



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113316278 A

(43) 申请公布日 2021.08.27

(21) 申请号 202110567742.2

(22) 申请日 2021.05.24

(71) 申请人 核工业理化工程研究院
地址 300000 天津市河东区津塘路168号

(72) 发明人 王志为 张苒 高恒 崔岳

(74) 专利代理机构 天津创智睿诚知识产权代理
有限公司 12251

代理人 王海滨

(51) Int. Cl.
H05B 6/06 (2006.01)

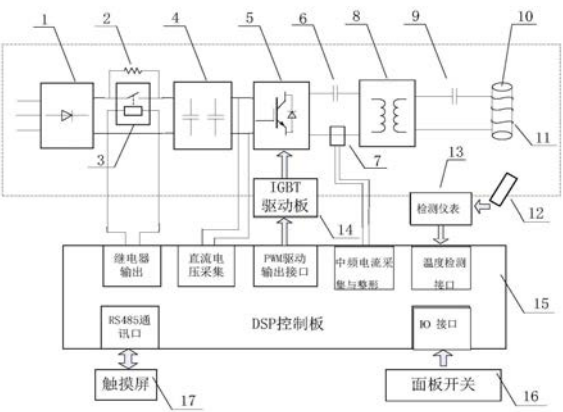
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种用于石墨反应釜加热的可调功率感应加热电源系统

(57) 摘要

本发明公开了一种用于石墨反应釜加热的可调功率感应加热电源系统,主要由整流、逆变、谐振回路与主控板四部分构成,本发明直流侧使用三相无控整流技术,逆变侧使用单相全桥方波逆变技术与移频调功的功率调节方案;谐振回路选用自藕变压器隔离的串联谐振拓扑结构;主控板以DSP芯片为核心主要完成四部分功能1) AD采集部分,进行电流、电压、温度等数据采集,2) PWM波形生成,生成一定频率的全桥方波逆变PWM信号,通过IGBT驱动板实现两IGBT模块的驱动,实现全桥方波逆变功能,3) 控制算法实现,实现功率PID闭环控制算法与温度迟滞比较算法等,4) 接口电路,通过I/O口完成面板按键动作的采集与接触器接触器动作的控制等。



CN 113316278 A

1. 一种用于石墨反应釜加热的可调功率感应加热电源系统,其特征在于:包括三相整流桥模块、逆变模块、谐振回路和主控板;

三相整流桥模块的输入侧连接三相380V交流电,直流输出侧连接DC整流滤波电容组件,在三相整流桥模块和DC整流滤波电容组件之间的连接电路上设置接触器用于控制电路的通断,并且在三相整流桥模块和DC整流滤波电容组件之间的连接电路上并联设置一个带有预充电电阻的旁路,当接触器断开时,这条旁路能够导通;

DC整流滤波电容组件输出端连接逆变模块的输入侧,逆变模块的逆变输出侧连接谐振回路;

所述谐振回路包括自藕变压器、AC隔直电容组件、谐振电容组件和谐振感应线圈,逆变模块的逆变输出侧连接自藕变压器的输入侧,并在逆变模块和自藕变压器之间设置AC隔直电容组件;自藕变压器的输出侧连接桶状石墨反应釜上的谐振感应线圈,并在自藕变压器和谐振感应线圈之间设置谐振电容组件;

所述主控板以DSP芯片为核心,主控板上设置有继电器输出接口、直流电压采集接口、PWM驱动输出接口、中频电流采集与整形接口、温度检测接口、RS485通讯口、以及用于连接面板开关的IO接口,其中,继电器输出接口连接接触器;直流电压采集接口连接DC整流滤波电容组件的两输出端,用于采集DC整流滤波电容组件两端的直流母线电压;PWM驱动输出接口连接IGBT驱动板,IGBT驱动板连接至逆变模块;中频电流采集与整形接口连接逆变模块的输出侧的电流传感器;温度检测接口连接用于检测石墨反应釜温度的温度检测单元;RS485通讯口连接触摸屏,实现人机交互。

2. 根据权利要求1所述的可调功率感应加热电源系统,其特征在于:三相整流桥模块采用MDS400A1600V型三相整流桥模块。

3. 根据权利要求1所述的可调功率感应加热电源系统,其特征在于:逆变模块采用英飞凌FF450R12KT4 IGBT模块组成的单相全桥逆变组件。

4. 根据权利要求1所述的可调功率感应加热电源系统,其特征在于:DC整流滤波电容组件型号为9400 μ F/800V。

5. 根据权利要求1所述的可调功率感应加热电源系统,其特征在于:接触器型号为CJX2-95。

6. 根据权利要求1所述的可调功率感应加热电源系统,其特征在于:触摸屏型号为mcgsTPC7062Ti。

7. 根据权利要求1所述的可调功率感应加热电源系统,其特征在于:温度检测单元采用DT8012B非接触式红外温度传感器和XMT606型检测仪表,DT8012B非接触式红外温度传感器对准石墨反应釜外壁中间部位,将检测信号传给检测仪表,检测仪表与主控板的温度检测接口连接。

8. 根据权利要求1所述的可调功率感应加热电源系统,其特征在于:主控板上的DSP芯片型号为TMS320F28335。

9. 根据权利要求1所述的可调功率感应加热电源系统,其特征在于:逆变模块、谐振电容组件、谐振感应线圈、自藕变压器等组件采用冷却水循环系统进行水冷。

10. 根据权利要求1-9之一所述的可调功率感应加热电源系统的运行方法,其特征在于:

感应加热电源上电时,三相380V交流电,由三相整流桥模块进行三相全桥整流并先经带有预充电电阻的旁路给DC整流滤波电容组件进行预充电,以防止上电瞬间过大的充电电流对三相整流桥模块造成的损坏,主控板通过直流电压采集接口与DSP主芯片上集成AD转换模块进行模数转换,监测DC整流滤波电容组件两端的直流母线电压,待母线电压上升至约500V时主控板通过继电器输出接口控制接触器吸合,待母线电压充电至540V左右,母线充电完成,感应加热电源上电过程完成;

上电完成后先通过触摸屏设置感应加热电源扫描频率的上限频率与下限频率,设定电源输出功率,主控板通过IO接口检测到启动按钮动作后,主控板通过DSP芯片上集成PWM控制器输出四路驱动控制信号给两块IGBT驱动板生成四路IGBT驱动信号,控制逆变模块中的两个IGBT模块的四个IGBT开关依次导通与关断以扫描频率上限频率进行单相全桥方波逆变,主控板通过中频电流电压采集端口与DSP芯片上集成ADC模块与定时器对方波逆变输出中频电流与电压进行幅值与相位角度进行实时采集并计算输出功率与设定功率差值,DSP芯片根据功率差值控制IGBT驱动脉冲频率,不断减小输出功率差值使输出功率至设定值;

电源以设定功率对石墨反应釜进行加热,主控板通过温度采集接口与DSP芯片上集成的ADC模块采集温度数值,将采集温度值与设定的温度上限进行比较,温度没达到上限值时电源以设定功率值持续对石墨反应釜进行加热,当采集温度值大于温度上限值时,DSP芯片将功率设定值设为原设定功率值的50-70%,使电源以低功率持续运行,维持石墨反应釜的温度,当采集到温度值低于温度下限时,控制器将功率设定值设为原设定功率值,使电源以高功率运行对石墨反应釜进行升温操作。

一种用于石墨反应釜加热的可调功率感应加热电源系统

技术领域

[0001] 本发明属于电力系统供电技术领域，具体涉及一种用于石墨反应釜加热的可调功率感应加热电源系统。

背景技术

[0002] 国内目前多使用电阻丝加热电源对石墨反应釜进行加热。电阻丝加热电源主要将电阻丝制成加热板或加热圈将电阻丝紧贴在反应釜上通过热传导的方式来传递热能。电阻加热电源多存在加热效率低，预热时间长，恒温精度低及电热丝易损坏等特点，不具备工业现场大规模应用条件。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于克服现有技术的不足，提供一种用于石墨反应釜加热的可调功率感应加热电源系统，其利用电磁感应加热原理，通过调频调功的闭环控制算法实现电源输出功率在一定范围内连续可调，利用非接触式红外温度传感器与迟滞比较算法，根据温度门限调节电源输出功率对石墨反应釜的加热温度进行精确控制。

[0004] 本发明是通过以下技术方案实现的：

[0005] 一种用于石墨反应釜加热的可调功率感应加热电源系统，包括三相整流桥模块、逆变模块、谐振回路和主控板；

[0006] 三相整流桥模块的输入侧连接三相380V交流电，直流输出侧连接DC整流滤波电容组件，在三相整流桥模块和DC整流滤波电容组件之间的连接电路上设置接触器用于控制电路的通断，并且在三相整流桥模块和DC整流滤波电容组件之间的连接电路上并联设置一个带有预充电电阻的旁路，当接触器断开时，这条旁路能够导通；

[0007] DC整流滤波电容组件输出端连接逆变模块的输入侧，逆变模块的逆变输出侧连接谐振回路；

[0008] 所述谐振回路包括自藕变压器、AC隔直电容组件、谐振电容组件和谐振感应线圈，逆变模块的逆变输出侧连接自藕变压器的输入侧，并在逆变模块和自藕变压器之间设置AC隔直电容组件；自藕变压器的输出侧连接桶状石墨反应釜上的谐振感应线圈，并在自藕变压器和谐振感应线圈之间设置谐振电容组件；

[0009] 所述主控板以DSP芯片为核心，主控板上设置有继电器输出接口、直流电压采集接口、PWM驱动输出接口、中频电流采集与整形接口、温度检测接口、RS485通讯口、以及用于连接面板开关的IO接口，其中，继电器输出接口连接接触器；直流电压采集接口连接DC整流滤波电容组件的两输出端，用于采集DC整流滤波电容组件两端的直流母线电压；PWM驱动输出接口连接IGBT驱动板，IGBT驱动板连接至逆变模块；中频电流采集与整形接口连接逆变模块的输出侧的电流传感器；温度检测接口连接用于检测石墨反应釜温度的温度检测单元；RS485通讯口连接触摸屏，实现人机交互。

[0010] 在上述技术方案中，三相整流桥模块采用MDS400A1600V型三相整流桥模块。

[0011] 在上述技术方案中,逆变模块采用英飞凌FF450R12KT4 IGBT模块组成的单相全桥逆变组件。

[0012] 在上述技术方案中,DC整流滤波电容组件型号为9400 μ F/800V。

[0013] 在上述技术方案中,接触器型号为CJX2-95。

[0014] 在上述技术方案中,触摸屏型号为mcgsTPC7062Ti。

[0015] 在上述技术方案中,温度检测单元采用DT8012B非接触式红外温度传感器和XMT606型检测仪表,DT8012B非接触式红外温度传感器对准石墨反应釜外壁中间部位,将检测信号传给检测仪表,检测仪表与主控板的温度检测接口连接。

[0016] 在上述技术方案中,主控板上的DSP芯片型号为TMS320F28335。

[0017] 在上述技术方案中,逆变模块、谐振电容组件、谐振感应线圈、自藕变压器等组件采用冷却水循环系统进行水冷。

[0018] 本系统的工作方法如下:

[0019] 感应加热电源上电时,三相380V交流电,由三相整流桥模块进行三相全桥整流并先经带有预充电电阻的旁路给DC整流滤波电容组件进行预充电,以防止上电瞬间过大的充电电流对三相整流桥模块造成的损坏,主控板通过直流电压采集接口与DSP主芯片上集成AD转换模块进行模数转换,监测DC整流滤波电容组件两端的直流母线电压,待母线电压上升至约500V时主控板通过继电器输出接口控制接触器吸合,待母线电压充电至540V左右,母线充电完成,感应加热电源上电过程完成。

[0020] 上电完成后先通过触摸屏设置感应加热电源扫描频率的上限频率与下限频率,设定电源输出功率,主控板通过IO接口检测到启动按钮动作后,主控板通过DSP芯片上集成PWM控制器输出四路驱动控制信号给两块IGBT驱动板生成四路IGBT驱动信号,控制逆变模块中的两个IGBT模块的四个IGBT开关依次导通与关断以扫描频率上限频率进行单相全桥方波逆变,主控板通过中频电流电压采集端口与DSP芯片上集成ADC模块与定时器对方波逆变输出中频电流与电压进行幅值与相位角度进行实时采集并计算输出功率与设定功率差值,DSP芯片根据功率差值控制IGBT驱动脉冲频率,不断减小输出功率差值使输出功率至设定值。

[0021] 电源以设定功率对石墨反应釜进行加热,主控板通过温度采集接口与DSP芯片上集成的ADC模块采集温度数值,将采集温度值与设定的温度上限进行比较,温度没达到上限值时电源以设定功率值持续对石墨反应釜进行加热,当采集温度值大于温度上限值时,DSP芯片将功率设定值设为原设定功率值的60%,使电源以低功率持续运行,维持石墨反应釜的温度,当采集到温度值低于温度下限时,控制器将功率设定值设为原设定功率值,使电源以高功率运行对石墨反应釜进行升温操作。

[0022] 本发明的优点和有益效果为:

[0023] 本发明利用电磁感应加热原理,通过调频调功的闭环控制算法实现电源输出功率在一定范围内连续可调,利用非接触式红外温度传感器与迟滞比较算法,根据温度门限调节电源输出功率对石墨反应釜的加热温度进行精确控制。具有稳定可靠、效率高、便于工业化应用等优点。可以实现20kw~100kw输出功率的连续可调;设定输出功率50kw时可以实现30分钟将石墨反应釜升温700℃的效果,恒温温度690℃~710℃。

附图说明

- [0024] 图1为系统原理示意图；
- [0025] 图2为系统控制程序流程图；
- [0026] 图3为温度控制子程序流程图；
- [0027] 图4为PID功率调节子程序流程图。
- [0028] 图中：
- [0029] 1为三相整流桥模块；
- [0030] 2为预充电电阻；
- [0031] 3为接触器；
- [0032] 4为DC整流滤波电容组件；
- [0033] 5为逆变模块；
- [0034] 6为AC隔直电容组件；
- [0035] 7为电流传感器；
- [0036] 8为自藕变压器；
- [0037] 9为AC谐振电容组件；
- [0038] 10为石墨反应釜；
- [0039] 11为谐振感应线圈；
- [0040] 12为非接触式红外温度传感器；
- [0041] 13为检测仪表；
- [0042] 14为IGBT驱动板；
- [0043] 15为主控板；
- [0044] 16为面板开关；
- [0045] 17为触摸屏。
- [0046] 对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，可以根据以上附图获得其他的相关附图。

具体实施方式

[0047] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案，下面结合具体实施例进一步说明本发明的技术方案。

[0048] 实施例一

[0049] 一种用于石墨反应釜加热的可调功率感应加热电源系统，包括三相整流桥模块、逆变模块、谐振回路和主控板四部分。

[0050] 三相整流桥模块1采用MDS400A1600V型三相整流桥模块，其输入侧连接三相380V交流电，MDS400A1600V型三相整流桥模块直流输出侧连接DC整流滤波电容组件4，在三相整流桥模块和DC整流滤波电容组件4之间的连接电路上设置接触器3用于控制电路的通断，并且在三相整流桥模块和DC整流滤波电容组件4之间的连接电路上并联设置一个带有预充电电阻2的旁路，当接触器3断开时，这条旁路能够导通。

[0051] DC整流滤波电容组件4输出端连接逆变模块5的输入侧，逆变模块采用英飞凌FF450R12KT4 IGBT模块组成的单相全桥逆变组件，逆变模块5的输出侧连接谐振回路。

[0052] 谐振回路采用自藕变压器隔离的串联谐振拓扑结构,具体的讲,谐振回路包括自藕变压器8(200kVA匝比2:1)、AC隔直电容组件6、谐振电容组件9和谐振感应线圈11,逆变模块5的输出侧连接自藕变压器8的输入侧,并在逆变模块5和自藕变压器8之间设置AC隔直电容组件6;自藕变压器8的输出侧连接桶状石墨反应釜10上的谐振感应线圈11,并在自藕变压器8和谐振感应线圈11之间设置谐振电容组件9。

[0053] 进一步的说,所述逆变模块、谐振电容组件、谐振感应线圈、自藕变压器等组件采用冷却水循环系统进行水冷。

[0054] 所述主控板15以DSP芯片TMS320F28335为核心,主控板上设置有继电器输出接口、直流电压采集接口、PWM驱动输出接口、中频电流采集与整形接口、温度检测接口、RS485通讯口、以及用于连接面板开关的I/O接口。其中,继电器输出接口连接接触器3;直流电压采集接口连接DC整流滤波电容组件4的两输出端,用于采集DC整流滤波电容组件4两端的直流母线电压;PWM驱动输出接口连接IGBT驱动板,IGBT驱动板连接至逆变模块5;中频电流采集与整形接口连接逆变模块5的输出侧的电流传感器7;温度检测接口连接用于检测石墨反应釜10温度的温度检测单元(参见图1,温度检测单元采用DT8012B非接触式红外温度传感器12和XMT606型检测仪表13,DT8012B非接触式红外温度传感器12对准石墨反应釜外壁中间部位,将检测信号传给检测仪表,检测仪表与主控板15的温度检测接口连接);RS485通讯口连接触摸屏,实现人机交互。

[0055] 主控板15主要完成四部分功能:1)AD采集,进行电流、电压、温度等数据采集,2)PWM波形生成,生成一定频率的全桥方波逆变PWM信号,通过IGBT驱动板实现两IGBT模块的驱动,实现全桥方波逆变功能,3)控制算法实现,实现功率PID闭环控制算法与温度迟滞比较算法等,4)接口电路,通过I/O口完成面板按键动作的采集与接触器接触器动作的控制等。

[0056] 本系统的工作原理如下:

[0057] 感应加热电源上电时,三相380V交流电,由MDS400A1600V型三相整流桥模块1进行三相全桥整流并先经RXG24-100W-500R型预充电电阻2给9400 μ F/800V DC整流滤波电容组件4进行预充电(预充电时,主控板15通过继电器输出接口控制CJX2-95型接触器3处于断开状态,使带有预充电电阻2的旁路导通),以防止上电瞬间过大的充电电流对三相整流桥模块1造成的损坏,主控板15通过直流电压采集接口与DSP主芯片TMS320F28335上集成AD转换模块进行模数转换,监测9400 μ F/800V DC整流滤波电容组件4两端的直流母线电压,待母线电压上升至约500V时主控板15通过继电器输出接口控制CJX2-95型接触器3吸合,待母线电压充电至540V左右,母线充电完成,感应加热电源上电过程完成。

[0058] 本感应加热电源采用调频调功的功率调节方式,上电完成后先通过mcgsTPC7062Ti型触摸屏17设置感应加热电源扫描频率的上限频率与下限频率,设定电源输出功率,设定完成后保存设置参数。在确认英飞凌FZ400R12KS4IGBT模块组成的单相全桥逆变组件、谐振电容组件9、60 μ H谐振感应线圈11和自藕变压器等组件的冷却水循环正常且系统无其它异常,点击面板启动按钮,主控板15通过I/O接口检测到启动按钮动作后,主控板15通过DSP主芯片TMS320F28335上集成PWM控制器输出四路驱动控制信号给两块IGBT驱动板生成四路IGBT驱动信号,控制英飞凌FF450R12KT4 IGBT模块组成的单相全桥逆变组件5中两个IGBT模块中四个IGBT开关依次导通与关断以扫描频率上限频率进行单相全桥方波逆变,主控板15通过中频电流电压采集端口与DSP主芯片TMS320F28335上集成ADC模块与定

时器对方波逆变输出中频电流与电压进行幅值与相位角度进行实时采集并计算输出功率与设定功率差值,DSP根据功率差值控制IGBT驱动脉冲频率,不断减小输出功率差值使输出功率至设定值。

[0059] 电源以设定功率对石墨反应釜进行加热;主控板15通过温度采集接口与DSP主芯片TMS320F28335上集成ADC模块采集XMT606型检测仪表13输出温度数值,将采集温度值与温度上限进行比较,温度没达到上限值时电源以设定功率值持续对石墨反应釜进行加热,当采集温度值大于温度上限值时,控制器将功率设定值设为原设定功率值的60%,使电源以低功率持续运行,维持石墨反应釜的温度,当采集到温度值低于温度下限时,控制器将功率设定值设为原设定功率值,使电源以高功率运行对石墨反应釜进行升温操作。

[0060] 实施例二

[0061] 图2为功率闭环系统框图,在功率闭环控制系统中,加热感应输出功率通过电压、电流传感器经DSP的AD转换模块进行实时采集,经计算后与设定功率进行比较,DSP根据功率差值控制IGBT驱动脉冲频率,不断减小输出功率差值至设定值。

[0062] 图3为系统控制程序流程图,具体步骤如下:

[0063] S1:开始

[0064] S2:系统初始化,电源上电后首先对DSP主控芯片进行各个外设功能模块进行初始化

[0065] S3:CRC校验成功,对触摸屏传输系统配置参数进行校验,验证数据完整性,如果校验成功则进入S5,校验不成功则进入S4

[0066] S4:默认参数配置并回传,使用默认参数配置系统

[0067] S5:用户参数配置,使用用户设置参数配置系统

[0068] S6:直流电压过阈值,延时8秒检测系统直流母线电压是否过门限值,如果检测通过则进入S7,不通过则进入S11

[0069] S7:闭合主回路接触器,闭合接触器使用整流桥进行整流,对直流母线进行充电

[0070] S8:启动及状态检测,系统进入待机状态,并检测系统启动信号与系统故障码,如果检测到启动信号且无故障码则进入S9,否则进入S8,处于等待状态

[0071] S9:扫频启动,系统以设置频率的范围从低限至高限逐步提高输出逆变PWM频率,并同时检测逆变电流是否过启动门限电流值,如果过门限扫频启动成功进入S10,否则进入S8

[0072] S10:更改输出频率值设定值,启动成功后将逆变PWM频率更改至用户设定值

[0073] S11:温度调节,根据设定温度进行系统功率设定

[0074] S12:PID功率调节,根据温度调节设置的功率改变PWM输出频率,进行功率调节

[0075] S13:停机及状态检测,进行停机信号与故障码检测,如果未检测到停机与故障则进入S11,否则进入S8

[0076] S14:开始

[0077] S15:判断石墨反应釜温度是否过设定上限值,如果过上限值则进入S16,否则进入S17

[0078] S16:将系统功率给定值设定为预设恒温保持功率值

[0079] S17:判断石墨反应釜温度是否低于设定下限值,如果低于下限值则进入S18,否则

进入S19

[0080] S18:将系统功率给定值设定为预设定加热功率值

[0081] S19:结束

[0082] S20:开始

[0083] S21:进行PID控制算法增量公式的 $\Delta u(k)$ 计算

[0084] S22:根据计算值修改PWM寄存器值,更改输出逆变PWM频率

[0085] S23:结束

[0086] 以上对本发明做了示例性的描述,应该说明的是,在不脱离本发明的核心的情况下,任何简单的变形、修改或者其他本领域技术人员能够不花费创造性劳动的等同替换均落入本发明的保护范围。

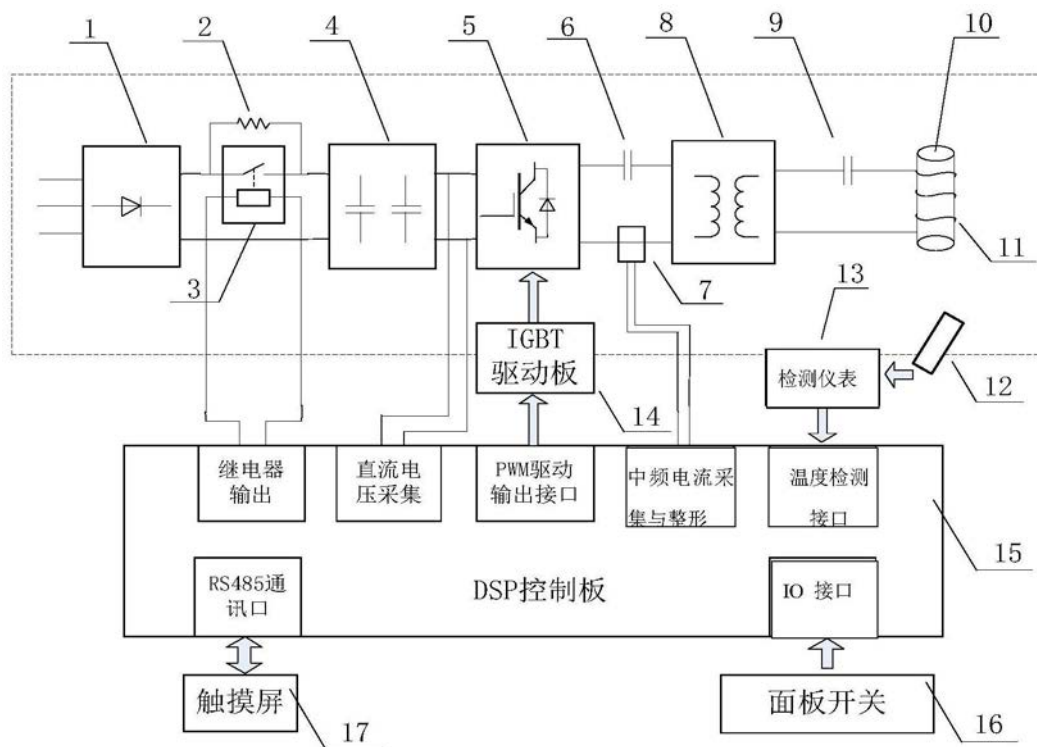


图1

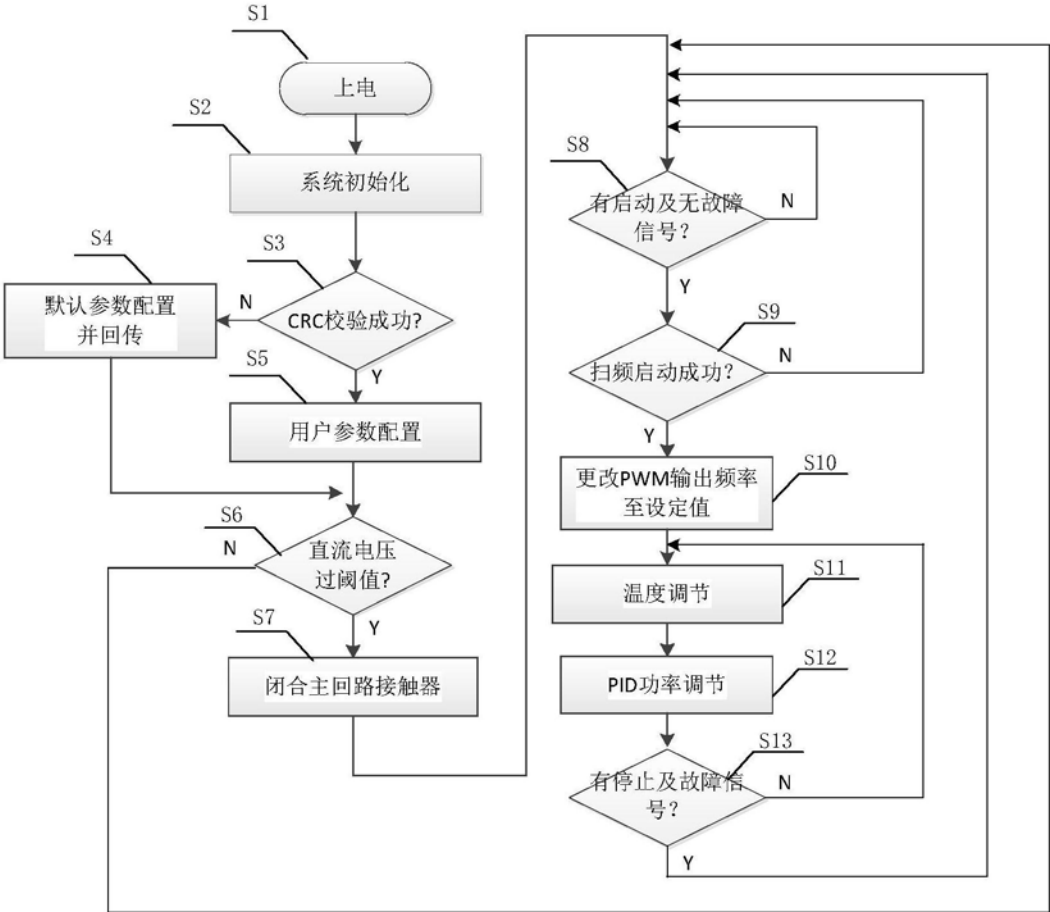


图2

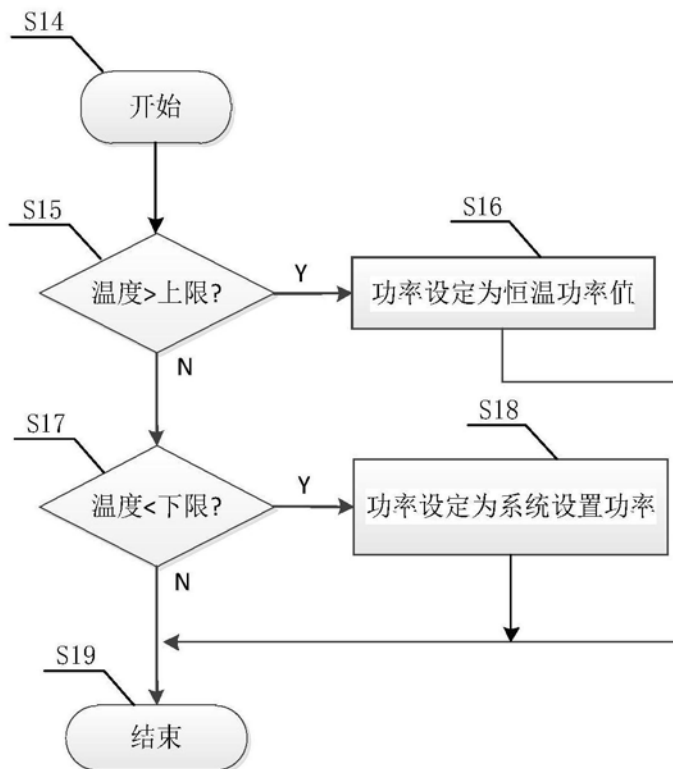


图3

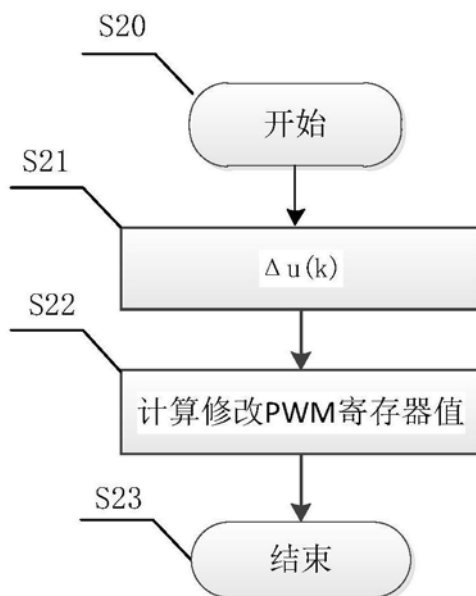


图4