



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105811485 A

(43) 申请公布日 2016. 07. 27

(21) 申请号 201410851238. 5

(22) 申请日 2014. 12. 30

(71) 申请人 中国科学院沈阳自动化研究所
地址 110016 辽宁省沈阳市东陵区南塔街
114 号

(72) 发明人 袁学庆 王侃 廖颜华

(74) 专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限公司 21002

代理人 许宗富 周秀梅

(51) Int. Cl.

H02J 7/00(2006. 01)

H02J 17/00(2006. 01)

H01M 10/44(2006. 01)

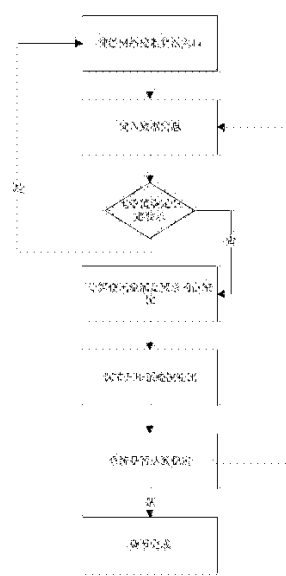
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种水下潜行器的无线充电系统的负载恒流控制方法

(57) 摘要

本发明涉及一种水下潜行器的无线充电系统的负载恒流控制方法,对水下潜行器无线充电负载在充电过程中的电流进行恒定控制,包括以下步骤:采用神经网络算法得到上一时刻升压开关的占空比及其与本时刻升压开关占空比的变化量;将上一时刻升压开关占空比与变化量相加得到占空比,并驱动升压开关。本发明基于神经网络控制算法结合海水环境对充电系统的影响,通过实时对负载输出电流进行检测,保证负载端输出电流的稳定,以满足深海环境的应用需要。



1. 一种水下潜行器的无线充电系统的负载恒流控制方法,其特征在于,对水下潜行器无线充电负载在充电过程中的电流进行恒定控制,包括以下步骤:

采用神经网络算法得到上一时刻升压开关的占空比及其与本时刻升压开关占空比的变化量;

将上一时刻升压开关占空比与变化量相加得到占空比,并驱动升压开关。

2. 根据权利要求 1 所述的一种水下潜行器的无线充电系统的负载恒流控制系统,其特征在于所述神经网络算法包括以下步骤:

将负载电流反馈值与设定值作差得到的误差值与上一时刻神经网络算法输出的开关占空比作为神经网络算法的输入,输入层节点数为 2,隐藏层数为 6,输出层节点数为 2,根据输入层的输入采用 tansig 函数得到隐藏层的输入,根据隐藏层的输入采用 purelin 函数得到输出层的输出,即输出上一时刻升压开关的占空比及其与本时刻升压开关占空比的变化量。

3. 根据权利要求 1 所述的一种水下潜行器的无线充电系统的负载恒流控制系统,其特征在于所述神经网络算法的训练采用训练函数,学习速率为 0.05,性能指标为 0.01,训练最大迭代次数为 1000。

一种水下潜行器的无线充电系统的负载恒流控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于无线充电领域,具体说是一种水下潜行器无线充电系统的负载恒流控制方法。

背景技术

[0002] 自主式水下航行器是探索海底世界的重要工具,在商用民用领域以及军事和海洋环境科学领域都有广泛的应用但是目前由于受到自身体积和电池技术的限制,AUV无法长时间在水下工作,主要采用打捞回收至母船后进行充电的方法,不仅智能化降低,而且操作繁琐、耗时长,大大降低了AUV的工作效率和隐蔽性。非接触感应电能传输技术是目前水下电能传输的理想方式。

[0003] 现有的无线充电恒流控制系统,由于缺少对于海水环境诸如洋流等诸多影响因素的考虑,大多都只适用于空气环境中,无法满足水下复杂多变环境的需要。由于IPT系统的非线性、时不变性等不确定因素,难以建立复杂的数学模型,PID控制器等传统方法难以达到理想的控制效果。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种基于神经网络的水下潜行器无线充电系统的负载恒流控制方法,结合海水环境对充电系统的影响,通过实时对负载输出电流进行检测,保证负载端输出电流的稳定,以满足深海环境的应用需要。

[0005] 本发明为实现上述目的所采用的技术方案是:一种水下潜行器的无线充电系统的负载恒流控制方法,对水下潜行器无线充电负载在充电过程中的电流进行恒定控制,包括以下步骤:

[0006] 采用神经网络算法得到上一时刻升压开关的占空比及其与本时刻升压开关占空比的变化量;

[0007] 将上一时刻升压开关占空比与变化量相加得到占空比,并驱动升压开关。

[0008] 所述神经网络算法包括以下步骤:

[0009] 将负载电流反馈值与设定值作差得到的误差值与上一时刻神经网络算法输出的开关占空比作为神经网络算法的输入,输入层节点数为2,隐藏层数为6,输出层节点数为2,根据输入层的输入采用tansig函数得到隐藏层的输入,根据隐藏层的输入采用purelin函数得到输出层的输出,即输出上一时刻升压开关的占空比及其与本时刻升压开关占空比的变化量。

[0010] 所述神经网络算法的训练采用训练函数,学习速率为0.05,性能指标为0.01,训练最大迭代次数为1000。

[0011] 本发明具有以下有益效果及优点:

[0012] 1. 本发明考虑了深海环境下的海水因素对无线充电系统的影响,主要包括电磁耦合器在受到海水冲击时,会发生偏心和间隙的变化,进而引起耦合器耦合系数发生改变。系

统的输出功率与耦合系数有关,水下复杂的水流环境决定互感系数会在一定范围内发生变化,当电流变化超出负载的承受范围时会对负载造成损伤。本发明可以根据耦合系数的变化使负载端的电流处于恒流状态,保证负载端的正常工作。

[0013] 2. 考虑在水下潜行器的作业水域中,由于环境影响的不确定,系统自身的非线性和参数的时变性等对电磁耦合器的稳定输出造成很大的影响。本发明结合神经网络原理对电磁耦合器进行多维建模分析,将诸多影响因素叠加耦合,逼近真实原型。神经网络具有不依赖于被控对象精确数学模型的特点,对于处理高维度、非线性、不确定性的复杂控制问题具有极强的处理能力,无需建立复杂的数学模型。

[0014] 3. 本发明可以根据负载端的电流变化情况自动进行能量补充,确保系统负载端的电流稳定,避免负载端电流的波动过大,延长负载的使用寿命。

附图说明

[0015] 图 1 为水下潜行器无线充电系统的负载恒流控制系统的电路原理图;

[0016] 图 2 为本发明的水下潜行器无线充电负载恒流控制方法流程图;

[0017] 图 3 为带有神经网络算法的负载恒流控制方法电流控制效果图。

具体实施方式

[0018] 下面结合附图及实施例对本发明做进一步的详细说明。

[0019] 一种水下潜行器无线充电系统的负载恒流控制系统,工作原理是根据采集模块获得的实际电流值与系统预期的电流值作比较,判断负载端的电流是否需要调整,如果需要调整,则神经网络控制器模块根据采集信息自动化调节负载端输出电流,指导电流达到稳定。

[0020] 一种水下潜行器的负载恒流控制系统,包括负载恒流的控制系统,和与其相连接的升压系统;

[0021] 负载恒流的控制系统采用 MCU,用于控制水下潜行器无线充电负载在充电过程中的电流保持恒定,根据收集到的负载端电压和升压系统的占空比的信息,控制和维持负载恒流系统的平稳运行。

[0022] 升压系统包括 DC-DC 变换器和升压开关 IGBT1,用于根据负载端电流的变化,根据恒流控制系统提供的占空比的变化量,动态调节自身的占空比,对负载端动态进行功率的补偿。DC-DC 变换器与 MCU 相连接,接收来自 MCU 的关断信息,IGBT 开关与 DC-DC 变换器相连接,由 DC-DC 变换器决定其关断状态。

[0023] 负载恒流控制系统包括信息采集模块神经网络计算模块,占空比计算模块。

[0024] MCU 内存有神经网络算法,神经网络算法根据采集的负载端的电流信息和上一时刻的升压开关占空比信息,计算使系统达到稳定时,升压开关的变化量,占空比计算模块用于计算使系统达到稳定所需要的占空比。

[0025] 图 2 示出系统根据实际恒定电流的需求值 I_{ref} 与测量获得的实际输出值 I_c 相比较得到电流的误差值 I_{err} ,将 I_{err} 和上一时刻神经网络的输出至 DC-DC 变换器的占空比 d_0 作为神经网络的输入数据,神经网络将输出上一时刻的 DC-DC 变换器的输入占空比 d_0 和当前时刻占空比的变化量 Δd 求和,来调节升压系统控制比,即得到 DC-DC 变换器的实际需

要占空比,进而驱动 IGBT1,实现副边输出电流的恒定。

[0026] 图 1 所示现有技术的 IPT(Inductive Power Transfer) 系统,该 IPT 系统包括一个初级侧,一个次级侧,初级侧和次级侧被气隙分离,具有相同的电子电路,电子电路均包括转换器(三极管整流桥或者二极管整流桥)、电容器-电感器(LC)谐振网络和控制器(MCU 以及升压系统)。初级侧的转换器连接到 LC 谐振网络电感 L_p 和电容 C_p 以在初级绕组中产生恒定的正弦电流。同理,次级侧的 LC 电路包括电感 L_s 和电容 C_s 。如果初级侧和次级侧的 LC 电路都被调谐到角频率 ω ,并且满足 $\omega^2 = \frac{1}{L_p C_p} = \frac{1}{L_s C_s}$ 则 IPT 系统处于稳定状态下。

[0027] 当系统电路导通时转换器(D1, D3)和(D2, D4)交替导通,将直流电源 V_{p-v} 变换为高频电流并注入到原边线圈 L_p 中, C_p 为原边线圈的串联补偿电容,副边线圈通过电磁耦合获得原边发出的能量,经过 D1-D4 组成的高频整流桥,对拾取到的高频电流进行整流,然后 C_f 对输出电流进行滤波,滤除掉输出电压的高频成分,对负载 R 进行充电。为保证负载端输出电压的稳定性,可以通过添加 DC/DC 变换器实现负载的电流调节,系统根据实际恒定电流的需求值(Constant) I_{ref} 与测量获得的实际输出值 I_c 相比较得到电流的误差值 I_{err} ,将 I_{err} 和上一时刻神经网络的输出 DC/DC 开关管的占空比 d_0 作为神经网络的输入数据,获得保持负载端输出电压稳定的实际 DC/DC 电路的占空比。本实施例采用 MATLAB 实现,表 1 给出了系统的实验参数。

[0028] 表 1

[0029]

参数	取值
直流电压 V_{p-v}/V	48
初级回路谐振电感 $L_p/\mu H$	100
次级回路谐振电感 $L_s/\mu H$	64
互感 $M/\mu H$	16
初级回路线圈内阻 R_p/Ω	0.1
次级回路线圈内阻 R_s/Ω	0
初级回路谐振电容 $C_p/\mu F$	0.63
次级回路谐振电容 $C_p/\mu F$	0.98
负载 R/Ω	50

[0030] 本发明所提出的恒流控制算法如图 2 所示,首先根据读入的数据信息,与系统所需的数据进行对比检测。其中数据信息主要是指系统所采集的负载端的电流值和升压系统的升压开关的占空比,如果采集的电流值与系统的标定电流值相差超过 0.5A 则需要启动升压系统,MCU 根据采集信息计算达到系统稳定所需的占空比,输入到升压系统中,随后检测系统负载的电流值是否满足需要,如果满足则调节完成,否则继续采集数据进行调节。

[0031] 神经网络控制器的设计,输入层节点数的确定:输入层接受外部的输入数据,其节点数取决于实际的输入向量维数。在本文中将电流的误差值 I_{err} 和上一时刻神经网络的输出开关占空比 d_0 作为输入,因此输入层的节点数为 2。输出层节点数的确定:神经网络将输出上一时刻的开关管占空比 d_0 和占空比的变化量 Δd ,因此输出层节点数为 2。隐含层节

点数的确定:隐藏层节点数不固定,经过试验隐含层数在6时可以起到较好的训练效果。其中,隐含层节点数量可以根据现有公式得到,公式如下: $q = \sqrt{p+r+a}$, $a \in [1,10]$,其中q为隐含层节点的数量,p为输入层节点的数量,r为输出层节点的数量,a为1到10的任意随机数。

[0032] 激活函数的选择:在输入层到隐藏层间采用 tansig 函数,隐藏层到输出层间采用 purelin 函数。

[0033] 神经网络算法的训练采用训练函数,训练函数为去梯度下降 BP 算法函数,其参数包括:(1) 学习速率为 0.05;(2) 性能目标为 0.001;(3) 训练最大迭代次数为 1000。

[0034] 如图 3 所示,从图中可以看出在神经网络控制器的控制下,系统可以对电流进行快速调节,在 0.0084s 系统达到最大超调量,大小为 0.4A,在 0.015s 时系统电流达到稳定,反应时间为 0.015s,取得了很好的控制效果。

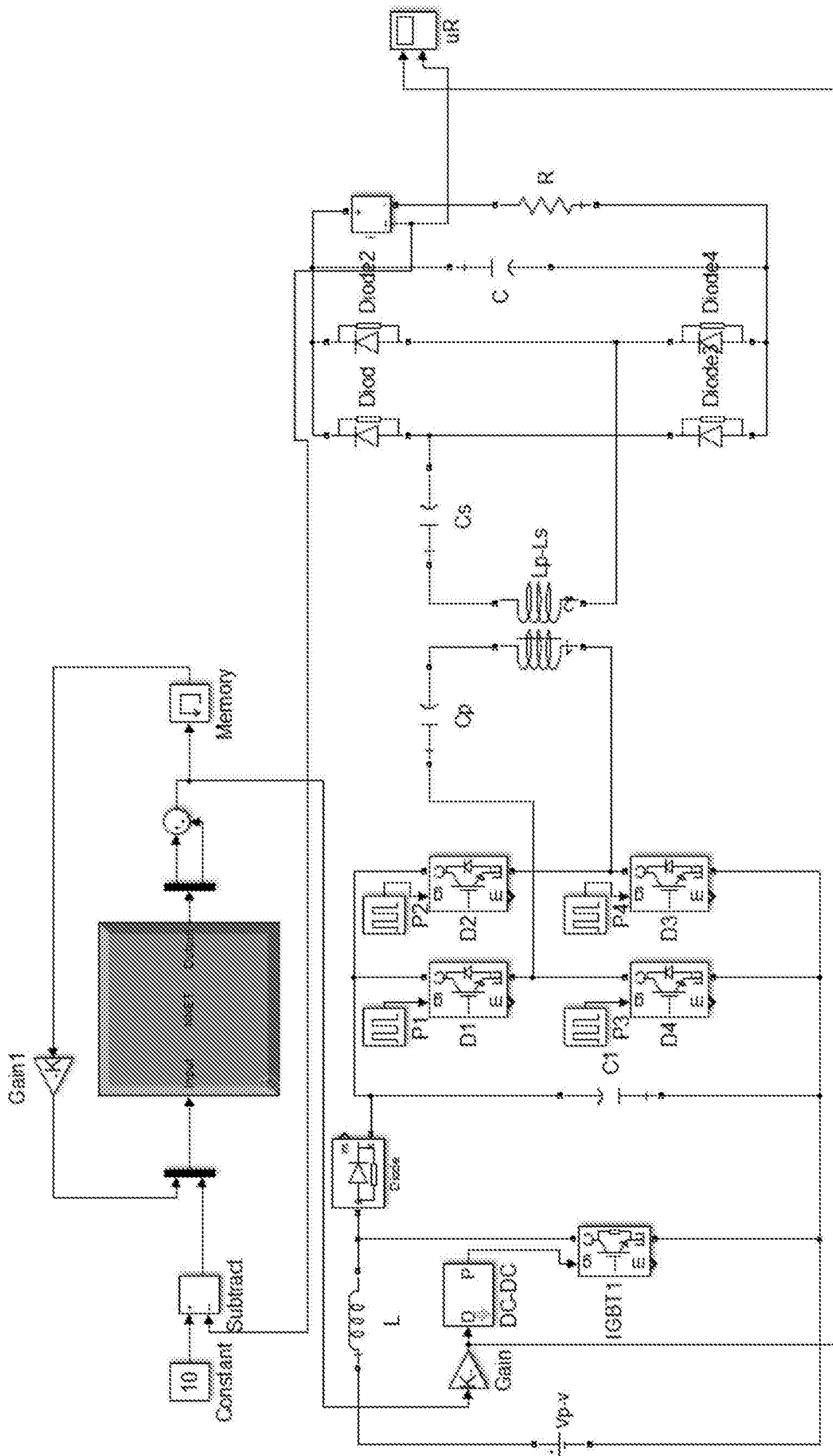


图 1

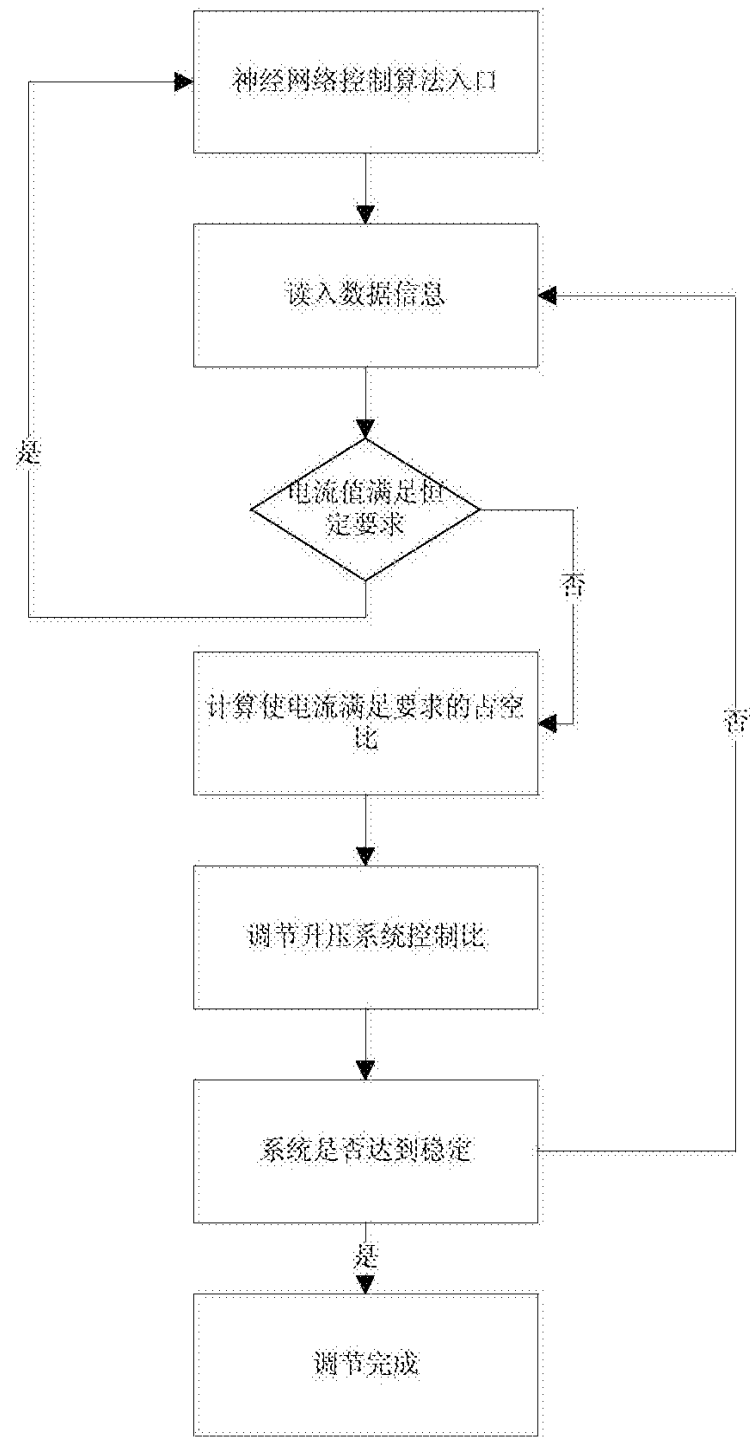


图 2

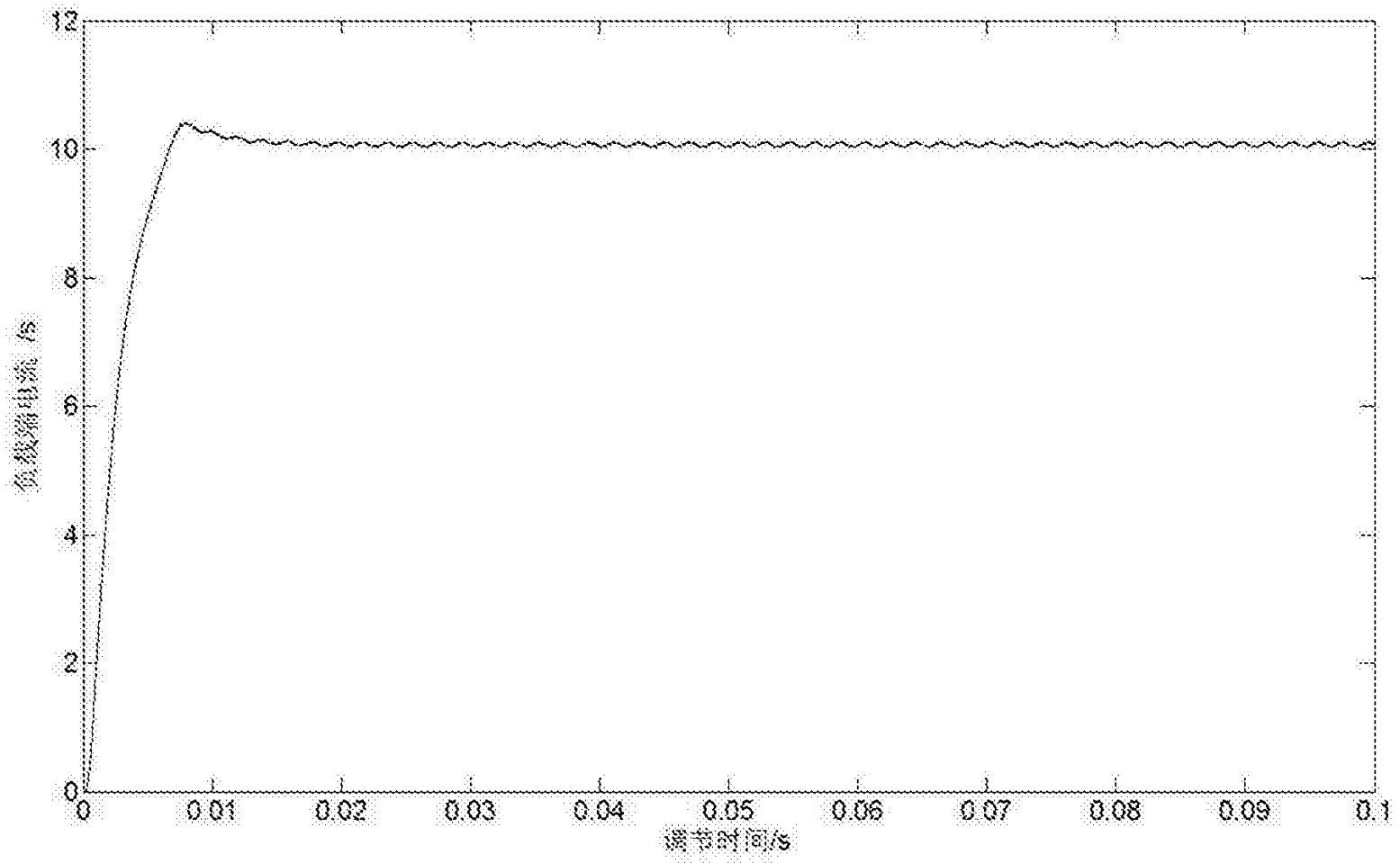


图 3