

(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
2020 年 4 月 23 日 (23.04.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/078221 A1

(51) 国际专利分类号:

H02J 7/34 (2006.01)

(21) 国际申请号:

PCT/CN2019/109862

(22) 国际申请日:

2019 年 10 月 8 日 (08.10.2019)

(25) 申请语言:

中文

(26) 公布语言:

中文

(30) 优先权:

201811209893.5 2018年10月17日 (17.10.2018) CN

(71) 申请人: 奇瑞汽车股份有限公司 (CHERY

AUTOMOBILE CO., LTD.) [CN/CN]; 中国安徽

省芜湖市经济技术开发区长春路 8

号, Anhui 241009 (CN)。

(72) 发明人: 周健豪 (ZHOU, Jianhao); 中国安徽省芜

湖市经济技术开发区长春路 8 号, Anhui 241009

(CN)。 丁一 (DING, Yi); 中国安徽省芜湖市经

济技术开发区长春路 8 号, Anhui 241009 (CN)。

海滨 (HAI, Bin); 中国安徽省芜湖市经济技术开

发区长春路 8 号, Anhui 241009 (CN)。 周之光

(ZHOU, Zhiguang); 中国安徽省芜湖市经济技术

开发区长春路 8 号, Anhui 241009 (CN)。 赵万忠

(ZHAO, Wanzhong); 中国安徽省芜湖市经济技术

开发区长春路 8 号, Anhui 241009 (CN)。 王蓉

(WANG, Rong); 中国安徽省芜湖市经济技术开

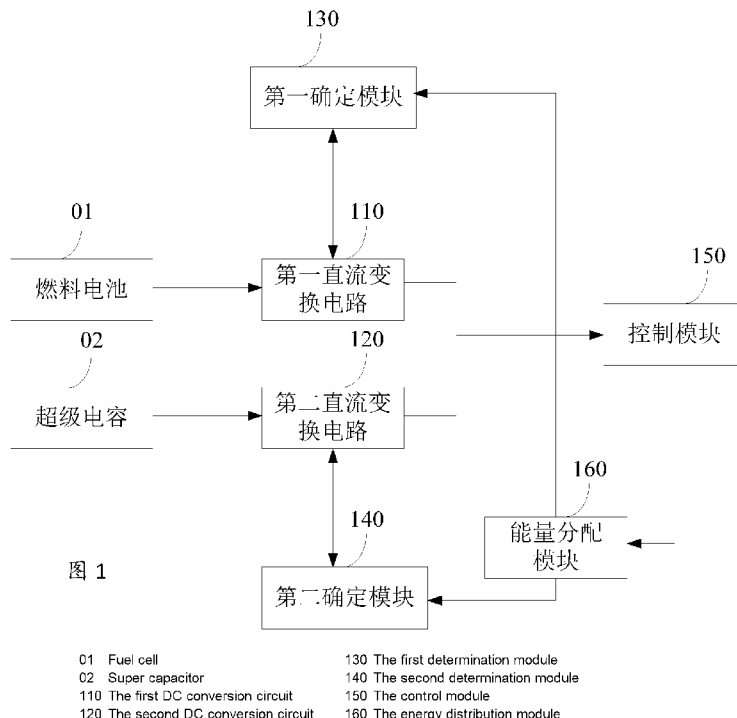
发区长春路 8 号, Anhui 241009 (CN)。

(74) 代理人: 芜湖安汇知识产权代理有限公司

等 (WUHU ANHUI INTELLECTUAL PROPERTY

(54) Title: COMPOSITE POWER SUPPLY ENERGY DISTRIBUTION METHOD OF FUEL CELL VEHICLE AND DEVICE

(54) 发明名称: 燃料电池车的复合电源能量分配方法及装置



(57) Abstract: Provided are an energy distribution method for composite power supply of fuel cell vehicle and a device, belonging to the field of electric vehicle, wherein the device comprises: a first DC conversion circuit (110), a second DC conversion circuit (120), a first determination module (130), a second determination module (140), a control module (150) and an energy distribution module (160), wherein the control module (150) determines a reference demand current signal according to the change rate of a first disturbance parameter; the energy distribution module (160) transmits the reference demand current signal to the first determination

AGENCY CO., LTD. et al.); 中国安徽省芜湖市经济技术开发区科创中心, Anhui 241009 (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

module (130) and the second determination module (140) according to the energy distribution coefficient; the first determination module (130) determines a first duty cycle signal according to the reference demand current signal and the change rate of a second disturbance parameter; the second determination module (140) determines a second duty cycle signal according to the reference demand current signal and the change rate of a third disturbance parameter. The invention can solve the problem that the current distribution method is sensitive to system parameter disturbance and load variation with poor disturbance rejection performance and poor robustness, and is insensitive to system parameter disturbance and load variation and has better disturbance rejection and robustness.

(57) 摘要: 一种燃料电池车的复合电源能量分配方法及装置, 属于电动车技术领域, 该装置包括: 第一直流变换电路 (110)、第二直流变换电路 (120)、第一确定模块 (130)、第二确定模块 (140)、控制模块 (150) 和能量分配模块 (160), 控制模块 (150) 根据第一扰动参数变化率确定参考需求电流信号; 能量分配模块 (160) 根据能量分配系数将参考需求电流信号传输至第一确定模块 (130) 和第二确定模块 (140); 第一确定模块 (130) 根据参考需求电流信号以及第二扰动参数变化率确定第一占空比信号; 第二确定模块 (140) 根据参考需求电流信号以及第三扰动参数变化率确定第二占空比信号, 解决目前分配方法对系统参数扰动和负载变化比较敏感, 抗扰性能较差, 鲁棒性能较差问题, 对系统参数扰动, 负载变化不敏感, 具有更好的抗扰性和鲁棒性。

燃料电池车的复合电源能量分配方法及装置

技术领域

本发明涉及电动车技术领域，特别涉及一种燃料电池车的复合电源能量分配方法及装置。

背景技术

燃料电池车安装有燃料电池，燃料电池以氢气、甲醇等为燃料，通过化学反应产生电流，具有无污染，能量利用率高的特点。然而燃料电池无法回收制动能量。而超级电容具有快速存储释放能量，适用温度范围宽，寿命长，以及易于管理的特点，所以目前常常是将燃料电池和超级电容混合应用在燃料电池车上，这样就需要一种电源能量分配方法实现燃料电池和超级电容双电源能量分配。

相关技术中是按照固定分配比例进行燃料电池和超级电容双电源能量分配，而这种分配方法对系统参数扰动和负载变化比较敏感，抗扰性能较差，鲁棒性能较差。

发明内容

本发明实施例提供了一种燃料电池车的复合电源能量分配方法及装置，可以解决相关技术中分配方法对系统参数扰动和负载变化比较敏感，抗扰性能较差，鲁棒性能较差的问题。所述技术方案如下：

根据本发明实施例的第一方面，提供一种燃料电池车的复合电源能量分配装置，所述复合电源包括：燃料电池和超级电容，所述装置包括：第一直流变换电路、第二直流变换电路、第一确定模块、第二确定模块、控制模块和能量分配模块，

所述第一直流变换电路与所述燃料电池连接，所述第二直流变换电路与所述超级电容连接，所述第一直流变换电路输入所述燃料电池的电压信号后输出第一斩波电流信号，所述第二直流变换电路输入所述超级电容的电压信号后输出第二斩波电流信号；

所述控制模块分别与所述第一直流变换电路和所述第二直流变换电路连接,所述控制模块用于根据所述第一斩波电流信号,所述第二斩波电流信号以及第一扰动参数变化率确定参考需求电流信号,所述第一扰动参数变化率用于指示所述控制模块的扰动参数的变化率;

所述能量分配模块与所述控制模块连接,所述能量分配模块还分别与所述第一确定模块和所述第二确定模块连接,所述能量分配模块用于根据能量分配系数将所述参考需求电流信号传输至所述第一确定模块和所述第二确定模块,所述能量分配系数是根据燃料电池用空气压缩机的频率确定的;

所述第一确定模块与所述第一直流变换电路连接,所述第一确定模块用于根据所述第一斩波电流信号,所述参考需求电流信号以及第二扰动参数变化率确定第一占空比信号,并将所述第一占空比信号传输至所述第一直流变换电路,所述第二扰动参数变化率用于指示所述燃料电池和所述第一直流变换电路的扰动参数的变化率,所述第一占空比信号用于指示为所述燃料电池所分配的能量;

所述第二确定模块与所述第二直流变换电路连接,所述第二确定模块用于根据所述第二斩波电流信号,所述参考需求电流信号,以及第三扰动参数变化率确定第二占空比信号,并将所述第二占空比信号传输至所述第二直流变换电路,所述第三扰动参数变化率用于指示所述超级电容和所述第二直流变换电路的扰动参数的变化率,所述第二占空比信号用于指示为所述超级电容所分配的能量。

可选的,所述控制模块包括:需求电流计算子模块、直流母线电容器、电压传感器、母线电压反推控制子模块和母线电容扰动计算子模块,

所述需求电流计算子模块分别与所述第一直流变换电路和所述第二直流变换电路连接,所述需求电流计算子模块用于根据所述第一斩波电流信号和所述第二斩波电流信号确定需求电流信号;

所述直流母线电容器与所述需求电流计算子模块连接,所述直流母线电容器输入所述需求电流信号后输出母线电压信号;

所述电压传感器与所述直流母线电容器连接,所述电压传感器用

于测量所述直流母线电容器输出的母线电压信号；

所述母线电压反推控制子模块与所述电压传感器连接，所述母线电压反推控制子模块用于确定参考母线电压信号和所述母线电压信号的第一误差；

所述母线电容扰动计算子模块与所述电压传感器连接，所述母线电容扰动计算子模块用于确定所述参考母线电压信号和所述母线电压信号的第一误差，并根据所述第一误差确定所述第一扰动参数变化率；

所述母线电压反推控制子模块还用于根据所述第一误差和所述第一扰动参数变化率确定所述参考需求电流信号，并将所述参考需求电流信号传输至所述能量分配模块；

所述直流母线电容器还与驱动模块连接，所述直流母线电容器用于将所述母线电压信号传输至所述驱动模块。

可选的，所述第一确定模块包括：第一电流传感器、燃料电池斩波电流反推控制子模块、燃料电池斩波电流计算子模块和燃料电池扰动计算子模块，

所述第一电流传感器与所述第一直流变换电路连接，所述第一电流传感器用于测量所述第一斩波电流信号；

所述燃料电池斩波电流计算子模块与所述能量分配模块连接，所述燃料电池斩波电流计算子模块用于接收所述能量分配模块输出的燃料电池参考斩波电流信号，所述燃料电池参考斩波电流信号是所述能量分配模块根据所述参考需求电流信号和所述能量分配系数确定的；

所述燃料电池斩波电流反推控制子模块分别与所述第一电流传感器和所述燃料电池斩波电流计算子模块连接，所述燃料电池斩波电流反推控制子模块用于确定所述第一斩波电流信号和所述燃料电池参考斩波电流信号的第二误差；

所述燃料电池扰动计算子模块分别与所述第一电流传感器和所述燃料电池斩波电流计算子模块连接，所述燃料电池扰动计算子模块用于确定所述第一斩波电流信号和所述燃料电池参考斩波电流信号

的第二误差，并根据所述第二误差确定所述第二扰动参数变化率；

所述燃料电池斩波电流反推控制子模块还与所述第一直流变换电路连接，所述燃料电池斩波电流反推控制子模块还用于根据所述第二误差和所述第二扰动参数变化率确定所述第一占空比信号，并将所述第一占空比信号传输至所述第一直流变换电路。

可选的，所述第二确定模块包括：超级电容斩波电流计算子模块、超级电容电流反推控制子模块、第二电流传感器和超级电容扰动计算子模块，

所述第二电流传感器与所述第二直流变换电路连接，所述第二电流传感器用于测量所述第二斩波电流信号；

所述超级电容斩波电流计算子模块与所述能量分配模块连接，所述超级电容斩波电流计算子模块用于接收所述能量分配模块输出的超级电容参考斩波电流信号，所述超级电容参考斩波电流信号是所述能量分配模块根据所述参考需求电流信号确定的；

所述超级电容电流反推控制子模块分别与所述第二电流传感器和所述超级电容斩波电流计算子模块连接，所述超级电容电流反推控制子模块用于确定所述第二斩波电流信号和所述超级电容参考斩波电流信号的第三误差；

所述超级电容扰动计算子模块分别与所述第二电流传感器和所述超级电容斩波电流计算子模块连接，所述超级电容扰动计算子模块用于确定所述第二斩波电流信号和所述超级电容参考斩波电流信号的第三误差，并根据所述第三误差确定所述第三扰动参数变化率；

所述超级电容电流反推控制子模块还与所述第二直流变换电路连接，所述超级电容电流反推控制子模块用于根据所述第三误差和所述第三扰动参数变化率确定所述第二占空比信号，并将所述第二占空比信号传输至所述第二直流变换电路。

可选的，所述第一直流变换电路包括燃料电池电感和燃料电池斩波器，所述燃料电池、所述燃料电池电感和所述燃料电池斩波器依次连接，所述第二直流变换电路包括超级电容电感和超级电容斩波器，所述超级电容、所述超级电容电感和所述超级电容斩波器依次连接；

所述燃料电池斩波器和所述超级电容斩波器均与所述控制模块连接，所述燃料电池斩波器与所述第一确定模块连接，所述超级电容斩波器与所述第二确定模块连接。

根据本发明实施例的第二方面，提供一种燃料电池车的复合电源能量分配方法，用于第一方面所述燃料电池车的复合电源能量分配装置，所述复合电源包括：燃料电池和超级电容，所述方法包括：

所述控制模块根据所述第一直流变换电路输出的第一斩波电流信号，所述第二直流变换电路输出的第二斩波电流信号以及第一扰动参数变化率确定参考需求电流信号，并将所述参考需求电流信号传输至所述能量分配模块，所述第一扰动参数变化率用于指示所述控制模块的扰动参数的变化率；

所述能量分配模块根据能量分配系数将所述参考需求电流信号传输至所述第一确定模块和所述第二确定模块，所述能量分配系数是根据燃料电池用空气压缩机的频率确定的；

所述第一确定模块根据所述第一斩波电流信号，所述参考需求电流信号以及第二扰动参数变化率确定第一占空比信号，并将所述第一占空比信号传输至所述第一直流变换电路，所述第二扰动参数变化率用于指示所述燃料电池和所述第一直流变换电路的扰动参数的变化率，所述第一占空比信号用于指示为所述燃料电池所分配的能量；

所述第二确定模块根据所述第二斩波电流信号，所述参考需求电流信号，以及第三扰动参数变化率确定第二占空比信号，并将所述第二占空比信号传输至所述第二直流变换电路，所述第三扰动参数变化率用于指示所述超级电容和所述第二直流变换电路的扰动参数的变化率，所述第二占空比信号用于指示为所述超级电容所分配的能量。

可选的，所述控制模块包括：需求电流计算子模块、直流母线电容器、电压传感器、母线电压反推控制子模块和母线电容扰动计算子模块，

所述控制模块根据所述第一直流变换电路输出的第一斩波电流信号，所述第二直流变换电路输出的第二斩波电流信号以及第一扰动参数变化率确定参考需求电流信号，并将所述参考需求电流信号传输

至所述能量分配模块，包括：

所述需求电流计算子模块根据所述第一斩波电流信号和所述第二斩波电流信号确定需求电流信号，并将所述需求电流信号传输至所述直流母线电容器，得到母线电压信号；

所述电压传感器测量所述直流母线电容器输出的母线电压信号，并将所述母线电压信号传输至所述母线电压反推控制子模块和所述母线电容扰动计算子模块；

所述母线电压反推控制子模块确定参考母线电压信号和所述母线电压信号的第一误差；

所述母线电容扰动计算子模块确定所述参考母线电压信号和所述母线电压信号的第一误差，并根据所述第一误差确定所述第一扰动参数变化率；

所述母线电压反推控制子模块根据所述第一误差和所述第一扰动参数变化率确定所述参考需求电流信号，并将所述参考需求电流信号传输至所述能量分配模块；

所述方法还包括：

所述直流母线电容器将所述母线电压信号传输至驱动模块。

可选的，所述第一确定模块包括：第一电流传感器、燃料电池斩波电流反推控制子模块、燃料电池斩波电流计算子模块和燃料电池扰动计算子模块，

所述第一确定模块根据所述第一斩波电流信号，所述参考需求电流信号以及第二扰动参数变化率确定第一占空比信号，并将所述第一占空比信号传输至所述第一直流变换电路，包括：

所述第一电流传感器测量所述第一直流变换电路输出的第一斩波电流信号，并将所述第一斩波电流信号传输至所述燃料电池斩波电流反推控制子模块和所述燃料电池扰动计算子模块；

所述燃料电池斩波电流计算子模块接收所述能量分配模块输出的燃料电池参考斩波电流信号，并将所述燃料电池参考斩波电流信号传输至所述燃料电池斩波电流反推控制子模块和所述燃料电池扰动计算子模块，所述燃料电池参考斩波电流信号是所述能量分配模块根

据所述参考需求电流信号和所述能量分配系数确定的；

所述燃料电池斩波电流反推控制子模块确定所述第一斩波电流信号和所述燃料电池参考斩波电流信号的第二误差；

所述燃料电池扰动计算子模块确定所述第一斩波电流信号和所述燃料电池参考斩波电流信号的第二误差，并根据所述第二误差确定所述第二扰动参数变化率；

所述燃料电池斩波电流反推控制子模块根据所述第二误差和所述第二扰动参数变化率确定所述第一占空比信号，并将所述第一占空比信号传输至所述第一直流变换电路。

可选的，所述第二确定模块包括：超级电容斩波电流计算子模块、超级电容电流反推控制子模块、第二电流传感器和超级电容扰动计算子模块，

所述第二确定模块根据所述第二斩波电流信号，所述参考需求电流信号，以及第三扰动参数变化率确定第二占空比信号，并将所述第二占空比信号传输至所述第二直流变换电路，包括：

所述第二电流传感器测量所述第二直流变换电路输出的第二斩波电流信号，并将所述第二斩波电流信号传输至所述超级电容电流反推控制子模块和所述超级电容扰动计算子模块；

所述超级电容斩波电流计算子模块接收所述能量分配模块输出的超级电容参考斩波电流信号，并将所述超级电容参考斩波电流信号传输至所述超级电容电流反推控制子模块和所述超级电容扰动计算子模块，所述超级电容参考斩波电流信号是所述能量分配模块根据所述参考需求电流信号确定的；

所述超级电容电流反推控制子模块确定所述第二斩波电流信号和所述超级电容参考斩波电流信号的第三误差；

所述超级电容扰动计算子模块确定所述第二斩波电流信号和所述超级电容参考斩波电流信号的第三误差，并根据所述第三误差确定所述第三扰动参数变化率；

所述超级电容电流反推控制子模块根据所述第三误差和所述第三扰动参数变化率确定所述第二占空比信号，并将所述第二占空比信

号传输至所述第二直流变换电路。

本发明实施例提供的技术方案至少包括以下有益效果：

本发明实施例提供的燃料电池车的复合电源能量分配方法及装置，控制模块根据第一直流变换电路输出的第一斩波电流信号，第二直流变换电路输出的第二斩波电流信号，以及第一扰动参数变化率，确定参考需求电流信号。能量分配模块根据能量分配系数将参考需求电流信号传输至第一确定模块和第二确定模块。第一确定模块再根据第一斩波电流信号、参考需求电流信号和第二扰动参数变化率确定第一占空比信号；第二确定模块再根据第二斩波电流信号、参考需求电流信号和第三扰动参数变化率确定第二占空比信号，本申请能够基于燃料电池、第一直流变换电路、超级电容、第二直流变换电路和控制模块运行时的不确定性，进行燃料电池和超级电容双电源能量分配，因此，对系统参数扰动，负载变化不敏感，具有更好的抗扰性和鲁棒性。

附图说明

为了更清楚地说明本发明的实施例，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，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，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 是本发明实施例提供的一种燃料电池车的复合电源能量分配装置的结构示意图；

图 2 是本发明实施例提供的另一种燃料电池车的复合电源能量分配装置的结构示意图；

图 3 是本发明实施例提供的一种燃料电池车的复合电源能量分配方法的流程图；

图 4 是本发明实施例提供的一种控制模块确定将参考需求电流信号传输至能量分配模块的流程图；

图 5 是本发明实施例提供的一种第一确定模块将第一占空比信号传输至第一直流变换电路的流程图；

图 6 是本发明实施例提供的一种第二确定模块将第二占空比信号传输至第二直流变换电路的流程图。

具体实施方式

为了使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本发明作进一步地详细描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部份实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例，都属于本发明保护的范围。

目前，燃料电池车安装有燃料电池，而燃料电池无法回收制动能量，所以常常是将燃料电池和超级电容混合应用在燃料电池车上。相关技术中，按照固定分配比例进行燃料电池和超级电容双电源能量分配的方法，无法适用于整车随机非线性动力模型，对系统参数扰动和负载变化比较敏感，抗扰性能较差，鲁棒性能（即稳定性能）较差，最终造成燃料电池车的能量损失，对燃料电池车产生潜在的危害。

在本发明实施例中，能够基于燃料电池、第一直流变换电路、超级电容、第二直流变换电路和控制模块运行时的不确定性，进行燃料电池和超级电容双电源能量分配，对系统参数扰动，负载变化不敏感，具有更好的抗扰性和鲁棒性。

图 1 是本发明实施例提供的一种燃料电池车的复合电源能量分配装置的结构示意图。该装置用于燃料电池车，燃料电池车安装有复合电源，复合电源包括燃料电池和超级电容，如图 1 所示，该装置包括：第一直流变换电路 110、第二直流变换电路 120、第一确定模块 130、第二确定模块 140、控制模块 150 和能量分配模块 160。

其中，第一直流变换电路 110 与燃料电池 01 连接，第二直流变换电路 120 与超级电容 02 连接。第一直流变换电路 110 输入燃料电池 01 的电压信号 u_{fc} 后输出第一斩波电流信号 i_{fc_ch} 。第二直流变换电路 120 输入超级电容 02 的电压信号 u_{sc} 后输出第二斩波电流信号 i_{sc_ch} 。

控制模块 150 分别与第一直流变换电路 110 和第二直流变换电路

120 连接。控制模块 150 用于根据第一斩波电流信号 i_{fc_ch} ，第二斩波电流信号 i_{sc_ch} 以及第一扰动参数变化率 $\hat{\theta}_1'$ 确定参考需求电流信号 i_{s-ref} ，第一扰动参数变化率 $\hat{\theta}_1'$ 用于指示控制模块 150 的扰动参数的变化率。第一扰动参数变化率 $\hat{\theta}_1'$ 能够反映控制模块运行时的不确定性，比如运行时出现的扰动，参数时变及其他不确定因素等问题。

能量分配模块 160 与控制模块 150 连接，能量分配模块 160 还分别与第一确定模块 130 和第二确定模块 140 连接。能量分配模块 160 用于根据能量分配系数 k_D 将参考需求电流信号 i_{s-ref} 传输至第一确定模块 130 和第二确定模块 140，能量分配系数 k_D 是根据燃料电池用空气压缩机的频率确定的。

第一确定模块 130 与第一直流变换电路 110 连接。第一确定模块 130 用于根据第一斩波电流信号 i_{fc_ch} ，参考需求电流信号 i_{s-ref} 以及第二扰动参数变化率 $\hat{\theta}_2'$ 确定第一占空比信号 α_{fc_ch} ，并将第一占空比信号 α_{fc_ch} 传输至第一直流变换电路 110，第二扰动参数变化率 $\hat{\theta}_2'$ 用于指示燃料电池 01 和第一直流变换电路 110 的扰动参数的变化率，第一占空比信号 α_{fc_ch} 用于指示燃料电池所分配的能量。第二扰动参数变化率 $\hat{\theta}_2'$ 能够反映燃料电池 01 和第一直流变换电路 110 运行时的不确定性，比如运行时出现的扰动，参数时变及其他不确定因素等问题。

第二确定模块 140 与第二直流变换电路 120 连接。第二确定模块 140 用于根据第二斩波电流信号 i_{sc_ch} ，参考需求电流信号 i_{s-ref} ，以及第三扰动参数变化率 $\hat{\theta}_3'$ 确定第二占空比信号 α_{sc_ch} ，并将第二占空比信号 α_{sc_ch} 传输至第二直流变换电路 120，第三扰动参数变化率 $\hat{\theta}_3'$ 用于指示超级电容 02 和第二直流变换电路 120 的扰动参数的变化率。第二占空比信号 α_{sc_ch} 用于指示超级电容所分配的能量。第三扰动参数变化率 $\hat{\theta}_3'$ 能够反映超级电容 02 和第二直流变换电路 120 运行时的不确定性，比如运行时出现的扰动，参数时变及其他不确定因素等问题。

参见图 1，在本发明实施例中，燃料电池车的复合电源能量分配装置能够基于燃料电池 01、第一直流变换电路 110、超级电容 02、第二直流变换电路 120 和控制模块 150 运行时的不确定性，进行燃料电池和超级电容双电源能量分配，很好地克服了电源在运行时出现的

扰动, 参数时变及其他不确定因素等问题。因此, 对系统参数扰动, 负载变化不敏感, 具有更好的抗扰性和鲁棒性。

综上所述, 本发明实施例提供的燃料电池车的复合电源能量分配装置, 第一直流变换电路输出第一斩波电流信号, 第二直流变换电路输出第二斩波电流信号, 控制模块用于根据第一斩波电流信号, 第二斩波电流信号, 以及第一扰动参数变化率, 确定参考需求电流信号。能量分配模块用于根据能量分配系数将参考需求电流信号传输至第一确定模块和第二确定模块。第一确定模块用于根据第一斩波电流信号、参考需求电流信号和第二扰动参数变化率确定第一占空比信号; 第二确定模块用于根据第二斩波电流信号、参考需求电流信号和第三扰动参数变化率确定第二占空比信号, 该装置能够基于燃料电池、第一直流变换电路、超级电容、第二直流变换电路和控制模块运行时的不确定性, 进行燃料电池和超级电容双电源能量分配, 因此, 对系统参数扰动, 负载变化不敏感, 具有更好的抗扰性和鲁棒性。

图2是本发明实施例提供在图1的基础上提供的另一种燃料电池车的复合电源能量分配装置的结构示意图。如图2所示, 控制模块包括: 需求电流计算子模块 151、直流母线电容器 152、电压传感器 153、母线电压反推控制子模块 154 和母线电容扰动计算子模块 155。

其中, 需求电流计算子模块 151 分别与第一直流变换电路和第二直流变换电路连接。需求电流计算子模块 151 用于根据第一斩波电流信号 i_{fc_ch} 和第二斩波电流信号 i_{sc_ch} 确定需求电流信号 i_s 。

直流母线电容器 152 与需求电流计算子模块 151 连接。直流母线电容器 152 输入需求电流信号 i_s 后输出母线电压信号 u_{bus} 。

电压传感器 153 与直流母线电容器 152 连接。电压传感器 153 用于测量直流母线电容器 152 输出的母线电压信号 u_{bus} 。

母线电压反推控制子模块 154 与电压传感器 153 连接。母线电压反推控制子模块 154 用于确定参考母线电压信号 $u_{bus-ref}$ 和母线电压信号 u_{bus} 的第一误差 e_1 。

母线电容扰动计算子模块 155 与电压传感器 153 连接。母线电容

扰动计算子模块 155 用于确定参考母线电压信号 $u_{bus-ref}$ 和母线电压信号 u_{bus} 的第一误差 e_1 ，并根据第一误差 e_1 确定第一扰动参数变化率 $\hat{\theta}_1'$ 。

母线电压反推控制子模块 154 还用于根据第一误差 e_1 和第一扰动参数变化率 $\hat{\theta}_1'$ 确定参考需求电流信号 i_{s-ref} ，并将参考需求电流信号 i_{s-ref} 传输至能量分配模块 160。

直流母线电容器 152 还与驱动模块 03 连接。直流母线电容器 152 用于将母线电压信号 u_{bus} 传输至驱动模块 03。

可选的，如图 2 所示，第一直流变换电路包括：燃料电池电感 111 和燃料电池斩波器 112，燃料电池 01、燃料电池电感 111 和燃料电池斩波器 112 依次连接。燃料电池电感 111 输入电压信号 u_{fc} 后输出电流信号 i_{fc} 。燃料电池斩波器 112 输入电流信号 i_{fc} 后输出第一斩波电流信号 i_{fc_ch} 。其中，电流信号 i_{fc} 的计算公式为：

$$i_{fc} = \frac{(u_{fc} - u_{fc_ch})}{(L_{fc}s + r_{fc})}, \quad u_{fc} \text{ 为燃料电池输出的电压信号； } u_{fc_ch} \text{ 为燃料电}$$

池斩波电压信号，单位为伏 (V)； L_{fc} 为燃料电池电感感抗，单位为亨 (H)； s 为燃料电池电感的传递函数，传递函数的表达式可以参考相关技术； r_{fc} 为燃料电池的内阻，单位为欧姆 (Ω)。

第一斩波电流信号 i_{fc_ch} 的计算公式为：

$i_{fc_ch} = \alpha_{fc_ch} \times i_{fc}$ ， α_{fc_ch} 为第一占空比信号， $\alpha_{fc_ch} \in [0,1]$ ， i_{fc} 为燃料电池电感输出的电流信号。

燃料电池斩波电压信号 u_{fc_ch} 的计算公式为：

$u_{fc_ch} = \alpha_{fc_ch} u_{bus}$ ， α_{fc_ch} 为第一占空比信号， $\alpha_{fc_ch} \in [0,1]$ ， u_{bus} 为直流母线电容器 152 输出的母线电压信号。

第二直流变换电路包括：超级电容电感 121 和超级电容斩波器 122，超级电容 02、超级电容电感 121 和超级电容斩波器 122 依次连接。超级电容电感 121 输入电压信号 u_{sc} 后输出电流信号 i_{sc} ，超级电容

斩波器 122 输入电流信号 i_{sc} 后输出第二斩波电流信号 i_{sc_ch} 。其中，电流信号 i_{sc} 的计算公式为：

$$i_{sc} = \frac{(u_{sc} - u_{sc_ch})}{(L_{sc}s + r_{sc})}, \quad u_{sc} \text{ 为超级电容 02 的电压信号; } u_{sc_ch} \text{ 为超级电容}$$

斩波电压信号，单位为伏 V； L_{sc} 为超级电容电感感抗，单位为 H；s 为超级电容电感的传递函数； r_{sc} 为超级电容的内阻，单位为 Ω 。

第二斩波电流信号 i_{sc_ch} 的计算公式为：

$i_{sc_ch} = \alpha_{sc_ch} \times i_{sc}$ ， α_{sc_ch} 为第二占空比信号， $\alpha_{sc_ch} \in [0,1]$ ， i_{sc} 为超级电容电感输出的电流信号。

超级电容斩波电压信号 u_{sc_ch} 的计算公式为：

$u_{sc_ch} = \alpha_{sc_ch} u_{bus}$ ， α_{sc_ch} 为第二占空比信号， $\alpha_{sc_ch} \in [0,1]$ ， u_{bus} 为直流母线电容器 152 输出的母线电压信号。

燃料电池斩波器 112 和超级电容斩波器 122 均与控制模块的需求电流计算子模块 151 连接。需求电流计算子模块 151 根据第一斩波电流信号 i_{fc_ch} 和第二斩波电流信号 i_{sc_ch} 确定需求电流信号 i_s 的计算公式为：

$$i_s = i_{fc_ch} + i_{sc_ch}。$$

直流母线电容器 152 输出的母线电压信号 u_{bus} 的计算公式为：

$$u_{bus} = \frac{(i_s - i_{ts})}{C_{bus}s}, \quad i_s \text{ 为需求电流计算子模块 151 输出的需求电流信号,}$$

单位为安培 (A)； C_{bus} 为直流母线电容器 152 的电容值，单位为法拉 (F)；s 为直流母线电容器 152 的传递函数，该传递函数的表达式可以参考相关技术； i_{ts} 为直流母线电容器 152 的工作电流，单位为 A，

$$i_{ts} = \frac{P_m \times (\eta_{ed})}{u_{bus}}, \quad P_m \text{ 为驱动模块 03 的电驱动功率, 单位为瓦特 (W); } \eta_{ed}$$

为电驱动效率。

母线电压反推控制子模块 154 确定参考母线电压信号 $u_{bus-ref}$ 和母线电压信号 u_{bus} 的第一误差 e_1 的计算公式为: $e_1 = u_{bus-ref} - u_{bus}$ 。

母线电容扰动计算子模块 155 确定参考母线电压信号 $u_{bus-ref}$ 和母线电压信号 u_{bus} 的第一误差 e_1 的计算公式为: $e_1 = u_{bus-ref} - u_{bus}$ 。

母线电容扰动计算子模块 155 根据第一误差 e_1 确定第一扰动参数变化率 $\hat{\theta}_1'$ 的计算公式为: $\hat{\theta}_1' = -C_{bus} e_1 \Gamma_1$, C_{bus} 为直流母线电容器 152 的电容值, Γ_1 为系统自适应增益, 是一个正常数, Γ_1 基于系统性能要求确定。

母线电压反推控制子模块 154 根据第一误差 e_1 和第一扰动参数变化率 $\hat{\theta}_1'$ 确定参考需求电流信号 i_{s-ref} 的计算公式为:

$i_{s-ref} = c_1 e_1 + C_{bus} u'_{bus-ref} + i_{ts} - C_{bus} \hat{\theta}_1$, c_1 为常数, $c_1 > 0$, C_{bus} 为直流母线电容器 152 的电容值, $u_{bus-ref}$ 为参考母线电压信号, i_{ts} 为直流母线电容器 152 的工作电流, θ_1 为扰动参数, 用于表示直流母线电容器 152 的电阻和模型的不确定性。

参见图 2, 第一确定模块包括: 第一电流传感器 131、燃料电池斩波电流反推控制子模块 132、燃料电池斩波电流计算子模块 133 和燃料电池扰动计算子模块 134。

其中, 第一电流传感器 131 与第一直流变换电路连接, 具体为第一电流传感器 131 与燃料电池斩波器 112 连接。第一电流传感器 131 用于测量燃料电池斩波器 112 输出的第一斩波电流信号 i_{fc-ch} 。

燃料电池斩波电流计算子模块 133 与能量分配模块 160 连接。燃料电池斩波电流计算子模块 133 用于接收能量分配模块 160 输出的燃料电池参考斩波电流信号 i_{fc_ch-ref} ，燃料电池参考斩波电流信号 i_{fc_ch-ref} 是能量分配模块 160 根据参考需求电流信号 i_{s-ref} 和能量分配系数 k_D 确定的。燃料电池参考斩波电流信号 i_{fc_ch-ref} 的计算公式为：

$$i_{fc_ch-ref} = k_D i_{s-ref}, \quad k_D \text{ 为能量分配系数, } k_D = \frac{2\pi f_c}{2\pi f_c + s}, \quad f_c \text{ 为燃料电池用空}$$

气压缩机的频率， s 为能量分配模块 160 的传递函数，该传递函数可以参考相关技术； i_{s-ref} 为母线电压反推控制子模块 154 确定的参考需求电流信号。

燃料电池斩波电流反推控制子模块 132 分别与第一电流传感器 131 和燃料电池斩波电流计算子模块 133 连接。燃料电池斩波电流反推控制子模块 132 用于确定第一斩波电流信号 i_{fc_ch} 和燃料电池参考斩波电流信号 i_{fc_ch-ref} 的第二误差 e_2 ，第二误差 e_2 的计算公式为：

$$e_2 = i_{fc_ch-ref} - i_{fc_ch}。$$

燃料电池扰动计算子模块 134 分别与第一电流传感器 131 和燃料电池斩波电流计算子模块 133 连接。所述燃料电池扰动计算子模块 134 用于确定第一斩波电流信号 i_{fc_ch} 和燃料电池参考斩波电流信号 i_{fc_ch-ref} 的第二误差 e_2 ，并根据第二误差 e_2 确定第二扰动参数变化率 $\hat{\theta}_2'$ 。第二误差 e_2 的计算公式为： $e_2 = i_{fc_ch-ref} - i_{fc_ch}$ 。

第二扰动参数变化率 $\hat{\theta}_2'$ 的计算公式为： $\hat{\theta}_2' = -L_{fc} e_2 \Gamma_2 / \alpha_{fc_ch}$ ， L_{fc} 为燃料电池电感感抗，单位为 H； e_2 为第二误差， Γ_2 为系统自适应增益，是一个正常数， Γ_2 基于系统性能要求确定； α_{fc_ch} 为第一占空比信号， $\alpha_{fc_ch} \in [0,1]$ 。

燃料电池斩波电流反推控制子模块 132 还与第一直流变换电路连接，具体为燃料电池斩波电流反推控制子模块 132 与燃料电池斩波器 112 连接，燃料电池斩波电流反推控制子模块 132 还用于根据第二

误差 e_2 和第二扰动参数变化率 $\hat{\theta}_2'$ 确定第一占空比信号 α_{fc_ch} ，并将第一占空比信号 α_{fc_ch} 传输至所述第一直流变换电路的燃料电池斩波器 112。第一占空比信号 α_{fc_ch} 的计算公式为：

$$\alpha_{fc_ch} = \frac{1}{u_{bus}} \left(-L_{fc} \frac{i'_{fc_ch-ref}}{\alpha_{fc_ch}} - r_{fc} \left(\frac{i_{fc_ch-ref}}{\alpha_{fc_ch}} - \frac{e_2}{\alpha_{fc_ch}} \right) + u_{fc} - c_2 \frac{e_2}{\alpha_{fc_ch}} + L_{fc} \hat{\theta}_2' \right), u_{bus}$$

为直流母线电容器 152 输出的母线电压信号； L_{fc} 为燃料电池电感器抗； i_{fc_ch-ref} 为燃料电池参考斩波电流信号； r_{fc} 为燃料电池的内阻； e_2 为第二误差； u_{fc} 为燃料电池输出的电压信号； c_2 为常数， $c_2 > 0$ ； θ_2 为扰动参数，用于表示燃料电池电感和燃料电池电源模型的不确定性。

参见图 2，第二确定模块包括：超级电容斩波电流计算子模块 141、超级电容电流反推控制子模块 142、第二电流传感器 143 和超级电容扰动计算子模块 144。

其中，第二电流传感器 142 与第二直流变换电路连接，具体为第二电流传感器 142 与超级电容斩波器 122 连接。第二电流传感器 142 用于测量超级电容斩波器 122 输出的第二斩波电流信号 i_{sc_ch} 。

超级电容斩波电流计算子模块 141 与能量分配模块 160 连接。超级电容斩波电流计算子模块用于接收能量分配模块 160 输出的超级电容参考斩波电流信号 i_{sc_ch-ref} ，超级电容参考斩波电流信号 i_{sc_ch-ref} 是能量分配模块 160 根据参考需求电流信号 i_{s-ref} 确定的。超级电容参考斩波电流信号 i_{sc_ch-ref} 的计算公式为： $i_{sc_ch-ref} = i_{s-ref} - i_{fc_ch-ref}$ ， i_{s-ref} 为母线电压反推控制子模块 154 确定的参考需求电流信号； i_{fc_ch-ref} 为燃料电池参考斩波电流信号。

超级电容电流反推控制子模块 142 分别与第二电流传感器 143 和超级电容斩波电流计算子模块 141 连接。超级电容电流反推控制子模块 142 用于确定第二斩波电流信号 i_{sc_ch} 和超级电容参考斩波电流信号 i_{sc_ch-ref} 的第三误差 e_3 ，第三误差 e_3 的计算公式为： $e_3 = i_{sc_ch-ref} - i_{sc_ch}$ 。

超级电容扰动计算子模块 144 分别与第二电流传感器 143 和超级电容斩波电流计算子模块 141 连接, 超级电容扰动计算子模块 144 用于确定第二斩波电流信号 i_{sc_ch} 和超级电容参考斩波电流信号 i_{sc_ch-ref} 的第三误差 e_3 , 并根据第三误差 e_3 确定第三扰动参数变化率 $\hat{\theta}_3'$ 。第三误差 e_3 的计算公式为: $e_3 = i_{sc_ch-ref} - i_{sc_ch}$ 。

第三扰动参数变化率 $\hat{\theta}_3'$ 的计算公式为: $\hat{\theta}_3' = -L_{sc}e_3\Gamma_3 / \alpha_{sc_ch}$, L_{sc} 为超级电容电感感抗; e_3 为第三误差, Γ_3 为系统自适应增益, 是一个正常数, Γ_3 基于系统性能要求确定; α_{sc_ch} 为第二占空比信号, $\alpha_{sc_ch} \in [0,1]$ 。

超级电容电流反推控制子模块 142 还与第二直流变换电路连接, 具体为超级电容电流反推控制子模块 142 与超级电容斩波器 122 连接。超级电容电流反推控制子模块 142 用于根据第三误差 e_3 和第三扰动参数变化率 $\hat{\theta}_3'$ 确定第二占空比信号 α_{sc_ch} , 并将第二占空比信号 α_{sc_ch} 传输至第二直流变换电路的超级电容斩波器 122。第二占空比信号 α_{sc_ch} 的计算公式为:

$$\alpha_{sc_ch} = \frac{1}{u_{bus}} \left(-L_{sc} \frac{i'_{sc_ch-ref}}{\alpha_{sc_ch}} - r_{sc} \left(\frac{i_{sc_ch-ref}}{\alpha_{sc_ch}} - \frac{e_3}{\alpha_{sc_ch}} \right) + u_{sc} - c_3 \frac{e_3}{\alpha_{sc_ch}} + L_{sc} \hat{\theta}_3' \right), \quad u_{bus}$$

为直流母线电容器 152 输出的母线电压信号; L_{sc} 为超级电容电感感抗; i_{sc_ch-ref} 为超级电容参考斩波电流信号; r_{sc} 为超级电容的内阻; e_3 为第三误差; u_{sc} 为超级电容 02 输出的电压信号; c_3 为常数, $c_3 > 0$; θ_3 为扰动参数, 用于表示超级电容电感和超级电容电源模型的不确定性。

综上所述, 本发明实施例提供的燃料电池车的复合电源能量分配装置, 第一直流变换电路输出第一斩波电流信号, 第二直流变换电路输出第二斩波电流信号, 控制模块用于根据第一斩波电流信号, 第二斩波电流信号, 以及第一扰动参数变化率, 确定参考需求电流信号。能量分配模块用于根据能量分配系数将参考需求电流信号传输至第一确定模块和第二确定模块。第一确定模块用于根据第一斩波电流信号、参考需求电流信号和第二扰动参数变化率确定第一占空比信号; 第二确定模块用于根据第二斩波电流信号、参考需求电流信号和第三

扰动参数变化率确定第二占空比信号，该装置能够基于燃料电池、第一直流变换电路、超级电容、第二直流变换电路和控制模块运行时的不确定性，进行燃料电池和超级电容双电源能量分配，因此，对系统参数扰动，负载变化不敏感，具有更好的抗扰性和鲁棒性。

图 3 是本发明实施例提供的一种燃料电池车的复合电源能量分配方法的流程图。该方法用于图 1 或图 2 所示的燃料电池车的复合电源能量分配装置，如图 3 所示，该方法包括：

步骤 310、控制模块根据第一直流变换电路输出的第一斩波电流信号，第二直流变换电路输出的第二斩波电流信号以及第一扰动参数变化率确定参考需求电流信号，并将参考需求电流信号传输至能量分配模块。

第一扰动参数变化率用于指示控制模块的扰动参数的变化率。

步骤 320、能量分配模块根据能量分配系数将参考需求电流信号传输至第一确定模块和第二确定模块。

能量分配系数是根据燃料电池用空气压缩机的频率确定的。

步骤 330、第一确定模块根据第一斩波电流信号，参考需求电流信号以及第二扰动参数变化率确定第一占空比信号，并将第一占空比信号传输至第一直流变换电路。

第二扰动参数变化率用于指示燃料电池和第一直流变换电路的扰动参数的变化率，第一占空比信号用于指示为燃料电池所分配的能量。

步骤 340、第二确定模块根据第二斩波电流信号，参考需求电流信号，以及第三扰动参数变化率确定第二占空比信号，并将第二占空比信号传输至第二直流变换电路。

第三扰动参数变化率用于指示超级电容和第二直流变换电路的扰动参数的变化率，第二占空比信号用于指示为超级电容所分配的能量。

参见图 1，在步骤 310 中，控制模块 150 根据第一直流变换电路 110 输出的第一斩波电流信号，第二直流变换电路 120 输出的第二斩

波电流信号以及第一扰动参数变化率确定参考需求电流信号,并将参考需求电流信号传输至能量分配模块 160。在步骤 320 中,能量分配模块 160 根据能量分配系数将参考需求电流信号传输至第一确定模块 130 和第二确定模块 140。在步骤 330 中,第一确定模块 130 根据第一斩波电流信号,参考需求电流信号以及第二扰动参数变化率确定第一占空比信号,并将第一占空比信号传输至第一直流变换电路 110。在步骤 340 中,第二确定模块 140 根据第二斩波电流信号,参考需求电流信号,以及第三扰动参数变化率确定第二占空比信号,并将第二占空比信号传输至第二直流变换电路 120。

可选的,如图 2 所示,控制模块可以包括:需求电流计算子模块 151、直流母线电容器 152、电压传感器 153、母线电压反推控制子模块 154 和母线电容扰动计算子模块 155。

如图 4 所示,步骤 310 可以包括:

步骤 311、需求电流计算子模块根据第一斩波电流信号和第二斩波电流信号确定需求电流信号,并将需求电流信号传输至直流母线电容器,得到母线电压信号。

步骤 312、电压传感器测量直流母线电容器输出的母线电压信号,并将母线电压信号传输至母线电压反推控制子模块和母线电容扰动计算子模块。

步骤 313、母线电压反推控制子模块确定参考母线电压信号和母线电压信号的第一误差。

步骤 314、母线电容扰动计算子模块确定参考母线电压信号和母线电压信号的第一误差,并根据第一误差确定第一扰动参数变化率。

步骤 315、母线电压反推控制子模块根据第一误差和第一扰动参数变化率确定参考需求电流信号,并将参考需求电流信号传输至能量分配模块。

参见图 2,在步骤 311 中,需求电流计算子模块 151 根据第一斩波电流信号和第二斩波电流信号确定需求电流信号,并将需求电流信号传输至直流母线电容器 152,得到母线电压信号。在步骤 312 中,电压传感器 153 测量直流母线电容器 152 输出的母线电压信号,并将

母线电压信号传输至母线电压反推控制子模块 154 和母线电容扰动计算子模块 155。在步骤 313 中, 母线电压反推控制子模块 154 确定参考母线电压信号和母线电压信号的第一误差。在步骤 314 中, 母线电容扰动计算子模块 155 确定参考母线电压信号和母线电压信号的第一误差, 根据第一误差确定第一扰动参数变化率, 并将第一扰动参数变化率传输至母线电压反推控制子模块 154。在步骤 315 中, 母线电压反推控制子模块 154 根据第一误差和第一扰动参数变化率确定参考需求电流信号, 并将参考需求电流信号传输至能量分配模块 160。

参加图 2, 该方法还可以包括: 直流母线电容器 152 将母线电压信号传输至驱动模块 03。

可选的, 如图 2 所示, 第一确定模块包括: 第一电流传感器 131、燃料电池斩波电流反推控制子模块 132、燃料电池斩波电流计算子模块 133 和燃料电池扰动计算子模块 134。

如图 5 所示, 步骤 330 可以包括:

步骤 331、第一电流传感器测量第一直流变换电路输出的第一斩波电流信号, 并将第一斩波电流信号传输至燃料电池斩波电流反推控制子模块和燃料电池扰动计算子模块。

步骤 332、燃料电池斩波电流计算子模块接收能量分配模块输出的燃料电池参考斩波电流信号, 并将燃料电池参考斩波电流信号传输至燃料电池斩波电流反推控制子模块和燃料电池扰动计算子模块。

燃料电池参考斩波电流信号是能量分配模块根据参考需求电流信号和能量分配系数确定的。

步骤 333、燃料电池斩波电流反推控制子模块确定第一斩波电流信号和燃料电池参考斩波电流信号的第二误差。

步骤 334、燃料电池扰动计算子模块确定第一斩波电流信号和燃料电池参考斩波电流信号的第二误差, 根据第二误差确定第二扰动参数变化率。

步骤 335、燃料电池斩波电流反推控制子模块根据第二误差和第二扰动参数变化率确定第一占空比信号, 并将第一占空比信号传输至第一直流变换电路。

参见图 2，在步骤 331 中，第一电流传感器 131 测量第一直流变换电路的燃料电池斩波器 112 输出的第一斩波电流信号，并将第一斩波电流信号传输至燃料电池斩波电流反推控制子模块 132 和燃料电池扰动计算子模块 134。在步骤 332 中，燃料电池斩波电流计算子模块 133 接收能量分配模块 160 输出的燃料电池参考斩波电流信号，并将燃料电池参考斩波电流信号传输至燃料电池斩波电流反推控制子模块 132 和燃料电池扰动计算子模块 134。在步骤 333 中，燃料电池斩波电流反推控制子模块 132 确定第一斩波电流信号和燃料电池参考斩波电流信号的第二误差。在步骤 334 中，燃料电池扰动计算子模块 134 确定第一斩波电流信号和燃料电池参考斩波电流信号的第二误差，并根据第二误差确定第二扰动参数变化率。在步骤 335 中，燃料电池斩波电流反推控制子模块 132 根据第二误差和第二扰动参数变化率确定第一占空比信号，并将第一占空比信号传输至第一直流变换电路的燃料电池斩波器 112。

可选的，如图 2 所示，第二确定模块包括：超级电容斩波电流计算子模块 141、超级电容电流反推控制子模块 142、第二电流传感器 143 和超级电容扰动计算子模块 144。

如图 6 所示，步骤 340 可以包括：

步骤 341、第二电流传感器测量第二直流变换电路输出的第二斩波电流信号，并将第二斩波电流信号传输至超级电容电流反推控制子模块和超级电容扰动计算子模块。

步骤 342、超级电容斩波电流计算子模块接收能量分配模块输出的超级电容参考斩波电流信号，并将超级电容参考斩波电流信号传输至超级电容电流反推控制子模块和超级电容扰动计算子模块。

其中，超级电容参考斩波电流信号是能量分配模块根据参考需求电流信号确定的。

步骤 343、超级电容电流反推控制子模块确定第二斩波电流信号和超级电容参考斩波电流信号的第三误差。

步骤 344、超级电容扰动计算子模块确定第二斩波电流信号和超级电容参考斩波电流信号的第三误差，并根据第三误差确定第三扰动

参数变化率。

步骤 344、超级电容电流反推控制子模块根据第三误差和第三扰动参数变化率确定第二占空比信号，并将第二占空比信号传输至第二直流变换电路。

参见图 2，在步骤 341 中，第二电流传感器 143 测量第二直流变换电路的超级电容斩波器 122 输出的第二斩波电流信号，并将第二斩波电流信号传输至超级电容电流反推控制子模块 142 和超级电容扰动计算子模块 144。在步骤 342 中，超级电容斩波电流计算子模块 141 接收能量分配模块 160 输出的超级电容参考斩波电流信号，并将超级电容参考斩波电流信号传输至超级电容电流反推控制子模块 142 和超级电容扰动计算子模块 144。在步骤 343 中，超级电容电流反推控制子模块 142 确定第二斩波电流信号和超级电容参考斩波电流信号的第三误差。在步骤 344 中，超级电容扰动计算子模块 144 确定第二斩波电流信号和超级电容参考斩波电流信号的第三误差，并根据第三误差确定第三扰动参数变化率。在步骤 344 中，超级电容电流反推控制子模块 142 根据第三误差和第三扰动参数变化率确定第二占空比信号，并将第二占空比信号传输至超级电容斩波器 122。

参见图 1，本发明实施例提供的燃料电池车的复合电源能量分配方法能够基于燃料电池 01、第一直流变换电路 110、超级电容 02、第二直流变换电路 120 和控制模块 150 运行时的不确定性，进行燃料电池和超级电容双电源能量分配，很好地克服了电源在运行时出现的扰动，参数时变及其他不确定因素等问题。因此，对系统参数扰动，负载变化不敏感，具有更好的抗扰性和鲁棒性。

综上所述，本发明实施例提供的燃料电池车的复合电源能量分配方法，控制模块根据第一直流变换电路输出的第一斩波电流信号，第二直流变换电路输出的第二斩波电流信号，以及第一扰动参数变化率，确定参考需求电流信号。能量分配模块根据能量分配系数将参考需求电流信号传输至第一确定模块和第二确定模块。第一确定模块再根据第一斩波电流信号、参考需求电流信号和第二扰动参数变化率确定第一占空比信号；第二确定模块再根据第二斩波电流信号、参考需

求电流信号和第三扰动参数变化率确定第二占空比信号,该方法能够基于燃料电池、第一直流变换电路、超级电容、第二直流变换电路和控制模块运行时的不确定性,进行燃料电池和超级电容双电源能量分配,因此,对系统参数扰动,负载变化不敏感,具有更好的抗扰性和鲁棒性。

所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为描述的方便和简洁,上述描述的方法各步骤的具体工作过程,可以参考装置实施例中装置和模块的具体工作过程,在此不再赘述。

本领域技术人员在考虑说明书及实践这里发明的发明后,将容易想到本发明的其它实施方案。本申请旨在涵盖本发明的任何变型、用途或者适应性变化,这些变型、用途或者适应性变化遵循本发明的一般性原理并包括本发明未公开的本技术领域中的公知常识或惯用技术手段。说明书和实施例仅被视为示例性的,本发明的真正范围和精神由权利要求指出。

应当理解的是,本发明并不局限于上面已经描述并在附图中示出的精确结构,并且可以在不脱离其范围进行各种修改和改变。本发明的范围仅由所附的权利要求来限制。

权 利 要 求

1、一种燃料电池车的复合电源能量分配装置，所述复合电源包括：燃料电池和超级电容，其特征在于，所述装置包括：第一直流变换电路、第二直流变换电路、第一确定模块、第二确定模块、控制模块和能量分配模块，

所述第一直流变换电路与所述燃料电池连接，所述第二直流变换电路与所述超级电容连接，所述第一直流变换电路输入所述燃料电池的电压信号后输出第一斩波电流信号，所述第二直流变换电路输入所述超级电容的电压信号后输出第二斩波电流信号；

所述控制模块分别与所述第一直流变换电路和所述第二直流变换电路连接，所述控制模块用于根据所述第一斩波电流信号，所述第二斩波电流信号以及第一扰动参数变化率确定参考需求电流信号，所述第一扰动参数变化率用于指示所述控制模块的扰动参数的变化率；

所述能量分配模块与所述控制模块连接，所述能量分配模块还分别与所述第一确定模块和所述第二确定模块连接，所述能量分配模块用于根据能量分配系数将所述参考需求电流信号传输至所述第一确定模块和所述第二确定模块，所述能量分配系数是根据燃料电池用空气压缩机的频率确定的；

所述第一确定模块与所述第一直流变换电路连接，所述第一确定模块用于根据所述第一斩波电流信号，所述参考需求电流信号以及第二扰动参数变化率确定第一占空比信号，并将所述第一占空比信号传输至所述第一直流变换电路，所述第二扰动参数变化率用于指示所述燃料电池和所述第一直流变换电路的扰动参数的变化率，所述第一占空比信号用于指示为所述燃料电池所分配的能量；

所述第二确定模块与所述第二直流变换电路连接，所述第二确定模块用于根据所述第二斩波电流信号，所述参考需求电流信号，以及第三扰动参数变化率确定第二占空比信号，并将所述第二占空比信号传输至所述第二直流变换电路，所述第三扰动参数变化率用于指示所述超级电容和所述第二直流变换电路的扰动参数的变化率，所述第二占空比信号用于指示为所述超级电容所分配的能量。

2、根据权利要求 1 所述的装置，其特征在于，所述控制模块包括：需求电流计算子模块、直流母线电容器、电压传感器、母线电压反推控制子模块和母线电容扰动计算子模块，

所述需求电流计算子模块分别与所述第一直流变换电路和所述第二直流变换电路连接，所述需求电流计算子模块用于根据所述第一斩波电流信号和所述第二斩波电流信号确定需求电流信号；

所述直流母线电容器与所述需求电流计算子模块连接，所述直流母线电容器输入所述需求电流信号后输出母线电压信号；

所述电压传感器与所述直流母线电容器连接，所述电压传感器用于测量所述直流母线电容器输出的母线电压信号；

所述母线电压反推控制子模块与所述电压传感器连接，所述母线电压反推控制子模块用于确定参考母线电压信号和所述母线电压信号的第一误差；

所述母线电容扰动计算子模块与所述电压传感器连接，所述母线电容扰动计算子模块用于确定所述参考母线电压信号和所述母线电压信号的第一误差，并根据所述第一误差确定所述第一扰动参数变化率；

所述母线电压反推控制子模块还用于根据所述第一误差和所述第一扰动参数变化率确定所述参考需求电流信号，并将所述参考需求电流信号传输至所述能量分配模块；

所述直流母线电容器还与驱动模块连接，所述直流母线电容器用于将所述母线电压信号传输至所述驱动模块。

3、根据权利要求 1 所述的装置，其特征在于，所述第一确定模块包括：第一电流传感器、燃料电池斩波电流反推控制子模块、燃料电池斩波电流计算子模块和燃料电池扰动计算子模块，

所述第一电流传感器与所述第一直流变换电路连接，所述第一电流传感器用于测量所述第一斩波电流信号；

所述燃料电池斩波电流计算子模块与所述能量分配模块连接，所述燃料电池斩波电流计算子模块用于接收所述能量分配模块输出的

燃料电池参考斩波电流信号,所述燃料电池参考斩波电流信号是所述能量分配模块根据所述参考需求电流信号和所述能量分配系数确定的;

所述燃料电池斩波电流反推控制子模块分别与所述第一电流传感器和所述燃料电池斩波电流计算子模块连接,所述燃料电池斩波电流反推控制子模块用于确定所述第一斩波电流信号和所述燃料电池参考斩波电流信号的第二误差;

所述燃料电池扰动计算子模块分别与所述第一电流传感器和所述燃料电池斩波电流计算子模块连接,所述燃料电池扰动计算子模块用于确定所述第一斩波电流信号和所述燃料电池参考斩波电流信号的第二误差,并根据所述第二误差确定所述第二扰动参数变化率;

所述燃料电池斩波电流反推控制子模块还与所述第一直流变换电路连接,所述燃料电池斩波电流反推控制子模块还用于根据所述第二误差和所述第二扰动参数变化率确定所述第一占空比信号,并将所述第一占空比信号传输至所述第一直流变换电路。

4、根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述第二确定模块包括:超级电容斩波电流计算子模块、超级电容电流反推控制子模块、第二电流传感器和超级电容扰动计算子模块,

所述第二电流传感器与所述第二直流变换电路连接,所述第二电流传感器用于测量所述第二斩波电流信号;

所述超级电容斩波电流计算子模块与所述能量分配模块连接,所述超级电容斩波电流计算子模块用于接收所述能量分配模块输出的超级电容参考斩波电流信号,所述超级电容参考斩波电流信号是所述能量分配模块根据所述参考需求电流信号确定的;

所述超级电容电流反推控制子模块分别与所述第二电流传感器和所述超级电容斩波电流计算子模块连接,所述超级电容电流反推控制子模块用于确定所述第二斩波电流信号和所述超级电容参考斩波电流信号的第三误差;

所述超级电容扰动计算子模块分别与所述第二电流传感器和所

述超级电容斩波电流计算子模块连接,所述超级电容扰动计算子模块用于确定所述第二斩波电流信号和所述超级电容参考斩波电流信号的第三误差,并根据所述第三误差确定所述第三扰动参数变化率;

所述超级电容电流反推控制子模块还与所述第二直流变换电路连接,所述超级电容电流反推控制子模块用于根据所述第三误差和所述第三扰动参数变化率确定所述第二占空比信号,并将所述第二占空比信号传输至所述第二直流变换电路。

5、根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述第一直流变换电路包括燃料电池电感和燃料电池斩波器,所述燃料电池、所述燃料电池电感和所述燃料电池斩波器依次连接,所述第二直流变换电路包括超级电容电感和超级电容斩波器,所述超级电容、所述超级电容电感和所述超级电容斩波器依次连接;

所述燃料电池斩波器和所述超级电容斩波器均与所述控制模块连接,所述燃料电池斩波器与所述第一确定模块连接,所述超级电容斩波器与所述第二确定模块连接。

6、一种燃料电池车的复合电源能量分配方法,其特征在于,用于权利要求1至5任一所述燃料电池车的复合电源能量分配装置,所述复合电源包括:燃料电池和超级电容,所述方法包括:

所述控制模块根据所述第一直流变换电路输出的第一斩波电流信号,所述第二直流变换电路输出的第二斩波电流信号以及第一扰动参数变化率确定参考需求电流信号,并将所述参考需求电流信号传输至所述能量分配模块,所述第一扰动参数变化率用于指示所述控制模块的扰动参数的变化率;

所述能量分配模块根据能量分配系数将所述参考需求电流信号传输至所述第一确定模块和所述第二确定模块,所述能量分配系数是根据燃料电池用空气压缩机的频率确定的;

所述第一确定模块根据所述第一斩波电流信号,所述参考需求电流信号以及第二扰动参数变化率确定第一占空比信号,并将所述第一

占空比信号传输至所述第一直流变换电路,所述第二扰动参数变化率用于指示所述燃料电池和所述第一直流变换电路的扰动参数的变化率,所述第一占空比信号用于指示为所述燃料电池所分配的能量;

所述第二确定模块根据所述第二斩波电流信号,所述参考需求电流信号,以及第三扰动参数变化率确定第二占空比信号,并将所述第二占空比信号传输至所述第二直流变换电路,所述第三扰动参数变化率用于指示所述超级电容和所述第二直流变换电路的扰动参数的变化率,所述第二占空比信号用于指示为所述超级电容所分配的能量。

7、根据权利要求6所述的方法,其特征在于,所述控制模块包括:需求电流计算子模块、直流母线电容器、电压传感器、母线电压反推控制子模块和母线电容扰动计算子模块,

所述控制模块根据所述第一直流变换电路输出的第一斩波电流信号,所述第二直流变换电路输出的第二斩波电流信号以及第一扰动参数变化率确定参考需求电流信号,并将所述参考需求电流信号传输至所述能量分配模块,包括:

所述需求电流计算子模块根据所述第一斩波电流信号和所述第二斩波电流信号确定需求电流信号,并将所述需求电流信号传输至所述直流母线电容器,得到母线电压信号;

所述电压传感器测量所述直流母线电容器输出的母线电压信号,并将所述母线电压信号传输至所述母线电压反推控制子模块和所述母线电容扰动计算子模块;

所述母线电压反推控制子模块确定参考母线电压信号和所述母线电压信号的第一误差;

所述母线电容扰动计算子模块确定所述参考母线电压信号和所述母线电压信号的第一误差,并根据所述第一误差确定所述第一扰动参数变化率;

所述母线电压反推控制子模块根据所述第一误差和所述第一扰动参数变化率确定所述参考需求电流信号,并将所述参考需求电流信号传输至所述能量分配模块;

所述方法还包括：

所述直流母线电容器将所述母线电压信号传输至驱动模块。

8、根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，所述第一确定模块包括：第一电流传感器、燃料电池斩波电流反推控制子模块、燃料电池斩波电流计算子模块和燃料电池扰动计算子模块，

所述第一确定模块根据所述第一斩波电流信号，所述参考需求电流信号以及第二扰动参数变化率确定第一占空比信号，并将所述第一占空比信号传输至所述第一直流变换电路，包括：

所述第一电流传感器测量所述第一直流变换电路输出的第一斩波电流信号，并将所述第一斩波电流信号传输至所述燃料电池斩波电流反推控制子模块和所述燃料电池扰动计算子模块；

所述燃料电池斩波电流计算子模块接收所述能量分配模块输出的燃料电池参考斩波电流信号，并将所述燃料电池参考斩波电流信号传输至所述燃料电池斩波电流反推控制子模块和所述燃料电池扰动计算子模块，所述燃料电池参考斩波电流信号是所述能量分配模块根据所述参考需求电流信号和所述能量分配系数确定的；

所述燃料电池斩波电流反推控制子模块确定所述第一斩波电流信号和所述燃料电池参考斩波电流信号的第二误差；

所述燃料电池扰动计算子模块确定所述第一斩波电流信号和所述燃料电池参考斩波电流信号的第二误差，并根据所述第二误差确定所述第二扰动参数变化率；

所述燃料电池斩波电流反推控制子模块根据所述第二误差和所述第二扰动参数变化率确定所述第一占空比信号，并将所述第一占空比信号传输至所述第一直流变换电路。

9、根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，所述第二确定模块包括：超级电容斩波电流计算子模块、超级电容电流反推控制子模块、第二电流传感器和超级电容扰动计算子模块，

所述第二确定模块根据所述第二斩波电流信号，所述参考需求电

流信号, 以及第三扰动参数变化率确定第二占空比信号, 并将所述第二占空比信号传输至所述第二直流变换电路, 包括:

所述第二电流传感器测量所述第二直流变换电路输出的第二斩波电流信号, 并将所述第二斩波电流信号传输至所述超级电容电流反推控制子模块和所述超级电容扰动计算子模块;

所述超级电容斩波电流计算子模块接收所述能量分配模块输出的超级电容参考斩波电流信号, 并将所述超级电容参考斩波电流信号传输至所述超级电容电流反推控制子模块和所述超级电容扰动计算子模块, 所述超级电容参考斩波电流信号是所述能量分配模块根据所述参考需求电流信号确定的;

所述超级电容电流反推控制子模块确定所述第二斩波电流信号和所述超级电容参考斩波电流信号的第三误差;

所述超级电容扰动计算子模块确定所述第二斩波电流信号和所述超级电容参考斩波电流信号的第三误差, 并根据所述第三误差确定所述第三扰动参数变化率;

所述超级电容电流反推控制子模块根据所述第三误差和所述第三扰动参数变化率确定所述第二占空比信号, 并将所述第二占空比信号传输至所述第二直流变换电路。

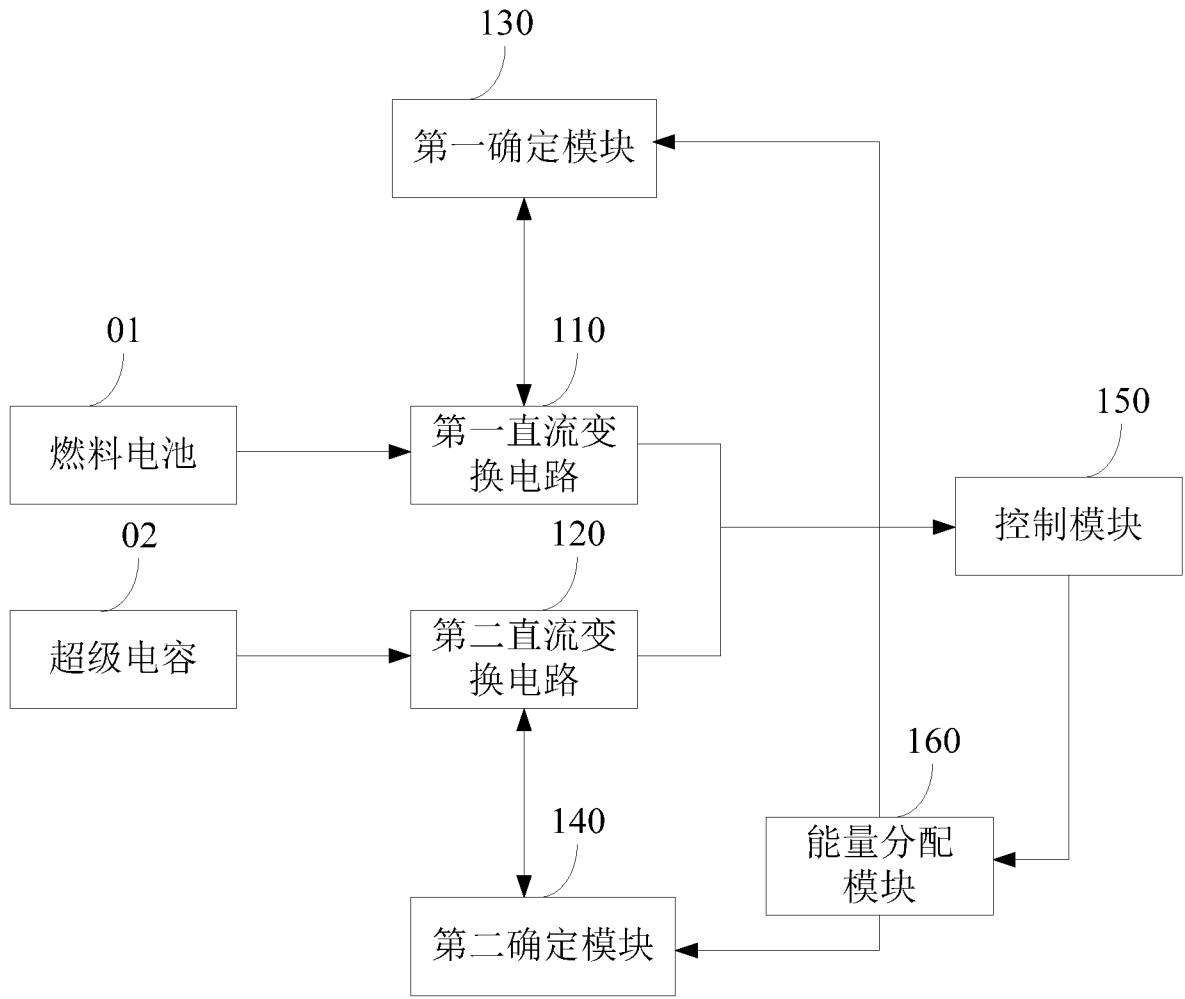


图 1

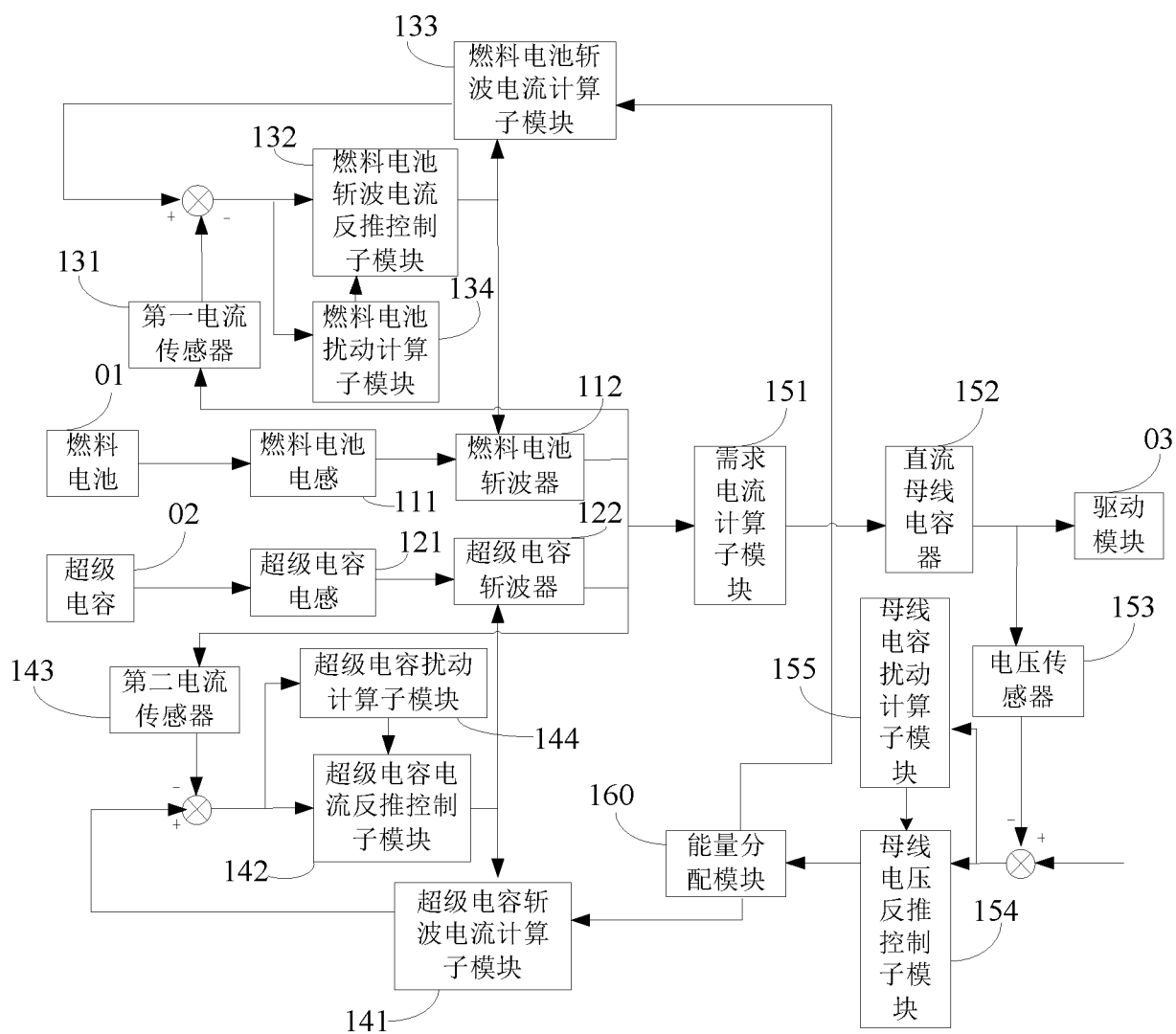


图 2

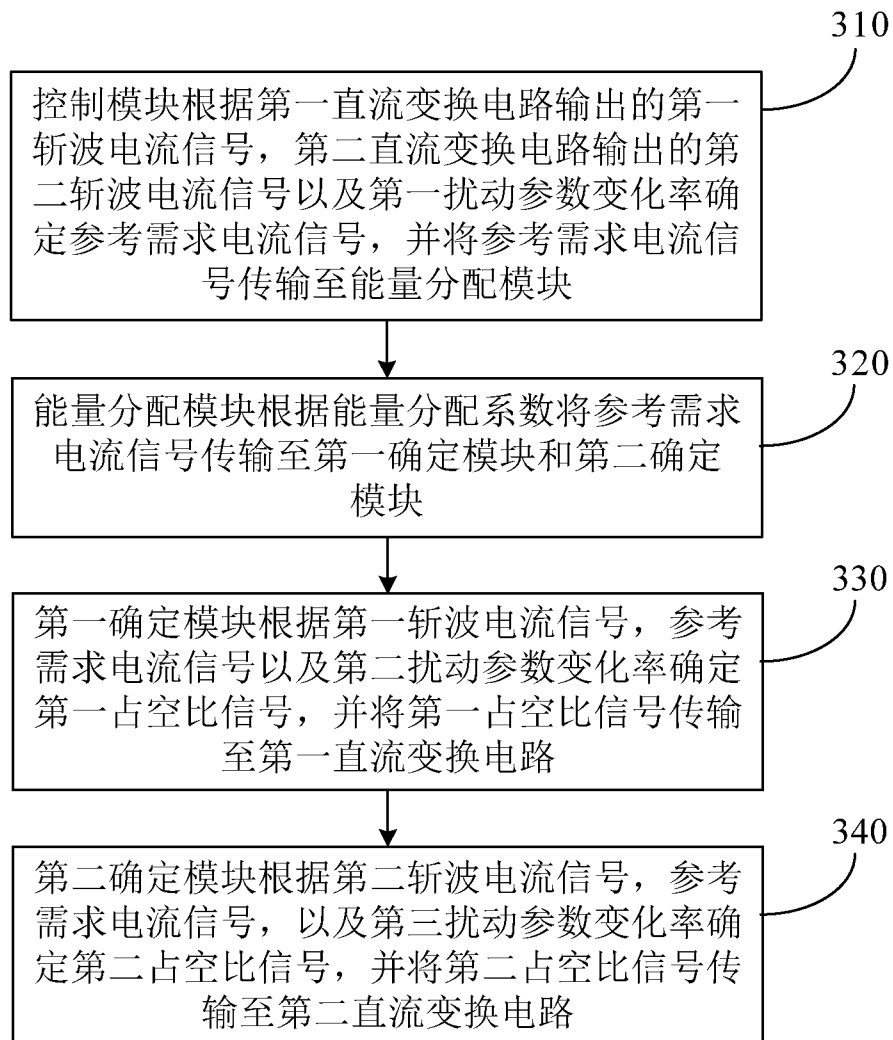


图 3

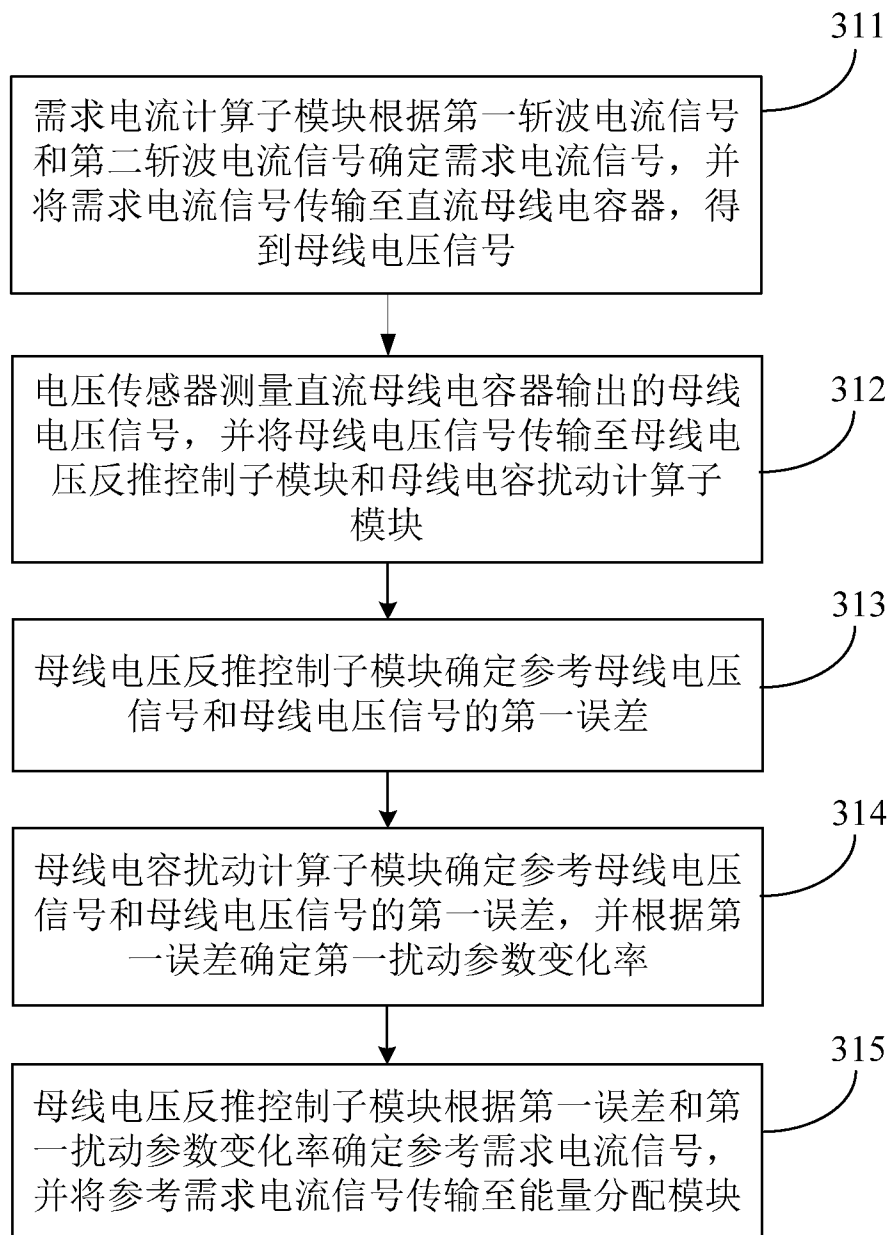


图 4

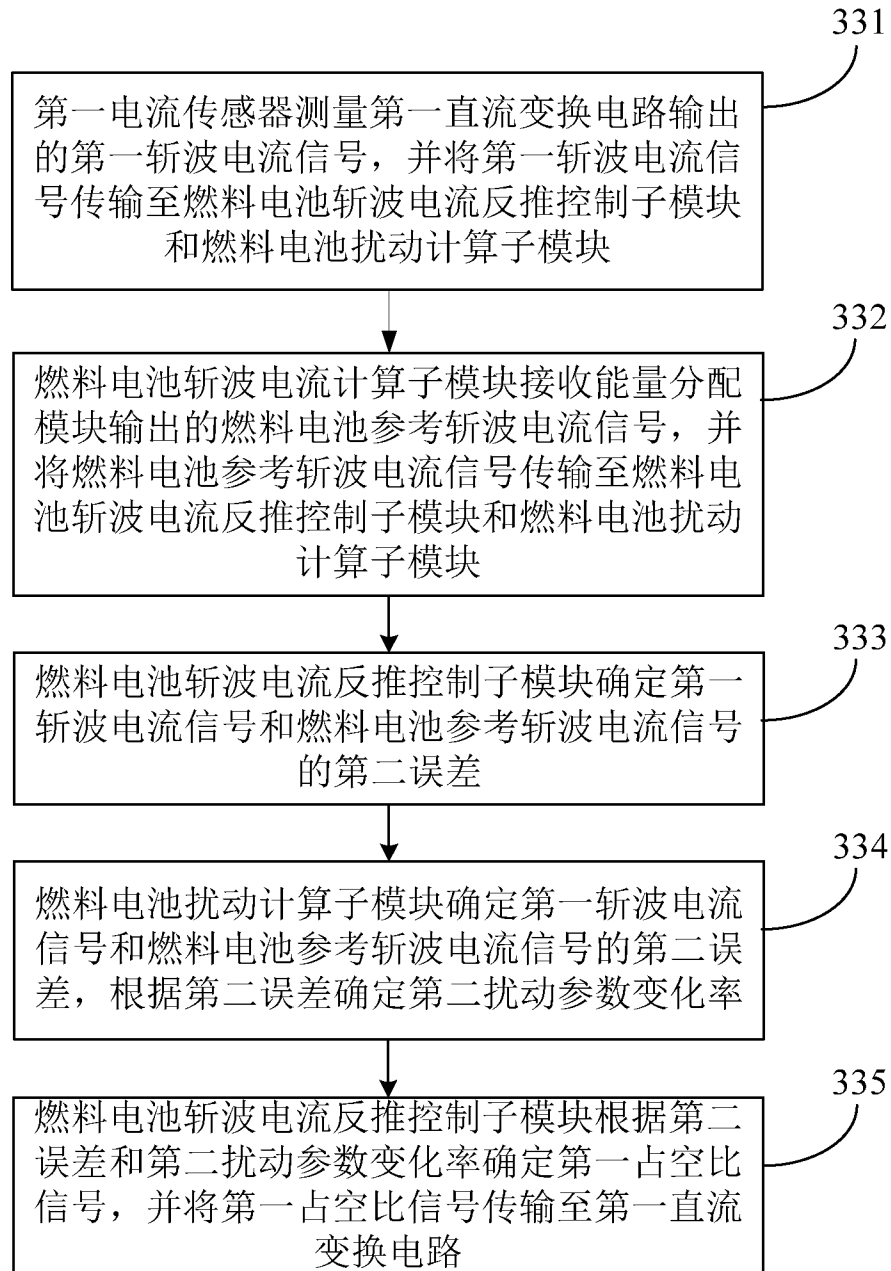


图 5

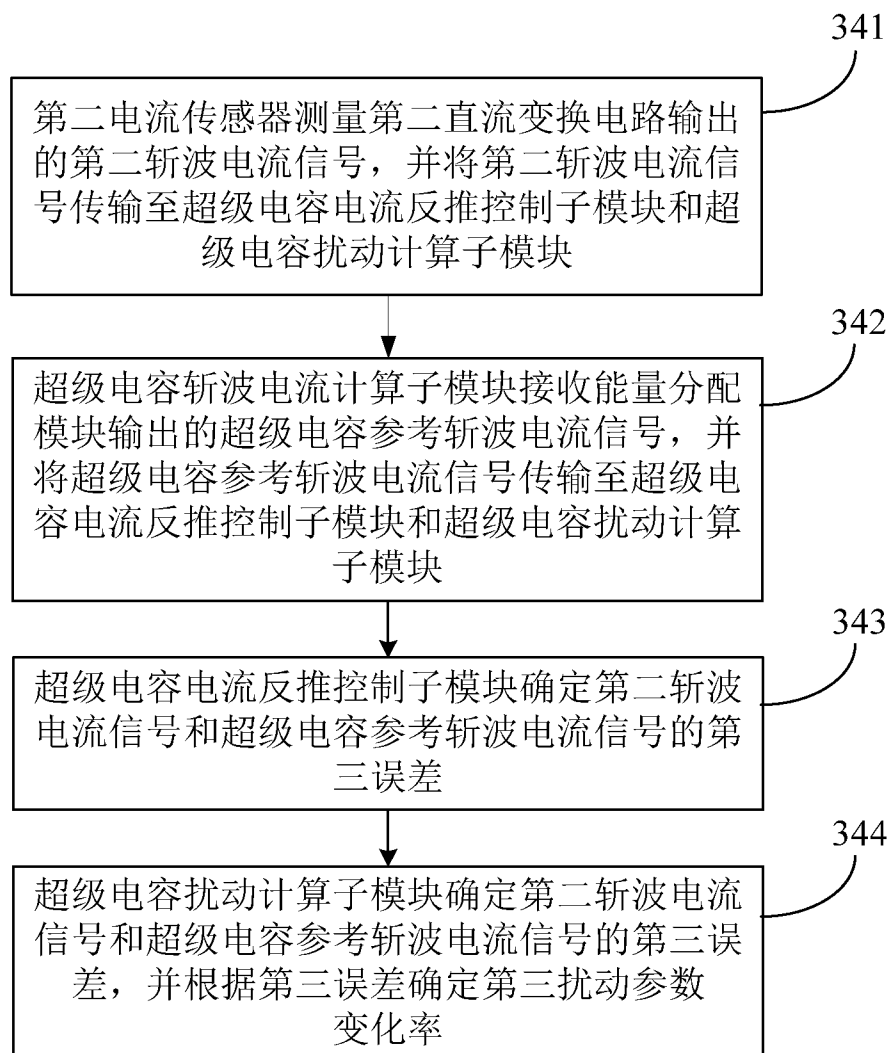


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/109862

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J 7/34(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)

H02J

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)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 燃料电池, 超级电容, 能量, 电能, 分配, 直流变换电路, 确定模块, 控制, 斩波电流, 扰动参数, 抗扰, 抗干扰, 鲁棒性, fuel w cell?, capacitor?, convert+, determinat+, control+, energy, distribut+, disturbance, parameter, anti w interference, robust

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109149742 A (CHERY AUTOMOBILE CO., LTD.) 04 January 2019 (2019-01-04) claims 1-9	1-9
A	CN 106849053 A (JIANGSU UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 13 June 2017 (2017-06-13) description, paragraphs [0003] and [0007]-[0022], and figures 1-4	1-9
A	CN 104600982 A (SHANGHAI UNIVERSITY OF ELECTRIC POWER) 06 May 2015 (2015-05-06) entire document	1-9
A	CN 104071033 A (SOUTHWEST JIAOTONG UNIVERSITY et al.) 01 October 2014 (2014-10-01) entire document	1-9
A	US 2008150356 A1 (BOEING CO.) 26 June 2008 (2008-06-26) entire document	1-9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “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)
 “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

“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
 “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
 “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
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

02 December 2019

Date of mailing of the international search report

08 January 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/109862

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109149742	A	04 January 2019	None			
CN	106849053	A	13 June 2017	CN	106849053	B	05 November 2019
CN	104600982	A	06 May 2015	CN	104600982	B	01 February 2017
CN	104071033	A	01 October 2014	None			
US	2008150356	A1	26 June 2008	US	7550866	B2	23 June 2009

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/109862

A. 主题的分类

H02J 7/34 (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)

H02J

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))

CNPAT, CNKI, WPI, EPDOC: 燃料电池, 超级电容, 能量, 电能, 分配, 直流变换电路, 确定模块, 控制, 斩波电流, 扰动参数, 抗扰, 抗干扰, 鲁棒性, fuel w cell?, capacitor?, convert+, determinat+, control+, energy, distribut+, disturbance, parameter, anti w interference, robust

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 109149742 A (奇瑞汽车股份有限公司) 2019年 1月 4日 (2019 - 01 - 04) 权利要求1-9	1-9
A	CN 106849053 A (江苏理工学院) 2017年 6月 13日 (2017 - 06 - 13) 说明书第[0003]和[0007]-[0022]段、附图1-4	1-9
A	CN 104600982 A (上海电力学院) 2015年 5月 6日 (2015 - 05 - 06) 全文	1-9
A	CN 104071033 A (西南交通大学, 等) 2014年 10月 1日 (2014 - 10 - 01) 全文	1-9
A	US 2008150356 A1 (BOEING CO.) 2008年 6月 26日 (2008 - 06 - 26) 全文	1-9

☐ 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

2019年 12月 2日

国际检索报告邮寄日期

2020年 1月 8日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局 (ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

朱科

电话号码 86-(10)-53961470

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/109862

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	109149742	A	2019年 1月 4日	无	
CN	106849053	A	2017年 6月 13日	CN 106849053	B 2019年 11月 5日
CN	104600982	A	2015年 5月 6日	CN 104600982	B 2017年 2月 1日
CN	104071033	A	2014年 10月 1日	无	
US	2008150356	A1	2008年 6月 26日	US 7550866	B2 2009年 6月 23日