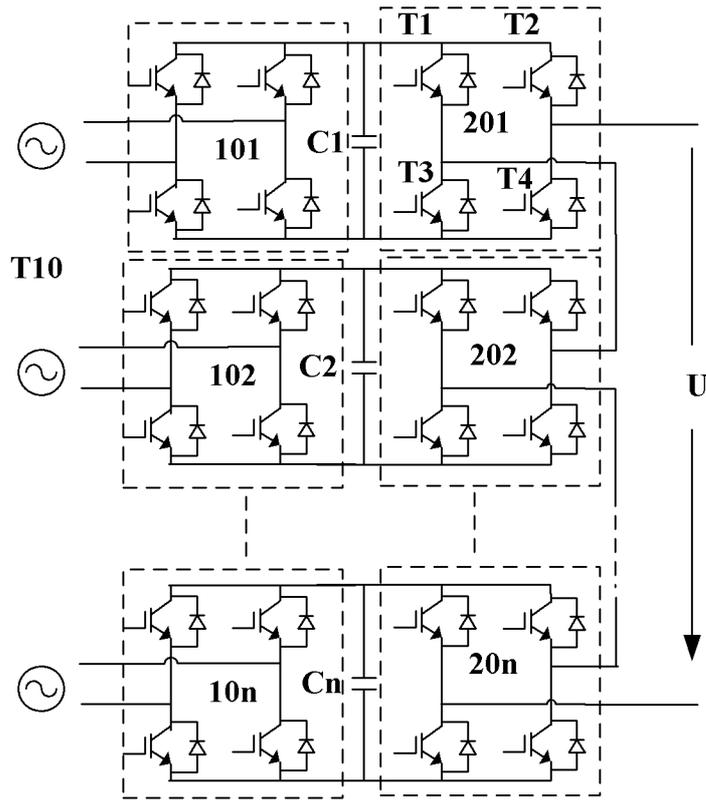


图 3

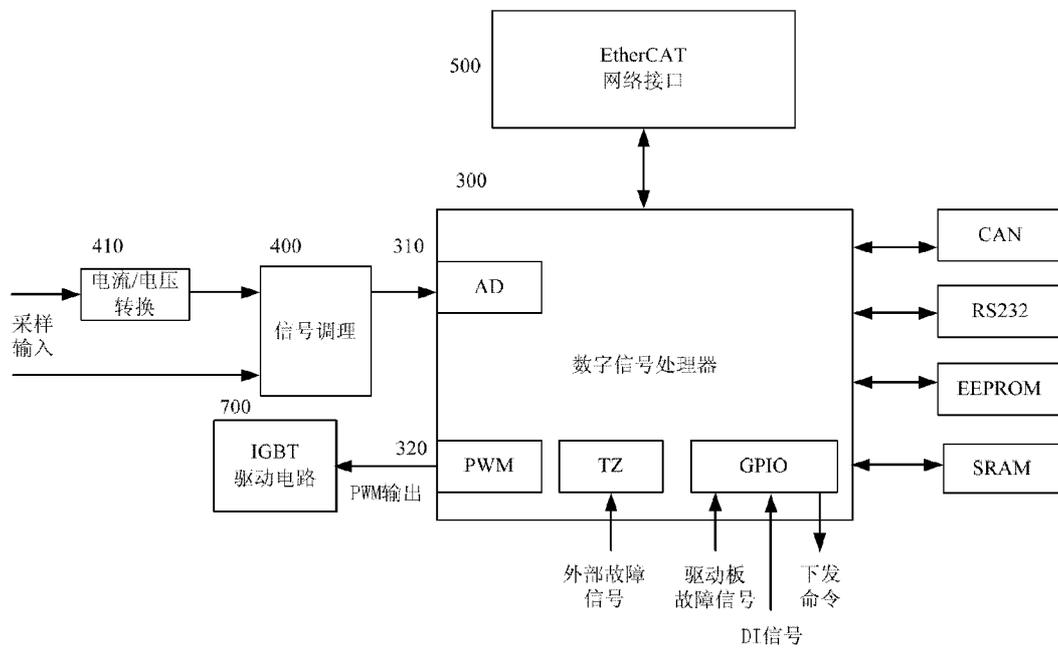


图 4

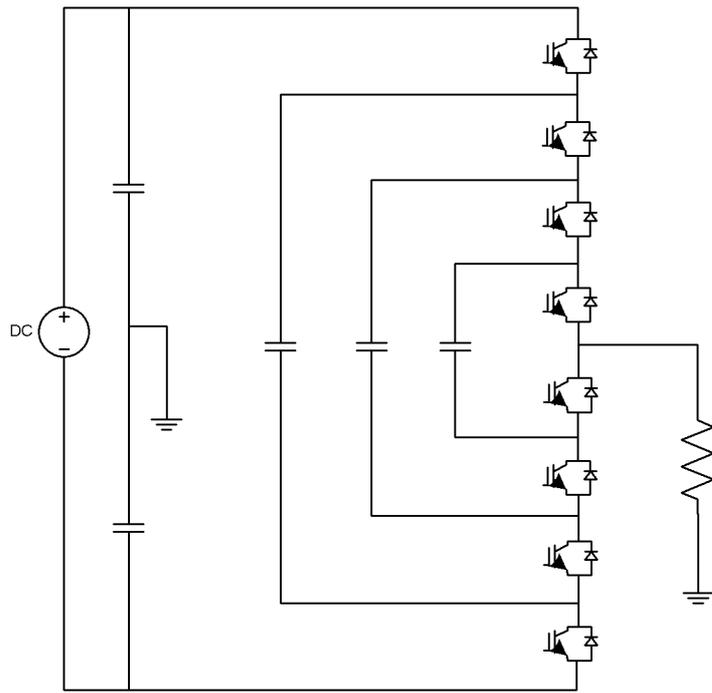


图 5