

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101765290 A

(43) 申请公布日 2010.06.30

(21) 申请号 200910185846.6

H02M 3/28(2006.01)

(22) 申请日 2009.12.07

(71) 申请人 芜湖国睿兆伏电子股份有限公司

地址 241009 安徽省芜湖市经济技术开发区  
九华北路西侧

(72) 发明人 刘静 胡旭 朱永亮

(74) 专利代理机构 芜湖安汇知识产权代理有限  
公司 34107

代理人 张小虹

(51) Int. Cl.

H05G 1/08(2006.01)

H05G 1/10(2006.01)

H05G 1/30(2006.01)

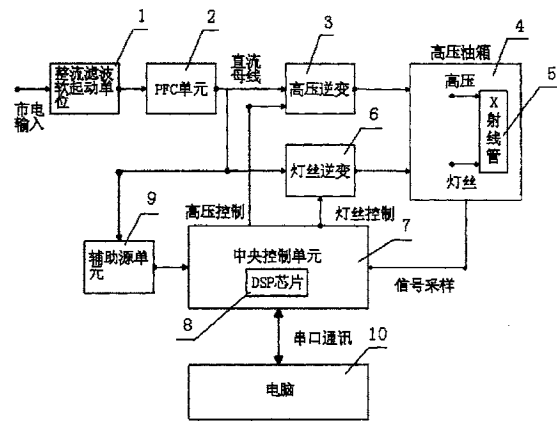
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种用于 X 射线机的高压发生器及其控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种用于 X 射线机的高压发生器及其控制方法,包括与电源相连接的整流滤波和软启动单元、控制电源、位于高压油箱内的升压、整流单元,其特征在于,整流滤波和软启动单元与功率因数校正单元相连接,通过高压逆变器、升压、整流单元与设在高压油箱内的 X 射线管的阳极相连接,并通过灯丝逆变器、灯丝变换电路与 X 射线管的阴极相连接,高压油箱内设有与中央控制单元相连接的采样电路;中央控制单元还分别与高压逆变器、灯丝逆变器、上位机相连接。与现有技术相比,具有以下优点,1、高压发生器采用了串并联谐振技术,实现开关管的零电压开通,从而可以使开关频率提高到 100kHz。2、X 射线管集成在高压油箱中,省去了高压线从油箱中引出外接 X 射线管引起的一系列高压绝缘及防护问题。



1. 一种用于 X 射线机的高压发生器,包括与电源相连接的整流滤波和软启动单元 (1)、控制电源 (9)、位于高压油箱内的升压、整流单元,其特征在于,所述的整流滤波和软启动单元 (1) 与功率因数校正单元 (2) 相连接,通过高压逆变器 (3)、升压、整流单元与设在高压油箱 (4) 内的 X 射线管 (5) 的阳极相连接,并通过灯丝逆变器 (6)、灯丝变换电路与 X 射线管 (5) 的阴极相连接,所述的高压油箱 (4) 内设有与中央控制单元 (7) 相连接的采样电路;所述的中央控制单元 (7) 还分别与高压逆变器 (3)、灯丝逆变器 (6)、上位机 (10) 相连接。

2. 根据权利要求 1 所述的一种用于 X 射线机的高压发生器,其特征在于,所述的中央控制单元 (7) 由 DSP 芯片 (8)、保护电路 (11)、高压逆变器控制电路 (12)、灯丝逆变器控制电路 (13) 所组成,中央控制单元 (7),通过与上位机 (10) 通讯,将用户设定的基准高压值与灯丝电流值读入中央控制单元 DSP 芯片 (8) 内部,采样电路采得的实际输出值与中央控制单元 DSP 芯片送出的设定值进行比较,通过高压逆变器控制电路 (12)、灯丝逆变器控制电路 (13) 产生实时的控制信号通过高压逆变器 (3)、灯丝逆变器 (6) 调节输出以实现高压发生器高压输出稳压、灯丝稳流工作,DSP 芯片 (8) 通过保护电路将保护信号送至高压逆变器 (3) 和灯丝逆变器 (6)。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的一种用于 X 射线机的高压发生器,其特征在于,所述的高压逆变器 (3) 由 MOS 开关管 V1 ~ V4 构成的逆变桥式电路和在 MOS 开关管 V1 ~ V4 源极和漏极两端反向并联寄生二极管 D1 ~ D4 和电容 C1 ~ C4,MOS 开关管 V1、V3 的串接端通过谐振电感 L1、隔直电容 C5,高压变压器 T1 的初级绕组与 MOS 开关管 V2、V4 的串接端相连接,谐振电容 C6 并接在高压变压器 T1 的初级绕组上,高压变压器 T1 的次级绕组与倍压整流电路相连接,MOS 开关管 V1 ~ V4 的栅极与高压逆变器控制电路 (12) 相连接。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的一种用于 X 射线机的高压发生器,其特征在于,所述的采样电路输出信号包括电压采样信号 Vf、灯丝电流采样信号 If、打火信号 F、过温信号 T。

5. 根据权利要求 1 或 2 所述的一种用于 X 射线机的高压发生器,其特征在于,所述的中央控制单元 DSP 芯片 (8) 型号为 TMS320F2801。

6. 一种根据权利要求 1 ~ 5 所述的用于 X 射线机的高压发生器的控制方法,其特征在于,所述的方法包括下列步骤:

a) 通过串口通讯读取用户在上位机的控制界面上的高压/电流设定值以及出束/停束等控制指令。设定值经内部处理后,再经过 D/A 转换形成电压和电流基准,送至控制电路参与闭环控制;控制指令经识别处理后,输出一系列带特定时序关系的控制指令,控制高压发生器电路正常工作;

b) 各路采样信号通过 DSP 芯片的 A/D 转换、处理后,再传输至上位机的控制界面以实时显示各参数值;

c) 将各路采样信号与 DSP 芯片内部设定的保护阈值比较,处理后形成保护信号送给控制回路形成电路保护。

## 一种用于 X 射线机的高压发生器及其控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及 X 射线机领域,具体地说的涉及一种用于 X 射线机的高压发生器及其控制方法。

### 背景技术

[0002] 1997 年以前,我国基本处于工频 X 射线机的发展阶段,中频和高频机都靠进口。

[0003] X 射线机主要应用在安全检测、医疗卫生以及工业探伤等相关领域,X 射线机高压发生器技术的发展经历了从工频 50Hz 到中频数百 Hz,直至高频数 kHz 的发展阶段,高压发生器的工作频率的提高带来了设备体积重量的大大减小、功率密度的大幅提高,性能指标和成像质量都有了大的飞跃。

[0004] 近年来一些经济实力、技术力量强的单位都开展了 X 射线机行业的相关研究。目前,有些厂家也开始推出了自主研发的高频 X 射线机,例如专利申请公开文件(公开号 CN101203085A)医用诊断 X 射线高频高压发生器,公开的 X 射线机高压发生器频率只能做到 30kHz,且高压引出端高压发生器与 X 射线管分离,高压发生器产生的直流高压经高压电缆连接到外部的 X 射线管。高压电缆价格昂贵,且附近的绝缘设计难度较大。上述的高压发生器工作频率一般未超过 40kHz,主要是因为高频工作会带来更大的开关损耗,损耗大到一定程度必将损坏开关管。提供超高频、高性能 X 射线机高压发生器,是现有技术需要解决的技术问题。

### 发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是提供一种用于 X 射线机的高压发生器及其控制方法。以达到提高了高压输出的稳定性、增强了 X 射线机透视射线的质量、提高了成像的清晰度。

[0006] 为解决上述技术问题。本发明的技术方案是一种用于 X 射线机的高压发生器,包括与电源相连接的整流滤波和软启动单元、控制电源、位于高压油箱内的升压、整流单元,其特征在于,所述的整流滤波和软启动单元与功率因数校正单元相连接,通过高压逆变器、升压、整流单元与设在高压油箱内的 X 射线管的阳极相连接,并通过灯丝逆变器、灯丝变换电路与 X 射线管的阴极相连接,所述的高压油箱内设有与中央控制单元相连接的采样电路;所述的中央控制单元还分别与高压逆变器、灯丝逆变器、上位机相连接。

[0007] 一种用于 X 射线机的高压发生器,所述的中央控制单元由 DSP 芯片、保护电路、高压逆变器控制电路、灯丝逆变器控制电路所组成,中央控制单元,通过与上位机通讯,将用户设定的基准高压值与灯丝电流值读入中央控制单元 DSP 芯片内部,采样电路采得的实际输出值与中央控制单元 DSP 芯片送出的设定值进行比较,通过高压逆变器控制电路、灯丝逆变器控制电路产生实时的控制信号通过高压逆变器、灯丝逆变器调节输出以实现高压发生器高压输出稳压、灯丝稳流工作,DSP 芯片通过保护电路将保护信号送至高压逆变器和灯丝逆变器。

[0008] 一种用于 X 射线机的高压发生器,所述的高压逆变器由 MOS 开关管 V1 ~ V4 构成的逆变桥式电路和在 MOS 开关管 V1 ~ V4 源极和漏极两端反向并联寄生二极管 D1 ~ D4 和电容 C1 ~ C4, MOS 开关管 V1、V3 的串接端通过谐振电感 L1、隔直电容 C5, 高压变压器 T1 的初级绕组与 MOS 开关管 V2、V4 的串接端相连接, 谐振电容 C6 并接在高压变压器 T1 的初级绕组上, 高压变压器 T1 的次级绕组与倍压整流电路相连接, MOS 开关管 V1 ~ V4 的栅极与高压逆变器控制电路相连接。

[0009] 一种用于 X 射线机的高压发生器,所述的采样电路输出信号包括电压采样信号 Vf、灯丝电流采样信号 If、打火信号 F、过温信号 T。

[0010] 一种用于 X 射线机的高压发生器,所述的中央控制单元 DSP 芯片型号为 TMS320F2801。

[0011] 一种用于 X 射线机的高压发生器的控制方法,其特征在于,所述的方法包括下列步骤:

[0012] a) 通过串口通讯读取用户在上位机的控制界面上的高压 / 电流设定值以及出束 / 停束等控制指令。设定值经内部处理后,再经过 D/A 转换形成电压和电流基准,送至控制电路参与闭环控制;控制指令经识别处理后,输出一系列带特定时序关系的控制指令,控制高压发生器电路正常工作;

[0013] b) 各路采样信号通过 DSP 芯片的 A/D 转换、处理后,再传输至上位机的控制界面以实时显示各参数值;

[0014] c) 将各路采样信号与 DSP 芯片内部设定的保护阈值比较,处理后形成保护信号送给控制回路形成电路保护。

[0015] 一种用于 X 射线机的高压发生器及其控制方法,由于采用上述结构和控制方法,与现有技术相比,具有以下优点,1、高压发生器采用了串并联谐振技术,实现开关管的零电压开通,极大的减小了开关管工作时的损耗;采用通态损耗极小的高端半导体器件。两方面共同促使开关管工作损耗的显著降低,从而可以使开关频率提高到 100KHz (kHz)。2、X 射线管集成在高压油箱中,省去了高压线从油箱中引出外接 X 射线管引起的一系列高压绝缘及防护问题。3、X 射线高压发生器实现了电脑远程控制,高压值和管电流值可精确设置和随时更改。X 射线管与高压电源部分实现一体化设计,减小了整套 X 射线装置的体积重量,便于移动和装配,解决了目前 X 射线高压发生器行业高成本、大体积、不便移动和高电压防护等问题,是现代 X 射线辐照行业较为先进的 X 射线高压发生器。该 X 射线高压发生器可应用到安全检测、医疗卫生以及工业探伤等相关领域。

#### 附图说明

[0016] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明;

[0017] 图 1 为本发明一种用于 X 射线机的高压发生器结构框图;

[0018] 图 2 为图 1 所示中央控制单元结构示意图;

[0019] 图 3a、b 为图 1 所示高压逆变器电路结构示意图;

[0020] 图 4 为本发明一种用于 X 射线机的高压发生器的控制方法流程图;

[0021] 在图 1 ~ 图 3 中,1、整流滤波和软启动单元;2、功率因数校正单元;3、高压逆变器;4、高压油箱;5、X 射线管;6、灯丝逆变器;7、中央控制单元;8、DSP 芯片;9、控制电源;

10、上位机；11、保护电路；12、高压逆变器控制电路；13、灯丝逆变器控制电路。

### 具体实施方式

[0022] 如图 1 所示,图 1 为本发明 X 射线机高压发生器的原理结构框图。单相交流市电经高压发生器的输入端子送入高压发生器内部,输入交流经整流滤波和软启动单元 1、功率因数校正单元 2(PFC)后,实现交流/直流的变换,且可将直流母线电压预稳在 400V。直流母线分三路,分别供给高压逆变器 3、灯丝逆变器 6 和控制电源 9。高压逆变器 3 的输出接高压油箱 4 中的高压升压电路,将电压升至 X 射线管所需的高压。灯丝逆变器 6 的输出接高压油箱 4 内的灯丝变换电路,经处理后给 X 射线管 5 灯丝供电。

[0023] X 射线管 5 集成在高压油箱 4 中,省去了高压线从油箱中引出外接 X 射线管引起的一系列高压绝缘及防护问题。在高压油箱 4 内部,经升压整流产生的高压直接接至 X 射线管 5 两端,变换产生的灯丝电流(悬浮于阴极高压上)接 X 射线管 5 灯丝端。接收到中央控制单元 7 的“出束”指令后,高压逆变器 3 和灯丝逆变器 6 启动,按照预设的基准电压和管电流工作,给高压油箱 4 中的 X 射线管 5 提供工作所需电压电流,从而射线管出束口发出相应剂量的 X 射线,供辐照和成像使用。

[0024] 控制电源 9 将直流降压转换为  $\pm 22V$ 、 $\pm 15V$  等低压直流电,供中央控制单元 7 中的模拟数字控制芯片工作用电。

[0025] 参见图 2,中央控制单元 7 由 DSP 芯片 8、保护电路 11、高压逆变器控制电路 12、灯丝逆变器控制电路 13 所组成,中央控制单元 7,通过与上位机 10 通讯,将用户设定的基准高压值与灯丝电流值读入中央控制单元 DSP 芯片 8 内部,采样电路采得的实际输出值与中央控制单元 DSP 芯片送出的设定值进行比较,通过高压逆变器控制电路 12、灯丝逆变器控制电路 13 产生实时的控制信号通过高压逆变器 3、灯丝逆变器 6 调节输出以实现高压发生器高压输出稳压、灯丝稳流工作,DSP 芯片 8 通过保护电路 11 将保护信号送至高压逆变器 3 和灯丝逆变器 6。

[0026] 中央控制单元 7 是整个高压发生器的控制核心部分,其中采用 DSP 数字控制芯片来实现大量复杂的信号传输、转换及采样处理等工作。中央控制单元 7 负责与上位机 10 实现串口通讯,发送 X 射线“出束”、“停束”指令信号,发送设定高压和管电流基准信号,实现高压和管电流的实时检测,以及将实时反馈信号与设定的基准值比较,再通过高压逆变器控制电路 12、灯丝逆变器控制电路 13 脉宽调制后,送至高压逆变器 3 和灯丝逆变器 6 驱动脉冲,实时调节高压及管电流,使 X 射线管 5 得到稳定的高压和管电流,供 X 射线机持续稳定的工作。

[0027] DSP 控制是本 X 射线高压发生器装置的核心,负责控制整个高压发生器系统的时序关系、X 射线出束、停束控制,以及故障信号的检测、保护的動作以及与上位机的通讯等功能。

[0028] 本发明采用高性能数字控制芯片(DSP)来实现系统控制功能,DSP 又称数字信号处理器,是集成了 AD 采样功能、DA 转换功能、RS232 串口通讯功能、内部编程控制单元的数字信号微处理器。自带众多 I/O 口数据采集和指令输出端口,足够庞大系统控制措施的实现。通过与电路通讯,将用户设定的基准高压值与灯丝电流值读入 DSP 芯片内部,高压发生器工作时,采样电路采得的实际输出值与 DSP 芯片送出的设定值进行比较,产生实时的控

制信号调节输出以实现高压输出稳压、灯丝稳流工作。

[0029] 实时采样送入 DSP 芯片后, DSP 芯片将其与保护基准值进行比较, 超出保护阈值时, 输出封锁信号, 相应保护电路动作, 实现过压、欠压、过流、欠流、过温、打火等多种保护功能。

[0030] 参见图 2、图 3a、图 3b, 图 3 为高压逆变器串并联谐振电路的原理图, 图中 V1 ~ V4 为 MOS 开关管, MOS 开关管的型号为 APT66F60B2。D1 ~ D4、C1 ~ C4 为 MOS 开关管两端反向并联寄生二极管和电容器, L1 为谐振电感, C5 为隔直电容, C6 为谐振电容 (包含了高压负载折算到高压变压器原边的电容), T1 为高压变压器; 处于对角位置的 MOS 开关管同时开通和关断, 而同一桥臂上下开关管互补工作, 且存在一定死区。

[0031] 本发明高压逆变器 MOS 开关管零电压开通的实现原理: 在 MOS 开关管 V1 与 MOS 开关管 V4 开通期间, 主要为谐振电感 L1 与谐振电容 C6 谐振, 电源向负载侧传送能量, 谐振电感 L1 中电流方向如图 3(a) 中所示。在 MOS 开关管 V1 与 MOS 开关管 V4 关断, MOS 开关管 V2、V3 还未开通的死区时间内, 由于电感电流及能量不能突变, 谐振电感 L1 电流方向保持不变且与电容 C2、C3 谐振, 将能量转移到电容 C1、C4 中, 谐振结束时使得电容 C1、C4 两端电压均等于直流母线电压, 电容 C2、C3 电压为零。随之, 谐振电感 L1 中的剩余能量通过寄生二极管 D2 和 D3 回馈到直流母线 (如图 3b 中电流方向)。在寄生二极管 D2、D3 续流期间, MOS 开关管 V2 和 V3 两端电压被箝位至零, 此刻发出 MOS 开关管 V2 和 MOS 开关管 V3 的驱动脉冲便实现了 MOS 开关管 V2、V3 管的零电压开通。另一对 MOS 开关管 V1、V4 的零电压开通原理类似。

[0032] 高压逆变器 3 的控制采用高的开关频率来提高高压性能指标, 提高开关频率是目前电源领域技术发展的趋势, MOS 开关管零电压开通, 使开关频率提高到 100kHz (kHz), 开关频率的提高可以提高整机的输出性能, 减少噪音, 提升整机的功能密度, 减小装置的体积重量。对以本发明 X 射线高压发生器, 采用大幅提升开关频率的方法不仅可以提升功率密度减少整机体积重量成本, 更可以显著提高高压精度, 减小高压纹波, 提高成像质量。

[0033] 高压逆变器控制电路 12 设计主要包含高压反馈信号的采样、采样信号的比较放大、控制芯片的调频控制、驱动信号的放大隔离四个方面。

[0034] 高压反馈设置在高压油箱 4 内部, 通过高精度分压电阻及分压电容串并联组合而成, 电阻电容组合成的采样电路可以同时采得高压变换的静态和动态分量, 送入控制回路后具有好的动静态控制性能。

[0035] 采样信号送入控制回路后与 DSP 芯片 8 给出的基准信号实现比较、放大再通过逆变控制芯片后形成驱动脉冲, 驱动脉冲经过放大隔离后驱动高压逆变器 3, 实现高压闭环控制。

[0036] 系统工作步骤如下:

[0037] 当输入侧接通单相 220V 市电后, X 射线机高压发生器的低压侧开始工作。220V 市电经整流滤波和软启动单元 1 后, 经过功率因数校正单元 2 给控制电源 9 供电, 控制电源 9 得电后瞬间启动, 形成  $\pm 22V$ 、 $\pm 15V$  等低压控制电源, 其中 +22V 电源送给整流滤波和软启动单元 1 将软启动电阻切除, 约 1s 后软启动结束, 直流母线电压被充电至 400V 实现预稳。控制电源 9 工作后中央控制单元 7 的一系列数字和模拟芯片工作状态就位, 等待控制指令的发出。

[0038] DSP 芯片 8 上电后,检测系统使能信号,当系统工作状态就绪给出高压发生器使能信号后,DSP 芯片 8 开始工作,发出灯丝预热信号。灯丝预热约一分钟后,X 射线管 5 预热就绪,可以发出“出束”指令。上位机 10 用控制软件通过串口线遥控设定所需的高压电压值、管电流值,发出“出束”指令,DSP 芯片 8 收到指令后开始控制两个逆变器的控制芯片工作,发出驱动脉冲,驱动脉冲经驱动放大隔离后送给高压逆变器 3 及灯丝逆变器 6 工作,在高压油箱 4 产生相应的供 X 射线管工作所需的高压电压及灯丝电流,发出 X 射线。系统遥控发出“停束”指令时,DSP 芯片 8 控制两个逆变控制芯片停止工作,切断两个逆变器的方波脉冲输出,从而关闭高压和灯丝输出,X 射线高压发生器停止工作。

[0039] X 射线高压发生器实现了电脑远程控制,高压值和管电流值可精确设置和随时更改。X 射线管 5 与高压电源部分实现一体化设计,减小了整套 X 射线装置的体积重量,避免了从高压油箱 4 中引出高压电缆的防护及高成本问题,便于移动和装配,解决了目前 X 射线高压发生器行业高成本、大体积、不便移动和高电压防护等问题。

[0040] 参见图 4,图 4 为本发明一种用于 X 射线机的高压发生器的控制方法流程图;步骤 100 开始,在步骤 101 中高压发生器软起动。在执行完步骤 101 后进入步骤 102 灯丝预热,在步骤 103 中通过上位机设定所需的高压电压值、管电流值,在步骤 104 中高压给定给出,管电流给定给出。在执行完步骤 104 后进入步骤 105 高压油箱内高压、管电流采样。在步骤 106 中根据步骤 104 给定的数据和步骤 105 采样的数据,DSP 芯片发出信号对高压逆变器控制电路和灯丝逆变器控制电路闭环控制。在步骤 108 中根据步骤 107 高压油箱内高压检测的数据判断是否超出电压保护阈值,如果是,则进入步骤 109 过压或欠压保护动作并报警。如果判断是否定的,则进入步骤 111 根据步骤 110 高压油箱内管电流检测的数据判断是否超出管电流保护阈值,如果是,则进入步骤 112 过流或欠流保护动作并报警。如果判断是否定的,则进入步骤 114 根据步骤 113 高压油箱内温度检测的数据判断是否超出温度保护阈值,如果是,则进入步骤 115 过温保护动作并报警。如果判断是否定的,则进入步骤 117 根据步骤 116 高压油箱内打火检测的数据判断是否发生打火,如果是,则进入步骤 118 打火保护动作并报警。如果判断是否定的,则进入步骤 119 判断是否关机,如果是,则进入步骤 120 关机。如果判断是否定的,则返回步骤 103。

[0041] 上面结合附图对本发明进行了示例性描述,显然本发明具体实现并不受上述方式的限制,只要采用了本发明的方法构思和技术方案进行的各种改进,或未经改进直接应用于其它场合的,均在本发明的保护范围之内。

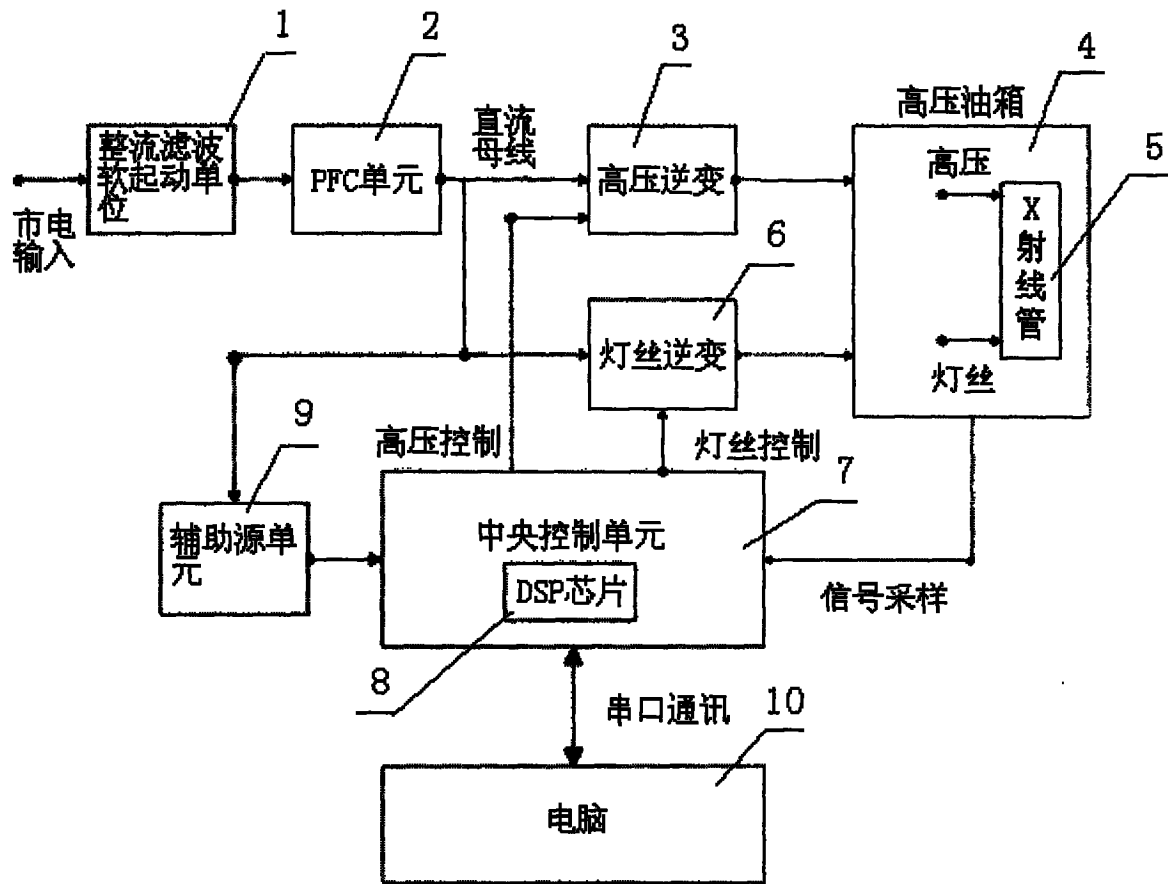


图 1



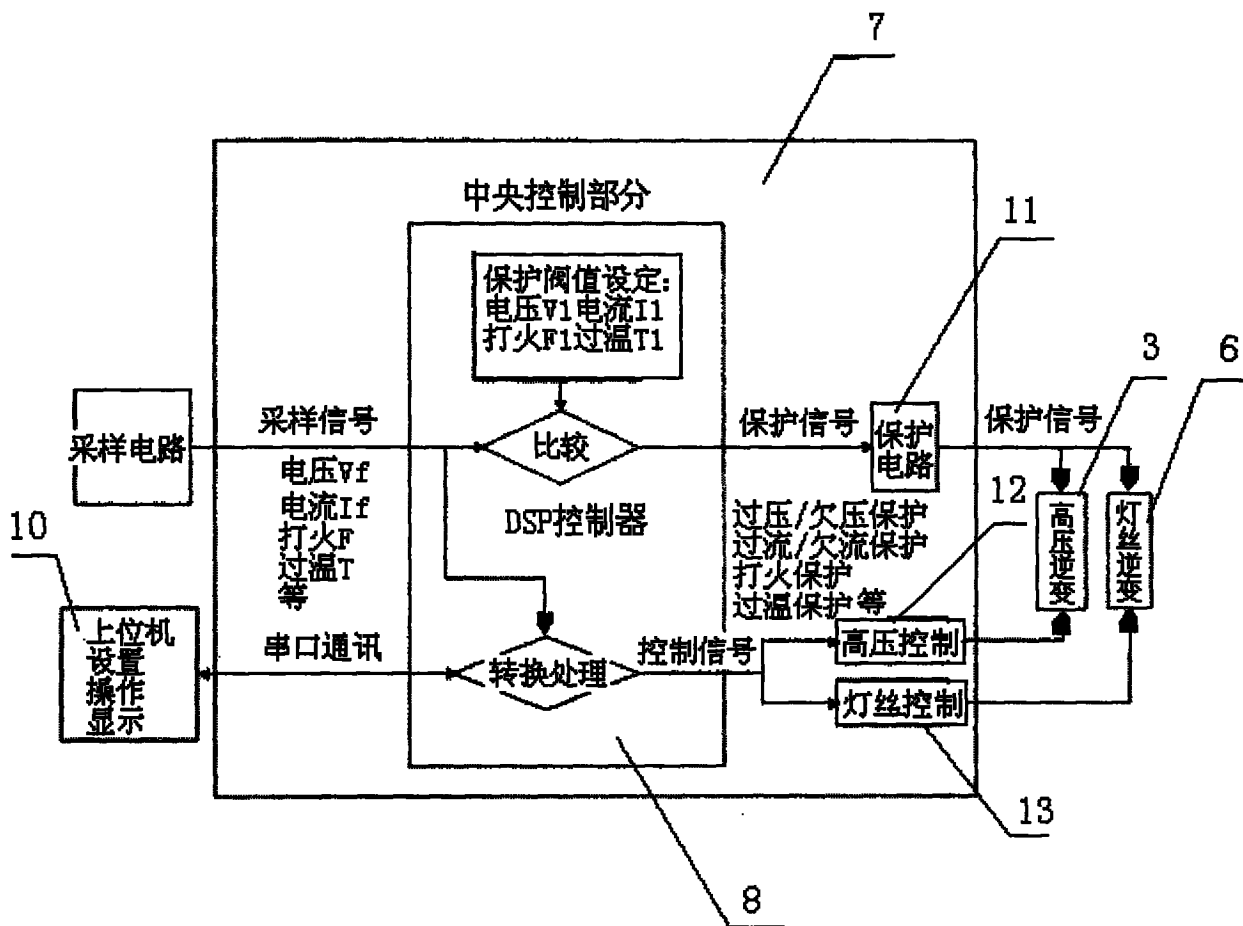


图 2

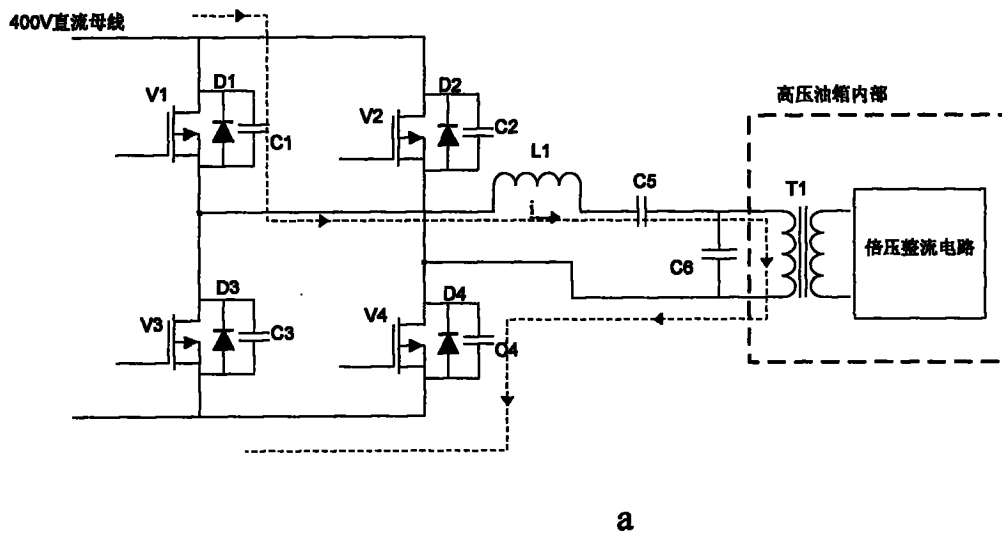
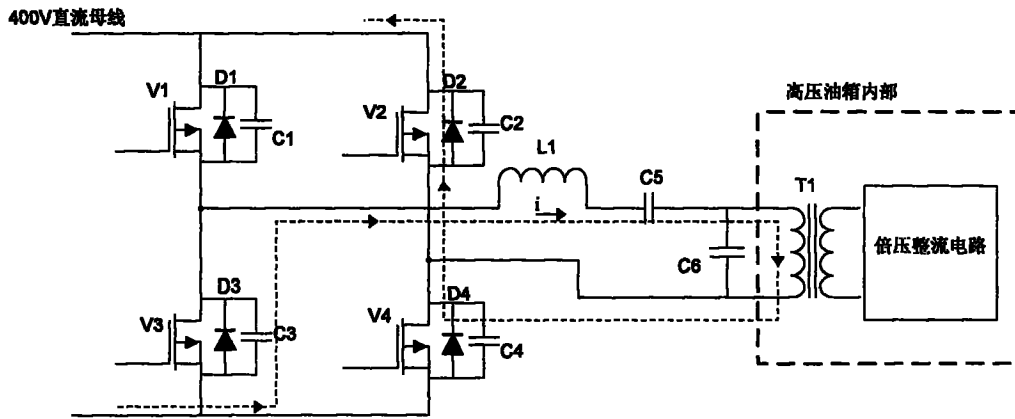


图 3a



b

图 3b

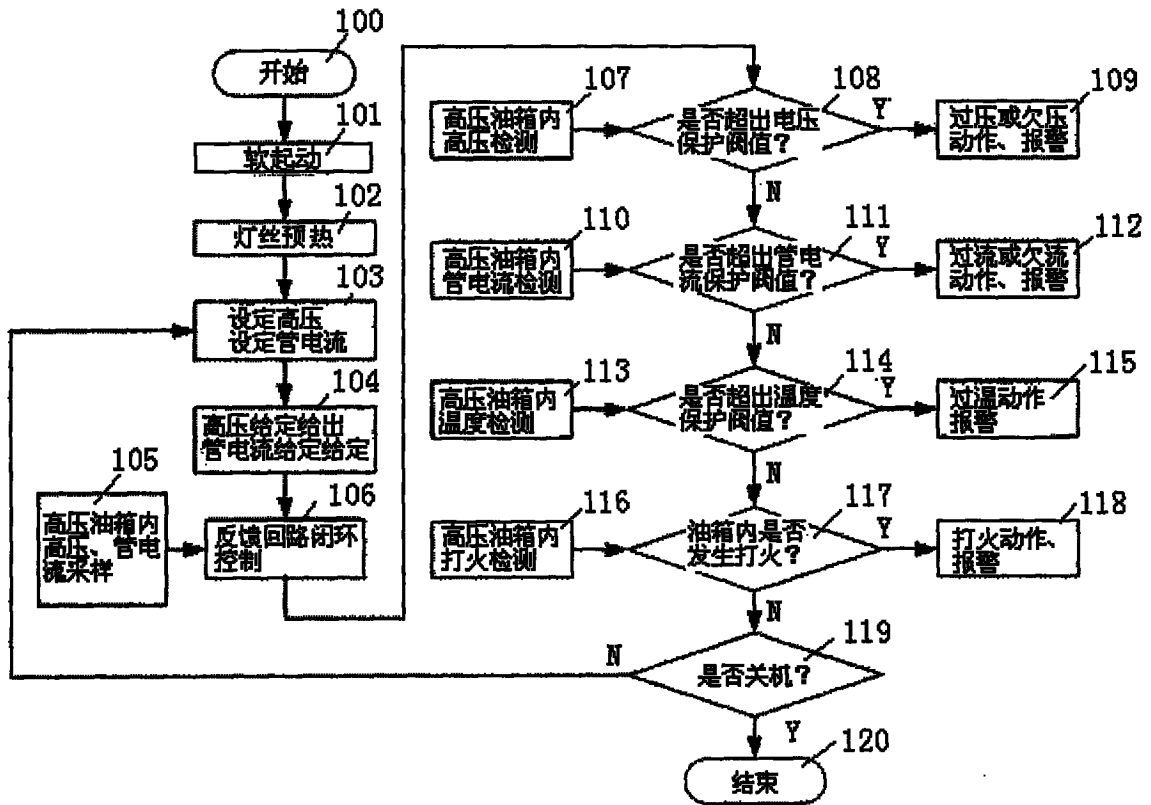


图 4