

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2016 年 2 月 11 日 (11.02.2016)



(10) 国际公布号
WO 2016/019744 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02M 3/00 (2006.01) *G01R 31/36* (2006.01)
H01M 8/04 (2006.01) *G01R 31/00* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2015/078178
- (22) 国际申请日: 2015 年 5 月 4 日 (04.05.2015)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201410387807.5 2014 年 8 月 8 日 (08.08.2014) CN
201410389361.X 2014 年 8 月 8 日 (08.08.2014) CN
- (71) 申请人: 清华大学 (TSINGHUA UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国北京市海淀区清华园 1 号, Beijing 100084 (CN)。
- (72) 发明人: 洪坡 (HONG, Po); 中国北京市海淀区清华园 1 号, Beijing 100084 (CN)。 李建秋 (LI, Jianqiu); 中国北京市海淀区清华园 1 号, Beijing 100084 (CN)。 徐梁飞 (XU, Liangfei); 中国北京市海淀区清华园 1 号, Beijing 100084 (CN)。 欧阳明高 (OUYANG, Minggao); 中国北京市海淀区清华园 1 号, Beijing 100084 (CN)。

- (74) 代理人: 深圳市鼎言知识产权代理有限公司 (SHENZHEN DINGYAN INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD); 中国广东省深圳市龙华新区龙观东路 83 号荣群大厦 10 楼, Guangdong 518109 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

[见续页]

(54) Title: INTEGRATED DC/DC CONVERTER AND ELECTROCHEMICAL ENERGY STORAGE SYSTEM AS WELL AS ALTERNATING-CURRENT IMPEDANCE ANALYTICAL METHOD FOR ELECTROCHEMICAL ENERGY STORAGE DEVICE AND ANALYTICAL METHOD FOR WORKING STATE OF ELECTROCHEMICAL ENERGY STORAGE DEVICE

(54) 发明名称: 集成 DC/DC 变换器以及电化学储能系统以及电化学储能装置的交流阻抗分析方法以及其工作状态的分析方法

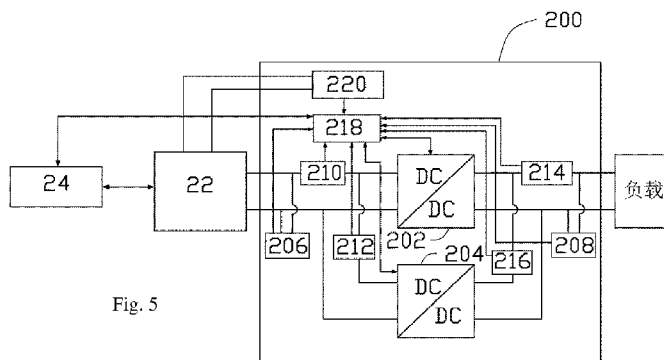


Fig. 5

(57) Abstract: An integrated DC/DC converter (200) comprises: a first DC/DC converter (202), a second DC/DC converter (204), a first voltage transducer (206), a second voltage transducer (208), a first current transducer (210), a second current transducer (212), a third current transducer (214) and a controller (218). The first DC/DC converter is in parallel connection with the second DC/DC converter; and the controller controls ON or OFF of the second DC/DC converter, and controls the second DC/DC converter to regulate and control a current at an output end of an electrochemical energy storage device (22) in a current disturbance manner in the case where the second DC/DC converter is in the ON state, so as to obtain an electrochemical alternating-current impedance spectrum of the electrochemical energy storage device. Also provided are an alternating-current impedance analytical method for an electrochemical energy storage device and an analytical method for a working state of the electrochemical energy storage device.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2016/019744 A1



本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种集成 DC/DC 变换器 (200) 包括: 第一 DC/DC 变换器 (202)、第二 DC/DC 变换器 (204)、第一电压传感器 (206)、第二电压传感器 (208)、第一电流传感器 (210)、第二电流传感器 (212)、第三电流传感器 (214) 和控制器 (218)。第一 DC/DC 变换器与第二 DC/DC 变换器并联。控制器控制第二 DC/DC 变换器的开启或关断, 并在第二 DC/DC 变换器开启的状态下控制第二 DC/DC 变换器以电流扰动的方式调控电化学储能装置 (22) 输出端的电流来获得电化学储能装置的电化学交流阻抗频谱。还提供了一种电化学储能装置的交流阻抗分析方法及其工作状态的分析方法。

说明书

发明名称: 集成DC/DC变换器以及电化学储能系统以及电化学储能装置的交流阻抗分析方法以及其工作状态的分析方法

技术领域

- [1] 本发明涉及一种DC/DC变换器以及电化学储能系统，尤其涉及一种可以监测电池工作状态的集成DC/DC变换器以及包含该集成DC/DC变换器的电化学储能系统。另外本发明还涉及一种电化学储能装置的交流阻抗分析方法以及其工作状态的监测方法。

背景技术

- [2] 氢氧质子交换膜燃料电池（Proton Exchange Membrane Fuel Cell，简称PEMFC）是一种电化学装置，直接将化学能转换为电能，传统内燃机能量转换受到卡诺循环限制，而氢氧质子交换膜燃料电池能量转换不受卡诺循环限制，理论上其能量转换效率更高。由于参与反应的物质为氢气和空气，反应产物为水，没有产生有害排放物，因此受到人们的青睐，逐渐应用于备用电站、交通运输和移动电源等领域。
- [3] 质子交换膜燃料电池输出特性为直流，其单片输出电压小于1V，典型为0.7V，为了能够提供更高的电压，需要将很多燃料电池单片串联在一起，形成燃料电池电堆，其输出功率相应提高。燃料电池单片由阳极气体扩散层（Gas Diffusion Layer，简称GDL）、膜电极组件（Membrane Electrode Assemblies，简称MEA）和阴极气体扩散层组成。
- [4] 燃料电池电堆是燃料电池发电系统的核心部件，在电堆外围有许多附件系统辅助燃料电池电堆进行工作，包括空气系统、氢气系统、冷却系统、功率调节系统、增湿系统和控制系统等。空气系统负责为电堆提供适量的氧化剂即空气，需要根据工况调节进入电堆的空气质量、温度和压力；氢气系统负责为电堆供应氢气，需要根据工况调节进入电堆的氢气压力和流量；冷却系统则通过冷却剂循环的方式使电堆温度保持合适水平，保证电堆稳定可靠运行；功率调节系统则通过调节燃料电池电堆输出电压或输出电流的方式使燃料电池系统输出

特性能满足负载需求；增湿系统负责调节进入电堆的空气中的湿度，过于或过湿对质子交换膜和电堆都有不利的影响，因此需要对进入电堆的空气进行湿度控制；控制系统是整个燃料电池发电系统的“大脑”，尤其对电堆外围的各个子系统进行优化控制，使得电堆处于最佳工作状态，保证电堆长期稳定可靠运行。

- [5] 请参阅图1，一种典型的燃料电池系统100包括燃料电池电堆10、氢气系统12、空气系统14、冷却系统16、回收系统18以及DC/DC控制器19。其中，空气系统14包括空压机142、散热器144、增湿器146以及第一流量控制阀148。所述回收系统18包括冷凝器182以及第二流量控制阀184。环境空气经由空压机142压缩后进入散热器144，由散热器144冷却后进入增湿器146进行增湿，增湿后进入燃料电池电堆10，燃料电池电堆10阴极侧的氧气和来自阳极侧的氢离子发生化学反应，在输出电能的同时产生水（气态或液态）。因此在参与反应后的阴极空气中氧气含量下降，水含量（湿度）增加。在燃料电池电堆10出口的空气经冷凝器182回收水分后，通过第二流量控制阀184排入空气环境中。其中，可通过空压机142、第一流量控制阀148以及第二流量控制阀的协调控制来控制进入燃料电池电堆10的空气流量和空气压力，可以通过散热器144调整进气温度，通过增湿器146来控制进气湿度。

- [6] 根据PEMFC的工作原理和性能特点可知，由于燃料电池电堆内部反应生成的水（气态或者液态）需要经过阴极反应通道带出，如果生成的液态水不及时排除，生成的水会阻碍流道，即所谓的水淹现象，导致电堆性能下降，影响燃料电池的使用。为了提高排水能力，需要提高空气的流量或流速以便顺利吹除液态水。在怠速或小负荷时，由于生成的水量偏小，如果一直保持较大的空气流量，则容易把流道和质子交换膜表面水都吹干，导致膜过干而性能下降；如果一直保持较小的空气流量，则不容易吹走流道内的液态水而导致水淹。

- [7] 在燃料电池控制系统中，基于现有的传感器配置，包括阴阳极进口温度和压力传感器、阴阳极出口温度和压力传感器、阴极进出口湿度传感器，通常采用集总参数模型对燃料电池电堆内部工作状态进行观测，但由于燃料电池电堆由许多单片串联而成，受电堆供气系统结构的限制，每个燃料电池单片进气压力、温度、湿度和进气组分都有所差异，单片供气状态差异和温度差异导致单片电

压出现不一致性，当供系统结构不合理和单片数量增加时，单片电压不一致性更加明显。由于不能实时观测燃料电池单片的工作状态，尤其不能及时有效判断单片是否出现水淹或膜干现象，因此通过对燃料电池供气系统和增湿系统的控制实现调节燃料电池内部工作状态难以避免出现局部燃料电池单片出现水淹或膜干现象，这对燃料电池系统性能提升是非常不利的。

- [8] 如何准确获悉燃料电池单片工作状态，判断燃料电池单片是否处于非正常工作状态如膜干或水淹，来及时调整燃料电池供气系统和增湿系统控制环节，以改善燃料电池性能，是燃料电池系统控制的一个挑战。
- [9] 随着科学技术的进步，通过不断地深入研究，人们发现燃料电池的性能特性可以用等效电路的方式进行研究，燃料电池的工作状态与等效电路中阻抗元之间具有一定的对应关系。根据燃料电池等效电路与燃料电池性能之间的关系，以及燃料电池等效电路电阻元、电容元与燃料电池电堆不同组件所处状态之间的对应关系，通过实时获取燃料电池等效电路中电阻元和电容元的阻抗值变化，就可以准确预测燃料电池单片工作状态和燃料电池电堆整体工作状态，如各个元件的工作条件（温度、湿度等）。为获取燃料电池等效电路中电阻和电容参数，需要进行交流阻抗研究，目前市场上的商业化交流阻抗分析设备，如日本KIKUSUI菊水公司和英国Solarton公司生产开发的产品，其价格都在十万元人民币以上，其工作电压范围和电流范围都无法满足现有燃料电池大客车系统的要求，自然而然很难实现大规模的实车应用。

对发明的公开

发明内容

- [10] 有鉴于此，确有必要提供一种既可以调整电池输出电压或电流以满足负载需求，又可以准确判断电池工作状态的集成DC/DC变换器以及包含该集成DC/DC变换器的电化学储能系统。此外确有必要提供一种简单有效且成本较低的电化学储能装置的交流阻抗分析方法以及其工作状态的监测方法。
- [11] 一种集成DC/DC变换器，包括：第一DC/DC变换器、第二DC/DC变换器、第一电压传感器、第二电压传感器、第一电流传感器、第二电流传感器、第三电流传感器以及控制器，其中，第一DC/DC变换器包括输入端以及输出端，该第一D

C/DC变换器的输入端与一电化学储能装置的输出端连接，该第一DC/DC变换器的输出端与负载连接，该第一DC/DC变换器用以调控所述电化学储能装置的输出以满足负载输出；所述第一DC/DC变换器与第二DC/DC变换器并联；所述第一电流传感器串联在所述电化学储能装置的输出端，检测该电化学储能装置的输出电流；所述第一电压传感器并联在所述第一DC/DC变换器的输入端，检测该电化学储能装置的输出电压；所述第二电流传感器串联在所述第二DC/DC变换器的输入端，检测该第二DC/DC变换器输入端的电流；所述第二电压传感器并联在所述第一DC/DC变换器的输出端，检测该第一DC/DC变换器输出端的电压；所述第三电流传感器串联在所述第一DC/DC变换器的输出端，检测该第一DC/DC变换器输出端的电流，所述控制器接收所述第一电压传感器、第一电流传感器、第二电压传感器、第二电流传感器以及第三电流传感器采集到的信号，并通过所述第一DC/DC变换器调控所述电化学储能装置的输出，同时，该控制器控制所述第二DC/DC变换器的开启或关断，并在所述第二DC/DC变换器开启的状态下控制所述第二DC/DC变换器以电流扰动的方式调控所述电化学储能装置输出端的电流来获得该电化学储能装置的电化学交流阻抗频谱。

[12] 一种电化学储能系统，包括控制系统以及所述的集成DC/DC变换器和电化学储能装置，所述集成DC/DC变换器与所述电化学储能装置连接，并对所述电化学储能装置输出的电能进行调控以满足负载的需求，所述控制系统通过调控保证所述电化学储能装置电能的稳定输出。

[13] 一种电化学储能装置的交流阻抗分析方法，包括以下步骤：

[14] 提供一集成DC/DC变换器，该集成DC/DC变换器包括第一DC/DC变换器、扰动源以及控制器，所述第一DC/DC变换器与该扰动源并联，所述第一DC/DC变换器的输入端与电化学储能装置的输出端连接，所述扰动源包括开关器件，该第一DC/DC变换器的输出端与负载连接，用以调控所述电化学储能装置的输出以满足负载输出，所述控制器选择性地开启或关断所述扰动源；

[15] 所述控制器开启所述扰动源，同时调控所述扰动源产生一电流扰动信号；

[16] 利用该电流扰动信号对所述电化学储能装置的输出电流进行扰动；

[17] 检测该电化学储能装置扰动后的输出电流以及输出电压；

- [18] 根据该电流扰动信号以及所述扰动后的输出电流以及输出电压计算与该电流扰动信号的频率对应的阻抗, 以及
- [19] 改变所述电流扰动信号的频率, 重新对所述电化学储能装置的输出电流进行扰动, 以获得该电化学储能装置的交流阻抗频谱。
- [20] 一种电化学储能装置工作状态的分析方法, 包括以下步骤:
- [21] 提供一典型交流阻抗频谱, 该典型交流阻抗频谱包括多个反映理想电化学储能装置中各个部件工作状态的典型频率阻抗对应值;
- [22] 采用上述的交流阻抗频谱分析的方法获得该电化学储能装置实际交流阻抗频谱, 其中, 所述电化学储能装置与所述理想电化学储能装置的类型相同, 以及
- [23] 将所述实际交流阻抗频谱与所述典型交流阻抗频谱进行比较来分析所述电化学储能装置中各个部件的工作状态。
- [24] 与现有技术相比较, 本发明实施例提供的集成DC/DC变换器不仅可以灵活调节电化学储能装置的输出特性, 还可以实时监测电化学储能装置的工作状态, 具体地, 通过所述第一DC/DC变换器灵活调节所述电化学储能装置的输出特性, 分析方法中通过所述第二DC/DC变换器在所述电化学储能装置的输出端施加不同频率的电流扰动信号, 并通过检测所述电化学储能装置输出端的电流和电压即可获得该电化学储能装置的电化学交流阻抗频谱, 根据该交流阻抗频谱可分析出该电化学储能装置的工作状态, 从而可对该电化学储能装置的工作条件进行调节以使该电化学储能装置可以保持在较好的工作状态。此外, 该集成DC/DC变换器成本低且利于车载, 而且车载时可以大大的节省安装空间。

附图说明

- [25] 图1为现有技术中的燃料电池系统的结构示意图。
- [26] 图2为本发明实施例提供的电化学储能系统的结构功能框图。
- [27] 图3为本发明实施例提供的电化学储能单体的等效电路图。
- [28] 图4为本发明实施例图3等效电路对应的电化学交流阻抗谱图。
- [29] 图5为本发明实施例提供的集成DC/DC变换器的结构示意图。
- [30] 图6为本发明实施例提供的第二DC/DC变换器的电路结构图。
- [31] 图7为本发明某一实施例提供的扰动源的电路结构图。

- [32] 图8为本发明另一实施例提供的扰动源的电路结构图。
- [33] 图9为本发明又一实施例提供的扰动源的电路结构图。
- [34] 图10为本发明实施例提供的集成DC/DC变换器中第一DC/DC变换器的工作过程图。
- [35] 图11为本发明实施例提供的电化学交流阻抗频谱分析方法中电流扰动信号产生方法的流程图。
- [36] 图12为本发明实施例提供的电化学交流阻抗频谱分析方法中分析计算交流阻抗方法的流程图。
- [37] 图13为本发明实施例提供的电化学储能装置工作状态分析方法的流程图。
- [38] 图14为本发明实施例1提供的燃料电池电堆输出端电流经扰动的极化曲线图。
- [39] 图15为本发明实施例1提供的燃料电池电堆输出端电流经信号扰动的输出电流和响应输出电压的信号图。
- [40] 图16为本发明实施例1提供的燃料电池电堆的电化学交流阻抗频谱图。

主要元件符号说明

[41]

[Table 1]

电化学储能系统	20
电化学储能装置	22
控制系统	24
集成DC/DC变换器	200
第一DC/DC变换器	202
第二DC/DC变换器	204
第一电压传感器	206
第二电压传感器	208
第一电流传感器	210
第二电流传感器	212
第三电流传感器	214
第四电流传感器	216
控制器	218
电压巡检装置	220

[42] 如下具体实施方式将结合上述附图进一步说明本发明。

具体实施方式

[43] 下面将结合附图及具体实施例对本发明提供的电化学储能系统、集成DC/DC变换器、交流阻抗频谱分析的方法以及电化学储能装置工作状态的分析方法作进一步的详细说明。

[44] 请参阅图2，本发明实施例首先提供一种电化学储能系统20，该电化学储能系统20包括电化学储能装置22、控制系统24以及集成DC/DC变换器200。所述控制系统24通过调控保证所述电化学储能装置22电能稳定输出，所述集成DC/DC变换器200与所述电化学储能装置22连接，并对所述电化学储能装置22输出的电能进行调控以满足负载的需求。

- [45] 所述电化学储能装置22可包括一个或多个电化学储能单体，该电化学储能单体通过化学反应来产生电能。该电化学储能单体包括正极、负极以及设置在正极与负极之间的电介质隔板。请参阅图3，该电化学储能单体的性能特性可以用等效电路来等效，具体地，该电化学储能单体的等效电路包括能斯特电压

$$E_{Nernst}$$

、阳极双电层电容

$$C_{dl,A}$$

和阳极电阻

$$R_A$$

、阴极双电层电容

$$C_{dl,CA}$$

和阴极电阻

$$R_{CA}$$

以及质子交换膜电阻

$$R_n$$

，其中，阳极双电层电容

$$C_{dl,A}$$

和阳极电阻

$$R_A$$

并联组成阳极RC电路，阴极双电层电容

$$C_{dl,CA}$$

和阴极电阻

$$R_{CA}$$

并联组成阴极RC电路，斯特电压

$$E_{Nernst}$$

、阴极RC电路、质子交换膜电阻

$$R_n$$

以及阳极RC电路串联。请参阅图4，该电化学储能单体等效电路相对应的交流阻抗谱与该电话学储能单体等效电路的各个参数具有如下的对应关系：

$$[46] \quad Z(\omega) = R_{\Omega} + \frac{R_A}{1 + j\omega R_A C_{dl,A}} + \frac{R_{CA}}{1 + j\omega R_{CA} C_{dl,CA}}$$

；

$$[47] \quad Z(0) = R_{\Omega} + R_A + R_{CA} = R_{\text{internal}}$$

。

[48] 其中，

$$Z(\omega)$$

是燃料电池等效电路的阻抗，该阻抗依赖于角频率

ω

， R_{internal} 是该电化学电池单体输出信号为直流信号时表现出的总内阻。

[49] 通过在所述电化学储能装置22工作过程中检测上述等效电路中的各个阻抗即可判断电化学储能装置22中各个元件的工作环境状态（如温度、湿度等），从而可动态地调节所述工作环境状态以有效地提高该电化学储能装置22的功效。优选地，该电化学储能单体可以为燃料电池、锂离子电池以及超级电容器中的至少一种。本发明实施例中所述电化学储能单体为燃料电池，对应地，所述电化学储能装置22为多个燃料电池串联的燃料电池电堆。

[50] 所述控制系统24根据所述电化学储能装置22的类型来确定。如当所述电化学储能装置22为锂离子电池组时，该控制系统24可以锂离子电池管理单元，用于检测锂离子电池组或各个锂离子电池的温度、电气参数来对该锂离子电池的一致性进行调节。本发明实施例中，该控制系统24对应所述燃料电池电堆，该控制系统24可包括氢气系统、空气系统、冷却系统、回收系统、温度湿度检测系统以及工作条件调节系统。所述工作条件调节系统利用其它系统检测到的工作条件参数对所述燃料电池电堆的工作环境进行调节。

[51] 请参阅图5，所述集成DC/DC变换器200包括第一DC/DC变换器202、第二DC/DC变换器204、第一电压传感器206、第二电压传感器208、第一电流传感器210、第二电流传感器212、第三电流传感器214、第四电流传感器216以及控制器218

，所述第一DC/DC变换器202与所述第二DC/DC变换器204并联，所述第一DC/DC变换器202的输入端接所述电化学储能装置22的输出端，所述第一DC/DC变换器202的输出端接负载，所述第一电压传感器206并联在所述第一DC/DC变换器202的输入端，用于检测所述电化学储能装置22的输出电压，所述第二电压传感器208并联在所述第一DC/DC变换器202的输出端，用于检测该第一DC/DC变换器202的输出电压，所述第一电流传感器210串联在所述电化学储能装置22的输出端，用于检测所述电化学储能装置22的输出电流，所述第二电流传感器212串联在所述第二DC/DC变换器204的输入端，用于检测该第二DC/DC变换器204输入端的电流，所述第三电流传感器214串联在所述第一DC/DC变换器202的输出端，用于检测该第一DC/DC变换器202输出端的电流，所述第四电流传感器216串联在所述第二DC/DC变换器204的输出端，用于检测该第二DC/DC变换器204输出端的电流，所述控制器218接收所述第一电压传感器206、第一电流传感器210、第二电压传感器208以及第三电流传感器214采集到的信号，并通过所述第一DC/DC变换器202调控所述电化学储能装置22的输出，此外，该控制器218控制所述第二DC/DC变换器204的开启或关断，并在所述第二DC/DC变换器开启的状态下控制所述第二DC/DC变换器204以电流扰动的方式调控所述电化学储能装置22输出端的电流来获得该电化学储能装置22的电化学交流阻抗频谱。

[52] 所述第一DC/DC变换器202和第二DC/DC变换器204可以为任意类型的DC/DC变换器，如可以为升压型DC/DC变换器、降压型DC/DC变换器以及升降压型DC/DC变换器中的至少一种。优选地，所述第一DC/DC变换器202为适用于车载功率需求的DC/DC变换器，更为优选地，所述第一DC/DC变换器202为适用于车载功率需求的大功率DC/DC变换器。该第一DC/DC变换器202的功率优选大于等于20千瓦。本发明实施例中，所述第一DC/DC变换器202的功率为20千瓦至80千瓦。该第一DC/DC变换器202用于调控所述电化学储能装置22的输出以满足负载的需求。

[53] 所述第二DC/DC变换器204作为一信号扰动源，以电流扰动模式调节所述电化学储能装置22的输出电流来检测该电化学储能装置22的电化学交流阻抗频谱。该第二DC/DC变换器204优选为高频DC/DC变换器。采用高频DC/DC变换器更利

于检测该电化学储能装置22的电化学交流阻抗频谱且可减小该第二DC/DC变换器204的电流扰动对所述负载输出的干扰或影响。该高频DC/DC变换器的频率优选为0.1Hz至1kHz。

[54] 请参阅图6，本发明实施例中，该第二DC/DC变换器204选用Boost型升压DC/DC变换器，该第二DC/DC变换器204包括电感L1、二极管D1、开关器件G1以及电容C1。其中，所述电感L1的一端作为所述第二DC/DC变换器204的正向输入端，另一端接所述二极管D1的阳极，所述二极管D1的阴极作为该第二DC/DC变换器204正向输出端。所述开关器件G1具有门极、集电极以及发射极，门极与所述控制器218连接，所述集电极与所述二极管D1的阳极连接，所述发射极同时作为所述第二DC/DC变换器204负向输入端和负向输出端。所述电容C1的一端接所述二极管D1的阴极，另一端接所述开关器件G1的发射极。该开关器件G1优选为IGBT。

[55] 该第二DC/DC变换器204的工作过程如下：当所述开关器件G1导通时，输入电压 U_{in} 产生的电流流经电感L1，根据电感的物理特性，流经电感L1的电流线性增加，电能存储与电感L1中，电感L1和开关器件G1形成导通回路，此时，二极管D1的阳极接在输入电源的负极、阴极接在输出电源的正极，二极管D1反向截止；当所述开关器件G1由导通变为关断时，根据电感的物理特性，流经电感L1的电流不能产生突变，从而产生电动势，电动势的方向与输入电压 U_{in} 的方向相同，存储在电感L1中的电能不断释放，通过二极管D1向电容C1充电和向负载提供能量，此时，电感L1、二极管D1、电容C1和负载形成回路。当周期性控制开关器件G1的导通与关断时，即可实现能量由 U_{in} 向 U_o 的传递。所述控制器218可通过控制该开关器件G1在不同时刻的导通与关断状态，来实现电流扰动信号的产生。

[56] 所述第一电压传感器206以及第一电流传感器210是实现测量所述电化学储能装置22整体的电气参数的部件。

[57] 所述第四电流传感器216可与所述第二电流传感器212配合来监测所述第二DC/DC变换器204的效率，同时可监测所述第二DC/DC变换器输出端电流变化，并传输到所述控制器218来判断该电流变化是否会对负载产生较大影响。

- [58] 所述控制器218接收上述各个传感器传送的数据，并根据负载需求以及交流阻抗频谱分析的需求来调控所述第一DC/DC变换器202以及第二DC/DC变换器204。
- [59] 该集成DC/DC变换器200在正常工作状态下，所述第一DC/DC变换器202导通，第二DC/DC变换器204断开，所述控制器218根据所述第一电压传感器206、第二电压传感器208、第一电流传感器210、第三电流传感器214采集到的数据，通过所述第一DC/DC变换器202实现对所述电化学储能装置22输出的调节以满足负载的需求。
- [60] 当要对所述电化学储能装置22的交流阻抗频谱进行分析时，所述第一DC/DC变换器202以及第二DC/DC变换器204同时导通，所述控制器218依然采用上述正常工作状态的过程，通过所述第一DC/DC变换器202对所述电化学储能装置22的输出进行调节以满足负载需求。同时所述控制器218接收所述第二电流传感器212以及第三电流传感器214（也可同时接收所述第四电流传感器216）采集到的数据，并根据该数据控制所述第二DC/DC变换器204以电流扰动的方式对所述电化学储能装置22的输出电流进行调控来获得该电化学储能装置22的电化学交流阻抗频谱。
- [61] 进一步地，当所述电化学储能装置包括多个所述电化学储能单体时，该集成DC/DC变换器200可进一步包括一电压巡检装置220，该电压巡检装置220可采集每个电化学储能单体的电压，并传输到所述控制器218中。采用该电压巡检装置220可获得该电化学储能装置22中每个电化学储能单体的电化学交流阻抗频谱。
- [62] 此外，所述扰动源也可以不限于所述第二DC/DC变换器204，只要能产生扰动电流信号的电路均可以用来作为所述扰动源。该类可用的扰动源与所述第一DC/DC变换器202并联。该类扰动源包括开关器件，通过导通或关断所述开关器件来产生所需的电流扰动信号。请进一步参阅图7，本发明某一实施例提供一种扰动源204a，该扰动源204a包括电感L1a、电容C1a、开关器件G1a以及二极管D1a，其中，所述电感L1a的一端接正输入端，另一端接开关器件G1a的发射极，电容C1a并联在输入端，二极管D1a的阴极接所述开关器件G1a的发射极、阳极接负向输入端，所述开关器件G1a的基极接所述控制器218，集电极接输出端。所述开

关器件G1a优选为IGBT。

[63] 请参阅图8，本发明另一实施例提供一种扰动源204b，该扰动源204b包括电阻R1b、R2b、变压器T1b以及开关器件G1b、G2b、G3b、G4b。所述变压器T1b包括初级线圈以及次级线圈，所述初级线圈的一端接正向输入端，另一端与电阻R1b串联后接负向输入端，所述次级线圈的一端与电阻R2b串联后接开关器件G1b的发射极，另一端接开关器件G2b的发射极。所述开关器件G1b、G2b、G3b以及G4b组成桥式电路，具体地，所述开关器件G1b、G2b、G3b以及G4b的基极均与所述控制器218连接，开关器件G1b的发射极与开关器件G3b的集电极连接，开关器件G1b的集电极与开关器件G2b的集电极连接并作为正向输出端，开关器件G2b的发射极与开关器件G4b的集电极连接，开关器件G3b的发射极与开关器件G4b的发射极连接并作为负向输出端。所述开关器件G1b、G2b、G3b以及G4b优选为IGBT。

[64] 所述扰动源204a、204b以及204均通过所述控制器218调控所述开关器件的导通与关断来产生所需频率和幅值的电流扰动信号。

[65] 请参阅图9，本发明实施例基于上述集成DC/DC变换器200，进一步提供一种所述电化学储能装置22的电化学交流阻抗频谱的分析方法，包括以下步骤：

[66] S1，导通所述第二DC/DC变换器204，同时所述控制器218调控所述第二DC/DC变换器204产生一电流扰动信号；

[67] S2，利用该电流扰动信号对所述电化学储能装置22的输出电流进行扰动；

[68] S3，检测所述电化学储能装置22扰动后的输出电流以及输出电压；

[69] S4，根据所述电流扰动信号以及所述输出电流以及输出电压计算与该电流扰动信号的频率对应的阻抗，以及

[70] S5，改变所述电流扰动信号的频率，重新对所述电化学储能装置的输出电流进行扰动，以获得该电化学储能装置22的电化学交流阻抗频谱。

[71] 在上述电化学交流阻抗频谱分析之前以及分析过程中，所述第一DC/DC变换器202始终正常工作输出到负载，具体地，请参阅图10，所述第一DC/DC变换器202工作过程包括以下步骤：

[72] S1a，根据负载需求选择所述第一DC/DC变换器202的控制模式以及目标输出信

号值

- [73] S1b, 检测所述电化学储能装置22的输出电流以及输出电压, 以及所述第一DC/DC变换器202的输出电流以及输出电压;
- [74] S1c, 将步骤S1b检测到的所述第一DC/DC变换器202的输出电流以及输出电压与所述目标输出信号值进行比较并判断是否达到该目标输出信号值:
- [75] 如果是, 则持续输出以满足负载需求;
- [76] 如果否, 所述控制器218调控该第一DC/DC变换器202中开关器件的导通与关断时间以使所述第一DC/DC变换器202的输出达到所述目标输出信号值。
- [77] 在上述步骤S1a中, 所述控制模式根据负载的需求来选择, 该控制模式包括电流输出和电压输出。
- [78] 在上述步骤S1c中, 当没有达到所述目标输出信号值时, 所述控制器218可通过对所述第一DC/DC变换器202中的开关器件的导通与关断时间进行调控以使所述电化学储能装置22输出相应的电流和电压来满足负载的需求。
- [79] 请参阅图11, 上述步骤S1具体包括以下步骤:
- [80] S11, 判断是否要进行交流阻抗分析, 如果是, 导通所述第二DC/DC变换器204, 同时执行步骤S12, 如果否, 则不导通所述第二DC/DC变换器204;
- [81] S12, 选定要进行交流阻抗分析的频率;
- [82] S13, 选择对应该频率的电流扰动信号的幅值;
- [83] S14, 根据所述频率和幅值确定所述电流扰动信号;
- [84] S15, 检测所述电化学储能装置22的输出电流以及所述第二DC/DC变换器204输入端的电流, 以及
- [85] S16, 判断所述第二DC/DC变换器204输入端的电流是否达到所述电流扰动信号, 如果否, 所述控制器218调控所述第二DC/DC变换器204中开关器件的导通与关断时间来达到预定的所述电流扰动信号。
- [86] 在上述步骤S12中, 可进一步包括判断要进行交流阻抗分析的频率是否为单一频率, 如果是单一频率, 则执行所述步骤S13-16, 如果有多个频率时, 执行下列步骤:
- [87] S12a, 确定每个频率对应的电流扰动信号的幅值;

- [88] S12b, 形成多个电流扰动信号;
- [89] S12c, 将该多个电流扰动信号叠加合成为一混合扰动电流信号, 以及
- [90] S12d, 执行所述步骤S15-S16。
- [91] 在上述步骤S15中, 检测所述电化学储能装置22的输出电流的目的在于, 进一步确定该电化学储能装置22经扰动后的输出电流的幅值是否与所述电流扰动信号的幅值一致, 如果不一致可重新调整所述电流扰动信号以使所述电化学储能装置22经扰动后的输出电流的幅值与所述电流扰动信号的幅值保持一致。
- [92] 在上述步骤S16中, 可进一步参考扰动后的所述电化学储能装置22的输出电流以保证所述电流扰动信号的叠加整体不影响负载的需求。
- [93] 在上述步骤S1中, 所述电流扰动信号优选为一小幅值的正弦电流扰动信号, 采用小幅值的电流扰动信号对所述电化学储能装置22的输出电流进行扰动一方面可避免对负载需求产生大的影响, 另一方面也可以使得该扰动信号与该集成DC/DC变换器200的整个体系的响应之间近似呈线性关系, 从而使后续测量结果的数学处理变得简单。
- [94] 所述幅值的大小可以为所述电化学储能装置22输出电流的1%到10%。优选地, 所述幅值为所述电化学储能装置22输出电流的5%。
- [95] 在上述步骤S2中, 当给所述电化学储能装置22的输出电流施加所述电流扰动信号时, 该电化学储能装置22相应会产生一与该电流扰动信号相同频率的响应信号。利用该响应信号以及电流扰动信号即可计算出所述对应选定频率的电化学交流阻抗。
- [96] 为了进一步精确的获得所述频率对应的电化学交流阻抗, 请参阅图12, 所述步骤S3进一步包括:
- [97] S31, 连续记录一段时间的所述电化学储能装置22的输出电流以及所述第二DC/DC变换器204的输入端电流;
- [98] S32, 根据上述时间段内采集的电流判断是否可以对所述电流扰动信号进行采样分析计算交流阻抗, 如果否, 执行所述步骤S31, 如果是, 则执行步骤S33;
- [99] S33, 继续采集一段时间的所述电化学储能装置22的输出电流以及输出电压, 以及

[100] S34, 根据该输出电流和输出电压计算所述频率处的交流阻抗幅值和相位。

[101] 在上述步骤S31中, 由于电流扰动信号施加到所述电化学储能装置22的输出电流时, 产生响应信号会有一定的响应时间, 因此, 需要预先记录一段时间的所述电化学储能装置22的响应输出电流以及所述第二DC/DC变换器204的输入端电流。该步骤S31中的时间段跟所述频率有关, 高频时, 所述时间段可选取较多的周期(如10个周期), 低频时可选取较少的周期(小于2个周期)。优选地, 所述步骤S31中的时间段为1个周期至10个周期。

[102] 进一步地, 在上述步骤S31中可同时采集所述第一DC/DC变换器202的输出电流以确保满足负载的需求。

[103] 在上述步骤S32中, 判断是否已获得对应的响应信号, 如果是即可开始进行电化学交流阻抗分析。

[104] 在上述步骤S33中, 继续采集一段时间的输出电压和输出电流的目的同样是为了满足响应同时减小功耗, 优选地, 该时间段小于0.2秒。

[105] 在上述步骤S33之后, 可进一步对所述步骤S33采集到的输出电流和输出电压进行滤波以及傅立叶变换(FFT)处理。

[106] 在所述电化学储能装置22的输出端施加所述电流扰动信号后的输出电流为:

$$[107] \quad i = I_1 + \Delta I \times \sin(2\pi f \times t + \phi_1)$$

;

[108] 其中, I_1 是电化学储能装置22输出端基准电流值,

ΔI

电流扰动信号幅值, f 为选定的所述扰动信号的频率, t 是时间,

ϕ_1

为该电流扰动信号的初始相位。

[109] 电流扰动后响应的输出电压为:

$$[110] \quad u = U_1 + \Delta U \times \sin(2\pi f \times t + \phi_1 + \phi)$$

;

[111] 其中, U_1 是电化学储能装置22输出端基准电压值,

ΔU

为扰动响应信号幅值， f 为响应信号频率与扰动信号频率相同，

ϕ

为响应信号相对于所述电流扰动信号的滞后相位。

[112] 在选定的所述频率 f 下的电化学储能装置22的交流阻抗为：

[113]
$$Z(f) = \frac{\Delta U}{\Delta I} \times \cos \phi + j \frac{\Delta U}{\Delta I} \sin \phi$$

；

[114] 其中，

$$\frac{\Delta U}{\Delta I}$$

为所述频率 f 下的交流阻抗幅值， j 为虚数单位。

[115] 通过改变所述频率，即可得到不同频率下的电化学储能装置22的电化学交流阻抗值，从而获得该电化学储能装置22的电化学交流阻抗频谱。当所述电化学储能装置22包括多个电化学储能单体时，通过测量每个电化学储能单体的输出电压和输出电流，并利用上述方法即可获得每个电化学储能单体的电化学交流阻抗频谱。

[116] 请参阅图13，本发明实施例进一步提供一种电化学储能装置22工作状态的分析方法，包括以下步骤：

[117] T1，提供一典型交流阻抗频谱，该典型交流阻抗频谱包括多个反映理想电化学储能装置中各个部件工作状态的典型频率阻抗对应值；

[118] T2，采用前述交流阻抗频谱分析的方法获得该电化学储能装置22实际交流阻抗频谱，其中，所述电化学储能装置22与所述理想电化学储能装置的类型相同，以及

[119] T3，将所述实际交流阻抗频谱与所述典型交流阻抗频谱进行比较来分析所述电化学储能装置中各个部件的工作状态。

[120] 在上述步骤T1中，所述典型交流阻抗频谱可通过多次测量与所述电化学储能装置22相同类型、性能较好且在一较理想的工作环境下的理想电化学储能装置的电化学交流阻抗获得。该典型交流阻抗频谱的获得方法也可通过本发明实施例提供的所述分析方法获得。在该典型交流阻抗频谱中，所述多个典型频率阻抗

对应值可以反映该种类型的电化学储能装置中各个部件的较佳工作状态。

[121] 在上述步骤T3中，通过将所述典型交流阻抗频谱与所述实际交流阻抗频谱进行比较，即可判断所述电化学储能装置22中各个部件的工作状态，从而可以及时调整，使该电化学储能装置22保持在一个较佳的工作状态。

[122] 此外，在该分析方法中，也可仅检测特定的与所述电化学储能装置的各个部件工作状态相关频率的交流阻抗。

[123] 本发明实施例提供的集成DC/DC变换器不仅可以灵活调节电化学储能装置的输出特性，还可以实时监测电化学储能装置的工作状态，具体地，通过所述第二DC/DC变换器在所述电化学储能装置的输出端施加不同频率的电流扰动信号，并通过检测所述电化学储能装置输出端的电流和电压即可获得该电化学储能装置的电化学交流阻抗频谱，根据该交流阻抗频谱可分析出该电化学储能装置的工作状态，从而可对该电化学储能装置的工作条件进行调节以使该电化学储能装置可以保持在较好的工作状态。此外，该集成DC/DC变换器成本低且利于车载，而且车载时可以大大的节省安装空间。

[124] 实施例1

[125] 本发明实施例中所述电化学储能装置22为燃料电池电堆。请同时参阅图14-15，采用小幅值的扰动电流对燃料电池电堆的输出电流进行扰动，由于该电流扰动信号幅值较小，能够保证该燃料电池电堆在工作点A附近表现出线性特性。根据上述公式计算即可得到该燃料电池电堆的电化学交流阻抗频谱，如图16所示，其中，特定频率可以反映燃料电池电堆不同部件的工作状态。

[126] 具体地，频率 f_0 代表了该燃料电池电堆的低频交流阻抗，典型频率为0.1Hz，是燃料电池电堆内部质量传递阻抗的表征，即燃料电池系统将反应物传输到催化剂层的快慢程度。当燃料电池电堆双极板上的滞留或者气体扩散层被液态水阻塞或者反应气体分压降低或过量空气系数降低时，低频交流阻抗都会有所增加。

[127] 频率 f_1 代表了燃料电池电堆的中频交流阻抗，典型频率为4Hz，是燃料电池内部催化剂动力学的表征。当催化剂流失或催化剂失效（比如由CO导致的催化剂中毒）时，中频交流阻抗和低频交流阻抗会有所增加。

- [128] 频率 f_2 代表了燃料电池电堆的高频交流阻抗，典型频率为1kHz，是燃料电池电堆容性阻抗的表征。当燃料电池电堆没有进行适度压紧或者集流板随时间不断腐蚀，高频交流阻抗会有所增加。同时，该高频高疏阻抗是质子交换膜含水量的表征，具体来说就是，表征了质子交换膜处于饱和状态或干化状态，这两种状态都会导致质子传递阻抗增加。
- [129] 另外，本领域技术人员还可在本发明精神内做其他变化，当然，这些依据本发明精神所做的变化，都应包含在本发明所要求保护的范围之内。

权利要求书

[权利要求 1]

一种集成DC/DC变换器，其特征在于，包括：

第一DC/DC变换器，包括输入端以及输出端，该第一DC/DC变换器的输入端与一电化学储能装置的输出端连接，该第一DC/DC变换器的输出端与负载连接，该第一DC/DC变换器用以调控所述电化学储能装置的输出以满足负载输出；

第二DC/DC变换器，第一DC/DC变换器与第二DC/DC变换器并联；

第一电流传感器，串联在所述电化学储能装置的输出端，检测该电化学储能装置的输出电流；

第一电压传感器，并联在所述第一DC/DC变换器的输入端，检测该电化学储能装置的输出电压；

第二电流传感器，串联在所述第二DC/DC变换器的输入端，检测该第二DC/DC变换器输入端的电流；

第二电压传感器，并联在所述第一DC/DC变换器的输出端，检测该第一DC/DC变换器输出端的电压；

第三电流传感器，串联在所述第一DC/DC变换器的输出端，检测该第一DC/DC变换器输出端的电流，以及

控制器，接收所述第一电压传感器、第一电流传感器、第二电压传感器、第二电流传感器以及第三电流传感器采集到的信号，并通过所述第一DC/DC变换器调控所述电化学储能装置的输出，同时，该控制器控制所述第二DC/DC变换器的开启或关断，并在所述第二DC/DC变换器开启的状态下控制所述第二DC/DC变换器以电流扰动的方式调控所述电化学储能装置输出端的电流来获得该电化学储能装置的电化学交流阻抗频谱。

[权利要求 2]

如权利要求1所述的集成DC/DC变换器，其特征在于，所述第一DC/DC变换器为大功率DC/DC变换器，所述第二DC/DC变换器为高频DC/DC变换器。

- [权利要求 3] 如权利要求1所述的集成DC/DC变换器，其特征在于，当所述电化学储能装置包括多个电化学储能单体时，所述集成DC/DC变换器包括一电压巡检装置用于采集每个所述电化学储能单体的电压并传输到所述控制器。
- [权利要求 4] 如权利要求1所述的集成DC/DC变换器，其特征在于，所述第二DC/DC变换器包括为升压型DC/DC变换器，包括电感L1、二极管D1、开关器件G1以及电容C1，其中，所述电感L1的一端作为所述第二DC/DC变换器的正向输入端，另一端接所述二极管D1的阳极，所述二极管D1的阴极作为该第二DC/DC变换器正向输出端，所述开关器件G1具有门极、集电极以及发射极，门极与所述控制器连接，所述集电极与所述二极管D1的阳极连接，所述发射极同时作为所述第二DC/DC变换器负向输入端和负向输出端，所述电容C1的一端接所述二极管D1的阴极，另一端接所述开关器件G1的发射极。
- [权利要求 5] 如权利要求1所述的集成DC/DC变换器，其特征在于，所述第二DC/DC变换器为一扰动源，该扰动源包括电感L1a、电容C1a、开关器件G1a以及二极管D1a，其中，所述电感L1a的一端接所述第二DC/DC变换器的正输入端，另一端接开关器件G1a的发射极，电容C1a并联在输入端，二极管D1a的阴极接所述开关器件G1a的发射极、阳极接所述第二DC/DC变换器的负向输入端，所述开关器件G1a的基极接所述控制器，集电极接所述第二DC/DC变换器的输出端。
- [权利要求 6] 如权利要求1所述的集成DC/DC变换器，其特征在于，所述第二DC/DC变换器为一扰动源，该扰动源包括电阻R1b、R2b、变压器T1b以及开关器件G1b、G2b、G3b、G4b，所述变压器T1b包括初级线圈以及次级线圈，所述初级线圈的一端接所述第二DC/DC变换器的正向输入端，另一端与电阻R1b串联后接所述第二DC/DC变换器的负向输入端，所述次级线圈的一端与电阻R2b串联后接开关器

件G1b的发射极，另一端接开关器件G2b的发射极，所述开关器件G1b、G2b、G3b以及G4b组成桥式电路。

[权利要求 7] 一种电化学储能系统，其特征在于，包括控制系统以及如权利要求1-6中任意一项所述的集成DC/DC变换器和电化学储能装置，所述集成DC/DC变换器与所述电化学储能装置连接，并对所述电化学储能装置输出的电能进行调控以满足负载的需求，所述控制系统通过调控保证所述电化学储能装置电能的稳定输出。

[权利要求 8] 如权利要求7所述的电化学储能系统，其特征在于，所述电化学储能装置包括一个或多个电化学储能单体。

[权利要求 9] 如权利要求8所述的电化学储能系统，其特征在于，所述电化学储能单体为燃料电池、锂离子电池以及超级电容器中的至少一种。

[权利要求 10] 一种电化学储能装置的交流阻抗分析方法，包括以下步骤：
提供一集成DC/DC变换器，该集成DC/DC变换器包括第一DC/DC变换器、扰动源以及控制器，所述第一DC/DC变换器与该扰动源并联，所述第一DC/DC变换器的输入端与电化学储能装置的输出端连接，所述扰动源包括开关器件，该第一DC/DC变换器的输出端与负载连接，用以调控所述电化学储能装置的输出以满足负载输出，所述控制器选择性地开启或关断所述扰动源；
所述控制器开启所述扰动源，同时调控所述扰动源产生一电流扰动信号；
利用该电流扰动信号对所述电化学储能装置的输出电流进行扰动；
检测该电化学储能装置扰动后的输出电流以及输出电压；
根据该电流扰动信号以及所述扰动后的输出电流以及输出电压计算与该电流扰动信号的频率对应的阻抗，以及
改变所述电流扰动信号的频率，重新对所述电化学储能装置的输出电流进行扰动，以获得该电化学储能装置的交流阻抗频谱。

[权利要求 11] 如权利要求10所述的电化学储能装置的交流阻抗分析方法，其特

征在于，

所述电流扰动信号产生的过程包括以下步骤：

S11，判断是否要进行交流阻抗分析，如果是，执行步骤S12，如果否，则不导通所述扰动源；

S12，选定要进行交流阻抗分析的频率；

S13，选择对应该频率的电流扰动信号的幅值；

S14，根据所述频率和幅值确定所述电流扰动信号；

S15，检测所述电化学储能装置的输出电流以及所述扰动源的输入端电流，以及

S16，判断所述扰动源的输入端电流是否达到所述电流扰动信号，如果否，所述控制器调控所述扰动源中开关器件的导通与关断时间来达到预定的所述电流扰动信号。

[权利要求 12]

如权利要求11所述的电化学储能装置的交流阻抗分析方法，其特征在于，在所述步骤S12中，进一步判断要进行所述交流阻抗分析的频率是否为单一频率，如果是则执行所述步骤S13-S16，如果有多个频率时，执行下列步骤：

S12a，确定每个频率对应的电流扰动信号的幅值；

S12b，形成多个电流扰动信号；

S12c，将该多个电流扰动信号叠加合成为一混合扰动电流信号，以及

S12d，执行所述步骤S15-S16。

[权利要求 13]

如权利要求10所述的电化学储能装置的交流阻抗分析方法，其特征在于，所述电流扰动信号为一小幅值的正弦电流扰动信号，该幅值的大小为所述电化学储能装置输出电流的1%到10%。

[权利要求 14]

如权利要求10所述的电化学储能装置的交流阻抗分析方法，其特征在于，扰动后的所述电化学储能装置的输出电压和输出电流的采集包括以下步骤：

S31，连续记录一段时间的所述电化学储能装置的输出电流以及所

述扰动源的输入端电流；

S32，根据上述时间段内采集的电流判断是否可以对所述电流扰动信号进行采样分析计算交流阻抗，如果否，执行所述步骤S31，如果是，则执行步骤S33；

S33，继续采集一段时间的所述电化学储能装置的输出电流以及输出电压，以及

S34，根据该步骤S33采集的输出电流和输出电压计算所述频率处的交流阻抗幅值和相位；

其中，所述步骤S31和S33中的采集时间段满足响应时间即可。

[权利要求 15]

如权利要求14所述的电化学储能装置的交流阻抗分析方法，其特征在于，在所述步骤S33之后，进一步对所述步骤S33采集到的输出电流和输出电压进行滤波以及傅立叶变换处理后再计算所述频率处的交流阻抗幅值和相位。

[权利要求 16]

如权利要求10所述的电化学储能装置的交流阻抗分析方法，其特征在于，与所述电流扰动信号的频率对应的阻抗通过如下过程计算：

在所述电化学储能装置的输出端施加所述电流扰动信号后的输出电流为：

$$i = I_1 + \Delta I \times \sin(2\pi f \times t + \phi_1)$$

；其中， I_1 是所述电化学储能装置输出端基准电流值，

ΔI

所述电流扰动信号的幅值， f 为选定的所述电流扰动信号的频率， t 是时间，

ϕ_1

为该电流扰动信号的初始相位；

电流扰动后所述电化学储能装置的响应的输出电压为：

$$u = U_1 + \Delta U \times \sin(2\pi f \times t + \phi_1 + \phi)$$

；其中， U_1 是所述电化学储能装置的输出端基准电压值，

$$\Delta U$$

为扰动响应信号幅值， f 为响应信号频率，与所述扰动信号频率相同，

$$\phi$$

为响应信号相对于所述电流扰动信号的滞后相位；

在选定的所述频率 f 下的电化学储能装置的交流阻抗为：

$$Z(f) = \frac{\Delta U}{\Delta I} \times \cos \phi + j \frac{\Delta U}{\Delta I} \sin \phi$$

；其中，

$$\frac{\Delta U}{\Delta I}$$

为所述频率 f 下的交流阻抗幅值， j 为虚数单位。

[权利要求 17]

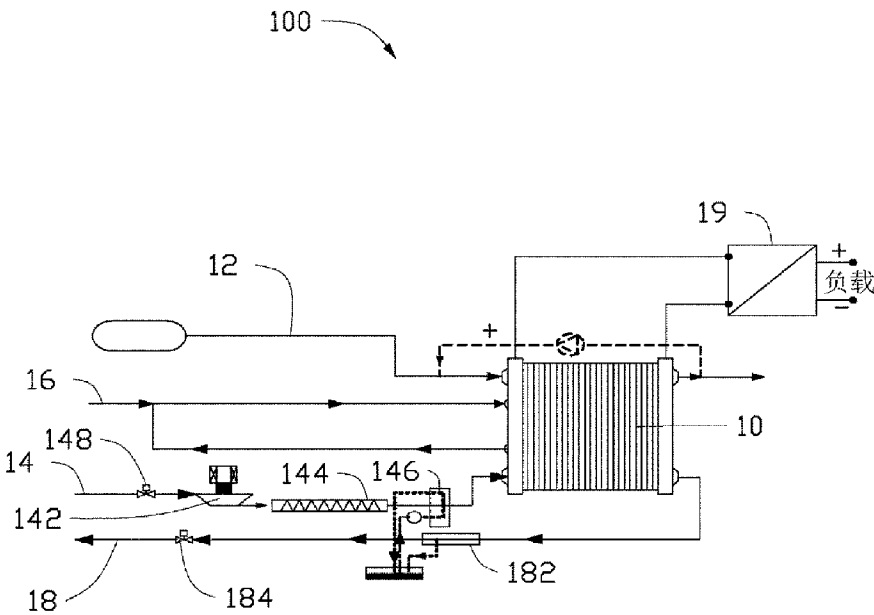
如权利要求10所述的电化学储能装置的交流阻抗分析方法，其特征在于，当所述电化学储能装置包括多个电化学储能单体时，通过测量每个电化学储能单体的输出电压和输出电流，并利用上述方法获得每个电化学储能单体的电化学交流阻抗频谱。

[权利要求 18]

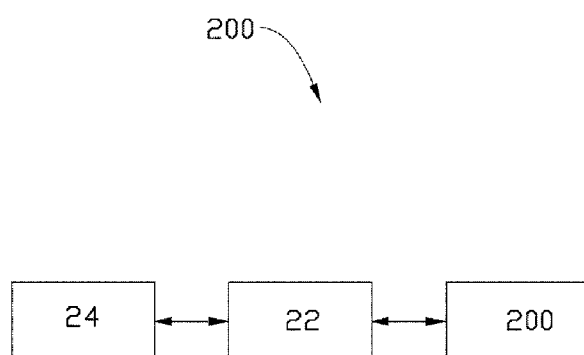
一种电化学储能装置工作状态的分析方法，包括以下步骤：

提供一典型交流阻抗频谱，该典型交流阻抗频谱包括多个反映理想电化学储能装置中各个部件工作状态的典型频率阻抗对应值；
采用如权利要求10至17中任意一项所述的交流阻抗频谱分析的方法获得该电化学储能装置实际交流阻抗频谱，其中，所述电化学储能装置与所述理想电化学储能装置的类型相同，以及
将所述实际交流阻抗频谱与所述典型交流阻抗频谱进行比较来分析所述电化学储能装置中各个部件的工作状态。

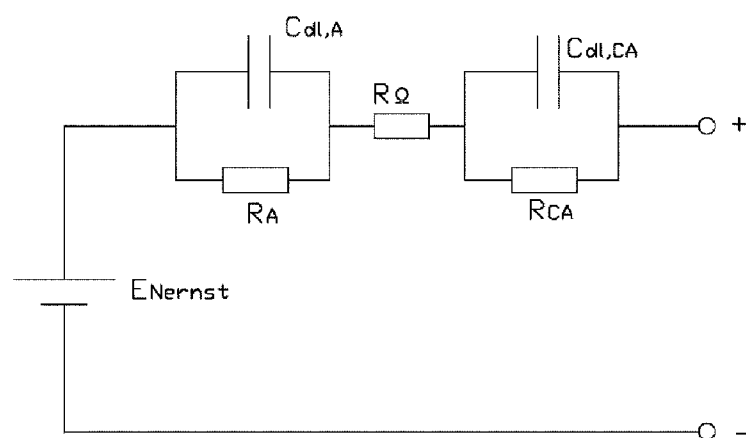
[Fig. 1]



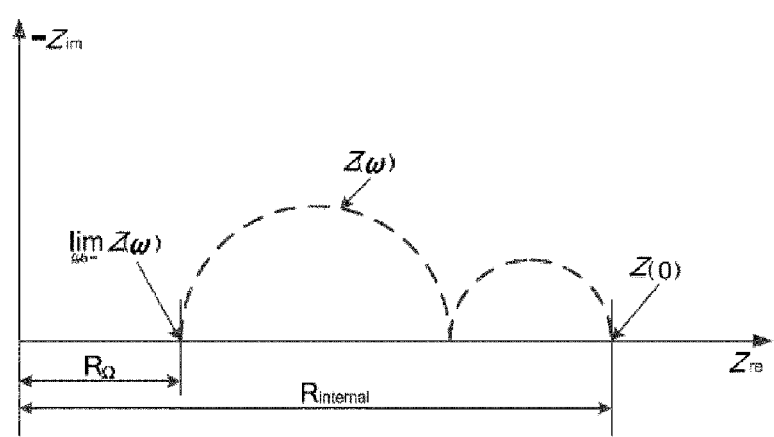
[Fig. 2]



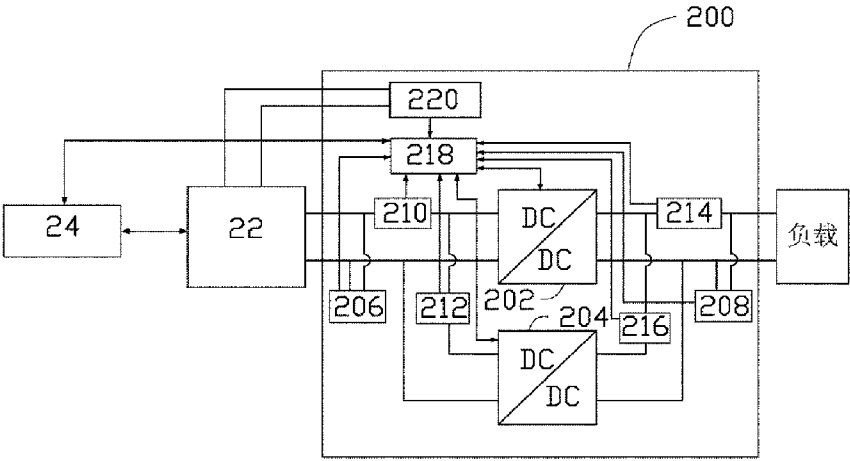
[Fig. 3]



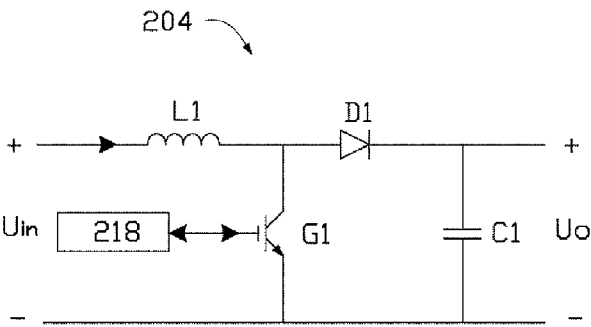
[Fig. 4]



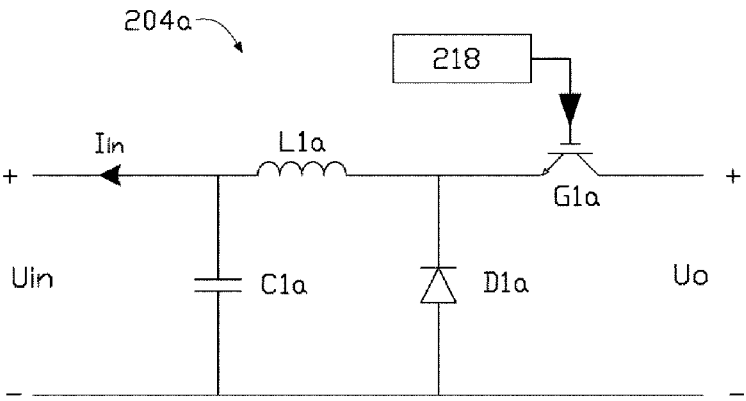
[Fig. 5]



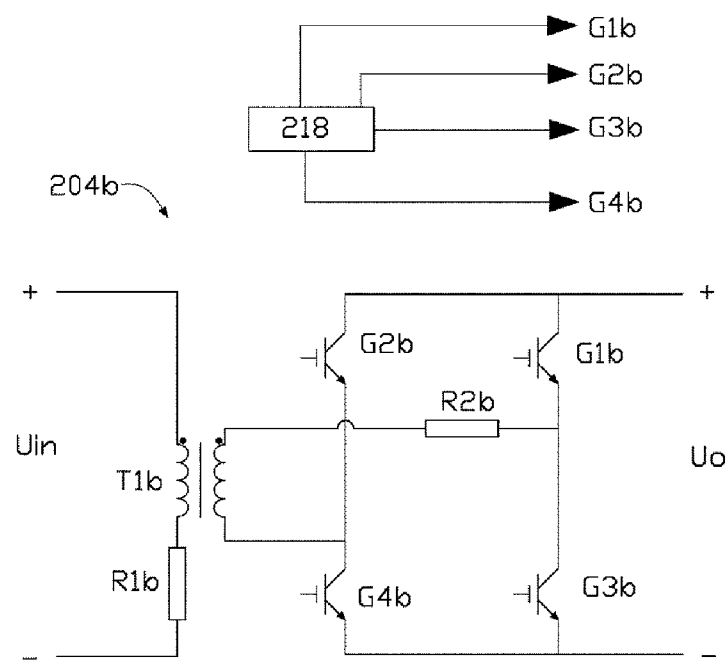
[Fig. 6]



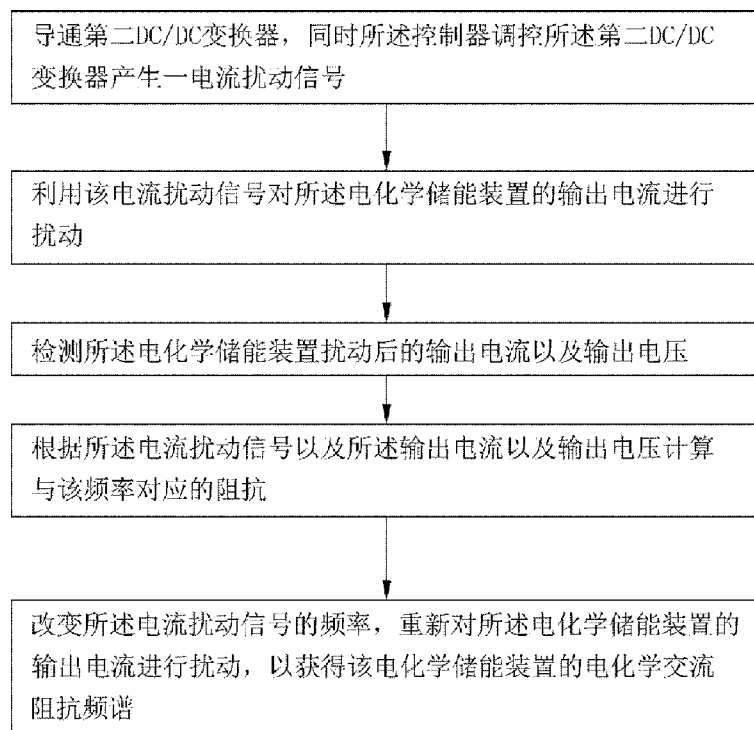
[Fig. 7]



[Fig. 8]

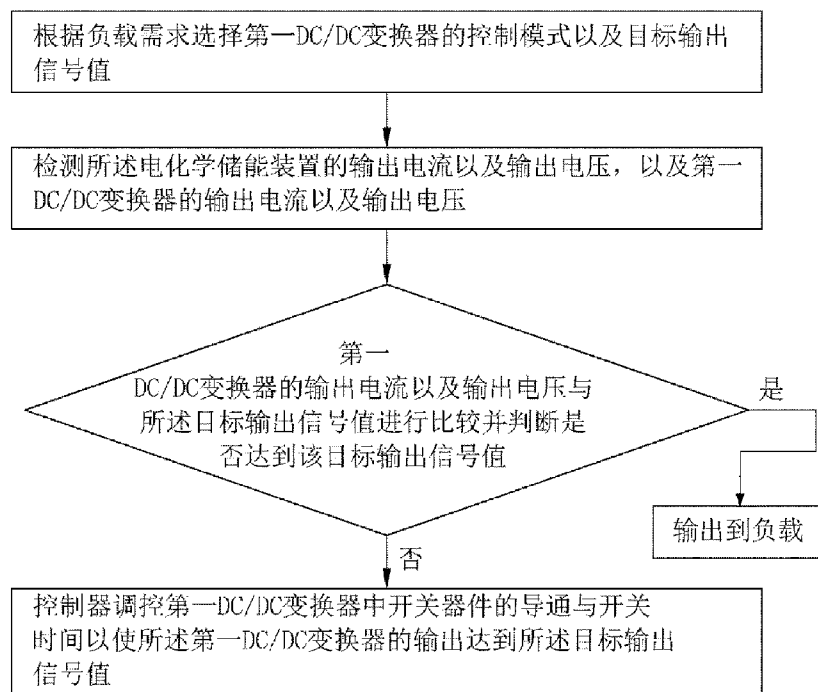


[Fig. 9]

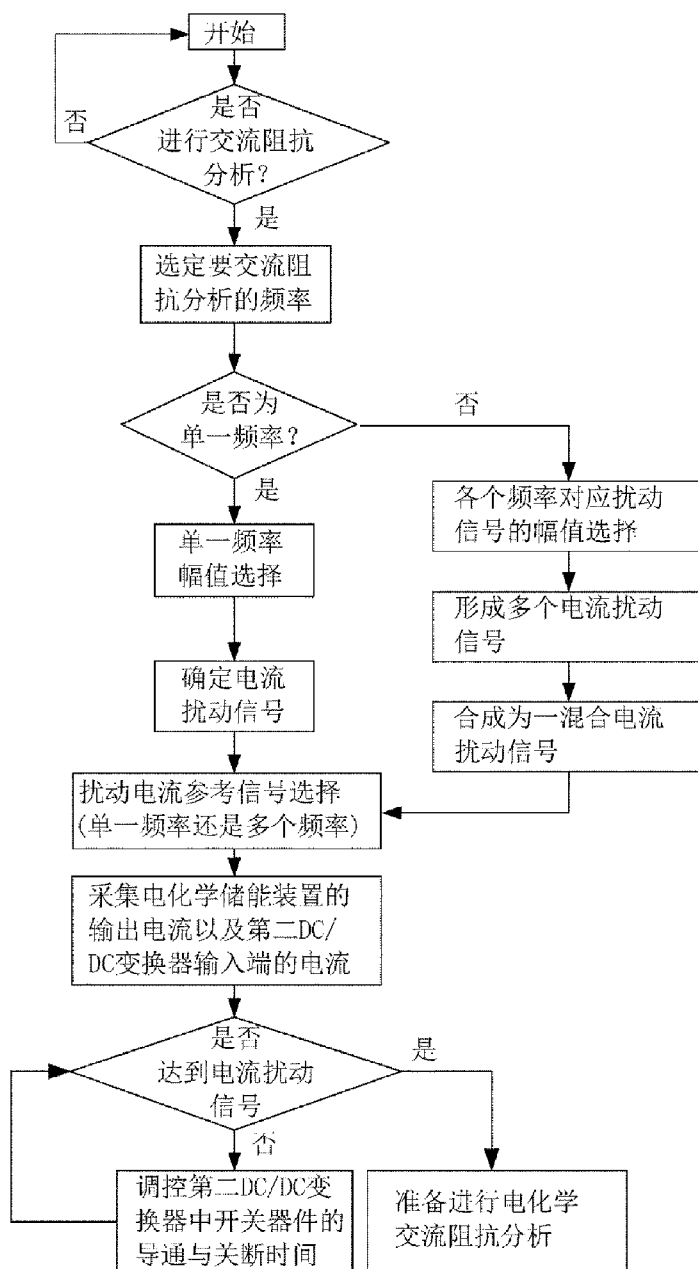


10/16

[Fig. 10]

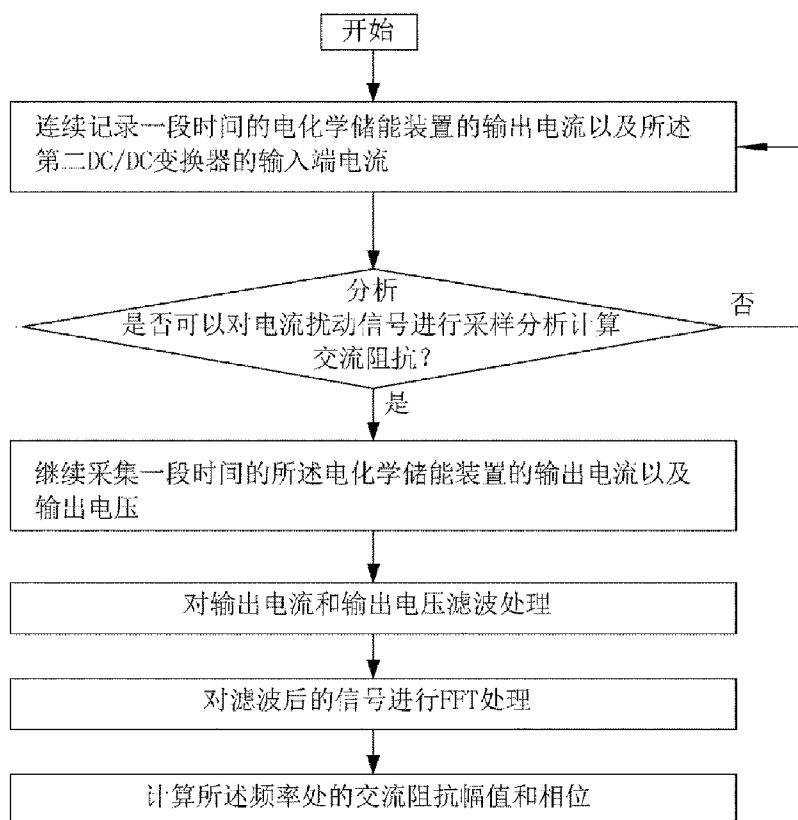


[Fig. 11]

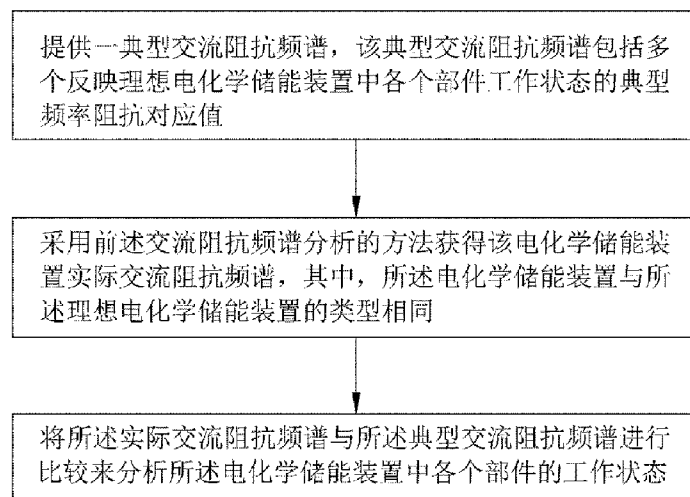


12/16

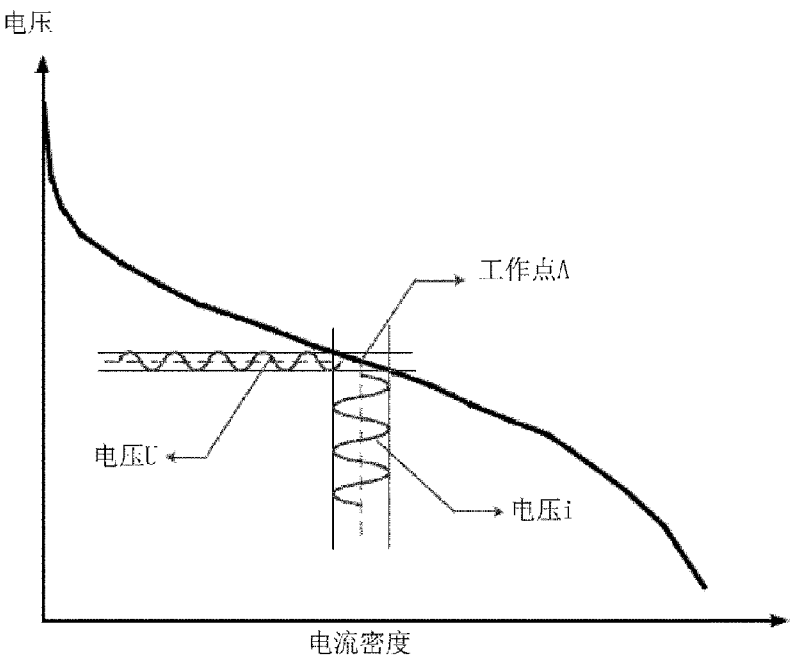
[Fig. 12]



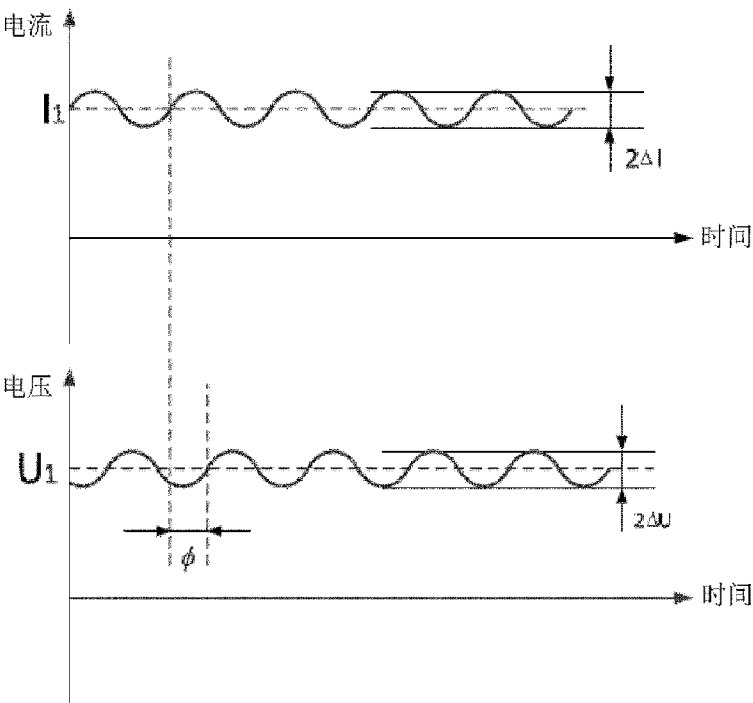
[Fig. 13]



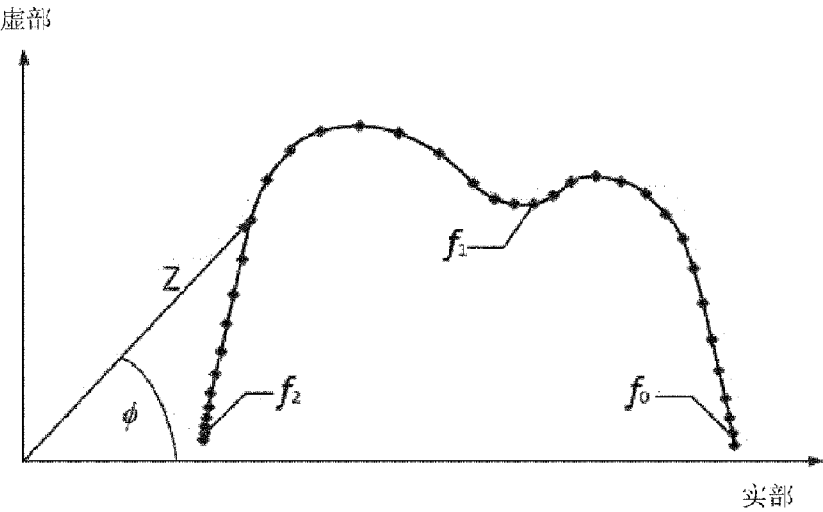
[Fig. 14]



[Fig. 15]



[Fig. 16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/078178

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02M 3/00 (2006.01) i; H01M 8/04 (2006.01) i; G01R 31/36 (2006.01) i; G01R 31/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02M; H01M; G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, DWPI, CNKI: electrochemical, fuel cell, lithium, super capacitance, direct current, DC-DC, circuit, impedance, EIS, cell, battery, current, disturbance, fluctuation, boost, converter, DC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 104158397 A (TSINGHUA UNIVERSITY), 19 November 2014 (19.11.2014), claims 1-9	1-9
PX	CN 104155611 A (TSINGHUA UNIVERSITY), 19 November 2014 (19.11.2014), claims 1-9	10-18
A	US 2010286939 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.), 11 November 2010 (11.11.2010), description, paragraphs 0023-0047, and figures 1-3	1-18
A	CN 1930718 A (PANASONIC CORPORATION), 14 March 2007 (14.03.2007), description, pages 11 and 12, and figures 5(a)-6(d)	1-18

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 15 June 2015 (15.06.2015)	Date of mailing of the international search report 25 June 2015 (25.06.2015)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer SONG, Xuemei Telephone No.: (86-10) 62411797

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2015/078178

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104158397 A	19 November 2014	None	
CN 104155611 A	19 November 2014	None	
US 2010286939 A1	11 November 2010	KR 20100121354 A	17 November 2010
CN 1930718 A	14 March 2007	WO 2005088753 A1	22 September 2005
		US 2007172708 A1	26 July 2007

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2015/078178

A. 主题的分类

H02M 3/00(2006.01)i; H01M 8/04(2006.01)i; G01R 31/36(2006.01)i; G01R 31/00(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

H02M; H01M; G01R

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS, DWPI, CNKI:阻抗, 电化学, 燃料电池, 锂, 电池, 超级电容, 电流, 扰动, 直流, 直直, 升压, 电路, 变换器, 转换器, impedance, EIS, cell, battery, current, disturbance, fluctuation, boost, converter, DC

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 104158397 A (清华大学) 2014年 11月 19日 (2014 - 11 - 19) 权利要求1-9	1-9
PX	CN 104155611 A (清华大学) 2014年 11月 19日 (2014 - 11 - 19) 权利要求1-9	10-18
A	US 2010286939 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD) 2010年 11月 11日 (2010 - 11 - 11) 说明书第0023-0047段, 图1-3	1-18
A	CN 1930718 A (松下电器产业株式会社) 2007年 3月 14日 (2007 - 03 - 14) 说明书第11, 12页, 图5(a) -6(d)	1-18

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2015年 6月 15日

国际检索报告邮寄日期

2015年 6月 25日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
北京市海淀区蓟门桥西土城路6号
100088 中国

传真号 (86-10)62019451

授权官员

宋雪梅

电话号码 (86-10)62411797

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2015/078178

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	104158397	A	2014年 11月 19日	无			
CN	104155611	A	2014年 11月 19日	无			
US	2010286939	A1	2010年 11月 11日	KR	20100121354	A	2010年 11月 17日
CN	1930718	A	2007年 3月 14日	WO	2005088753	A1	2005年 9月 22日
				US	2007172708	A1	2007年 7月 26日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)