



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113262038 B

(45) 授权公告日 2024. 04. 16

(21) 申请号 202110681314.2

(22) 申请日 2021.06.19

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113262038 A

(43) 申请公布日 2021.08.17

(73) 专利权人 安徽奥弗医疗设备科技股份有限公司

地址 233000 安徽省蚌埠市高新区高新路
5551号

(72) 发明人 刘荣 倪国华 金国卫 陈雨薇
段宇 宫开林

(74) 专利代理机构 安徽省蚌埠博源专利商标事
务所(普通合伙) 34113

专利代理师 杨晋弘

(51) Int. Cl.

A61B 18/00 (2006.01)

G05B 19/042 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 102641152 A, 2012.08.22

CN 109586597 A, 2019.04.05

CN 1874111 A, 2006.12.06

DE 19542418 A1, 1997.05.15

EP 2510891 A1, 2012.10.17

US 2012215216 A1, 2012.08.23

US 2015313663 A1, 2015.11.05

US 2015342663 A1, 2015.12.03

US 2017086908 A1, 2017.03.30

WO 02053048 A1, 2002.07.11

CN 107707136 A, 2018.02.16

CN 108206645 A, 2018.06.26

CN 201677127 U, 2010.12.22

CN 112511007 A, 2021.03.16

CN 101741269 A, 2010.06.16

CN 112701935 A, 2021.04.23

CN 202173470 U, 2012.03.28

审查员 崔婷

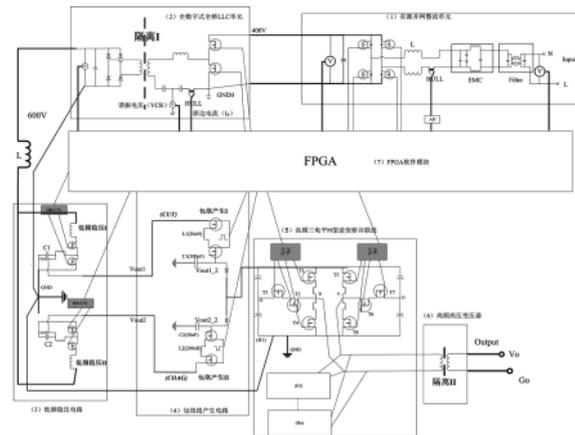
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种等离子体手术刀电源控制系统

(57) 摘要

本发明的一种等离子体手术刀电源控制系统,包括依次连接的有源并网整流单元、全数字式全桥LLC单元、低频稳压电路、包络线产生电路、高频三电平H型逆变桥并联组、高频高压变压器、FPGA软件模块;FPGA软件模块分别与有源并网整流单元、全数字式全桥LLC单元、低频稳压电路、包络线产生电路、高频三电平H型逆变桥并联组、高频高压变压器相连。与传统的电源相比,本发明充分考虑到了隔离与安全,尤其是电容充放电环节的加入,充分保证了人体的绝对安全;可将工作频率从10k级提高到M级,切割时伤口更不容易碳化,更容易愈合,手术过程中流血量更小。



1. 一种等离子体手术刀电源控制系统,其特征在于:包括依次连接的有源并网整流单元(1)、全数字式全桥LLC单元(2)、低频稳压电路(3)、包络线产生电路(4)、高频三电平H型逆变桥并联组(5)、高频高压变压器(6)、FPGA软件模块(7);

FPGA软件模块(7)分别与有源并网整流单元(1)、全数字式全桥LLC单元(2)、低频稳压电路(3)、包络线产生电路(4)、高频三电平H型逆变桥并联组(5)、高频高压变压器(6)相连;

所述有源并网整流单元(1)包括依次连接的共模电感滤波器、EMC电路、霍尔传感器、电感器、有源并网型整流器,共模电感滤波器的输出端串联连接到EMC电路输入侧,EMC电路输出端串联到霍尔传感器,霍尔传感器与电感器串联,电感器的输出连接到有源并网整流器;

所述全数字式全桥LLC单元(2)包括依次连接的全数字式全桥LLC谐振变换器、二极管全桥整流器、滤波电容、电压互感器;

高频三电平H型逆变桥分为左右两个桥臂,左边桥臂为超前桥臂,右边桥臂为滞后桥臂,每个桥臂由四个MOSFET开关管和两个电感组合而成,桥臂内串入电感的目的是让波形输出更加平滑,每个桥臂都有两个支撑电容,通过5个高频三电平H型逆变桥的并联组合,分时复用,减小每个开关管压力。

2. 根据权利要求1所述的等离子体手术刀电源控制系统,其特征在于:所述FPGA软件模块(7)分别监测有源并网整流单元(1)输入侧电压互感器电压信号、霍尔传感器电流信号以及输出侧电压互感器电压信号;

FPGA软件模块(7)还监测全数字式全桥LLC单元(2)原边霍尔传感器电流信号、原边谐振电压信号、输出侧电压互感器信号。

3. 根据权利要求2所述的等离子体手术刀电源控制系统,其特征在于:FPGA软件模块(7)控制有源并网整流单元(1)开关管门级驱动脉冲信号发生、全数字式全桥LLC单元(2)开关管门级驱动脉冲信号发生、低频稳压电路(3)开关管门级驱动脉冲信号发生、包络线产生电路(4)开关管门级驱动脉冲信号发生、高频三电平H型逆变桥并联组(5)开关管门级驱动脉冲信号发生。

一种等离子体手术刀电源控制系统

技术领域

[0001] 本发明涉及低温等离子体医疗技术领域,具体涉及一种等离子体手术刀电源控制系统。

背景技术

[0002] 低温等离子体刀是近年来开发的一种新型的软组织微创手术刀,配合其电源主机,在缩小病变范围的同时,可以最大限度地保留组织正常细胞。其工作原理是通过电源主机发出的脉冲能量激发组织和等离子刀之间的电解质液形成等离子场,以刀头为核心,在周围形成等离子薄层,在薄层内产生大量高能等离子体,切断病变组织细胞蛋白质的分子键,从而切除病变组织。低温等离子刀实现在50~70℃低温环境下对病变组织进行切割,大大减少伤口碳化程度,使得患者痛苦减轻,减少术后并发症产生。

[0003] 传统等离子体手术刀电源主机的主电路结构较为简单,因此抗外界干扰差,工作不够稳定,缺少高安全性、稳定性的控制系统,因此会对患者构成安全隐患。

发明内容

[0004] 本发明的目的就是提出一种等离子体手术刀电源控制系统,提供了一种射频低温等离子体手术刀电源的控制系统,它大大提高了等离子体手术刀电源的安全性,它为低温等离子体手术刀电源系统提供了一种多级隔离的高安全性的主电路和控制策略,特别是基于单片FPGA的高安全性的主电路控制逻辑。

[0005] 为实现上述目的,本发明采用了以下技术方案:

[0006] 一种等离子体手术刀电源控制系统,包括依次连接的有源并网整流单元、全数字式全桥LLC单元、低频稳压电路、包络线产生电路、高频三电平H型逆变桥并联组、高频高压变压器、FPGA软件模块;

[0007] FPGA软件模块分别与有源并网整流单元、全数字式全桥LLC单元、低频稳压电路、包络线产生电路、高频三电平H型逆变桥并联组、高频高压变压器相连。

[0008] 进一步的,所述有源并网整流单元包括依次连接的共模电感滤波器、EMC电路、霍尔传感器、电感器、有源并网型整流器;

[0009] 共模电感滤波器的输出端串联连接到EMC电路输入侧,EMC电路输出端串联到霍尔传感器,霍尔传感器与电感器串联,电感器的输出连接到有源并网整流器。

[0010] 进一步的,所述全数字式全桥LLC单元包括依次连接的全数字式全桥LLC谐振变换器、二极管全桥整流器、滤波电容、电压互感器。

[0011] 进一步的,所述FPGA软件模块分别监测有源并网整流单元输入侧电压互感器电压信号、霍尔传感器电流信号以及输出侧电压互感器电压信号;

[0012] FPGA软件模块还监测全数字式全桥LLC单元原边霍尔传感器电流信号、原边谐振电压信号、输出侧电压互感器信号。

[0013] 进一步的,FPGA软件模块控制有源并网整流单元开关管门级驱动脉冲信号发生、

全数字式全桥LLC单元开关管门级驱动脉冲信号发生、低频稳压电路开关管门级驱动脉冲信号发生、包络线产生电路开关管门级驱动脉冲信号发生、高频三电平H型逆变桥并联组开关管门级驱动脉冲信号发生。

[0014] 由上述技术方案可知,本发明有别于传统等离子体手术刀系统,本电源主电路采用三级隔离,中间级电路作为功率池,将输入端电能可在内部进行转化以及周期性的短暂储存后对输出端供电,使输入端与输出端完全隔离。输入侧有源并网型整流,使电源不对网侧产生污染,自身抗干扰能力强。全数字式全桥LLC单元可产生谐波含量极小的正弦波电压输出,通过单元内的整流桥实现稳定直流电压输出。通过低频稳压电路、包络线产生电路电容缓放缓冲,与后级H桥间隔工作,即使前级电路出现异常(如短路),也能充分保证人体安全。三电平H型逆变桥相较于传统的两电平全桥逆变器,单个开关管承受电压应力更小,实现更高等级的功率输出、电压输出,输出侧波形谐波小,THD低,电磁干扰减小。通过5个三电平H型逆变桥的并联组合,分时复用,减小每个开关管压力。电源采用单PFGA控制,实现统一逻辑,统一保护,使监控更加完善。使电源输出波形更加稳定,抵抗外界干扰性能好,故障时能迅速反应,保障人体安全。

[0015] 本发明完全改变了现有市场医疗手术刀电源的方法,从最基本的刀头与人体组织产生等离子体效应出发,分析对不同类型的手术对不同电压波形的要求,从而确定电源的输出特性,并且创新性的将整个电源分成了输入有源并网型整流、全数字式全桥LLC、初级稳压、包络线产生电路、电容充放电、三电平高频桥、高频隔离变压器等6个步骤来实现最终的电源输出。与传统的电源相比,本电源方案充分考虑到了隔离与安全,尤其是电容充放电环节的加入,充分保证了人体的绝对安全。另外,将传统高频电刀电源的工作频率从10k级提高到M级,切割时伤口更不容易碳化,更容易愈合,手术过程中流血量更小;同时可在对应人机交互屏设置档位调节,人只需要在可触控屏幕上进行档位增减,即可调整档位是档位调整简单,手术过程中使用方便,对不同患者的适应性强,可大大缩短手术时间,减轻患者痛苦。

附图说明

- [0016] 图1是本发明的结构示意图;
- [0017] 图2是本发明的超前桥臂输出电压波形图;
- [0018] 图3是本发明的三电平H桥输出电压波形图;
- [0019] 图4是本发明的H桥分时复用示意图;
- [0020] 图5是本发明的FPGA逻辑图。

具体实施方式

[0021] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。

[0022] 如图1所示,本实施例所述的等离子体手术刀电源控制系统,包括依次连接的有源并网整流单元1、全数字式全桥LLC单元2、低频稳压电路3、包络线产生电路4、高频三电平H型逆变桥并联组5、高频高压变压器6、FPGA软件模块7;

[0023] FPGA软件模块7分别与有源并网整流单元1、全数字式全桥LLC单元2、低频稳压电路3、包络线产生电路4、高频三电平H型逆变桥并联组5、高频高压变压器6相连。

[0024] 其中,所述有源并网整流单元1包括依次连接的共模电感滤波器、EMC电路、霍尔传感器、电感器、有源并网型整流器;

[0025] 共模电感滤波器的输出端串联连接到EMC电路输入侧,EMC电路输出端串联到霍尔传感器,霍尔传感器与电感器串联,电感器的输出连接到有源并网整流器。

[0026] 所述全数字式全桥LLC单元2包括依次连接的全数字式全桥LLC谐振变换器、二极管全桥整流器、滤波电容、电压互感器。

[0027] 所述FPGA软件模块7分别监测有源并网整流单元1输入侧电压互感器电压信号、霍尔传感器电流信号以及输出侧电压互感器电压信号;

[0028] FPGA软件模块7还监测全数字式全桥LLC单元2原边霍尔传感器电流信号、原边谐振电压信号、输出侧电压互感器信号。

[0029] FPGA软件模块7控制有源并网整流单元1开关管门级驱动脉冲信号发生、全数字式全桥LLC单元2开关管门级驱动脉冲信号发生、低频稳压电路3开关管门级驱动脉冲信号发生、包络线产生电路4开关管门级驱动脉冲信号发生、高频三电平H型逆变桥并联组5开关管门级驱动脉冲信号发生。

[0030] 以下分别进一步说明:

[0031] (1)有源并网型整流

[0032] 本部分由共模电感滤波器、EMC(电磁干扰抑制)电路、霍尔传感器以及有源并网型整流器组合而成。本电路的优点是对电网无污染,谐波很小,功率因数高,不影响其它医疗设备运行。它可以保持输入侧电压电流同相位,电压波形为完全正弦波。霍尔传感器测量电流值,通过线性光耦隔离,进行AD转换后进入FPGA,FPGA通过原边电流值以及输出端反馈电压值对全桥的4个开关管进行控制,形成有源并网型整流,电路输出400V直流电压。

[0033] (2)全数字式全桥LLC

[0034] 本电路使用TI最新LLC控制芯片UCC256404,芯片可以实现通过检测原边电流和谐振电压,和输出侧的反馈电压,保护开关管,避免电路进入容性运行区域(芯片一旦检测到电路进入容性模式,会进入芯片保护逻辑),防止功率管爆炸。由于反馈电压与原边的谐振电压一起决定开关频率,系统会从二阶将为一阶,控制速度更准更快。此外,电路还可以实现空载待机模式,功耗低。通过芯片控制,保持原边的霍尔传感器测得的原边电流一直滞后于上管电压(即电路处于感性工作模式)。

[0035] LLC原边半桥开关管输出逆变方波波形,通过谐振,实现正弦波输出,通过变压器隔离(输入端与内部电路隔离),副边经过二极管整流桥、电容滤波,最后输出600V稳定的直流电压。

[0036] (3)低频稳压电路

[0037] 串联电感防止过流、短路。此电路特点是利用电容对后级电路进行供电。低频稳压电路分为两个,分别对应切割功能和凝血功能。以切割模式为例,FPGA根据后级电路需要的电压等级,控制电容 c_1 充电的程度,形成“功率池”。上管开通,下管关断时电容充电;上管关断,下管开通时,电容放电。电容电压与档位相关。切割和凝血功能分别使用一个低频稳压电路,这样做的好处是电路独立性高,输出功率更加分散,从而使安全度更高。

[0038] (4) 包络线产生电路

[0039] 此电路功能是使单周期内输出的电压值逐渐减小至0,产生电压包络线。具有提升主电路安全性的作用。切割功能和凝血功能分别对应一个包络线产生电路。两开关管之间串入电感,使输出波形更加平滑。此电路间断性开断,上下管同时开断。以切割模式为例,开启时为电容 c_1 充电,后级电路不工作;关闭时电容放电,为后级H桥工作供电。电容最高电压值由档位设定决定。

[0040] 低频稳压电路和包络线产生电路都是利用电容充放电为后级供电,后级电路电压最大值由电容充电值决定。避免由于前级电路发生短路等故障而导致后级电路为人体带来危险。

[0041] (5) 高频三电平H型逆变桥并联组

[0042] 前端输入的直流电压经过三电平H桥逆变单元后得到三电平交流电压。三电平逆变器相较于传统的两电平全桥逆变器,单个开关管承受电压应力更小,可以实现更高等级的功率输出、电压输出;谐波小,THD低,减小电磁干扰。本三电平H桥逆变单元分为左右两个桥臂,左边桥臂为超前桥臂,右边桥臂为滞后桥臂。每个桥臂由四个MOSFET开关管和两个电感组合而成,桥臂内串入电感的目的是让波形输出更加平滑,如图2、图3及图4所示,每个桥臂都有两个支撑电容。通过5个三电平H型逆变桥的并联组合,分时复用,减小每个开关管压力。如图3所示,每个开关管频率为200kHz,即每 $5\mu\text{s}$ 为一个开关周期,通过FPGA发出的控制信号控制H桥的功率输出,每个H桥 $5\mu\text{s}$ 内只工作 $1\mu\text{s}$,5个H桥交替为后级变压器供电,实现最后的1MHz电压波形输出。

[0043] 用1表示开关闭合,0表示开关关断。超前桥臂的脉冲在一个周期内有3种开关组合,对应 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 的状态组合为1010、0110、0101。超前桥臂开关工作状态与输出分析如下表所示。

[0044] 表1三电平H桥超前桥臂单元开关状态与输出分析

T_1	T_2	T_3	T_4	输出
1	0	1	0	$U_{AO} = U_d/2$
0	1	1	0	$U_{AO} = 0$
0	1	0	1	$U_{AO} = -U_d/2$

[0046] (6) FPGA控制策略

[0047] 如图5所示,以CUT(切割功能)为例:开机初始化,检查正常后,进入READY状态,等待外部信号。按下CUT按钮,FPGA收到外部信号,输出继电器闭合,确定档位后进行第三级电压调节(低频稳压),调节稳定后发1MHz脉冲信号给H桥;松开CUT按钮,信号采样结束,20ms后,FPGA脉冲停止发出,30ms后电源主机重新进入READY状态等待,输出继电器断开。CUT过程中如检测到故障信号,进FAULT状态,封锁输出脉冲信号。每5ms进行一次主机状态检查。

[0048] 具体的说,控制系统工作过程包括以下步骤,步骤以切割模式为例:

[0049] S1:所述电源主机接入220V单相工频交流电,通过共模电感滤波器、EMC电路、霍尔传感器以及有源并网型整流器构成的所述有源并网型整流模块。霍尔传感器测量电流值,通过线性光耦隔离,进行AD转换后进入FPGA,FPGA通过原边电流值以及输出端反馈电压值对全桥的4个开关管进行闭环控制,形成有源并网型整流,电路输出400V脉动直流电压。

[0050] S2: 上级输出电压通过所述全数字式全桥LLC模块, 所述全数字式全桥LLC模块含有隔离变压器, 对电源输入侧地、电源内部地做隔离。所述全数字式全桥LLC原边半桥开关管输出逆变方波波形, 通过谐振, 实现正弦波电压输出, 通过变压器隔离, 副边经过二极管整流桥、电容滤波, 输出600V稳定的直流电压。

[0051] S3: 上级输出电压通过低频稳压电路。FPGA根据收到的预设定的需要的电压等级, 控制电容充电的程度, 电容周期性充放电, 形成“功率池”。上管开通, 下管关断时电容充电, 此时后级电路不工作; 上管关断, 下管开通时, 电容放电, 供给后级电路工作。电容电压峰值与档位相关。

[0052] S4: 低频稳压电路输出的电压进入包络线产生电路, 单周期内, 输出电压值逐渐减小至0, 产生电压包络线。上下开关管同时开通, 开通时电容充电, 后级H桥不工作; 电容充电完毕时, 上下开关管关断, 电容开始放电, 供给H桥工作。前端输入的直流电压经过三电平H桥逆变桥并联组单元, 如附图2所示, 每个开关管频率为200kHz, 即每 $5\mu\text{s}$ 为一个开关周期, 通过FPGA发出的控制信号控制H桥的功率输出, 每个H桥 $5\mu\text{s}$ 内只工作 $1\mu\text{s}$, 5个H桥交替为后级变压器供电, 通过高频高压变压器升压, 实现最后的1MHz, 最高1.2kV电压波形输出。

[0053] 如附图5所示, 以切割模式为例, FPGA控制策略为:

[0054] 开机初始化, 检查正常后, 进入READY状态, 等待外部信号。按下CUT按钮, FPGA收到外部信号, 输出继电器闭合, 确定档位后进行第三级电压调节(低频稳压电容充电), 调节稳定后发1MHz脉冲信号给H桥; 松开CUT按钮, 信号采样结束, 20ms后, FPGA脉冲停止发出, 30ms后电源主机重新进入READY状态等待, 输出继电器断开。CUT过程中如检测到故障信号, 进FAULT状态, 封锁输出脉冲信号。每5ms进行一次主机状态检查。

[0055] 本实施例的高安全性的低温等离子体手术刀控制系统, 是一种高安全性的, 智能化的等离子体电源控制系统, 可实现如下功能:

[0056] 该控制系统控制电源输出电压波形频率为1MHz。输出波形占空比为50%。工作时设备输出电压波形稳定, 故障时切断迅速, 控制器信号反馈时间内, 短路电流不会直接传递到输出端, 充分保障人体安全。

[0057] 综上所述, 鉴于目前等离子体手术刀系统由于安全性不强, 工作不正常时可能会出现损害人体的危险, 本发明实施例设计了一种新的等离子体手术刀电源电路控制系统, 可以实现射频级别的电压波形输出, 对人体正常细胞损伤更小, 同时提高电路安全性, 电源做三级隔离(GND0, GND, GO), 中间级电路作为功率池对输出端供电, 使输入端与输出端完全隔离。两级稳压电路电容充放电电路, 即使前级电路出现异常(如短路), 也能充分保证人体安全。本发明有别于传统等离子体手术刀系统, 采用单PFGA控制, 实现统一逻辑, 统一保护, 使监控更加完善。本发明中的电源主机可以实现射频级别的电压波形输出, 对人体正常细胞损伤更小, 同时提高电路安全性。从实际手术需要为出发点, 电源可以产生多种不同的电压波形, 并将频率提升到了MHz级, 创新性的将电源系统分成了输入有源并网型整流、全数字式全桥LLC、初级稳压、包络线产生电路、三电平高频逆变H桥、高频隔离变压器的主电路结构, 配合FPGA的控制保护逻辑, 形成的控制系统能够充分保障患者身体安全, 大大提高了等离子体手术刀使用的安全性。

[0058] 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案, 而非对其限制; 尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明, 本领域的普通技术人员应当理解: 其依然可以对前述各实施

例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

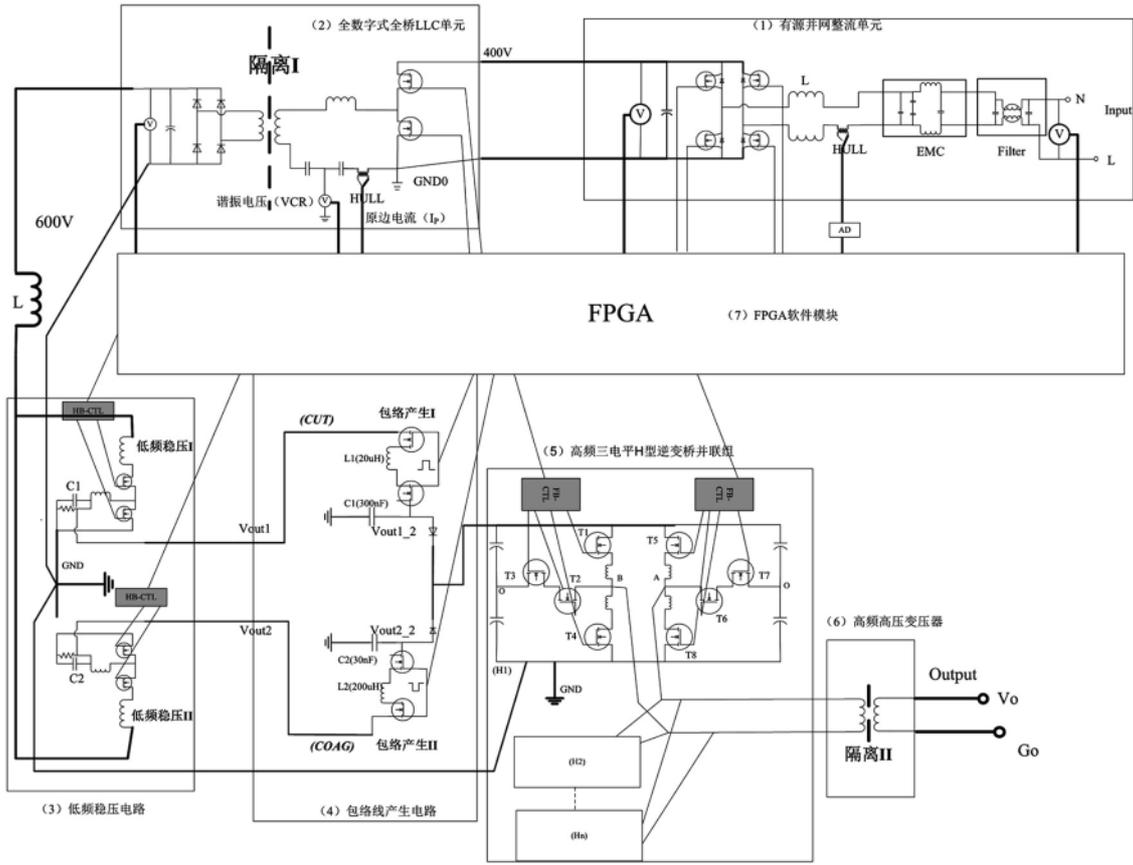


图1

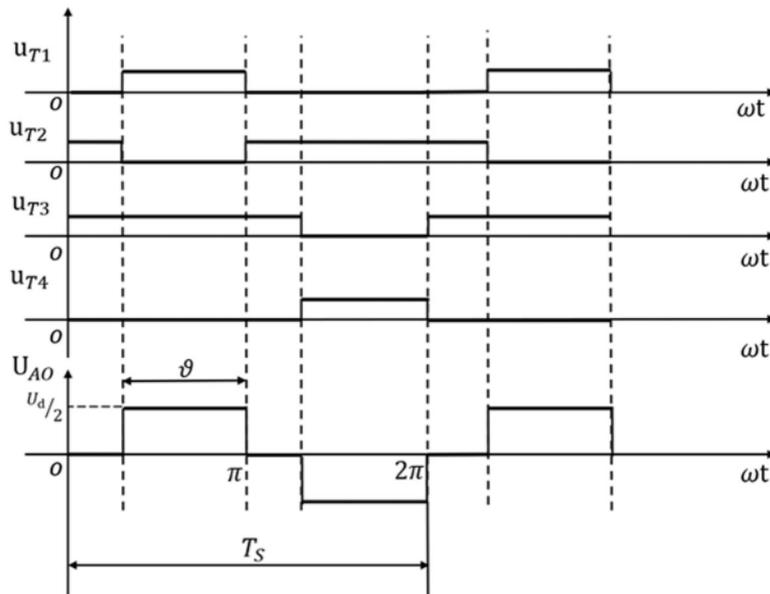


图2

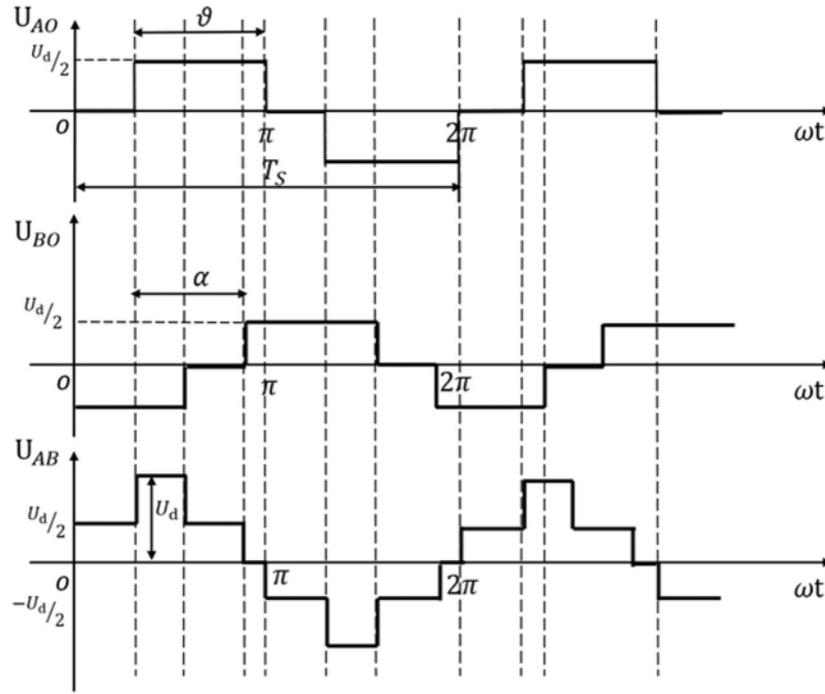


图3

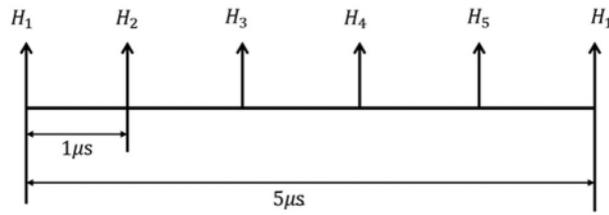


图4

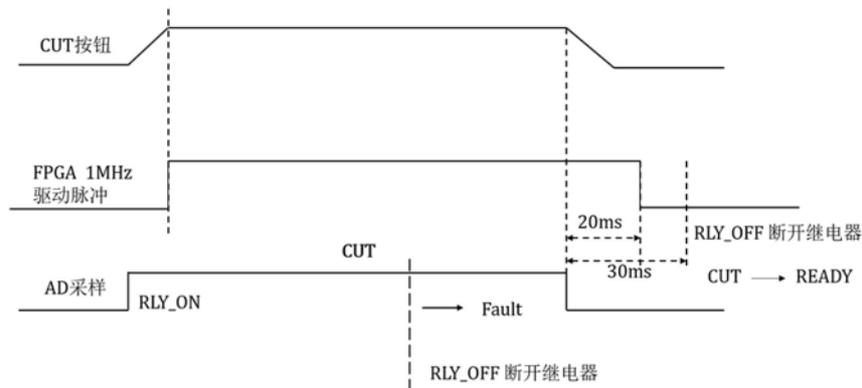


图5