



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111404142 A

(43)申请公布日 2020.07.10

(21)申请号 202010217787.2

H02H 1/00(2006.01)

(22)申请日 2020.03.25

(71)申请人 中国科学院声学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路21号

(72)发明人 郭永刚 赵志国 石璞 耿智  
袁一钦 林开平 康达 黄石羽  
张新月

(74)专利代理机构 北京方安思达知识产权代理有限公司 11472

代理人 陈琳琳 杨青

(51)Int.Cl.

H02J 1/04(2006.01)

H02M 1/00(2007.01)

H02H 7/12(2006.01)

权利要求书2页 说明书9页 附图3页

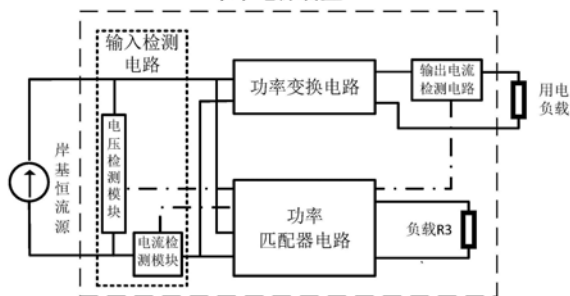
(54)发明名称

一种功率自匹配的电压稳定型恒流水下电源及其供电方法

(57)摘要

本发明属于海洋观测技术领域,具体涉及一种功率自匹配的电压稳定型恒流水下电源,该恒流水下电源将岸基恒流源通过海缆提供的恒流,转换为用电负载所需的恒定电压,并为用电负载供电;所述恒流水下电源包括:输入检测电路、功率变换电路、输出电流检测电路、负载(R3)和功率匹配器电路;所述输入检测电路一端通过外部的海缆连接岸基恒流源,其另一端分别与功率变换电路的输入端、功率匹配器电路的输入端连接,所述功率变换电路的输出端串联连接输出电流检测电路与外部用电负载串联的串联电路;所述功率匹配器电路的输出端分别连接负载(R3)和输出电流检测电路。

水下电源装置



1. 一种功率自匹配的电压稳定型恒流水下电源,其特征在于,该恒流水下电源将岸基恒流源通过海缆提供的恒流,转换为用电负载所需的恒定电压,并为用电负载供电;

所述恒流水下电源包括:输入检测电路、功率变换电路、输出电流检测电路、负载(R3)和功率匹配器电路;

所述输入检测电路一端通过外部的海缆连接岸基恒流源,其另一端分别与功率变换电路的输入端、功率匹配器电路的输入端连接,所述功率变换电路的输出端串联连接输出电流检测电路与外部的用电负载串联的串联电路;所述功率匹配器电路的输出端分别连接负载(R3)和输出电流检测电路;

所述输入检测电路,用于检测岸基恒流源提供的恒流值,将恒流分流并分别输入至功率匹配器电路和功率变换电路;

所述输出电流检测电路,用于对用电负载进行电流检测,实时获得用电负载所需的用电负载电流,并将当前用电负载电流信号输入至功率匹配器电路;

所述功率匹配器电路,用于将分流后的恒流进行恒流转恒压变换,获得输入电压,并根据当前用电负载电流信号,基于预先设定的功率自匹配模式,通过调节负载(R3)闭环自适应调节输入电压,获得当前用户负载电流的恒定输入电压,并将其输入至功率变换电路;

所述功率变换电路,用于将当前用户负载电流的恒定输入电压进行恒压转恒压变换,将用电负载所需的恒定电压输入至用电负载。

2. 根据权利要求1所述的功率自匹配的电压稳定型恒流水下电源,其特征在于,

所述功率匹配器电路包括:恒流转恒压变换主模块、闭环控制模块和用电负载功率判断模块;

闭环控制模块分别与用电负载功率判断模块、恒流转恒压变换主模块相连接,用电负载功率判断模块与输出电流检测电路相连接;恒流转恒压变换主模块与岸基恒流源通过海缆相连接;

所述恒流转恒压变换主模块,用于将分流后的恒流进行恒流转恒压变换,获得输入电压;

所述闭环控制模块,用于根据当前用电负载电流信号,基于预先设定的功率自匹配模式,闭环自适应调节输入电压,获得当前用户负载电流的恒定输入电压,并将其输入至功率变换电路;

所述用电负载功率判断模块,用于接收输出电流检测电路发出的当前用电负载电流信号,根据当前的用电负载电流,查找对应的电流区间,进而获得对应的用电负载功率区间,在对应的用电负载功率区间内,通过调节接入的负载(R3)。

3. 根据权利要求1所述的功率自匹配的电压稳定型恒流水下电源,其特征在于,所述输入检测电路包括电流检测模块;

所述电流检测模块,用于检测岸基恒流源提供的电流值,并判断所提供的电流值是否超过预先设定的电流保护值,提供过流保护;具体地,

如果所提供的电流值超过预先设定的电流保护值,则断开岸基恒流源,启动过流保护;

如果所提供的电流值小于或等于预先设定的电流保护值,则将恒流分流并分别输入至功率匹配器电路和功率变换电路。

4. 根据权利要求3所述的功率自匹配的电压稳定型恒流水下电源,其特征在于,所述输

入检测电路还包括电压检测模块；

所述电压检测模块，用于检测功率匹配器电路的输入端处的输入电压值，并判断输入电压值是否超过预先设定的电压保护值，提供过压保护；具体地，

如果所提供的电压值超过预先设定的电压保护值，则断开功率匹配器电路，启动过压保护；

如果所提供的电压值小于或等于预先设定的电压保护值，则该输入电压值正常。

5. 根据权利要求1所述的功率自匹配的电压稳定型恒流水下电源，其特征在于，所述输出电流检测电路为霍尔电流传感器。

6. 一种功率自匹配的电压稳定型恒流水下电源的供电方法，该方法通过上述权利要求1-5中任一所述的恒流水下电源实现，其包括：

所述输入检测电路检测岸基恒流源提供的恒流值，将恒流分流并分别输入至功率匹配器电路和功率变换电路；

将分流后的恒流进行恒流转恒压变换，获得输入电压，并根据当前用电负载电流信号，基于预先设定的功率自匹配模式，闭环自适应调节输入电压，获得当前用户负载电流的恒定输入电压，并将其输入至功率变换电路；

将当前用户负载电流的恒定输入电压进行恒压转恒压变换，获得用电负载所需的恒定电压，并将其输入至用电负载，为用电负载供电。

7. 根据权利要求6所述的供电方法，其特征在于，所述根据用电负载电流信号，基于预先设定的功率自匹配模式，闭环自适应调节输入电压，获得当前用户负载电流的恒定输入电压，并将其输入至功率变换电路；具体为：

由输出电流检测电路输出的用电负载电流记为 $I_0$ ，输入电压记为 $U_{in}$ ，当前用户负载电流的恒定输入电压记为 $U_n$ ；

根据当前用电负载电流信号，预先设定多个电流区间，基于预先设定的功率自匹配模式：

如果 $I_{n-1} < I_0 \leq I_n$ ，则缓慢自适应调节输入电压 $U_{in}$ ，直至达到预先设定的当前用户负载电流对应的恒定输入电压 $U_n$ ，即 $U_{in} = U_n$ ；

其中， $I_{n-1} < I_0 \leq I_n$ 为用电负载电流的第 $n$ 个电流区间； $I_{n-1}$ 和 $I_n$ 分别为用电负载电流的最小电流值和最大电流值；

再根据当前的用电负载电流，查找对应的电流区间，进而获得对应的用电负载功率区间，在对应的用电负载功率区间内，通过调节接入的负载(R3)，闭环自适应调节输入电，直至达到当前用户负载电流的恒定输入电压，并将其输入至功率变换电路。

## 一种功率自匹配的电压稳定型恒流水下电源及其供电方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于海洋观测技术领域,具体涉及一种功率自匹配的电压稳定型恒流水下电源及其供电方法。

### 背景技术

[0002] 海底观测网作为新兴的海洋观测平台,可实现对海洋全天候、长期、连续、实时观测,其中电能是海底观测网正常运行的重要基础。当前海底观测网供电分为恒流供电和恒压供电两种模式,而恒流供电模式因其抵抗输电缆短路能力强、系统鲁棒性好等优点,已成为跨洋海底通信、海底观测网系统的重要选择。恒流供电系统由岸基恒流源、海缆、水下恒流变换恒压装置(以下简称“水下电源”)以及用电负载组成。但由于海底观测网的水下用电负载非恒定功率工作模式,恒流工作模式下的水下电源装置将因用电负载功率波动导致输入电压波动,进而导致岸基恒流源的供电电压不稳;同时,长距离海缆的分布参数众多,供电电压起伏亦将导致海缆的无功损耗大等问题。

[0003] 为解决这一问题,专利号为“CN201610089978.9”的发明专利《一种适用于海底恒流供电系统的水下恒流恒压转换装置》提出了一种利用模拟负载使水下电源恒定功率输出,进而获得稳定电压的方法;但是,当水下电源的负载为轻载时,大部分功率要被模拟负载消耗,导致供电系统电能利用率较低;专利号为“CN 201710630508.3”的发明专利《一种负载自适应海底观测网恒流供电系统》提出了一种通过直接切入/切出“DC/DC模块”来调整节点总输出功率,提高了电源效率的方法;但是,该方法中直接切入/切出“DC/DC模块”的控制方式导致其仍然存在系统切换输入电压产生的扰动大,负载自适应精度受模块数量限制等问题。

[0004] 专利号为“CN 201610239933.5”的发明专利《恒流转恒压变换器及恒流转恒压装置》提出在水下电源的输入端并联开关部件、控制流向负载的电流脉冲宽度,满足负载需求并将多余电流旁路,进而提高水下供电系统的能力使用效率的方法;但是,该方法仍没彻底解决水下电源的输入电压波动受负载功率和开关占空比影响的问题。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于,为解决现有水下电源存在的上述缺陷,本发明提出了一种功率自匹配的电压稳定型恒流水下电源,该水下电源通过检测当前用电负载电流,查找对应的电流区间,确定对应的用电负载输出功率区间,闭环控制水下电源的输入电压,根据负载功率自匹配,调节输入电压。该方案通过划分用电负载功率区间,实现闭环自适应调节输入电压,解决了系统供电的稳定性,降低了海缆的无功损耗和 underwater 电源功率切换对供电系统扰动,提高供电系统的电能使用效率。

[0006] 为了实现上述目的,本发明提供了一种功率自匹配的电压稳定型恒流水下电源,该恒流水下电源将岸基恒流源通过海缆提供的恒流,转换为用电负载所需的恒定电压,并为用电负载供电;

[0007] 所述恒流水下电源包括:输入检测电路、功率变换电路、输出电流检测电路、负载和功率匹配器电路;

[0008] 所述输入检测电路一端通过外部的海缆连接岸基恒流源,其另一端分别与功率变换电路的输入端、功率匹配器电路的输入端连接,所述功率变换电路的输出端串联连接输出电流检测电路与外部的用电负载串联的串联电路;所述功率匹配器电路的输出端分别连接负载和输出电流检测电路;

[0009] 所述输入检测电路,用于检测岸基恒流源提供的恒流值,将恒流分流并分别输入至功率匹配器电路和功率变换电路;

[0010] 所述输出电流检测电路,用于对用电负载进行电流检测,实时获得用电负载所需的用电负载电流,并将当前用电负载电流信号输入至功率匹配器电路;

[0011] 所述功率匹配器电路,用于将分流后的恒流进行恒流转恒压变换,获得输入电压,并根据当前用电负载电流信号,基于预先设定的功率自匹配模式,通过调节负载闭环自适应调节输入电压,获得当前用户负载电流的恒定输入电压,并将其输入至功率变换电路;

[0012] 所述功率变换电路,用于将当前用户负载电流的恒定输入电压进行恒压转恒压变换,将用电负载所需的恒定电压输入至用电负载。

[0013] 作为上述技术方案的改进之一,所述功率匹配器电路包括:恒流转恒压变换主模块、闭环控制模块和用电负载功率判断模块;

[0014] 闭环控制模块分别与用电负载功率判断模块、恒流转恒压变换主模块相连接,用电负载功率判断模块与输出电流检测电路相连接;恒流转恒压变换主模块与岸基恒流源通过海缆相连接;

[0015] 所述恒流转恒压变换主模块,用于将分流后的恒流进行恒流转恒压变换,获得输入电压;

[0016] 所述闭环控制模块,用于根据当前用电负载电流信号,基于预先设定的功率自匹配模式,闭环自适应调节输入电压,获得当前用户负载电流的恒定输入电压,并将其输入至功率变换电路;

[0017] 所述用电负载功率判断模块,用于接收输出电流检测电路发出的当前用电负载电流信号,根据当前的用电负载电流,查找对应的电流区间,进而获得对应的用电负载功率区间,在对应的用电负载功率区间内,通过调节接入的负载。

[0018] 作为上述技术方案的改进之一,所述输入检测电路包括电流检测模块;

[0019] 所述电流检测模块,用于检测岸基恒流源提供的电流值,并判断所提供的电流值是否超过预先设定的电流保护值,提供过流保护;具体地,

[0020] 如果所提供的电流值超过预先设定的电流保护值,则断开岸基恒流源,启动过流保护;

[0021] 如果所提供的电流值小于或等于预先设定的电流保护值,则将恒流分流并分别输入至功率匹配器电路和功率变换电路。

[0022] 作为上述技术方案的改进之一,所述输入检测电路还包括电压检测模块;

[0023] 所述电压检测模块,用于检测功率匹配器电路的输入端处的输入电压值,并判断输入电压值是否超过预先设定的电压保护值,提供过压保护;具体地,

[0024] 如果所提供的电压值超过预先设定的电压保护值,则断开功率匹配器电路,启动

过压保护；

[0025] 如果所提供的电压值小于或等于预先设定的电压保护值，则该输入电压值正常。

[0026] 作为上述技术方案的改进之一，所述输出电流检测电路为霍尔电流传感器。

[0027] 本发明还提供了一种功率自匹配的电压稳定型恒流水下电源的供电方法，该方法通过上述恒流水下电源实现，其包括：

[0028] 所述输入检测电路检测岸基恒流源提供的恒流值，将恒流分流并分别输入至功率匹配器电路和功率变换电路；

[0029] 将分流后的恒流进行恒流转恒压变换，获得输入电压，并根据当前用电负载电流信号，基于预先设定的功率自匹配模式，闭环自适应调节输入电压，获得当前用户负载电流的恒定输入电压，并将其输入至功率变换电路；

[0030] 将当前用户负载电流的恒定输入电压进行恒压转恒压变换，获得用电负载所需的恒定电压，并将其输入至用电负载，为用电负载供电。

[0031] 作为上述技术方案的改进之一，所述根据用电负载电流信号，基于预先设定的功率自匹配模式，闭环自适应调节输入电压，获得当前用户负载电流的恒定输入电压，并将其输入至功率变换电路；具体为：

[0032] 由输出电流检测电路输出的用电负载电流记为 $I_0$ ，输入电压记为 $U_{in}$ ，当前用户负载电流的恒定输入电压记为 $U_n$ ；

[0033] 根据当前用电负载电流信号，预先设定多个电流区间，基于预先设定的功率自匹配模式：

[0034] 如果 $I_{n-1} < I_0 \leq I_n$ ，则缓慢自适应调节输入电压 $U_{in}$ ，直至达到预先设定的当前用户负载电流对应的恒定输入电压 $U_n$ ，即 $U_{in} = U_n$ ；

[0035] 其中， $I_{n-1} < I_0 \leq I_n$ 为用电负载电流的第 $n$ 个电流区间； $I_{n-1}$ 和 $I_n$ 分别为用电负载电流的最小电流值和最大电流值；

[0036] 再根据当前的用电负载电流，查找对应的电流区间，进而获得对应的用电负载功率区间，在对应的用电负载功率区间内，通过调节接入的负载，闭环自适应调节输入电，直至达到当前用户负载电流的恒定输入电压，并将其输入至功率变换电路。

[0037] 本发明与现有技术相比的有益效果是：

[0038] 本发明的水下电源装置采用了简单可靠的电路结构和闭环调节输入电压的功率自匹配方式，为海底观测供电系统提供了一种电压稳定型功率自匹配的水下电源装置，实现了利用功率匹配器电路，根据负载电流自适应调节输入电压，提高了水下电源装置的空载和轻载效率、可靠性、稳定性和功率自匹配精度，降低了线路无功损耗和切换过程产生的系统扰动，延长了水下电源装置使用寿命。

## 附图说明

[0039] 图1是本发明一种功率自匹配的电压稳定型恒流水下电源，的恒流系统的结构示意图；

[0040] 图2是本发明的一种功率自匹配的电压稳定型恒流水下电源，的结构示意图；

[0041] 图3是本发明的一种功率自匹配的电压稳定型恒流水下电源，的功率匹配器结构示意图；

[0042] 图4是本发明的一个实施例提供的一种功率自匹配的电压稳定型恒流水下电源，的供电方法的工作流程图。

[0043] 附图标记：

[0044] R3、负载

### 具体实施方式

[0045] 为了更为具体地描述本发明，下面结合附图及具体实施方式对本发明的技术方案进行详细说明。

[0046] 本发明提供了一种功率自匹配的电压稳定型恒流水下电源，该水下电源设置在恒流系统中，用于提供恒压电源；

[0047] 该水下电源包括：输入检测电路、功率变换电路、输出电流检测电路、功率匹配器电路；

[0048] 所述输入检测电路一端连接外部的岸基恒流源，其另一端分别与功率变换电路的输入端、功率匹配器电路的输入端并联连接，所述功率变换电路的输出端串联连接输出电流检测电路与外部的用电负载串联的串联电路；所述功率匹配器电路的输出端分别连接负载R3和输出电流检测电路。

[0049] 如图1所示，所述恒流系统包括：岸基恒流源、海缆和用电负载；

[0050] 所述海缆包括依次串联连接的电感L1、第一负载R1和电容C1；

[0051] 岸基恒流源通过海缆将其与水下电源相连接，水下电源与用电负载相连接；岸基恒流源通过海缆向水下电源提供恒流电源，水下电源实时将提供的恒流转换为用电负载所需的恒定电压，并为用电负载供电。

[0052] 具体地，如图2所示，所述水下电源具体包括：

[0053] 所述输入检测电路，用于检测岸基恒流源提供的恒流值，将恒流分流并分别输入至功率匹配器电路和功率变换电路；还用于检测水下电源装置的输入端的电流、电压和相应的过流过压、浪涌保护，提供过流过压保护；

[0054] 具体地，所述输入检测电路包括电流检测模块；

[0055] 所述电流检测模块，用于检测岸基恒流源提供的电流值，并判断所提供的电流值是否超过预先设定的电流保护值，提供过流保护；具体地，

[0056] 如果所提供的电流值超过预先设定的电流保护值，则断开岸基恒流源，启动过流保护；

[0057] 如果所提供的电流值小于或等于预先设定的电流保护值，则将恒流分流并分别输入至功率匹配器电路和功率变换电路。

[0058] 所述输入检测电路还包括电压检测模块；

[0059] 所述电压检测模块，用于检测功率匹配器电路的输入端处的输入电压值，并判断输入电压值是否超过预先设定的电压保护值，提供过压保护；具体地，

[0060] 如果所提供的电压值超过预先设定的电压保护值，则断开功率匹配器电路，启动过压保护；

[0061] 如果所提供的电压值小于或等于预先设定的电压保护值，则该输入电压值正常。

[0062] 所述输出电流检测电路，用于对用电负载进行电流检测，获得当前用电负载所需

的用电负载电流,并将当前用电负载电流信号输入至功率匹配器电路,形成闭环自适应控制输入电压;

[0063] 具体地,所述输出电流检测电路为霍尔电流传感器。

[0064] 所述功率匹配器电路,用于将分流后的恒流进行恒流转恒压变换,获得输入电压,并根据当前用电负载电流信号,基于预先设定的功率自匹配模式,闭环自适应调节输入电压,获得当前用户负载电流的恒定输入电压,实现实时调节输入电压,保证恒定输入电压的稳定,并将其输入至功率变换电路;

[0065] 具体地,如图3所示,所述功率匹配器电路具体包括:恒流转恒压变换主模块、闭环控制模块和用电负载功率判断模块;

[0066] 闭环控制模块分别与用电负载功率判断模块、恒流转恒压变换主模块相连接,用电负载功率判断模块与输出电流检测电路相连接;恒流转恒压变换主模块与岸基恒流源通过海缆相连接;

[0067] 所述恒流转恒压变换主模块,用于将分流后的恒流进行恒流转恒压变换,获得输入电压;

[0068] 所述闭环控制模块,用于根据当前用电负载电流信号,基于预先设定的功率自匹配模式,闭环自适应调节输入电压,获得当前用户负载电流的恒定输入电压,并将其输入至功率变换电路;

[0069] 所述用电负载功率判断模块,用于接收输出电流检测电路发出的当前用电负载电流信号,根据当前的用电负载电流,查找对应的电流区间,进而获得对应的用电负载功率区间,在对应的用电负载功率区间内,通过调节接入的负载R3。

[0070] 具体地,假设由输出电流检测电路输出的用电负载电流为 $I_0$ ,输入电压为 $U_{in}$ ,当前用户负载电流的恒定输入电压为 $U_n$ ;

[0071] 根据用电负载电流信号,预先设定多个电流区间,基于预先设定的功率自匹配模式:

[0072] 如果 $I_{n-1} < I_0 \leq I_n$ ,则缓慢自适应调节输入电压 $U_{in}$ ,直至达到预先设定的当前用户负载电流对应的恒定输入电压 $U_n$ ,即 $U_{in} = U_n$ ;

[0073] 其中, $I_{n-1} < I_0 \leq I_n$ 为用电负载电流的第n个电流区间; $I_{n-1}$ 和 $I_n$ 分别为用电负载电流的最小电流值和最大电流值;

[0074] 再根据当前的用电负载电流,查找对应的电流区间,进而获得对应的用电负载功率区间,在对应的用电负载功率区间内,通过调节接入的负载R3,闭环自适应调节输入电压,直至达到当前用户负载电流的恒定输入电压,并将其输入至功率变换电路;实现实时调节输入电压,保证恒定输入电压的稳定。在自适应切换过程中,可闭环缓慢调节输入电压,实现输入电压稳定平滑切换,降低系统输入电压扰动;通过调节接入的负载R3,使负载R3的电压增大或减小,进而使得负载R3的功率增大或减小,从而能保证输入电压的减小或增大,使当前用户负载电流的恒定输入电压稳定在对应的用电负载功率区间。

[0075] 所述功率变换电路,用于将当前用户负载电流的恒定输入电压进行恒压转恒压变换,获得用电负载所需的恒定电压,并将其输入至用电负载,为用电负载供电。

[0076] 具体地,所述功率变换电路通过将当前用户负载电流的恒定输入电压进行恒压转恒压变换,获得用电负载所需的恒定电压,再根据分流后的恒流,获得用电负载所需的功



率,实现电能的功率变换和隔离输出。

[0077] 其中,功率变换电路的输入端与功率匹配器的输入端并联,功率变换电路的输出端连接输出电流检测电路,用于向用电负载提供稳定的用电负载所需的恒定电压;

[0078] 将功率变换电路作为一个模块,对其可以采用单模块方式或多模块串并联模块方式;使装置实适用于宽功率和电压范围。

[0079] 在水下电源工作于高电压大功率条件下,选用串并联模块的方式,能够降低每个模块的输入电压与功率,提高装置整机功率和可靠性,并且功率自匹配时只改变功率变换电路的输入电压,不需要改变模块数量,可实现模块的高利用率及可靠性。

[0080] 本发明还提供了一种功率自匹配的电压稳定型恒流水下电源的供电方法,,该方法包括:

[0081] 输入检测电路检测岸基恒流源提供的恒流值,将恒流分流并分别输入至功率匹配器电路和功率变换电路;

[0082] 将分流后的恒流进行恒流转恒压变换,获得输入电压,并根据当前用电负载电流信号,基于预先设定的功率自匹配模式,闭环自适应调节输入电压,获得当前用户负载电流的恒定输入电压,并将其输入至功率变换电路;

[0083] 将当前用户负载电流的恒定输入电压进行恒压转恒压变换,获得用电负载所需的恒定电压,并将其输入至用电负载,为用电负载供电。

[0084] 作为上述技术方案的改进之一,所述根据用电负载电流信号,基于预先设定的功率自匹配模式,闭环自适应调节输入电压,获得当前用户负载电流的恒定输入电压,并将其输入至功率变换电路;具体为:

[0085] 假设由输出电流检测电路输出的用电负载电流为 $I_0$ ,输入电压为 $U_{in}$ ,当前用户负载电流的恒定输入电压为 $U_n$ ;

[0086] 根据用电负载电流信号,预先设定多个电流区间,基于预先设定的功率自匹配模式:

[0087] 如果 $I_{n-1} < I_0 \leq I_n$ ,则缓慢自适应调节输入电压 $U_{in}$ ,直至达到预先设定的当前用户负载电流对应的恒定输入电压 $U_n$ ,即 $U_{in} = U_n$ ;

[0088] 其中, $I_{n-1} < I_0 \leq I_n$ 为用电负载电流的第 $n$ 个电流区间; $I_{n-1}$ 和 $I_n$ 分别为用电负载电流的最小电流值和最大电流值;

[0089] 再根据当前的用电负载电流,查找对应的电流区间,进而获得对应的用电负载功率区间,在对应的用电负载功率区间内,通过调节接入的负载 $R_3$ ,闭环自适应调节输入电,直至达到当前用户负载电流的恒定输入电压,并将其输入至功率变换电路。

[0090] 其中,用电负载功率区间对应用电负载电流区间,可设置多个用电负载电流区间,即 $I_0 < I_0 \leq I_1, I_1 < I_0 \leq I_2, I_2 < I_0 \leq I_3, \dots, I_{n-1} < I_0 \leq I_n$ ;

[0091] 其中, $I_0, I_1, I_2, \dots, I_n$ 是不同的恒定的用电负载功率对应的用电负载电流,其值从 $I_0$ 到 $I_n$ 依次增大;本发明的用电负载电流区间的个数可任意设定。

[0092] 其中,用电负载功率区间采用迟滞比较方式,可设置迟滞宽度。根据预先设置的迟滞带宽,将预先划分好的用电负载电流区间范围扩大,再根据扩大后的用电负载电流区间,计算当前带有迟滞带宽的用电负载电流对应的输出功率;

[0093] 将预先设定的当前用户负载电流对应的恒定输入电压 $U_n$ 乘以岸基恒流源提供的

最低电流,得到最低输出功率;用电负载对应的用电负载电流乘以用电负载所需的电压得到的对应的用电负载功率;

[0094] 其中,通过比较该最低输出功率是否大于输出功率,

[0095] 如果该最低输出功率大于或等于输出功率,则保证用电负载可以正常工作,且所设置的迟滞带宽和预先设定的当前用户负载电流对应的恒定输入电压是合理的,不需要重新再设定;

[0096] 如果该最低输出功率小于输出功率,则需要重新再设定,直至符合所需的要求;

[0097] 其中,通过比较该最低输出功率是否大于用电负载功率,

[0098] 如果该最低输出功率大于或等于输出功率,则保证用电负载可以正常工作,不需要重新再设定;

[0099] 如果该最低输出功率小于用电负载功率,则需要重新再设定。

[0100] 实施例1.

[0101] 如图4所示,本发明给出了一个具体实施例,具体提供了一种功率自匹配的电压稳定型恒流水下电源的供电方法,

[0102] 该方法实施采用的实验环境举例如下:

[0103] 岸基恒流源提供的恒流为2A,其输入电流工作范围1.8A到2.2A,水下电源的输出电压400V、输出功率为4000W,预先设置四个用电负载电流区间: $I_0 < I_0 \leq I_1$ ,  $I_1 < I_0 \leq I_2$ ,  $I_2 < I_0 \leq I_3$ ,  $I_3 < I_0 \leq I_4$ ;即第一区间 $0 < I_0 < 2A$ ;第二区间 $2A < I_0 < 5A$ ;第三区间 $5A < I_0 < 8A$ ;第四区间 $8A < I_0 < 10A$ ;设置迟滞宽度为1A。其中, $I_0 = 0A$ ,  $I_1 = 2A$ ;  $I_2 = 5A$ ;  $I_3 = 8A$ ;  $I_4 = 10A$ 。

[0104] ①装置启动,输入检测电路输入由岸基恒流源提供的电流2A,输入检测电路中的电流检测模块检测2A的电流值;电压检测模块检测功率匹配器电路的输入端处的输入电压值并判断检测的电压、电流值是否超过对应的保护值;

[0105] ②检测的2A恒流的电流值和输入电压值输入电压值正常后,输入检测电路对功率匹配器电路的输入端进行充电,输入电压 $U_{in}$ 缓慢升高;

[0106] ③当输入电压 $U_{in}$ 升高至功率匹配器电路预先设定的最低输入工作电压 $U_{min}$ 时;其中, $U_{min} = 1000V$ ;输入电压 $U_{in}$ 继续升高至功率匹配器电路预先设定的最高输入工作电压 $U_{max}$ ;其中, $U_{max} = 2400V$ ;

[0107] ④功率变换电路启动,进行恒压转恒压变换,并闭环式输出用电负载所需的400V电压,向用电负载供电;

[0108] ⑤功率匹配器电路启动功率自匹配模式,通过输出电流检测电路,实时检测用电负载电流,根据当前的用电负载电流,查找对应的用电负载功率区间,闭环自适应调节输入电压,直至达到预先设定的当前用户负载电流对应的恒定输入电压,保证功率匹配器电路输出恒定输入电压,进而进入恒定输出功率的稳定运行状态;

[0109] 其中,本实施例中,可设置为4个负载电流区间: $I_0 < I_0 \leq I_1$ ,  $I_1 < I_0 \leq I_2$ ,  $I_2 < I_0 \leq I_3$ ;  $I_3 < I_0 \leq I_4$ ;即第一区间 $0 < I_0 \leq 2A$ ,对应负载功率区间0-800W;第二区间 $2A < I_0 \leq 5A$ ,对应负载功率区间160W-2000W;第三区间 $5A < I_0 \leq 8A$ ,对应负载功率区间2000-3200W;第四区间 $8A < I_0 < 10A$ ,对应负载功率区间3200W-4400W;设置迟滞宽度为1A。

[0110] 其中,所述功率自匹配模式的优选工作步骤如下:

[0111] 输出电流检测电路检测用电负载电流 $I_0$ ,查找用电负载电流 $I_0$ 对应的用电负载电

流区间；

[0112] 如果 $I_0=2A$ 时,则 $0<I_0\leq 2A$ ,缓调输入电压 $U_{in}$ ,通过调节接入的负载 $R_3$ ,功率匹配器电路自适应调节输入电压 $U_{in}$ ,直至达到预先设定的当前用户负载电流对应的恒定输入电压 $U_1$ ;即 $U_{in}=U_1=600V$ ;功率匹配器电路输出的当前用户负载电流的恒定输入电压对应的1200W恒定功率稳定运行状态;

[0113] 其中, $U_1$ 与最低输入电流1.8A的乘积为1080W,大于用电负载电流2.5A输出电压400V所对应负载输出功率区间最大功率值937.5W;1800W大于937.5W,能够保证用电负载正常工作;此处的用电负载电流2.5A为产生迟滞用电负载输出的用电负载电流,是用电负载在 $0<I_0\leq 2A$ 时的最大电流;

[0114] 如果 $I_0=5A$ 时,则 $2<I_0\leq 5A$ ,缓调输入电压 $U_{in}$ ,通过调节接入的负载 $R_3$ ,功率匹配器电路自适应调节输入电压 $U_{in}$ ,直至达到预先设定的当前用户负载电流对应的恒定输入电压 $U_2$ ;即 $U_{in}=U_2=1200V$ ;功率匹配器电路输出的当前用户负载电流的恒定输入电压对应的2400W恒定功率稳定运行状态;

[0115] 其中, $U_2$ 与最低输入电流1.8A的乘积为2160W,大于用电负载电流5.5A输出电压375V所对应负载输出功率区间最大功率值2062W;2160W大于2062W,能够保证用电负载正常工作;此处的用电负载电流5.5A为产生迟滞用电负载输出的用电负载电流,是用电负载在 $2<I_0\leq 5A$ 时的最大电流;

[0116] 如果 $I_0=8A$ 时,则 $5<I_0\leq 8A$ ,缓调输入电压 $U_{in}$ ,通过调节接入的负载 $R_3$ ,功率匹配器电路自适应调节输入电压 $U_{in}$ ,直至达到预先设定的当前用户负载电流对应的恒定输入电压 $U_3$ ;即 $U_{in}=U_3=1800V$ ;功率匹配器电路输出的当前用户负载电流的恒定输入电压对应的3600W恒定功率稳定运行状态;

[0117] 其中, $U_3$ 与最低输入电流1.8的乘积为3240W,大于用电负载电流8.5A输出电压375V所对应负载输出功率区间最大功率值3187.5W;3240W大于3187.5W,能够保证用电负载正常工作;此处的用电负载电流8.5A为产生迟滞用电负载输出的用电负载电流,是用电负载在 $5<I_0\leq 8A$ 时的最大电流;

[0118] 如果 $I_0=11A$ 时,则 $8<I_0\leq 11A$ ,缓调输入电压 $U_{in}$ ,通过调节接入的负载 $R_3$ ,功率匹配器电路自适应调节输入电压 $U_{in}$ ,直至达到预先设定的当前用户负载电流对应的恒定输入电压 $U_4$ ;即 $U_{in}=U_4=2400V$ ;功率匹配器电路输出的当前用户负载电流的恒定输入电压对应的4800W恒定功率稳定运行状态;

[0119] 其中, $U_4$ 与最低输入电流1.8的乘积为4320W,大于用电负载电流11.5A输出电压375V所对应负载输出功率区间最大功率值4312.5W;4320W大于4312.5W,能够保证用电负载正常工作;此处的用电负载电流11.5A为产生迟滞用电负载输出的用电负载电流,是用电负载在 $8<I_0\leq 11A$ 时的最大电流;

[0120] ⑥水下电源装置进入恒定功率稳定运行状态后,通过输出电流检测电路,实时持续检测用电负载电流,查找对应的负载电流区间,当负载电流区间发生改变时,功率匹配器电路自适应调节输入电压,从而控制功率匹配器电路自适应缓调输入电压 $U_{in}$ 直至达到预先设定的当前用户负载电流对应的恒定输入电压 $U_n$ ;并将其输入至功率变换电路进行恒压转恒压变换,获得恒定电压375V,输入至用电负载,为用电负载供电

[0121] ⑦在整个过程中输入检测电路的电压检测模块始终在检测功率匹配器电路的输

入电压,当输入电压 $U_{in}$ 超过水下电源装置所能提供的最大电压 $U_s$ 值2600V时,水下电源装置停止工作,提供过载保护,提高水下电源装置的使用寿命。

[0122] 最后所应说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制。尽管参照实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,都不脱离本发明技术方案的精神和范围,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

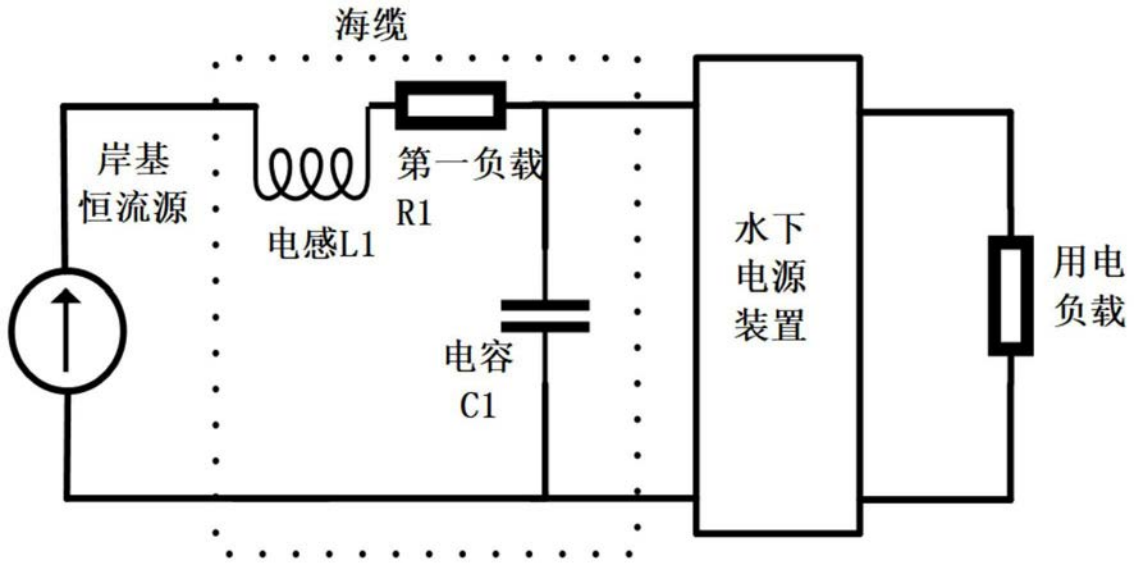


图1

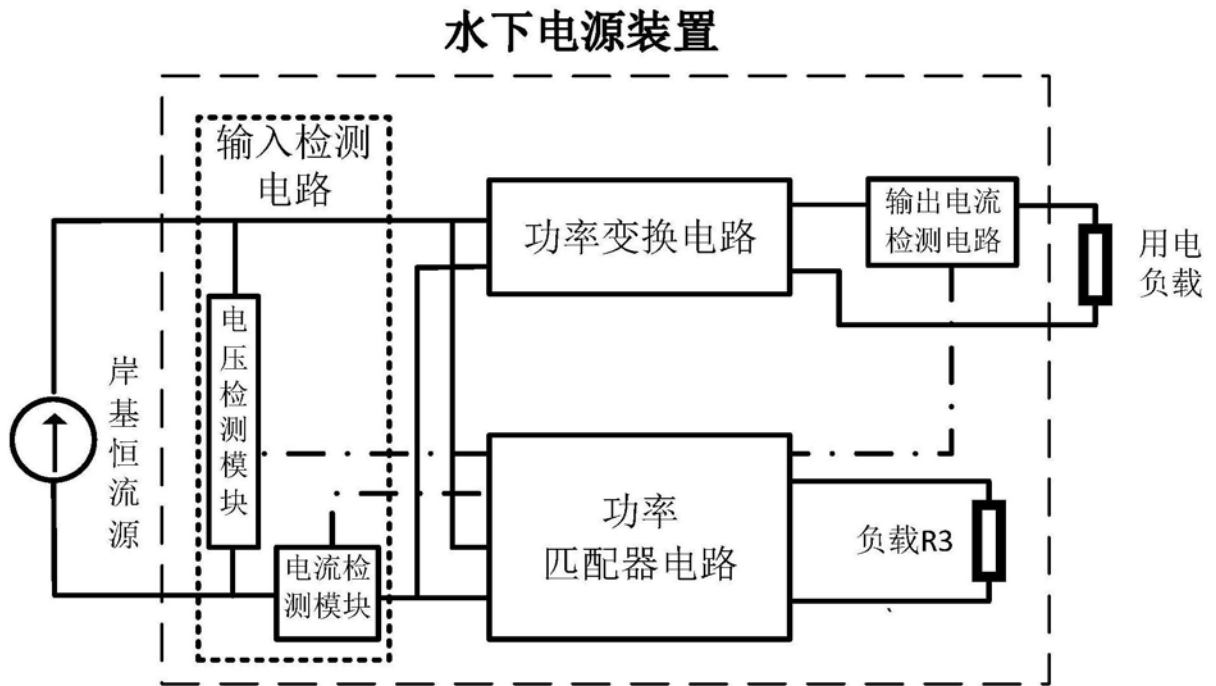


图2

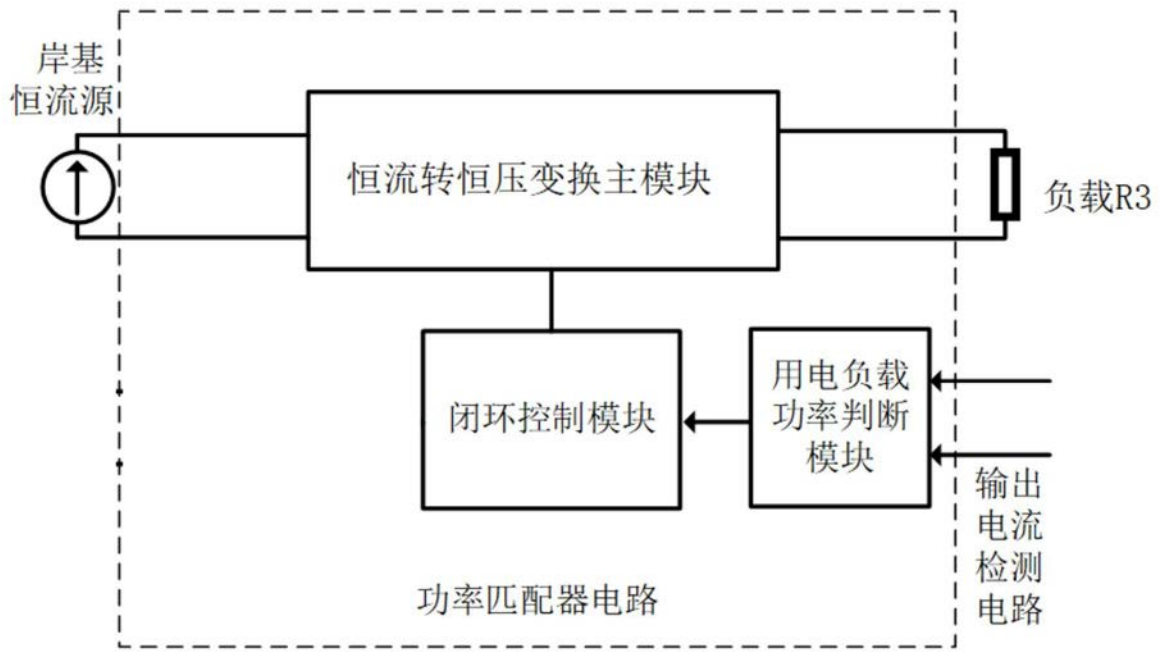


图3

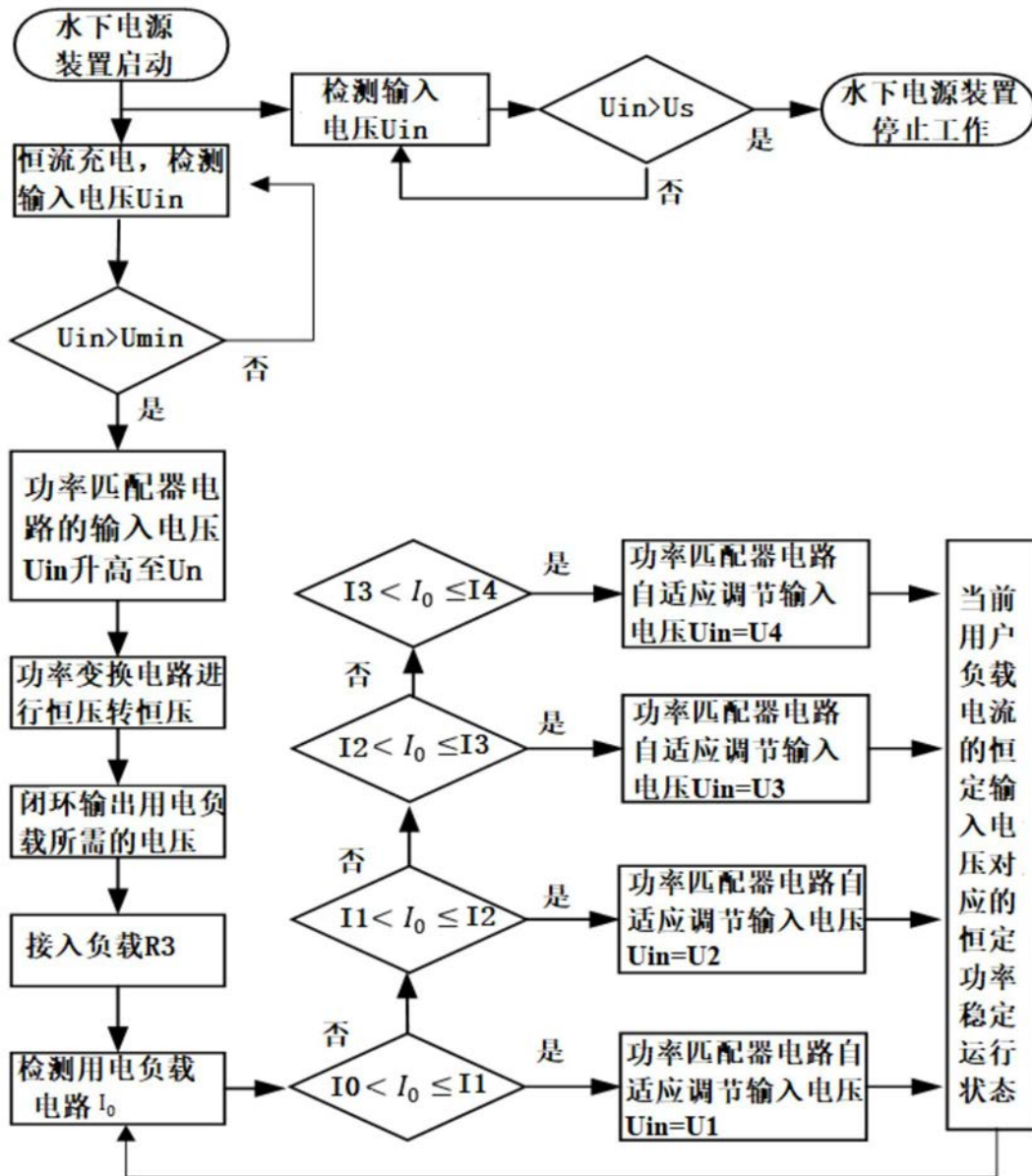


图4