



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107623452 B

(45)授权公告日 2019.11.08

(21)申请号 201710980269.4

H02M 7/538(2007.01)

(22)申请日 2017.10.19

H02M 1/14(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

H01F 21/06(2006.01)

申请公布号 CN 107623452 A

(43)申请公布日 2018.01.23

(73)专利权人 武汉理工大学

地址 430070 湖北省武汉市洪山区珞狮路
122号

(72)发明人 吴超群 黄正辉 郇广磊 姜尚文
王威强 韩进宇 尹绪伟

(74)专利代理机构 武汉科皓知识产权代理事务
所(特殊普通合伙) 42222

代理人 郑勤振

(56)对比文件

CN 206425212 U, 2017.08.22, 说明书第
[0019]-[0033]段以及附图1.

CN 103252314 A, 2013.08.21, 全文.

CN 203108868 U, 2013.08.07, 全文.

CN 104772450 A, 2015.07.15, 全文.

JP 2000210628 A, 2000.08.02, 全文.

苏文虎等. 基于FPGA的宽频超声波电源频率
跟踪系统设计.《电子技术应用》.2017, 第43卷
(第3期),

审查员 周容

(51)Int.Cl.

H02M 7/217(2006.01)

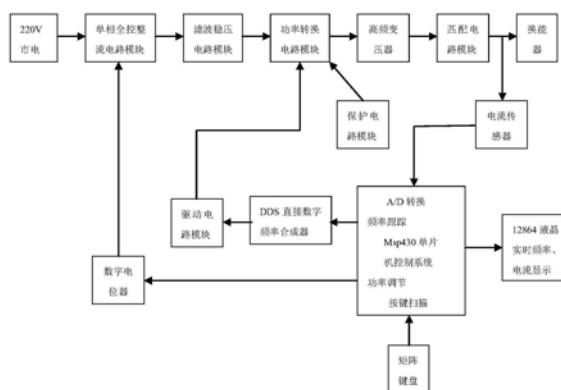
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种超声波电源及控制方法

(57)摘要

本发明提供一种超声波电源及控制方法, 电源包括依次连接的单相全控整流电路模块、滤波稳压电路模块、功率转换电路模块和高频变压器, 还包括电感值可调的匹配电路模块, 电压控制模块, 以及依次连接的换能器、电流传感器、控制器模块、DDS直接数字频率合成器和驱动电路模块; 所述高频变压器通过所述电感值可调的匹配电路模块连接到所述换能器, 所述驱动电路模块连接所述功率转换电路模块, 所述控制器模块、电压控制模块、单相全控整流电路模块依次连接。本发明能够自动快速的实现频率跟踪, 比功率恒定, 能与多种换能器谐振匹配, 高效地将能量传递给多种换能器, 能量利用率更高, 使用范围更广。



1. 一种超声波电源,包括DDS直接数字频率合成器,和依次连接的单相全控整流电路模块、滤波稳压电路模块、功率转换电路模块和高频变压器,其中所述DDS直接数字频率合成器通过驱动电路模块连接到所述功率转换电路模块,其特征在于,所述超声波电源还包括:

电感值可调的匹配电路模块,用于将所述高频变压器输出的电压信号供给换能器,该匹配电路模块包括线圈,位于线圈内的磁棒,和控制所述磁棒在所述线圈内长度的控制机构;

电压控制模块,用于调节单相全控整流电路模块的输出电压;

电流传感器,用于采集流向换能器负载电流;以及

控制器模块,其连接所述电流传感器、DDS直接数字频率合成器和电压控制模块;其中,所述控制器模块根据所述电流传感器采集的流向换能器负载的电流,确定谐振所需要的频率值,将所述频率值所对应的频率控制字传递给所述DDS直接数字频率合成器,并通过控制所述电压控制模块使谐振状态下的电流大小为恒定值。

2. 根据权利要求1所述的超声波电源,其特征在于,所述功率转换电路模块连接保护电路模块。

3. 根据权利要求1所述的超声波电源,其特征在于,所述控制器模块连接人机交互模块。

4. 一种包含权利要求1至3任一权利要求所述的超声波电源的控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1:设定电源的工作频率和功率;

步骤2:改变电感值可调的匹配电路模块的电感值,找到流过换能器的最大电流 I_1 所对应的电感值,然后锁定在这个电感值工作;

步骤3:工作一段时间后重新测定流过换能器的电流 I_2 ,并使 I_2 维持在 $0.9I_1 < I_2 < 1.1I_1$ 范围内;

步骤4:循环重复步骤3的过程。

5. 一种包含权利要求1至3任一权利要求所述的超声波电源的控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1:设定电源的起始工作频率和功率;

步骤2:采集流过换能器的电流;

步骤3:将步骤1中限定的起始工作频率进行递增;

步骤4:找到流过换能器的最大电流 $I_{\max 1}$ 和该最大电流 $I_{\max 1}$ 对应的频率 $F_{\max 1}$;

步骤5:改变电感值可调的匹配电路模块的电感值,找到流过换能器的最大电流 $I_{\max 1}$ 所对应的电感值,然后锁定在这个电感值工作;

步骤6:工作一段时间后重新设定频率范围为 $(F_{\max 1}-a, F_{\max 1}+a)$, $100\text{Hz} < a < 1000\text{Hz}$, a 为实数;

步骤7:然后从最低频率扫描到最高频率,找到流过换能器的最大电流 $I_{\max 2}$ 和该最大电流 $I_{\max 2}$ 对应的频率 $F_{\max 2}$,将 $F_{\max 2}$ 赋值给 $F_{\max 1}$,并使 $I_{\max 2}$ 维持在 $0.9I_{\max 1} < I_{\max 2} < 1.1I_{\max 1}$ 范围内;

步骤8:循环重复步骤6、7的过程。

一种超声波电源及控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于超声波电源技术领域,具体涉及一种可匹配不同换能器的超声波电源及其频率控制方法,可以应用在超声波复合加工和超声波雾化等领域。

背景技术

[0002] 随着工业的快速发展,超声波技术的应用越发广泛,如超声波复合加工、超声清洗、超声波检测、超声雾化、医学上的B超等。

[0003] 然而,传统的超声波电源匹配性能不佳,很难达到理想的效果,超声能量传递效率低。目前的超声波电源其振荡电路和匹配电路中的电感为固定值,频率固定或者频率变化范围严重受限,只能与一种换能器匹配,不能产生多种与不同的换能器匹配的频率,造成严重的资源浪费。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于,提供一种能量传递效率高且可与多个固有频率不同、容抗参数不同的换能器匹配的超声波电源及其频率控制方法。

[0005] 为了实现上述目的,其技术解决方案为:

[0006] 一种超声波电源,包括依次连接的单相全控整流电路模块、滤波稳压电路模块、功率转换电路模块和高频变压器,电感值可调的匹配电路模块,电压控制模块,以及依次连接的换能器、电流传感器、控制器模块、DDS直接数字频率合成器和驱动电路模块;所述高频变压器通过所述电感值可调的匹配电路模块连接到所述换能器,所述驱动电路模块连接所述功率转换电路模块,所述控制器模块、电压控制模块、单相全控整流电路模块依次连接。

[0007] 在上述的超声波电源,所述电感值可调的匹配电路模块包括:线圈、位于线圈内的磁棒、控制所述磁棒在线圈内长度的控制机构。

[0008] 在上述的超声波电源,所述功率转换电路模块连接保护电路模块。

[0009] 在上述的超声波电源,所述控制器模块连接人机交互模块。

[0010] 一种上述超声波电源的控制方法,包括以下步骤:

[0011] 步骤1:设定电源的工作频率和功率;

[0012] 步骤2:改变电感值可调的匹配电路模块的电感值,找到流过换能器的最大电流 I_1 所对应的电感值,然后锁定在这个电感值工作;

[0013] 步骤3:工作一段时间后重新测定流过换能器的电流 I_2 ,并使 I_2 维持在 $0.9I_1 < I_2 < 1.1I_1$ 范围内;

[0014] 步骤4:循环重复步骤3的过程。

[0015] 一种上述超声波电源的控制方法,包括以下步骤:

[0016] 步骤1:设定电源的起始工作频率和功率;

[0017] 步骤2:采集流过换能器的电流;

[0018] 步骤3:将步骤1中限定的起始工作频率进行递增;

- [0019] 步骤4:找到流过换能器的最大电流 $I_{\max 1}$ 和该最大电流对应的频率 $F_{\max 1}$;
- [0020] 步骤5:改变电感值可调的匹配电路模块的电感值,找到流过换能器的最大电流 $I_{\max 1}$ 所对应的电感值,然后锁定在这个电感值工作;
- [0021] 步骤6:工作一段时间后重新设定频率范围为 $(F_{\max 1}-a, F_{\max 1}+a)$, $100\text{Hz}<a<1000\text{Hz}$, a 为实数;
- [0022] 步骤7:然后从最低频率扫描到最高频率,找到流过换能器的最大电流 $I_{\max 2}$ 和该最大电流对应的频率 $F_{\max 2}$,将 $F_{\max 2}$ 赋值给 $F_{\max 1}$,并使 $I_{\max 2}$ 维持在 $0.9I_{\max 1}<I_{\max 2}<1.1I_{\max 1}$ 范围内;
- [0023] 步骤8:循环重复步骤6、7的过程。
- [0024] 本发明的有益效果:解决了现有超声波电源的匹配电路的电感值固定、产生的感抗只能抵消一种换能器的容抗的问题,即解决了超声波电源只能专机专用的问题。本发明电源的匹配电路中的电感可以大范围连续变化,与传统固定电感值的电源相比,产生的感抗能抵消多种换能器的容抗。另外本发明的电源在控制系统控制下还能够自动快速的实现频率跟踪,比功率恒定,自动和多种换能器谐振匹配,高效地将能量传递给多种换能器,能量利用率更高,使用范围更广。

附图说明

- [0025] 图1为本发明一种超声波电源的系统框图。
- [0026] 图2为本发明中涉及的电感值可调的匹配电路模块的结构示意图,图中:1-微电机;2-线性滑台;3-与滑台相连随滑台运动的磁棒固定座;4-固定在磁棒固定座上的磁棒;5-线圈;6-电路板。
- [0027] 图3为本发明一种超声波电源应用于超声波复合加工时在变频工作模式下比功率恒定控制过程。
- [0028] 图4为本发明一种超声波电源应用于超声波复合加工时在定频工作模式下比功率恒定控制过程。

具体实施方式

- [0029] 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。
- [0030] 如图1所示,一种超声波电源,包括依次连接的单相全控整流电路模块、滤波稳压电路模块、功率转换电路模块和高频变压器,其特征在于,还包括电感值可调的匹配电路模块,电压控制模块,以及依次连接的换能器、电流传感器、控制器模块、DDS直接数字频率合成器和驱动电路模块;所述高频变压器通过所述电感值可调的匹配电路模块连接到所述换能器,所述驱动电路模块连接所述功率转换电路模块,所述控制器模块、电压控制模块、单相全控整流电路模块依次连接。
- [0031] 另外,控制器模块还可连接人机交互模块,实施例中的人机交互模块可采用液晶显示屏实时显示频率、电流等数据,可采用键盘作为输入模块,当然人机交互模块也可采用具有输入和显示功能的触摸屏。
- [0032] 单相全控整流电路模块用于产生 $0\sim 220\text{V}$ 可控的连续可调的脉动直流电。单相全控整流电路模块包括输出电压可控的单相全控整流电路和阻容吸收保护电路,单相全控整流电路的输出电压在 $0\sim 220\text{V}$ 的范围内连续可调。

[0033] 电压控制模块可采用数字电位器,用于调解单相全控整流电路模块的输出电压,从而调节输出的电流。

[0034] 滤波稳压电路模块用于将单相全控整流电路模块产生的在0~220V范围内连续可调的脉动直流电中的杂波成分滤除掉,并将0~220V范围内连续可调的脉动直流电变成0~310V范围内连续可调的稳定直流电。

[0035] 功率转换电路模块采用推挽逆变电路,用于将稳定直流电转化成高频交流电。功率转换电路模块包括将直流电转变成高频交流电的逆变电路,逆变电路产生的电压的频率由控制器模块输出信号控制DDS直接数字频率合成器合成的高频电信号决定(逆变电路包括串联的两个电桥,各桥由多个并联的功率管组成,当需提高超声波电源的输出功率时,在两个电桥多并联几个功率管,且逆变电路中一两只功率管损坏不影响其他功率管的正常工作,使超声波电源工作稳定可靠)。

[0036] 高频变压器用于提供将电压升高或降低成换能器所需要的电压。

[0037] 换能器用于将高频的电信号转变成高频的机械振动,将电能转换成机械能。

[0038] 电感值可调的匹配电路模块用于在特定频率下产生一定的感抗和换能器中的容抗抵消,减少无用功所占比率,提高能量的利用率。如图2所示,该电感值可调的匹配电路模块包括:线圈5、固定线圈5的电路板6、位于线圈5内的磁棒4、控制所述磁棒在线圈内长度的控制机构,其中控制机构包括微电机1、线性滑台2、与滑台2相连随滑台2运动的磁棒固定座,磁棒4固定在磁棒固定座3上。当要匹配不同的换能器时,电机1带动磁棒4在线圈5中活动,改变磁棒4伸进线圈5的长度,从而改变匹配电路模块的电感值,使超声波电源高效地将能量传递给换能器。

[0039] 控制器模块可采用msp430单片机,用于采集流向换能器负载的电流,并比较电流,针对电流大小关系找到谐振所需要的频率值,并将该频率值所对应的频率控制字传递给DDS直接数字频率合成器。通过控制数字电位器使谐振状态下的电流大小为恒定值,将测得的电流大小和实时频率传递给人机交互模块进行显示,控制数字式超声波电源处于定频工作模式或变频工作模式,另外控制器模块还可以通过人机交互模块和数字电位器控制功率的大小。

[0040] DDS直接数字频率合成器根据控制器模块传递的频率控制字大小合成指定频率的电信号。然后输出两组大小相等、相位相差180度的高频电信号。

[0041] 驱动电路模块用于将DDS直接数字频率合成器输出的两组相位相差180度的高频电信号放大,然后与主电路的强电信号隔离,将隔离后的电信号供给功率转换电路模块的两组功率三极管的栅源级,控制功率三极管的接通和关闭。驱动电路通过驱动功率转换模块中的功率三极管不断地处于开关状态从而使功率转换模块工作在逆变状态。

[0042] 保护电路模块用于保护功率转换电路模块,防止功率转换电路模块中的功率三极管因高温或电压变化太快造成损害。

[0043] 本发明的工作原理如下:

[0044] 220V的市电经保险丝保护后进入单相全控整流电路模块,单相全控整流电路模块通过控制导通角的大小将市电整流成大小在0~220V范围内变化的脉动直流电压。脉动直流电压经滤波稳压电路模块电压升高1.424倍,并滤波成稳定的范围在0~310V内可调的直流电压。直流电压经功率转换电路模块逆变生成高频电压,并由高频变压器升高或降低至

换能器所需要的电压,电压信号再经过电感值可调的匹配电路模块供给换能器,换能器将高频的电信号转变成高频的机械振动。流过换能器的电流经过电流传感器转换成较小的电流,然后输入控制器模块的A/D转换器,不断比较电流大小来实现变频的频率自动跟踪模式,控制器模块还能反向计算出电流大小,然后将电流和频率通过人机交互模块显示。

[0045] 如图3所示,一种超声波电源的变频跟踪和比功率恒定控制方法,包括以下步骤:

[0046] 步骤1:设定电源的起始工作频率和功率;

[0047] 步骤2:控制器模块通过电流传感器采集流过换能器的电流;

[0048] 步骤3:控制器模块控制DDS直接数字频率合成器将步骤1中限定的起始工作频率递增;

[0049] 步骤4:找到流过换能器的最大电流 $I_{\max 1}$ 和该最大电流对应的频率 $F_{\max 1}$;

[0050] 步骤5:控制电感值可调的匹配电路模块中的磁棒在线圈内长度,使电感发生变化,找到流过换能器的最大电流 $I_{\max 1}$ 所对应的电感值,然后锁定在这个电感值工作;

[0051] 步骤6:工作一段时间后(本实施例中设置工作时间为十分钟,当然也可为其他时间,可根据实际需求进行调整)重新设定频率范围为 $(F_{\max 1}-a, F_{\max 1}+a)$, $100\text{Hz}<a<1000\text{Hz}$, a 为实数,一般短时间内频率漂移不会很大,如果范围大了,扫描的时间就会延长,所以综合考虑 a 取值200Hz;

[0052] 步骤7:然后从最低频率扫描到最高频率,找到最大电流值 $I_{\max 2}$,及该最大电流对应的频率 $F_{\max 2}$,将 $F_{\max 2}$ 赋值给 $F_{\max 1}$,并比较 $I_{\max 2}$ 与 $I_{\max 1}$ 的大小;若 $I_{\max 2}<0.9I_{\max 1}$,则控制器模块通过调节数字电位器使单相全控整流模块输出电压和电流增大,使 $I_{\max 2}$ 稳定在 $0.9I_{\max 1}<I_{\max 2}<1.1I_{\max 1}$ 范围内,实现了比功率恒定的功能;若 $I_{\max 2}>1.1I_{\max 1}$,则控制器模块通过调节数字电位器使单相全控整流模块输出电压和电流减小,使得 $I_{\max 2}$ 稳定在 $0.9I_{\max 1}<I_{\max 2}<1.1I_{\max 1}$ 范围内,实现了比功率恒定的功能;另外在该步骤的各个判断条件中,既可以包含端点值 $0.9I_{\max 1}$ 、 $1.1I_{\max 1}$,也可以不包括,这里不做具体限制;

[0053] 步骤8:循环重复步骤6、7中找谐振点频率和控制比功率恒定的过程。

[0054] 如图4所示,在定频的工作模式下,比功率恒定控制方法包括以下步骤:

[0055] 步骤1:设定电源的工作频率和功率;

[0056] 步骤2:控制电感值可调的匹配电路模块中的磁棒在线圈内长度,使电感发生变化,并找到流过换能器的最大电流 I_1 所对应的电感值,然后锁定在这个电感值工作;

[0057] 步骤3:工作一段时间后重新测定流过换能器的电流 I_2 ,并比较 I_2 与 I_1 的大小;若 $0.9I_1>I_2$,则控制器模块通过调节数字电位器使单相全控整流模块输出电压和电流增大,使 I_2 稳定在 $0.9I_1<I_2<1.1I_1$ 范围内,实现了比功率恒定的功能;若 $I_2>1.1I_1$,则控制器模块通过调节数字电位器使单相全控整流模块输出电压和电流减小,使得 I_2 稳定在 $0.9I_1<I_2<1.1I_1$ 范围内,实现了比功率恒定的功能;另外在该步骤的各个判断条件中,既可以包含端点值 $0.9I_1$ 、 $1.1I_1$,也可以不包括,这里不做具体限制;

[0058] 步骤4:循环重复步骤3的过程。

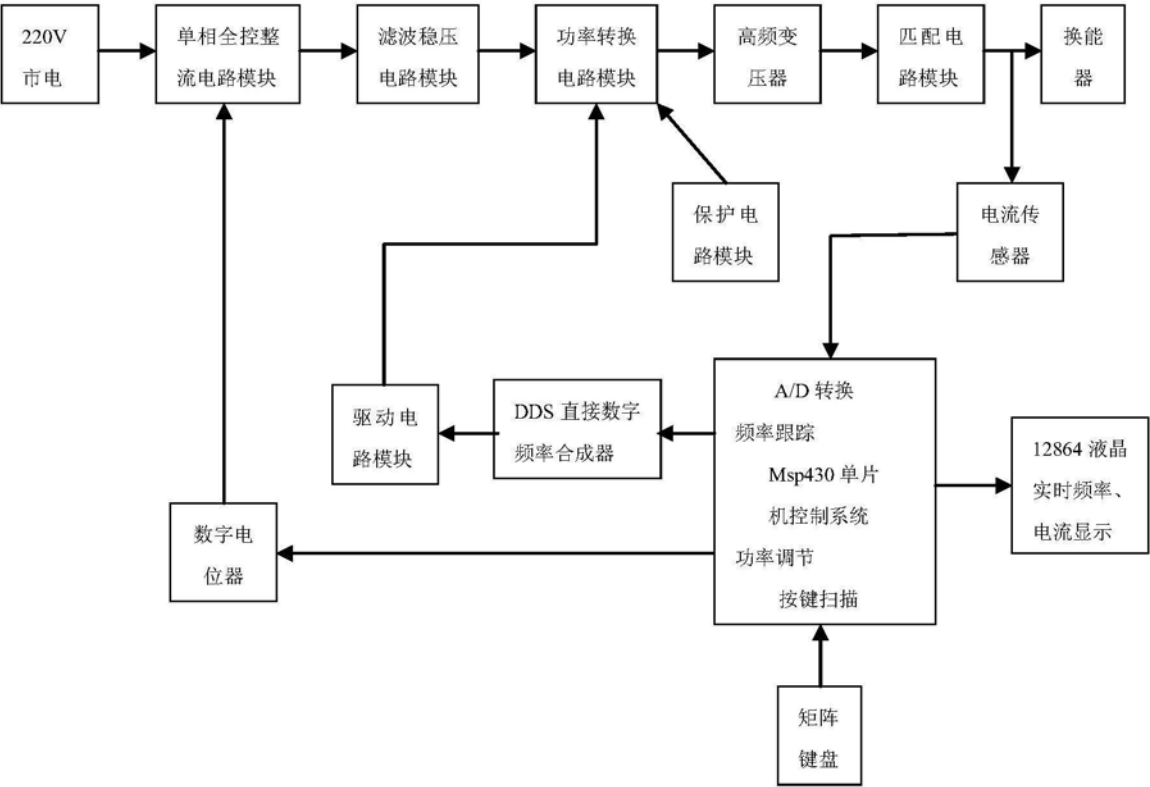


图1

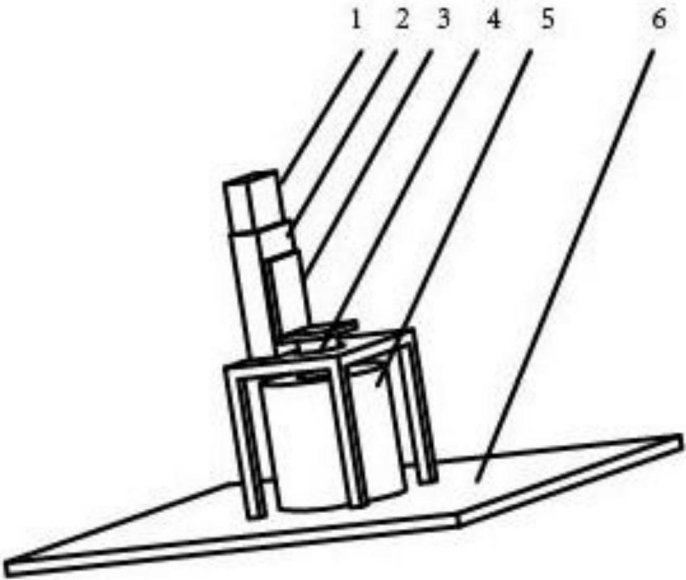


图2

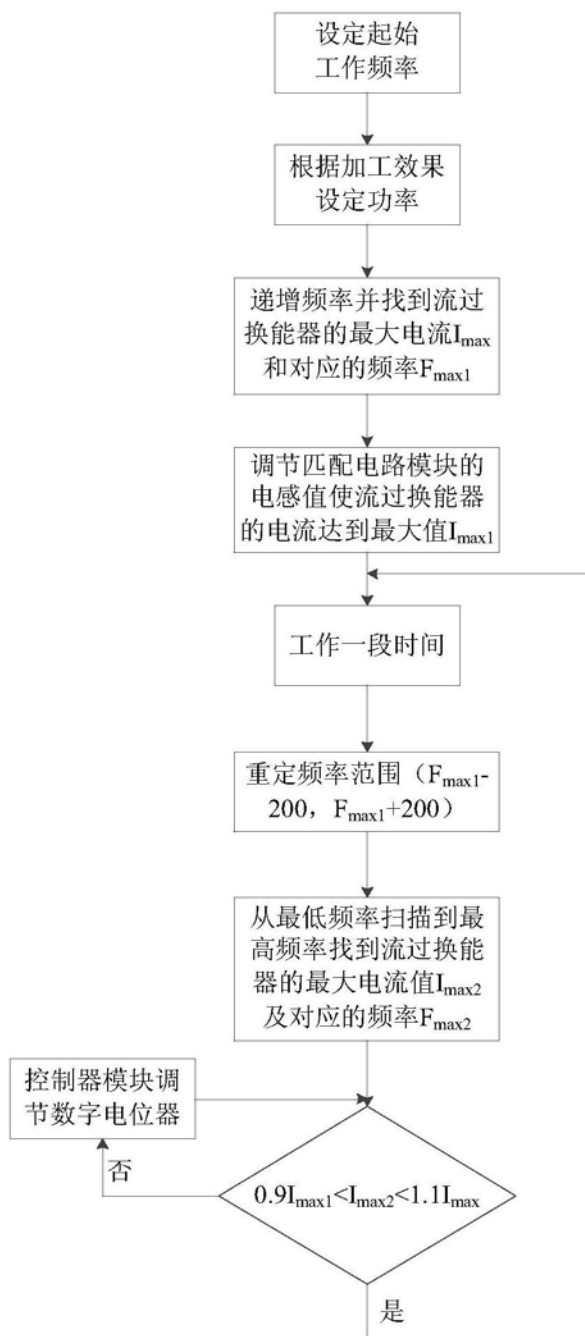


图3

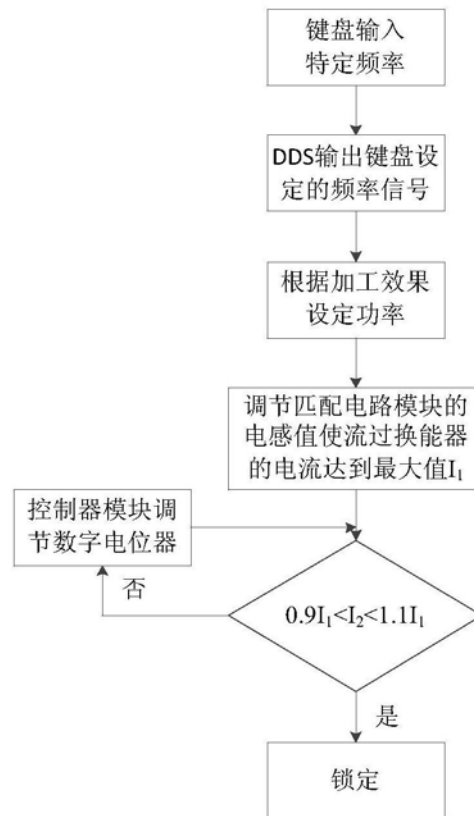


图4