

# (12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 202550548 U

(45) 授权公告日 2012. 11. 21

(21) 申请号 201220135263. 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 胡为进  
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.

H02J 3/01 (2006. 01)

H02J 3/12 (2006. 01)

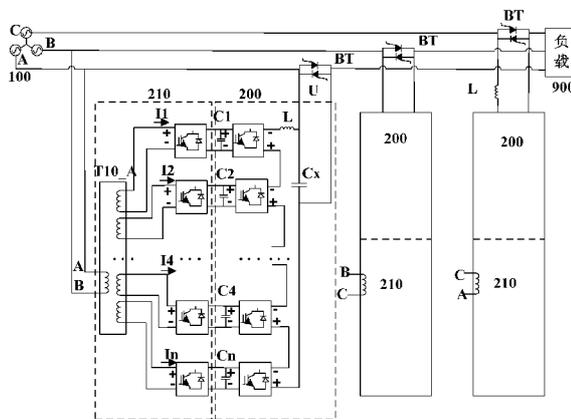
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 3 页

## (54) 实用新型名称

一种电压质量调节装置

## (57) 摘要

一种电压质量调节装置, 涉及一种用于交流干线或交流配电网的电路装置, 尤其是涉及到一种适用于高压交流电网稳定电压和减少谐波或波纹的装置, 包括电压调节模块、可控整流模块和检测控制模块, 电压质量调节装置连接在三相系统电源和敏感负载之间, 电压调节模块为多重化级联 IGBT 功率模块, 每相由 n 个 PWM 可控整流单元和 n 个串联连接的基波电压补偿单元组成; 主电路是 IGBT 组成的 H 桥功率单元电路, 每个 PWM 可控整流单元连接一个基波电压补偿单元; 隔离变压器包含 n 个二次绕组, 每个二次绕组对应连接一个 PWM 可控整流单元。该装置可以显著提高敏感用户供电电能质量, 减少电网和敏感负载用电设备的故障、降低电网损耗、提高电能利用率。



1. 一种电压质量调节装置,包括电压调节模块、可控整流模块和检测控制模块,所述的电压质量调节装置连接在三相系统电源和敏感负载之间,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,连接到电压调节模块和可控整流模块,其特征在于:

所述的电压调节模块为多重化级联 IGBT 功率模块,每相由  $n$  个串联连接的基波电压补偿单元组成,其中  $1 \leq n \leq 20$ ;

所述的可控整流模块包含  $n$  个 PWM 可控整流单元,每个 PWM 可控整流单元连接一个基波电压补偿单元;

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;

所述的基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,每一路 H 桥功率单元电路的输入端,分别连接到对应的 PWM 可控整流单元的直流侧。

2. 根据权利要求 1 所述的电压质量调节装置,其特征在于所述的电压调节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基波电压调节模块串联连接。

3. 根据权利要求 1 所述的电压质量调节装置,其特征在于所述的电压质量调节装置还设有可控旁路开关元件,所述可控旁路开关元件与所述的电压调节模块的输出端并联,连接在三相系统电源和敏感负载之间;所述可控旁路开关元件的控制极,通过光耦或光纤隔离连接到所述的检测控制模块。

4. 根据权利要求 1、2 或 3 所述的电压质量调节装置,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,分别连接到各路基波电压补偿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。

## 一种电压质量调节装置

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种用于交流干线或交流配电网的电路装置,尤其是涉及到一种适用于高压交流电网稳定电压和减少谐波或波纹的装置。

### 背景技术

[0002] 城市电网中现代工业、商业和居民用电设备,如高性能办公设备、精密实验仪器、变频调速设备、可编程逻辑控制器、各种自动生产线以及计算机系统等对电源特性变化敏感性负荷呈逐年上升趋势,对电能质量的要求不断提高。对敏感用户(如半导体制造企业)而言,几十毫秒的电压暂降就可能造成设备损坏、生产线停产,造成巨大经济损失。与此同时,分布式能源、冲击性和干扰性负荷的大量接入等因素都使得电网电能质量存在日趋恶化的趋势,严重威胁电力系统的安全运行和用电设备的正常工作。

[0003] 针对敏感负荷电能质量控制问题,国内外开展了电能质量控制产品的研究制造。但是,电能质量控制装置还没有形成标准化的产品,并且主要停留在低压小容量范围,中国实用新型专利“低谐波电源质量控制系统”(实用新型专利号:ZL201020133972 公开号:CN201656479)公开了一种低谐波电源质量控制系统。该低谐波电源质量控制系统包含检测装置、电力调整装置、阻性负载装置。检测装置接收来自于阻性负载装置的反馈信号。检测装置输出的控制信号可以用电压或电流为信号。电力调整装置接收到所述控制信号后,以比例方式输出驱动电压。所述比例方式为在连续输出时间间隔输出全功率驱动电压,并在连续不输出时间间隔停止输出全功率驱动电压。阻性负载装置接收驱动电压后,输出反馈信号到检测装置。以比例方式在连续输出时间间隔输出全功率驱动电压,并在连续不输出时间间隔停止输出全功率驱动电压,将能够有效的减少产生电力的谐波。但是该装置仅适用于小功率的阻性负载装置,不适用于高压大功率的电网电能质量控制;其目的是减少阻性负载装置产生的谐波对电源质量的影响,而不是通过改善供电电网的电能质量,为敏感负载提供更高质量的电源。

### 实用新型内容

[0004] 本实用新型的目的是要提供一种电压质量调节装置,解决提高敏感用户供电电能质量,减少电网和敏感负载用电设备的故障、降低电网损耗、提高电能利用率的技术问题。

[0005] 本实用新型解决上述技术问题所采用的技术方案是:

[0006] 一种电压质量调节装置,包括电压调节模块、可控整流模块和检测控制模块,所述的电压质量调节装置连接在三相系统电源和敏感负载之间,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,连接到电压调节模块和可控整流模块,其特征在于:

[0007] 所述的电压调节模块为多重化级联 IGBT 功率模块,每相由  $n$  个串联连接的基波电压补偿单元组成,其中  $1 \leq n \leq 20$ ;

[0008] 所述的可控整流模块包含  $n$  个 PWM 可控整流单元,每个 PWM 可控整流单元连接一

个基波电压补偿单元；

[0009] 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；

[0011] 所述的基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，每一路 H 桥功率单元电路的输入端，分别连接到对应的 PWM 可控整流单元的直流侧。

[0012] 本实用新型的电压质量调节装置的一种较佳的技术方案，其特征在于所述的电压调节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基波电压调节模块串联连接。

[0013] 本实用新型的电压质量调节装置的一种更好的技术方案，其特征在于所述的电压质量调节装置还设有可控旁路开关元件，所述可控旁路开关元件与所述的电压调节模块的输出端并联，连接在三相系统电源和敏感负载之间；所述可控旁路开关元件的控制极，通过光耦或光纤隔离连接到所述的检测控制模块。

[0014] 本实用新型的电压质量调节装置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，分别连接到各路基波电压补偿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。

[0015] 本实用新型的有益效果是：

[0016] 1. 本实用新型的电压质量调节装置，可以显著提高敏感用户供电电能质量，减少电网和敏感负载用电设备的故障、降低电网损耗、提高电能利用率。

[0017] 2. 采用多重化级联 IGBT 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。

[0018] 3. 由于逆变器采用多重化 PWM 技术，经叠加可得到理想的相电压波形，堪称完美无谐波。输入功率因数可达 0.95 以上，不必设置输入滤波器和功率因数补偿装置，进一步降低了系统成本。波形的改善除减小输出谐波外，还可以降低噪声和  $dv/dt$  值。

[0019] 4. 由于电压调节模块和可控整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，进一步提高了敏感负荷系统供电的可靠性。

附图说明

- [0020] 图 1 是本实用新型的电压质量调节装置的主电路图；
- [0021] 图 2 是多重化级联 IGBT 功率模块的工作原理框图；
- [0022] 图 3 是本实用新型的电压质量调节装置的 H 桥单元电路图；
- [0023] 图 4 是本实用新型的电压质量调节装置的控制单元电路图。
- [0024] 以上图中的各部件的标号：100-三相电源，200-多重化级联 IGBT 功率模块，101 ~ 10n-PWM 可控整流单元，201 ~ 20n-H 桥功率模块，210-可控整流模块，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

[0025] 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。

[0026] 图 1 是本实用新型的电压质量调节装置的主电路图，包括电压调节模块 200、可控整流模块 210 和检测控制模块（图中未表示），所述的电压质量调节装置连接在三相系统电源 100 和敏感负载 900 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 100，所述的检测控制模块的控制输出端，连接到电压调节模块 200 和可控整流模块 210。电压调节模块 200 为多重化级联 IGBT 功率模块，每相由 n 个串联连接的基波电压补偿单元 201 ~ 20n 组成，其中  $1 \leq n \leq 20$ （参见图 3）。

[0027] 图 3 是本实用新型的电压质量调节装置的 H 桥单元电路图，图 3 中仅表示了三相多重化级联 IGBT 功率模块中的一相，另外两相的电路结构完全相同。图中，可控整流模块 210 包含 n 个 PWM 可控整流单元 101 ~ 10n，每一个 PWM 可控整流单元连接一个基波电压补偿单元，即可控整流单元 101 连接到基波电压补偿单元 201，可控整流单元 102 连接到基波电压补偿单元 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。

[0028] 在本实施例中，PWM 可控整流单元 101 ~ 10n 的主电路与基波电压补偿单元 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。所有基波电压补偿单元 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。

[0029] 基波电压补偿单元 201 ~ 20n 的每一路 H 桥功率单元电路的输入端，分别连接到对应的 PWM 可控整流单元的直流侧。

[0030] 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 2）。图 2 中以 5 单元级联模式为例，以中间  $\Delta$  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。

[0031] 根据本实用新型的电压质量调节装置的另一个实施例,电压调节模块 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基波电压补偿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和基波电压补偿单元串联连接后,通过电感  $L$  与电容器  $C_x$  组成的 LC 滤波电路,串联接入三相系统电源 100 和敏感负载 900 之间。逆变输出侧的滤波电感  $L$  在负载侧发生短路时提供限流保护功能。

[0032] 在图 1 所示的本实用新型的电压质量调节装置的实施例中,电压质量调节装置还设有可控旁路开关元件 BT,可控旁路开关元件 BT 可以采用双向晶闸管或其他反向并联的可控电力开关器件组成,可控旁路开关元件 BT 与电压调节模块 200 的输出端并联,也就是与 LC 滤波电路中的滤波电容  $C_x$  并联,连接在三相系统电源 100 和敏感负载 900 之间;所述可控旁路开关元件 BT 的控制极,通过光耦或光纤隔离连接到所述的检测控制模块。当电压调节模块 200 发生故障时,所述的检测控制模块在关闭电压调节模块的同时,接通可控旁路开关元件 BT,三相系统电源 100 可以通过可控旁路开关元件 BT 继续向敏感负载 900 供电。

[0033] 本实用新型的电压质量调节装置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,分别连接到各路基波电压补偿单元和谐波电压补偿单元的 IGBT ( $T_1$  至  $T_4$ ) 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。

[0034] 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。IGBT 驱动电路 700 可以使用任何现有的 IGBT 驱动集成电路,典型的实施例是 EXB8 系列的 EXB840, EXB841, EXB850, EXB851, M579 系列的 M57957, M57958, M57962, HL 系列的 HL402, GH 系列的 GH-039 等。在该实施例中,网络接口单元 500 采用 EtherCAT 从站控制器 ET1100, EtherCAT 是开放的实时以太网网络通讯协议,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。

[0035] 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。

[0036] 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。

[0037] 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。

[0038] 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。

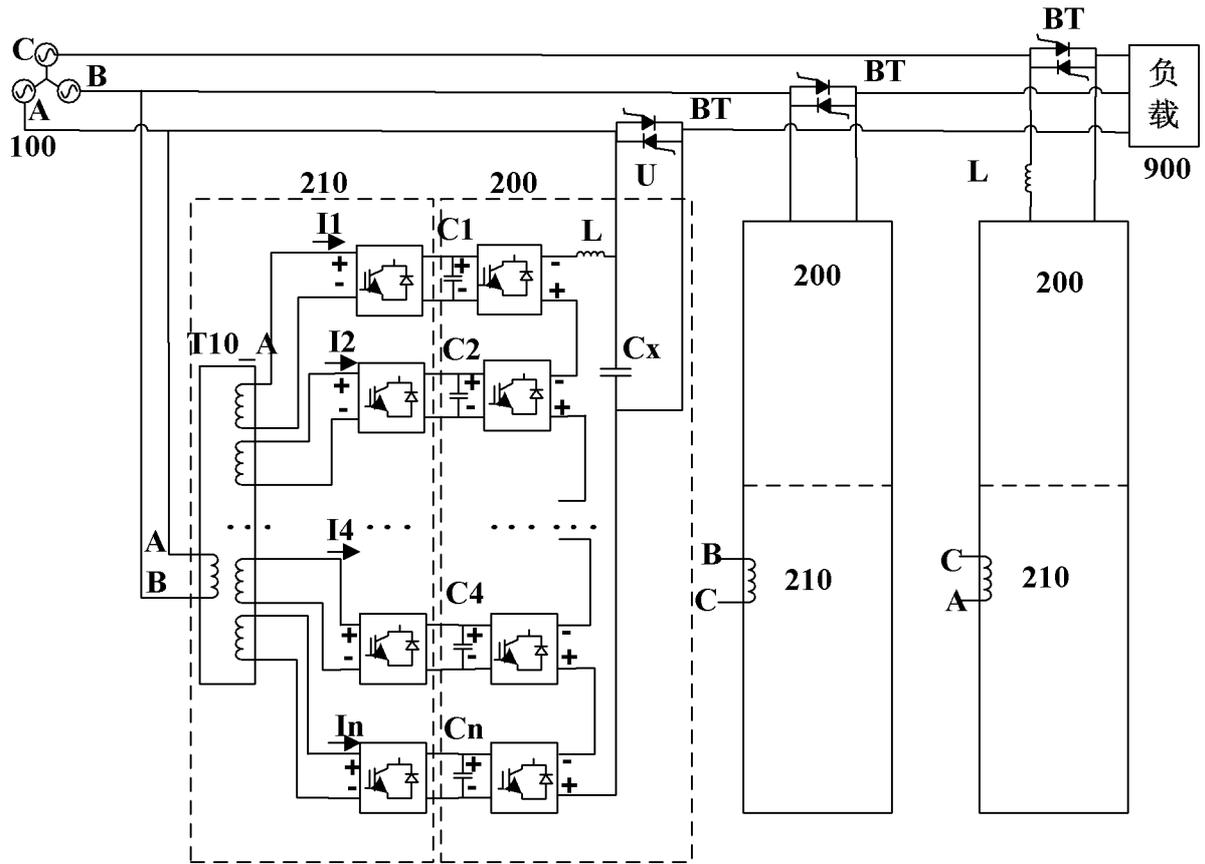


图 1

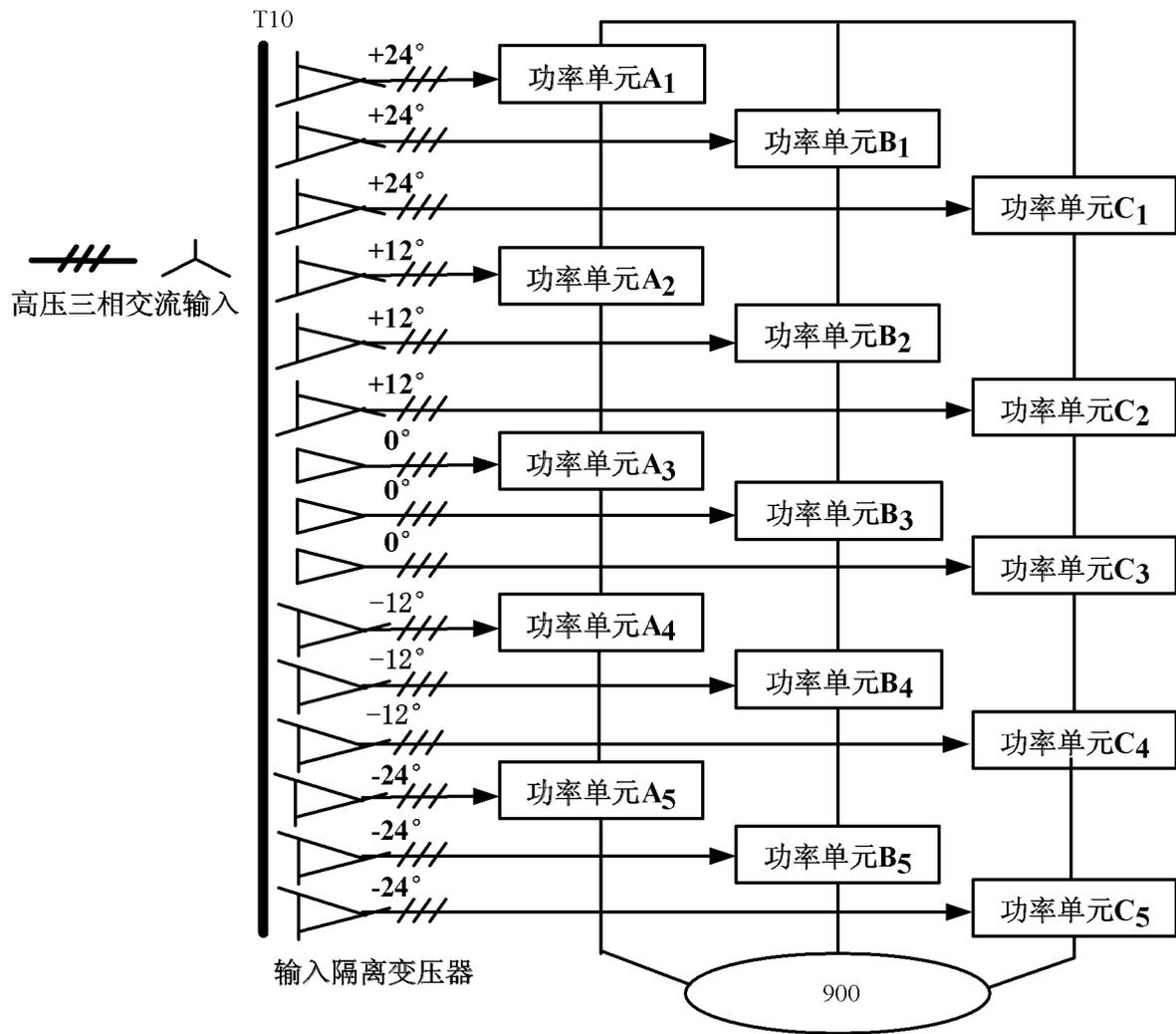


图 2

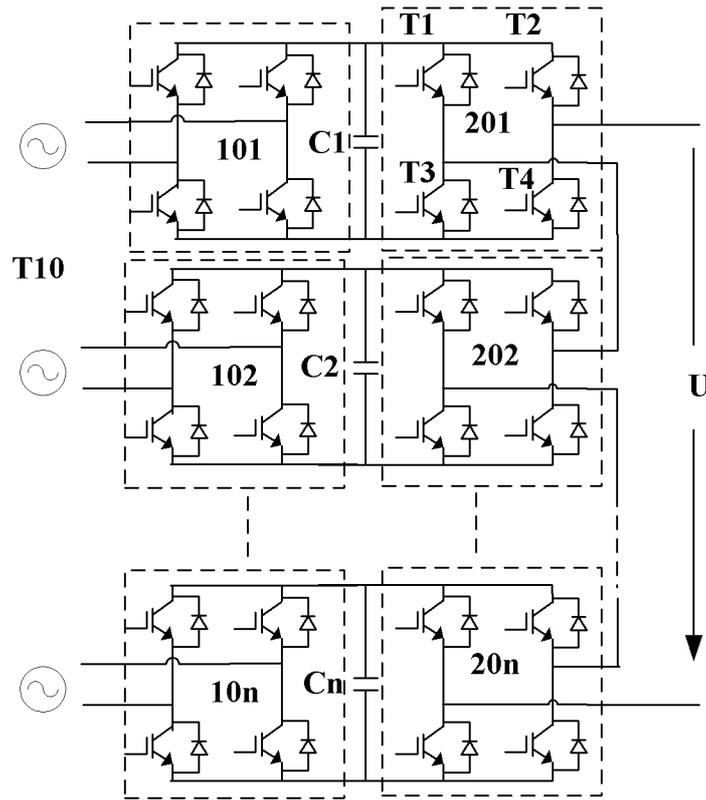


图 3

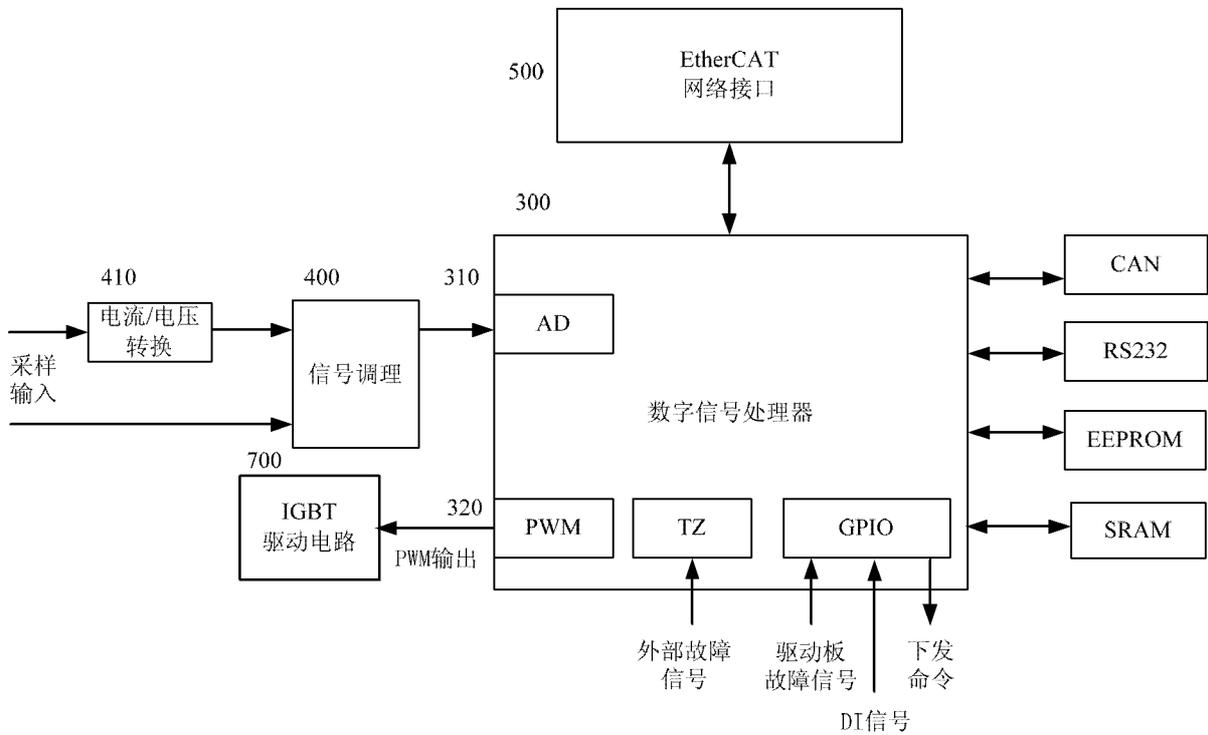


图 4