

(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
2024年2月1日 (01.02.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/021920 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02J 3/38 (2006.01) **H02M 7/42** (2006.01)
H02J 3/46 (2006.01) **H02M 7/493** (2007.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2023/100649
- (22) 国际申请日: 2023年6月16日 (16.06.2023)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202210887844.7 2022年7月26日 (26.07.2022) CN
- (71) 申请人: 华为数字能源技术有限公司
(**HUAWEI DIGITAL POWER TECHNOLOGIES CO., LTD.**) [CN/CN]; 中国广东省深圳市福田区香蜜湖街道香安社区安托山六路33号安托山总部大厦A座研发39层01号, Guangdong 518043 (CN)。
- (72) 发明人: 徐飞(**XU, Fei**); 中国广东省深圳市福田区香蜜湖街道香安社区安托山六路33号安托山总部大

- 厦A座研发39层01号, Guangdong 518043 (CN)。
于心宇(**YU, Xinyu**); 中国广东省深圳市福田区香蜜湖街道香安社区安托山六路33号安托山总部大厦A座研发39层01号, Guangdong 518043 (CN)。
辛凯(**XIN, Kai**); 中国广东省深圳市福田区香蜜湖街道香安社区安托山六路33号安托山总部大厦A座研发39层01号, Guangdong 518043 (CN)。
王淑超(**WANG, Shuchao**); 中国广东省深圳市福田区香蜜湖街道香安社区安托山六路33号安托山总部大厦A座研发39层01号, Guangdong 518043 (CN)。
- (74) 代理人: 广州三环专利商标代理有限公司
(**SCIHEAD IP LAW FIRM**); 中国广东省广州市越秀区先烈中路80号汇华商贸大厦1508室, Guangdong 510070 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,

(54) **Title:** POWER SUPPLY SYSTEM AND GRID-CONNECTED CONTROL METHOD

(54) 发明名称: 供电系统及并网控制方法

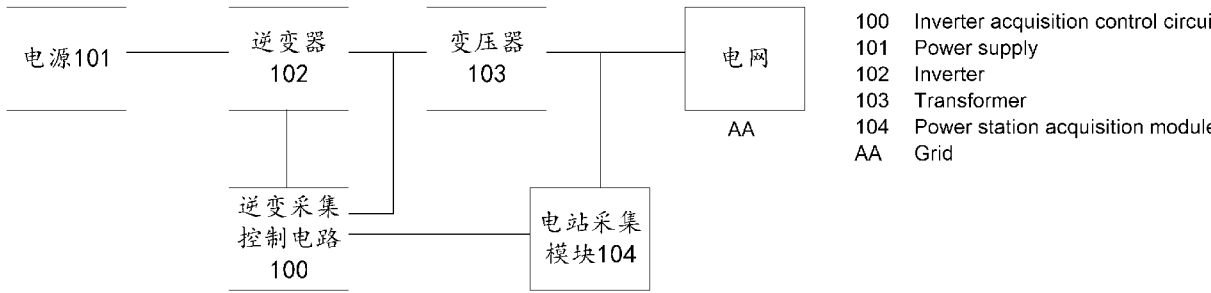


图 2

(57) **Abstract:** The present application provides a power supply system and a grid-connected control method. The power supply system comprises a power supply, an inverter, a transformer, a power station acquisition module and an inverter acquisition control circuit. The power station acquisition module is used for acquiring the amplitude value and the frequency of a grid-connected voltage at a grid-connected point and obtaining a power station power adjustment signal on the basis of the amplitude value and the frequency of the grid-connected voltage. The inverter acquisition control circuit is used for acquiring the amplitude value and the frequency of an output voltage of an inverter, obtaining an inverter power adjustment signal on the basis of the amplitude value and the frequency of the output voltage, and controlling the inverter to output a target output power on the basis of the power station power adjustment signal and the inverter power adjustment signal. By using the present application, an output power of the inverter can be adjusted by means of the power station acquisition module and the inverter acquisition control circuit, the structure is simple, the control method is simple and convenient, the control precision and the adjustment efficiency are improved, the control time is reduced, and the control cost is reduced.

WO 2024/021920 A1

GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))。

(57) 摘要: 本申请提供了一种供电系统及并网控制方法, 该供电系统包括电源、逆变器、变压器、电站采集模块和逆变采集控制电路; 电站采集模块用于获取并网点处的并网电压的幅度值和频率, 并基于并网电压的幅度值和频率得到电站功率调整信号; 逆变采集控制电路用于获取逆变器的输出电压的幅度值和频率, 并基于输出电压的幅度值和频率得到逆变功率调整信号, 并基于电站功率调整信号和逆变功率调整信号控制逆变器输出目标输出功率。采用本申请, 可通过电站采集模块和逆变采集控制电路调整逆变器的输出功率, 结构简单, 控制方法简便, 提高控制精度和调节效率, 减少控制时间, 降低控制成本。

供电系统及并网控制方法

本申请要求于 2022 年 07 月 26 日提交中国专利局、申请号为 202210887844.7、申请名称为“供电系统及并网控制方法”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请涉及电力电子技术领域，尤其涉及一种供电系统及并网控制方法。

背景技术

在电力电子技术领域中，随着各种新能源供电（例如，光伏发电）技术的日益成熟，越来越多的新能源供电系统投入使用。逆变器作为新能源供电系统的核心部件，可以将新能源电站产生的直流电能转换为交流电能并入电网。在实际生产应用中，由于系统中负载的阻抗通常存在变化（或者，由于新能源供电系统电站发电功率不稳定等情况），会导致新能源供电系统与电网连接处的并网点的电压和频率发生波动，这会增加电能设备的损耗甚至危害设备安全。本申请的发明人在研究和实践的过程中发现，现有技术中，一般将逆变器等效为电流源，并根据逆变器在检测点的输出电压（以及输出频率）与无功功率（以及有功功率）的线性关系进行控制，然而，这种控制方式复杂繁琐，控制成本高，且线性控制方法误差大，并且检测点与并网点的输出电压和输出频率存在差异，增大控制误差，控制效果差。

发明内容

本申请提供了一种供电系统及并网控制方法，可通过电站采集模块和逆变采集控制电路调整逆变器的输出功率，结构简单，控制方法简便，提高控制精度和调节效率，减少控制时间，降低控制成本。

第一方面，本申请提供了一种供电系统，该供电系统包括电源、逆变器、变压器、电站采集模块和逆变采集控制电路。这里，电源可通过逆变器和变压器相连，变压器可与电网连接于并网点，电站采集模块的一端可连接于并网点，电站采集模块的另一端可连接逆变采集控制电路的第一端，逆变采集控制电路的第二端可连接于逆变器和变压器之间，逆变采集控制电路的第三端可连接逆变器。这里的电站采集模块可用于获取并网点处的并网电压的幅度值和频率，并基于并网电压的幅度值和频率得到电站功率调整信号。这里的逆变采集控制电路可用于获取逆变器的输出电压的幅度值和频率，并基于输出电压的幅度值和频率得到逆变功率调整信号，并基于电站功率调整信号和逆变功率调整信号控制逆变器输出目标输出功率。

在本申请提供的实施方式中，电站采集模块可以获取并网点处的并网电压的幅度值和频率。这里，并网电压的幅度值和频率与电站功率（也即，供电系统在并网点输出的功率）相关，系统可以基于并网电压的幅度值和频率确定电站功率的调整量，进而得到电站功率调整信号。逆变采集控制电路可以获取逆变器的输出电压的幅度值和频率。这里，逆变器的输出电压的幅度值和频率与逆变功率（也即，逆变器输出的功率）相关，逆变采集控制电路可以基于逆变器的输出电压的幅度值和频率确定逆变功率的调整量，进而得到逆变功率调整信号。由于逆变器的输出端和并网点之间存在其他功能模块或者电能元件（例如，变压器等），逆变采集控制电路可以基于电站功率调整信号和逆变功率调整信号联合得到逆变器输出功率的目标调整量，并可以控制逆变器输出目标输出功率。

采用本申请提供的实施方式，系统可以通过电站采集模块和逆变采集控制电路采集并网点的并网电压和逆变器的输出电压的幅度值和频率，并分别确定电站功率调整信号和逆变功率调整信号，进而基于电站功率调整信号和逆变功率调整信号调整逆变器的输出功率，结构简单，控制方法简便，提高控制精度和调节效率，减少控制时间，降低控制成本。

结合第一方面，在第一种可能的实施方式中，逆变采集控制电路可包括逆变采集模块和功率调整模块。这里，功率调整模块的第一端可作为逆变采集控制电路的第一端连接电站采集模块，逆变采集模块的一端可作为逆变采集控制电路的第二端连接于逆变器和变压器之间，逆变采集模块的另一端可连接功率调整模块的第二端，功率调整模块的第三端可作为逆变采集控制电路的第三端连接逆变器。这里的逆变采集模块可用于获取逆变器的输出电压的幅度值和频率，基于输出电压的幅度值得到逆变无功功率调整量，基于输出电压的频率得到逆变有功功率调整量，并基于逆变无功功率调整量和逆变有功功率调整量获得逆变功率调整信号。这里的功率调整模块可用于基于电站功率调整信号和逆变功率调整信号生成输出功率调整信号，通过输出功率调整信号控制逆变器输出目标输出功率。可以理解，在逆变采集模块获取逆变器的输出电压的幅度值和频率之后，由于逆变器的输出电压的幅度值与逆变功率（也即，逆变器输出的功率）中的无功功率调整量非线性相关，逆变器的输出电压的频率与逆变功率（也即，逆变器输出的功率）中的有功功率调整量非线性相关，逆变采集模块可以分别基于逆变器的输出电压的幅度值和频率确定逆变功率的无功功率调整量和有功功率调整量，进而得到逆变功率调整信号。进一步可以理解，功率调整模块可以基于电站采集模块输出的电站功率调整信号和逆变采集控制电路输出的逆变功率调整信号联合得到逆变器输出功率的目标调整量，并可以控制逆变器输出目标输出功率。

采用本申请提供的实施方式，逆变采集模块可以分别基于逆变器的输出电压的幅度值和频率确定逆变功率的无功功率调整量和有功功率调整量，进而得到逆变功率调整信号，功率调整模块可以基于电站采集模块输出的电站功率调整信号和逆变采集控制电路输出的逆变功率调整信号联合得到逆变器输出功率的目标调整量，并可以控制逆变器输出目标输出功率，结构简单。此外，系统可以分别对逆变器的无功功率和有功功率进行控制，提高控制精度和调节效率，减少控制时间，降低控制成本。

结合第一方面第一种可能的实施方式，在第二种可能的实施方式中，电站功率调整信号可包括电站无功功率调整量和电站有功功率调整量。这里的电站采集模块还可用于基于并网电压的幅度值得到电站无功功率调整量，基于并网电压的频率得到电站有功功率调整量，并向逆变采集控制电路输出电站无功功率调整量和电站有功功率调整量。可以理解，在电站采集模块获取并网电压的幅度值和频率之后，由于并网电压的幅度值与电站功率（也即，供电系统在并网点输出的功率）中的无功功率调整量非线性相关，并网电压的频率与电站功率（也即，供电系统在并网点输出的功率）中的有功功率调整量非线性相关，电站采集模块可以分别基于并网点处的并网电压的幅度值和频率确定电站功率的无功功率调整量和有功功率调整量，进而将电站无功功率调整量和电站有功功率调整量输出给逆变采集电路。采用本申请提供的实施方式，电站采集模块可以分别基于并网点的并网电压的幅度值和频率确定电站功率的无功功率调整量和有功功率调整量，进而将电站功率的无功功率调整量和有功功率调整量作为电站功率调整信号输出给逆变采集电路中的功率调整模块。由此，功率调整模块可以基于电站无功功率调整量和逆变无功功率调整量得到逆变器输出功率的目标无功功率调整量，还可以基于电站有功功率调整量和逆变有功功率调整量得到逆变器输出功率的目标有功功率调整量，并可以控制逆变器输出目标输出功率（这里，目标输出功率可以包括目标无功功率

和目标有功功率), 结构简单。此外, 系统可以分别控制逆变器输出目标无功功率和/或目标有功功率, 提高控制精度和调节效率, 减少控制时间, 降低控制成本。

结合第一方面第一种可能的实施方式, 在第三种可能的实施方式中, 电站功率调整信号可包括并网电压的幅度值和频率。这里的电站采集模块还可用于获取并网点处的并网电压的幅度值和频率, 并向逆变采集控制电路输出并网点处的并网电压的幅度值和频率。这里, 在电站采集模块和逆变采集控制电路的通信速度(或频率)受限的场景, 或者其他不便于电站采集模块和逆变采集控制电路实时通信的场景中, 电站采集模块可以获取并网点处并网电压的幅度值和频率, 并向逆变采集控制电路输出并网点处的并网电压的幅度值和频率, 由逆变采集控制电路基于并网电压的幅度值和频率确认电站功率的调整量。采用本申请提供的实施方式, 系统可以在电站采集模块和逆变采集控制电路的通信速度(或频率)受限的场景, 或者其他不便于电站采集模块和逆变采集控制电路实时通信的场景中, 通过逆变采集控制电路向逆变采集控制电路输出并网点处的并网电压的幅度值和频率, 并由逆变采集控制电路基于并网电压的幅度值和频率确认电站功率的调整量, 方法简便灵活, 适用性高, 丰富了系统的适用场景和适用范围。

结合第一方面第三种可能的实施方式, 在第四种可能的实施方式中, 逆变采集控制电路还可包括信号确认模块。这里, 功率调整模块的第一端可通过信号确认模块连接电站采集模块。这里的信号确认模块可用于基于并网电压的幅度值得到电站无功功率调整量, 基于并网电压的频率得到电站有功功率调整量, 向功率调整模块输出电站无功功率调整量和电站有功功率调整量。这里, 在电站采集模块和逆变采集控制电路的通信速度(或频率)受限的场景, 或者其他不便于电站采集模块和逆变采集控制电路实时通信的场景, 或者其他电站采集模块直接将并网电压的幅度值和频率传输给逆变采集控制电路的场景中, 信号确认模块可以分别基于并网点的并网电压的幅度值和频率确定电站功率的无功功率调整量和有功功率调整量, 进而将电站功率的无功功率调整量和有功功率调整量作为电站功率调整信号输出给逆变采集电路中的功率调整模块。由此, 功率调整模块可以基于电站无功功率调整量和逆变无功功率调整量联合得到逆变器输出功率的目标无功功率调整量, 还可以基于电站有用功率调整量和逆变有功功率调整量联合得到逆变器输出功率的目标有功功率调整量, 并可以控制逆变器输出目标输出功率(这里, 目标输出功率可以包括目标无功功率和目标有功功率), 结构简单。此外, 可以分别控制逆变器输出目标无功功率和/或目标有功功率, 提高控制精度和调节效率, 减少控制时间, 降低控制成本。

采用本申请提供的实施方式, 在电站采集模块和逆变采集控制电路的通信速度(或频率)受限的场景, 或者其他不便于电站采集模块和逆变采集控制电路实时通信的场景, 或者其他电站采集模块直接将并网电压的幅度值和频率传输给逆变采集控制电路的场景中, 信号确认模块可以分别基于并网点的并网电压的幅度值和频率确定电站功率的无功功率调整量和有功功率调整量, 进而将电站功率的无功功率调整量和有功功率调整量作为电站功率调整信号输出给逆变采集电路中的功率调整模块, 方法简便灵活, 适用性高, 丰富了系统的适用场景和适用范围。功率调整模块可以基于电站无功功率调整量和逆变无功功率调整量联合得到逆变器输出功率的目标无功功率调整量, 还可以基于电站有用功率调整量和逆变有功功率调整量联合得到逆变器输出功率的目标有功功率调整量, 并可以控制逆变器输出目标输出功率(这里, 目标输出功率可以包括目标无功功率和目标有功功率), 结构简单。此外, 系统可以分别控制逆变器输出目标无功功率和/或目标有功功率, 提高控制精度和调节效率, 减少控制时间, 降低控制成本。

结合第一方面第二种可能的实施方式或第四种可能的实施方式，在第五种可能的实施方式中，功率调整模块还可包括调整量确认单元和功率控制单元。这里，功率控制单元与逆变器和调整量确认单元的一端相连，调整量确认单元的另一端与逆变采集模块相连，或者调整量确认单元的另一端与信号确认模块相连。这里的调整量确认单元可用于基于电站无功功率调整量和逆变无功功率调整量得到输出无功功率调整量，基于电站有功功率调整量和逆变有功功率调整量得到输出有功功率调整量，并基于输出无功功率调整量和输出有功功率调整量生成输出功率调整信号。这里的功率控制单元可用于通过输出功率调整信号控制逆变器输出目标输出功率。这里，调整量确认单元（例如，比例积分放大电路）可以基于电站无功功率调整量和逆变无功功率调整量得到输出无功功率调整量（也即，逆变器输出功率的目标无功功率调整量），还可以基于电站有功功率调整量和逆变有功功率调整量得到输出有功功率调整量（也即，逆变器输出功率的目标有功功率调整量），并基于输出无功功率调整量和输出有功功率调整量生成输出功率调整信号（例如，脉冲宽度调制信号或其他可以控制逆变器输出功率的控制信号）。这里，功率控制单元可以通过输出功率调整信号控制逆变器输出目标输出功率（这里，目标输出功率可以包括目标无功功率和目标有功功率），提高控制精度和调节效率，减少控制时间，降低控制成本。

结合第一方面第五种可能的实施方式，在第六种可能的实施方式中，逆变无功功率调整量和逆变有功功率调整量满足：

$$d^2Q1(u)/du^2 < 0$$

$$d^2P1(f)/df^2 < 0$$

这里， $Q1(u)$ 为逆变无功功率调整量关于输出电压幅度值的函数， $d^2Q1(u)/du^2$ 为逆变无功功率调整量关于输出电压幅度值的二阶导数， $P1(f)$ 为逆变有功功率调整量关于输出电压频率的函数， $d^2P1(f)/df^2$ 为逆变有功功率调整量关于输出电压频率的二阶导数。

可以理解，在具体应用场景中，输出电压幅度值与目标输出电压幅度值的差值越大，对应的逆变无功功率调整量越大，且逆变无功功率调整量与输出电压幅度值并不是简单的线性相关，在输出电压幅度值与目标输出电压幅度值的差值增大时，对应的逆变无功功率调整量的增长速度大于输出电压幅度值与目标输出电压幅度值的差值的增长速度。因此，采用 $Q1(u)$ （例如，二次幂函数）作为逆变无功功率调整量关于输出电压幅度值的拟合函数，可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过小导致在输出电压幅度值与目标输出电压幅度值的差值较大时逆变无功功率调整量过小，也可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过大导致在输出电压幅度值与目标输出电压幅度值的差值较小时逆变无功功率调整量过大。

进一步可以理解，在具体应用场景中，输出电压频率与目标输出电压频率的差值越大，对应的逆变有功功率调整量越大，且逆变有功功率调整量与输出电压频率并不是简单地线性相关，在输出电压频率与目标输出电压频率的差值增大时，对应的逆变有功功率调整量的增长速度大于输出电压频率与目标输出电压频率的差值的增长速度。因此，采用 $P1(f)$ （例如，二次幂函数）作为逆变有功功率调整量关于输出电压频率的函数，可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过小导致在输出电压频率与目标输出电压频率的差值较大时逆变有功功率调整量过小，也可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过大导致在输出电压频率与目标输出电压频率的差值较小时逆变有功功率调整量过大。

采用本申请提供的实施方式，采用 $Q1(u)$ （例如，二次幂函数）作为逆变无功功率调整量关于输出电压幅度值的函数，可以更精确地基于输出电压幅度值得到逆变无功功率调整量，

方法简便，提高了控制精度和控制效率。采用 $P1(f)$ （例如，二次幂函数）作为逆变有功功率调整量关于输出电压频率的函数，可以更精确地基于输出电压频率得到逆变有功功率调整量，方法简便，提高了控制精度和控制效率。

结合第一方面第六种可能的实施方式，在第七种可能的实施方式中，电站无功功率调整量和逆变有功功率调整量满足：

$$d^2Q2(u)/du^2 < 0$$

$$d^2P2(f)/df^2 < 0$$

这里， $Q2(u)$ 为电站无功功率调整量关于并网电压幅度值的函数， $d^2Q2(u)/du^2$ 为电站无功功率调整量关于并网电压幅度值的二阶导数， $P2(f)$ 为电站有功功率调整量关于并网电压频率的函数， $d^2P2(f)/df^2$ 为电站有功功率调整量关于并网电压频率的二阶导数。

可以理解，在具体应用场景中，并网电压幅度值与目标并网电压幅度值的差值越大，对应的电站无功功率调整量越大，且电站无功功率调整量与并网电压幅度值并不是简单的线性相关，在并网电压幅度值与目标并网电压幅度值的差值增大时，对应的电站无功功率调整量的增长速度大于并网电压幅度值与目标并网电压幅度值的差值的增长速度。因此，采用 $Q2(u)$ （例如，二次幂函数）作为电站无功功率调整量关于并网电压幅度值的拟合函数，可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过小导致在并网电压幅度值与目标并网电压幅度值的差值较大时电站无功功率调整量过小，也可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过大导致在并网电压幅度值与目标并网电压幅度值的差值较小时电站无功功率调整量过大。

进一步可以理解，在具体应用场景中，并网电压频率与目标并网电压频率的差值越大，对应的电站有功功率调整量越大，且电站有功功率调整量与并网电压频率并不是简单地线性相关，在并网电压频率与目标并网电压频率的差值增大时，对应的电站有功功率调整量的增长速度大于并网电压频率与目标并网电压频率的差值的增长速度。因此，采用 $P2(f)$ （例如，二次幂函数）作为电站有功功率调整量关于并网电压频率的函数，可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过小导致在并网电压频率与目标并网电压频率的差值较大时电站有功功率调整量过小，也可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过大导致在并网电压频率与目标并网电压频率的差值较小时电站有功功率调整量过大。

采用本申请提供的实施方式，采用 $Q2(u)$ （例如，二次幂函数）作为电站无功功率调整量关于并网电压幅度值的函数，可以更精确地基于并网电压幅度值得到电站无功功率调整量，方法简便，提高了控制精度和控制效率。采用 $P2(f)$ （例如，二次幂函数）作为电站有功功率调整量关于并网电压频率的函数，可以更精确地基于并网电压频率得到电站有功功率调整量，方法简便，提高了控制精度和控制效率。

结合第一方面第七种可能的实施方式，在第八种可能的实施方式中，输出无功功率调整量和输出有功功率调整量满足：

$$Q_{out} = Q1 + k1(Q2 - Q1)$$

$$P_{out} = P1 + k2(P2 - P1)$$

这里， Q_{out} 为输出无功功率调整量， $Q1$ 为逆变无功功率调整量， $Q2$ 为电站无功功率调整量， $k1$ 为输出无功功率调节系数， P_{out} 为输出有功功率调整量， $P1$ 为逆变有功功率调整量， $P2$ 为电站有功功率调整量， $k2$ 为输出有功功率调节系数。

采用本申请提供的实施方式，系统可以基于电站无功功率调整量 $Q1$ 和逆变无功功率调整

量 Q_1 得到输出无功功率调整量 Q_{out} (也即, 逆变器输出功率的目标无功功率调整量), 还可以基于电站有功功率调整量 P_1 和逆变有功功率调整量 P_2 得到输出有功功率调整量 P_{out} (也即, 逆变器输出功率的目标有功功率调整量), 并基于输出无功功率调整量 Q_{out} 和输出有功功率调整量 P_{out} 生成输出功率调整信号 (例如, 脉冲宽度调制信号或其他可以控制逆变器输出功率的控制信号), 提高控制精度和调节效率, 减少控制时间, 降低控制成本。

结合第一方面第八种可能的实施方式, 在第九种可能的实施方式中, 供电系统还可包括汇流箱, 电源可通过汇流箱连接逆变器。

结合第一方面第九种可能的实施方式, 在第十种可能的实施方式中, 供电系统还可包括直流母线, 电源可通过汇流箱连接直流母线, 直流母线连接逆变器。

结合第一方面第十种可能的实施方式, 在第十一种可能的实施方式中, 供电系统还可包括并离网接线装置, 变压器可通过并离网接线装置连接电网。

在本申请中, 供电系统中功能模块的组成方式多样、灵活, 可适应不同的供电环境, 提高供电系统的应用场景的多样性, 增强供电系统的适应性。

第二方面, 本申请提供了一种并网控制方法, 该并网控制方法可适用于供电系统中连接并网点的电站采集模块和所述供电系统的逆变采集控制电路, 还可适用于第一方面或第一方面任一种可能的实施方式中的供电系统, 该方法包括: 电站采集模块获取并网点处的并网电压的幅度值和频率, 并基于并网电压的幅度值和频率得到电站功率调整信号。逆变采集控制电路获取逆变器的输出电压的幅度值和频率, 并基于输出电压的幅度值和频率得到逆变功率调整信号, 并基于电站功率调整信号和逆变功率调整信号控制逆变器输出目标输出功率。

在本申请提供的实施方式中, 电站采集模块可以获取并网点处的并网电压的幅度值和频率。这里, 并网电压的幅度值和频率与电站功率 (也即, 供电系统在并网点输出的功率) 相关, 系统可以基于并网电压的幅度值和频率确定电站功率的调整量, 进而得到电站功率调整信号。逆变采集控制电路可以获取逆变器的输出电压的幅度值和频率。这里, 逆变器的输出电压的幅度值和频率与逆变功率 (也即, 逆变器输出的功率) 相关, 逆变采集控制电路可以基于逆变器的输出电压的幅度值和频率确定逆变功率的调整量, 进而得到逆变功率调整信号。由于逆变器的输出端和并网点之间存在其他功能模块或者电能元件 (例如, 变压器等), 逆变采集控制电路可以基于电站功率调整信号和逆变功率调整信号联合得到逆变器输出功率的目标调整量, 并可以控制逆变器输出目标输出功率。

采用本申请提供的实施方式, 系统可以通过电站采集模块和逆变采集控制电路采集并网点的并网电压和逆变器的输出电压的幅度值和频率, 并分别确定电站功率调整信号和逆变功率调整信号, 进而基于电站功率调整信号和逆变功率调整信号调整逆变器的输出功率, 结构简单, 控制方法简便, 提高控制精度和调节效率, 减少控制时间, 降低控制成本。

结合第二方面, 在第一种可能的实施方式中, 逆变采集控制电路获取逆变器输出端的输出电压的幅度值和频率, 并基于输出电压的幅度值和频率得到逆变功率调整信号, 并基于电站功率调整信号和逆变功率调整信号控制逆变器的输出功率为目标输出功率, 可包括: 获取逆变器的输出电压的幅度值和频率, 基于输出电压的幅度值得到逆变无功功率调整量, 基于输出电压的频率得到逆变有功功率调整量, 并基于逆变无功功率调整量和逆变有功功率调整量获得逆变功率调整信号。基于电站功率调整信号和逆变功率调整信号生成输出功率调整信号, 通过输出功率调整信号控制逆变器的输出功率为目标输出功率。可以理解, 在获取逆变器的输出电压的幅度值和频率之后, 由于逆变器的输出电压的幅度值与逆变功率 (也即, 逆变器输出的功率) 中的无功功率调整量非线性相关, 逆变器的输出电压的频率与逆变功率 (也

即，逆变器输出的功率）中的有功功率调整量非线性相关，逆变采集控制电路可以分别基于逆变器的输出电压的幅度值和频率确定逆变功率的无功功率调整量和有功功率调整量，进而得到逆变功率调整信号。进一步可以理解，逆变采集控制电路可以基于电站采集模块输出的电站功率调整信号和逆变采集控制电路输出的逆变功率调整信号联合得到逆变器输出功率的目标调整量，并可以控制逆变器输出目标输出功率。

采用本申请提供的实施方式，逆变采集控制电路可以分别基于逆变器的输出电压的幅度值和频率确定逆变功率的无功功率调整量和有功功率调整量，进而得到逆变功率调整信号，进而可以基于电站采集模块输出的电站功率调整信号和逆变采集控制电路输出的逆变功率调整信号联合得到逆变器输出功率的目标调整量，并可以控制逆变器输出目标输出功率，结构简单。此外，逆变采集控制电路可以分别对逆变器的无功功率和有功功率进行控制，提高控制精度和调节效率，减少控制时间，降低控制成本。

结合第二方面第一种可能的实施方式，在第二种可能的实施方式中，电站功率调整信号可包括电站无功功率调整量和电站有功功率调整量，基于并网电压的幅度值和频率得到电站功率调整信号可包括：电站采集模块基于并网电压的幅度值得到电站无功功率调整量，并基于并网电压的频率得到电站有功功率调整量，并向逆变采集控制电路输出电站无功功率调整量和电站有功功率调整量。可以理解，在电站采集模块获取并网电压的幅度值和频率之后，由于并网电压的幅度值与电站功率（也即，供电系统在并网点输出的功率）中的无功功率调整量非线性相关，并网电压的频率与电站功率（也即，供电系统在并网点输出的功率）中的有功功率调整量非线性相关，电站采集模块可以分别基于并网点处的并网电压的幅度值和频率确定电站功率的无功功率调整量和有功功率调整量，进而将电站无功功率调整量和电站有功功率调整量输出给逆变采集电路。采用本申请提供的实施方式，电站采集模块可以分别基于并网点的并网电压的幅度值和频率确定电站功率的无功功率调整量和有功功率调整量，进而将电站功率的无功功率调整量和有功功率调整量作为电站功率调整信号输出给逆变采集电路中的功率调整模块。由此，功率调整模块可以基于电站无功功率调整量和逆变无功功率调整量得到逆变器输出功率的目标无功功率调整量，还可以基于电站有功功率调整量和逆变有功功率调整量得到逆变器输出功率的目标有功功率调整量，并可以控制逆变器输出目标输出功率（这里，目标输出功率可以包括目标无功功率和目标有功功率），结构简单。此外，系统可以分别控制逆变器输出目标无功功率和/或目标有功功率，提高控制精度和调节效率，减少控制时间，降低控制成本。

结合第二方面第一种可能的实施方式，在第三种可能的实施方式中，电站功率调整信号可包括并网电压的幅度值和频率。基于并网电压的幅度值和频率得到电站功率调整信号可包括：电站采集模块获取并网点处的并网电压的幅度值和频率，并向逆变采集控制电路输出并网点处的并网电压的幅度值和频率。

采用本申请提供的实施方式，系统可以在电站采集模块和逆变采集控制电路的通信速度（或频率）受限的场景，或者其他不便于电站采集模块和逆变采集控制电路实时通信的场景中，通过逆变采集控制电路向逆变采集控制电路输出并网点处的并网电压的幅度值和频率，并由逆变采集控制电路基于并网电压的幅度值和频率确认电站功率的调整量，方法简便灵活，适用性高，丰富了系统的适用场景和适用范围。

结合第二方面第三种可能的实施方式，在第四种可能的实施方式中，在向逆变采集控制电路输出并网点处的并网电压的幅度值和频率之后，方法可包括：基于并网电压的幅度值得到电站无功功率调整量，基于并网电压的频率得到电站有功功率调整量，输出电站无功功率

调整量和电站有功功率调整量。这里，在电站采集模块和逆变采集控制电路的通信速度（或频率）受限的场景，或者其他不便于电站采集模块和逆变采集控制电路实时通信的场景，或者其他电站采集模块直接将并网电压的幅度值和频率传输给逆变采集控制电路的场景中，逆变采集控制电路可以分别基于并网点的并网电压的幅度值和频率确定电站功率的无功功率调整量和有功功率调整量，进而将电站功率的无功功率调整量和有功功率调整量作为电站功率调整信号进行输出。由此，逆变采集控制电路可以基于电站无功功率调整量和逆变无功功率调整量联合得到逆变器输出功率的目标无功功率调整量，还可以基于电站有功功率调整量和逆变有功功率调整量联合得到逆变器输出功率的目标有功功率调整量，并可以控制逆变器输出目标输出功率（这里，目标输出功率可以包括目标无功功率和目标有功功率），结构简单。此外，逆变采集控制电路可以分别控制逆变器输出目标无功功率和/或目标有功功率，提高控制精度和调节效率，减少控制时间，降低控制成本。

采用本申请提供的实施方式，在电站采集模块和逆变采集控制电路的通信速度（或频率）受限的场景，或者其他不便于电站采集模块和逆变采集控制电路实时通信的场景，或者其他电站采集模块直接将并网电压的幅度值和频率传输给逆变采集控制电路的场景中，逆变采集控制电路可以分别基于并网点的并网电压的幅度值和频率确定电站功率的无功功率调整量和有功功率调整量，进而将电站功率的无功功率调整量和有功功率调整量作为电站功率调整信号进行输出，方法简便灵活，适用性高，丰富了系统的适用场景和适用范围。逆变采集控制电路可以基于电站无功功率调整量和逆变无功功率调整量联合得到逆变器输出功率的目标无功功率调整量，还可以基于电站有功功率调整量和逆变有功功率调整量联合得到逆变器输出功率的目标有功功率调整量，并可以控制逆变器输出目标输出功率（这里，目标输出功率可以包括目标无功功率和目标有功功率），结构简单。此外，逆变采集控制电路可以分别控制逆变器输出目标无功功率和/或目标有功功率，提高控制精度和调节效率，减少控制时间，降低控制成本。

结合第二方面第二种可能的实施方式或第四种可能的实施方式，在第五种可能的实施方式中，基于电站功率调整信号和逆变功率调整信号生成输出功率调整信号，通过输出功率调整信号控制逆变器的输出功率为目标输出功率，可包括：基于电站无功功率调整量和逆变无功功率调整量得到输出无功功率调整量，基于电站有功功率调整量和逆变有功功率调整量得到输出有功功率调整量，并基于输出无功功率调整量和输出有功功率调整量生成输出功率调整信号。通过输出功率调整信号控制逆变器输出目标输出功率。这里，逆变采集控制电路可以基于电站无功功率调整量和逆变无功功率调整量得到输出无功功率调整量（也即，逆变器输出功率的目标无功功率调整量），还可以基于电站有功功率调整量和逆变有功功率调整量得到输出有功功率调整量（也即，逆变器输出功率的目标有功功率调整量），并基于输出无功功率调整量和输出有功功率调整量生成输出功率调整信号（例如，脉冲宽度调制信号或其他可以控制逆变器输出功率的控制信号）。这里，逆变采集控制电路还可以通过输出功率调整信号控制逆变器输出目标输出功率（这里，目标输出功率可以包括目标无功功率和目标有功功率），提高控制精度和调节效率，减少控制时间，降低控制成本。

结合第二方面第五种可能的实施方式，在第六种可能的实施方式中，逆变无功功率调整量和逆变有功功率调整量满足：

$$d^2Q1(u)/du^2 < 0$$

$$d^2P1(f)/df^2 < 0$$

这里, $Q1(u)$ 为逆变无功功率调整量关于输出电压幅度值的函数, $d^2Q1(u)/du^2$ 为逆变无功功率调整量关于输出电压幅度值的二阶导数, $P1(f)$ 为逆变有功功率调整量关于输出电压频率的函数, $d^2P1(f)/df^2$ 为逆变有功功率调整量关于输出电压频率的二阶导数。

可以理解, 在具体应用场景中, 输出电压幅度值与目标输出电压幅度值的差值越大, 对应的逆变无功功率调整量越大, 且逆变无功功率调整量与输出电压幅度值并不是简单的线性相关, 在输出电压幅度值与目标输出电压幅度值的差值增大时, 对应的逆变无功功率调整量的增长速度大于输出电压幅度值与目标输出电压幅度值的差值的增长速度。因此, 采用 $Q1(u)$ (例如, 二次幂函数) 作为逆变无功功率调整量关于输出电压幅度值的拟合函数, 可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过小导致在输出电压幅度值与目标输出电压幅度值的差值较大时逆变无功功率调整量过小, 也可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过大导致在输出电压幅度值与目标输出电压幅度值的差值较小时逆变无功功率调整量过大。

进一步可以理解, 在具体应用场景中, 输出电压频率与目标输出电压频率的差值越大, 对应的逆变有功功率调整量越大, 且逆变有功功率调整量与输出电压频率并不是简单地线性相关, 在输出电压频率与目标输出电压频率的差值增大时, 对应的逆变有功功率调整量的增长速度大于输出电压频率与目标输出电压频率的差值的增长速度。因此, 采用 $P1(f)$ (例如, 二次幂函数) 作为逆变有功功率调整量关于输出电压频率的函数, 可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过小导致在输出电压频率与目标输出电压频率的差值较大时逆变有功功率调整量过小, 也可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过大导致在输出电压频率与目标输出电压频率的差值较小时逆变有功功率调整量过大。

采用本申请提供的实施方式, 采用 $Q1(u)$ (例如, 二次幂函数) 作为逆变无功功率调整量关于输出电压幅度值的函数, 可以更精确地基于输出电压幅度值得到逆变无功功率调整量, 方法简便, 提高了控制精度和控制效率。采用 $P1(f)$ (例如, 二次幂函数) 作为逆变有功功率调整量关于输出电压频率的函数, 可以更精确地基于输出电压频率得到逆变有功功率调整量, 方法简便, 提高了控制精度和控制效率。

结合第二方面第六种可能的实施方式, 在第七种可能的实施方式中, 电站无功功率调整量和逆变有功功率调整量满足:

$$d^2Q2(u)/du^2 < 0$$

$$d^2P2(f)/df^2 < 0$$

这里, $Q2(u)$ 为电站无功功率调整量关于并网电压幅度值的函数, $d^2Q2(u)/du^2$ 为电站无功功率调整量关于并网电压幅度值的二阶导数, $P2(f)$ 为电站有功功率调整量关于并网电压频率的函数, $d^2P2(f)/df^2$ 为电站有功功率调整量关于并网电压频率的二阶导数。

可以理解, 在具体应用场景中, 并网电压幅度值与目标并网电压幅度值的差值越大, 对应的电站无功功率调整量越大, 且电站无功功率调整量与并网电压幅度值并不是简单的线性相关, 在并网电压幅度值与目标并网电压幅度值的差值增大时, 对应的电站无功功率调整量的增长速度大于并网电压幅度值与目标并网电压幅度值的差值的增长速度。因此, 采用 $Q2(u)$ (例如, 二次幂函数) 作为电站无功功率调整量关于并网电压幅度值的拟合函数, 可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过小导致在并网电压幅度值与目标并网电压幅度值的差值较大时电站无功功率调整量过小, 也可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过大导致在并网电压幅度值与目标并网电压幅度值的差值较小时电站无功功率调整量过大。

进一步可以理解, 在具体应用场景中, 并网电压频率与目标并网电压频率的差值越大,

对应的电站有功功率调整量越大，且电站有功功率调整量与并网电压频率并不是简单地线性相关，在并网电压频率与目标并网电压频率的差值增大时，对应的电站有功功率调整量的增长速度大于并网电压频率与目标并网电压频率的差值的增长速度。因此，采用 $P2(f)$ （例如，二次幂函数）作为电站有功功率调整量关于并网电压频率的函数，可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过小导致在并网电压频率与目标并网电压频率的差值较大时电站有功功率调整量过小，也可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过大导致在并网电压频率与目标并网电压频率的差值较小时电站有功功率调整量过大。

采用本申请提供的实施方式，采用 $Q2(u)$ （例如，二次幂函数）作为电站无功功率调整量关于并网电压幅度值的函数，可以更精确地基于并网电压幅值得到电站无功功率调整量，方法简便，提高了控制精度和控制效率。采用 $P2(f)$ （例如，二次幂函数）作为电站有功功率调整量关于并网电压频率的函数，可以更精确地基于并网电压频率得到电站有功功率调整量，方法简便，提高了控制精度和控制效率。

结合第二方面第七种可能的实施方式，在第八种可能的实施方式中，输出无功功率调整量和输出有功功率调整量满足：

$$Q_{out} = Q1 + k1(Q2 - Q1)$$

$$P_{out} = P1 + k2(P2 - P1)$$

这里， Q_{out} 为输出无功功率调整量， $Q1$ 为逆变无功功率调整量， $Q2$ 为电站无功功率调整量， $k1$ 为输出无功功率调节系数， P_{out} 为输出有功功率调整量， $P1$ 为逆变有功功率调整量， $P2$ 为电站有功功率调整量， $k2$ 为输出有功功率调节系数。

采用本申请提供的实施方式，系统可以基于电站无功功率调整量 $Q1$ 和逆变无功功率调整量 $Q1$ 得到输出无功功率调整量 Q_{out} （也即，逆变器输出功率的目标无功功率调整量），还可以基于电站有功功率调整量 $P1$ 和逆变有功功率调整量 $P2$ 得到输出有功功率调整量 P_{out} （也即，逆变器输出功率的目标有功功率调整量），并基于输出无功功率调整量 Q_{out} 和输出有功功率调整量 P_{out} 生成输出功率调整信号（例如，脉冲宽度调制信号或其他可以控制逆变器输出功率的控制信号），提高控制精度和调节效率，减少控制时间，降低控制成本。

附图说明

- 图 1 是本申请实施例提供的供电系统的应用场景示意图；
- 图 2 是本申请实施例提供的供电系统的一结构示意图；
- 图 3 是本申请实施例提供的供电系统的另一结构示意图；
- 图 4 是本申请实施例提供的供电系统的电站有功功率调整量与频率关系示意图；
- 图 5 是本申请实施例提供的供电系统的另一结构示意图；
- 图 6 是本申请实施例提供的供电系统的另一结构示意图；
- 图 7 是本申请实施例提供的供电系统的另一结构示意图；
- 图 8 是本申请实施例提供的供电系统的另一结构示意图；
- 图 9 是本申请实施例提供的并网控制方法的一流程示意图；
- 图 10 是本申请实施例提供的并网控制方法的另一流程示意图。

具体实施方式

本申请提供的供电系统可以适用于新能源智能微网领域、输配电领域或者新能源领域（如

光伏并网领域、火力并网领域或者风力并网领域)、光伏发电领域,或者风力发电领域,或者火力发电领域,或者大功率变换器领域(如将直流电转换为大功率的高压交流电)等多种应用领域,具体可根据实际应用场景确定,在此不做限制。本申请提供的供电系统可适用于光伏供电系统、风能供电系统、火力供电系统、核能供电系统、化学供电系统或生物质能供电系统等具有不同发电装置的供电系统,具体可根据实际应用场景确定,在此不做限制。本申请提供的供电系统可适配于不同的应用场景,比如,对光储供电环境中的负载进行供电的应用场景、风储供电环境中的负载进行供电的应用场景、纯储能供电环境中的负载进行供电的应用场景或者其它应用场景,下面将以对纯储能供电环境中的负载进行供电的应用场景为例进行说明,以下不再赘述。

请参见图1,图1是本申请实施例提供的供电系统的应用场景示意图。在纯储能供电应用场景下,如图1所示,供电系统1中包括电源11、逆变器12、变压器13、电站采集模块14和逆变采集控制电路10,其中,电源11可通过逆变器12和变压器13相连,变压器13可与电网2连接于并网点,电站采集模块14的一端可连接于并网点,电站采集模块的另一端可连接逆变采集控制电路10的第一端,逆变采集控制电路10的第二端可连接于逆变器12和变压器13之间,逆变采集控制电路10的第三端可连接逆变器12。在一些可行的实施方式中,电源11可以通过逆变器12和变压器13为电网2供电。在一些可行的实施方式中,电源11也可以通过逆变器12和变压器13与负载3相连,并通过逆变器12和变压器13为负载3供电。这里,逆变器12可以将电源11提供的直流电能转换为交流电能,变压器13可以将交流电能的电压提升(或降低)至于电网2(或负载3)匹配的电压值。在一些可行的实施方式中,电源11也可以作为储能装置,在电力不紧张时,电源11可以通过逆变器12和变压器13获取电网2提供的电能进行存储。本申请仅以电源11通过逆变器12和变压器13为电网2(或负载3)供电的应用场景为例进行介绍,以下不再赘述。可以理解,本申请提供的电源11适用于为在无市电或者市电差的偏远地区的基站设备供电,或者为蓄电池供电,或者为家用设备(如冰箱、空调等等)供电等为多种类型的用电设备供电的应用场景中,具体可根据实际应用场景确定,在此不做限制。进一步可以理解,图1中的电网2可以包括传输线、电力中转站点、蓄电池、通信基站或者家用设备等用电设备或电力传输设备。这里的负载3可以包括电机、整流设备等在运行(供电或者用电)过程中电压和电流为非线性关系的负载(用电装置或者电力传输装置)。可以理解,由于在电网2(或负载3)运行时,电网2(或负载3)端的阻抗通常存在变化,或者当电源11为新能源供电站(例如光伏电站)时,发电功率可能会不稳定(例如,光伏电站的光照条件发生变化)。在这些场景(或其他应用场景)中,供电系统1与电网2连接处的并网点的电压和频率会发生波动,可能增加设备损耗甚至危害设备安全。这里,电站采集模块14可以获取并网点处的并网电压的幅度值和频率,并基于并网电压的幅度值和频率得到电站功率调整信号,逆变采集控制电路10可以获取逆变器12的输出电压的幅度值和频率,并基于输出电压的幅度值和频率得到逆变功率调整信号,并基于电站功率调整信号和逆变功率调整信号控制逆变器12输出目标输出功率,结构简单,控制方法简便,提高控制精度和调节效率,减少控制时间,降低控制成本。

下面将结合图2至图10对本申请提供的供电系统及其工作原理进行示例说明。

请参见图2,图2是本申请实施例提供的供电系统的一结构示意图。如图2所示,供电系统包括电源101、逆变器102、变压器103、电站采集模块104和逆变采集控制电路100。这里,电源101可通过逆变器102和变压器103相连,变压器103可与电网连接于并网点,电站采集模块104的一端可连接于并网点,电站采集模块104的另一端可连接逆变采集控制

电路 100 的第一端, 逆变采集控制电路 100 的第二端可连接于逆变器 102 和变压器 103 之间, 逆变采集控制电路 100 的第三端可连接逆变器 102。这里的电站采集模块 104 可用于获取并网点处的并网电压的幅度值和频率, 并基于并网电压的幅度值和频率得到电站功率调整信号。这里的逆变采集控制电路 100 可用于获取逆变器 102 的输出电压的幅度值和频率, 并基于输出电压的幅度值和频率得到逆变功率调整信号, 并基于电站功率调整信号和逆变功率调整信号控制逆变器 102 输出目标输出功率。

在本申请提供的实施方式中, 电站采集模块 104 可以获得并网点处的并网电压的幅度值和频率。这里, 并网电压的幅度值和频率与电站功率(也即, 供电系统在并网点输出的功率)相关, 系统可以基于并网电压的幅度值和频率确定电站功率的调整量, 进而得到电站功率调整信号。逆变采集控制电路 100 可以获得逆变器 102 的输出电压的幅度值和频率。这里, 逆变器 102 的输出电压的幅度值和频率与逆变功率(也即, 逆变器 102 输出的功率)相关, 逆变采集控制电路 100 可以基于逆变器 102 的输出电压的幅度值和频率确定逆变功率的调整量, 进而得到逆变功率调整信号。由于逆变器 102 的输出端和并网点之间存在其他功能模块或者电能元件(例如, 变压器 103 等), 逆变采集控制电路 100 可以基于电站功率调整信号和逆变功率调整信号联合得到逆变器 102 输出功率的目标调整量, 并可以控制逆变器 102 输出目标输出功率。

采用本申请提供的实施方式, 系统可以通过电站采集模块 104 和逆变采集控制电路 100 采集并网点的并网电压和逆变器 102 的输出电压的幅度值和频率, 并分别确定电站功率调整信号和逆变功率调整信号, 进而基于电站功率调整信号和逆变功率调整信号调整逆变器 102 的输出功率, 结构简单, 控制方法简便, 提高控制精度和调节效率, 减少控制时间, 降低控制成本。

在一些可行的实施方式中, 逆变采集控制电路可包括逆变采集模块和功率调整模块, 具体请一并参见图 3, 图 3 是本申请实施例提供的供电系统的另一结构示意图。如图 3 所示, 逆变采集控制电路 200 可包括逆变采集模块 205 和功率调整模块 206。这里, 电源 201 可通过逆变器 202 和变压器 203 相连, 变压器 203 可与电网连接于并网点, 电站采集模块 204 的一端可连接于并网点, 电站采集模块 204 的另一端可连接逆变采集控制电路 200 的第一端, 逆变采集控制电路 200 的第二端可连接于逆变器 202 和变压器 203 之间, 逆变采集控制电路 200 的第三端可连接逆变器 202。这里, 功率调整模块 206 的第一端可作为逆变采集控制电路 200 的第一端连接电站采集模块 204, 逆变采集模块 205 的一端可作为逆变采集控制电路 200 的第二端连接于逆变器 202 和变压器 203 之间, 逆变采集模块 205 的另一端可连接功率调整模块 206 的第二端, 功率调整模块 206 的第三端可作为逆变采集控制电路 200 的第三端连接逆变器 202。这里的逆变采集模块 205 可用于获取逆变器 202 的输出电压的幅度值和频率, 基于输出电压的幅值得到逆变无功功率调整量, 基于输出电压的频率得到逆变有功功率调整量, 并基于逆变无功功率调整量和逆变有功功率调整量获得逆变功率调整信号。这里的功率调整模块 206 可用于基于电站功率调整信号和逆变功率调整信号生成输出功率调整信号, 通过输出功率调整信号控制逆变器 202 输出目标输出功率。可以理解, 在逆变采集模块 205 获取逆变器 202 的输出电压的幅度值和频率之后, 由于逆变器 202 的输出电压的幅度值与逆变功率(也即, 逆变器 202 输出的功率)中的无功功率调整量非线性相关, 逆变器 202 的输出电压的频率与逆变功率(也即, 逆变器 202 输出的功率)中的有功功率调整量非线性相关, 逆变采集模块 205 可以分别基于逆变器 202 的输出电压的幅度值和频率确定逆变功率的无功功率调整量和有功功率调整量, 进而得到逆变功率调整信号。进一步可以理解, 功率调整模

块 206 可以基于电站采集模块 204 输出的电站功率调整信号和逆变采集控制电路 200 输出的逆变功率调整信号联合得到逆变器 202 输出功率的目标调整量，并可以控制逆变器 202 输出目标输出功率。

采用本申请提供的实施方式，逆变采集模块 205 可以分别基于逆变器 202 的输出电压的幅度值和频率确定逆变功率的无功功率调整量和有功功率调整量，进而得到逆变功率调整信号，功率调整模块 206 可以基于电站采集模块 204 输出的电站功率调整信号和逆变采集控制电路 200 输出的逆变功率调整信号联合得到逆变器 202 输出功率的目标调整量，并可以控制逆变器 202 输出目标输出功率，结构简单。此外，系统可以分别对逆变器 202 的无功功率和有功功率进行控制，提高控制精度和调节效率，减少控制时间，降低控制成本。

在一些可行的实施方式中，电站功率调整信号可包括电站无功功率调整量和电站有功功率调整量。这里的电站采集模块 204 还可用于基于并网电压的幅度值得到电站无功功率调整量，基于并网电压的频率得到电站有功功率调整量，并向逆变采集控制电路 200 输出电站无功功率调整量和电站有功功率调整量。可以理解，在电站采集模块 204 获取并网电压的幅度值和频率之后，由于并网电压的幅度值与电站功率（也即，供电系统在并网点输出的功率）中的无功功率调整量非线性相关，并网电压的频率与电站功率（也即，供电系统在并网点输出的功率）中的有功功率调整量非线性相关，电站采集模块 204 可以分别基于并网点处的并网电压的幅度值和频率确定电站功率的无功功率调整量和有功功率调整量，进而将电站无功功率调整量和电站有功功率调整量输出给逆变采集电路。采用本申请提供的实施方式，电站采集模块 204 可以分别基于并网点的并网电压的幅度值和频率确定电站功率的无功功率调整量和有功功率调整量，进而将电站功率的无功功率调整量和有功功率调整量作为电站功率调整信号输出给逆变采集电路中的功率调整模块 206。由此，功率调整模块 206 可以基于电站无功功率调整量和逆变无功功率调整量得到逆变器 202 输出功率的目标无功功率调整量，还可以基于电站有功功率调整量和逆变有功功率调整量得到逆变器 202 输出功率的目标有功功率调整量，并可以控制逆变器 202 输出目标输出功率（这里，目标输出功率可以包括目标无功功率和目标有功功率），结构简单。此外，系统可以分别控制逆变器 202 输出目标无功功率和/或目标有功功率，提高控制精度和调节效率，减少控制时间，降低控制成本。

在一些可行的实施方式中，逆变无功功率调整量和逆变有功功率调整量满足如下公式：

$$d^2Q1(u)/du^2 < 0 \quad (1)$$

$$d^2P1(f)/df^2 < 0 \quad (2)$$

这里， $Q1(u)$ 为逆变无功功率调整量关于输出电压幅度值的函数， $d^2Q1(u)/du^2$ 为逆变无功功率调整量关于输出电压幅度值的二阶导数， $P1(f)$ 为逆变有功功率调整量关于输出电压频率的函数， $d^2P1(f)/df^2$ 为逆变有功功率调整量关于输出电压频率的二阶导数。

可以理解，在具体应用场景中，输出电压幅度值与目标输出电压幅度值的差值越大，对应的逆变无功功率调整量越大，且逆变无功功率调整量与输出电压幅度值并不是简单的线性相关，在输出电压幅度值与目标输出电压幅度值的差值增大时，对应的逆变无功功率调整量的增长速度大于输出电压幅度值与目标输出电压幅度值的差值的增长速度。因此，采用 $Q1(u)$ （例如，二次幂函数）作为逆变无功功率调整量关于输出电压幅度值的拟合函数，可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过小导致在输出电压幅度值与目标输出电压幅度值的差值较大时逆变无功功率调整量过小，也可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过大导致在输出电压幅度值与目标输出电压幅度值的差值较小时逆变无功功率调整量过大。

进一步可以理解，在具体应用场景中，输出电压频率与目标输出电压频率的差值越大，对应的逆变有功功率调整量越大，且逆变有功功率调整量与输出电压频率并不是简单地线性相关，在输出电压频率与目标输出电压频率的差值增大时，对应的逆变有功功率调整量的增长速度大于输出电压频率与目标输出电压频率的差值的增长速度。因此，采用 $P1(f)$ （例如，二次幂函数）作为逆变有功功率调整量关于输出电压频率的函数，可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过小导致在输出电压频率与目标输出电压频率的差值较大时逆变有功功率调整量过小，也可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过大导致在输出电压频率与目标输出电压频率的差值较小时逆变有功功率调整量过大。

在一些可行的实施方式中，逆变无功功率调整量和逆变有功功率调整量可以满足如下公式：

$$Q1 = k11 \cdot (U0 - U1)^2 \quad (3)$$

$$P1 = k12 \cdot (f0 - f1)^2 \quad (4)$$

其中， $Q1$ 为逆变无功功率调整量， $U0$ 为目标输出电压幅度值， $U1$ 为输出电压幅度值， $k11$ 为逆变无功功率调节系数， $P1$ 为逆变有功功率调整量， $f0$ 为目标输出电压频率， $f1$ 为输出电压频率， $k12$ 为逆变有功功率调节系数。

采用本申请提供的实施方式，采用 $Q1(u)$ （例如，公式 3 所示的二次幂函数）作为逆变无功功率调整量关于输出电压幅度值的函数，可以更精确地基于输出电压幅度值得到逆变无功功率调整量，方法简便，提高了控制精度和控制效率。采用 $P1(f)$ （例如，公式 4 所示的二次幂函数）作为逆变有功功率调整量关于输出电压频率的函数，可以更精确地基于输出电压频率得到逆变有功功率调整量，方法简便，提高了控制精度和控制效率。

在一些可行的实施方式中，电站无功功率调整量和逆变有功功率调整量满足如下公式：

$$d^2Q2(u)/du^2 < 0 \quad (5)$$

$$d^2P2(f)/df^2 < 0 \quad (6)$$

这里， $Q2(u)$ 为电站无功功率调整量关于并网电压幅度值的函数， $d^2Q2(u)/du^2$ 为电站无功功率调整量关于并网电压幅度值的二阶导数， $P2(f)$ 为电站有功功率调整量关于并网电压频率的函数， $d^2P2(f)/df^2$ 为电站有功功率调整量关于并网电压频率的二阶导数。

可以理解，在具体应用场景中，并网电压幅度值与目标并网电压幅度值的差值越大，对应的电站无功功率调整量越大，且电站无功功率调整量与并网电压幅度值并不是简单的线性相关，在并网电压幅度值与目标并网电压幅度值的差值增大时，对应的电站无功功率调整量的增长速度大于并网电压幅度值与目标并网电压幅度值的差值的增长速度。因此，采用 $Q2(u)$ （例如，二次幂函数）作为电站无功功率调整量关于并网电压幅度值的拟合函数，可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过小导致在并网电压幅度值与目标并网电压幅度值的差值较大时电站无功功率调整量过小，也可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过大导致在并网电压幅度值与目标并网电压幅度值的差值较小时电站无功功率调整量过大。

进一步可以理解，在具体应用场景中，并网电压频率与目标并网电压频率的差值越大，对应的电站有功功率调整量越大，且电站有功功率调整量与并网电压频率并不是简单地线性相关，在并网电压频率与目标并网电压频率的差值增大时，对应的电站有功功率调整量的增长速度大于并网电压频率与目标并网电压频率的差值的增长速度。请一并参见图 4，图 4 是本申请实施例提供的供电系统的电站有功功率调整量与频率关系示意图。如图 4 中的 (a) 部

分所示，虚线为采用线性函数拟合得到的电站有功功率调整量关于并网电压频率的曲线，实线为实际应用场景中电站有功功率调整量关于并网电压频率的曲线，图4中的(a)部分中虚线所示的线性拟合系数过大，当并网电压频率与目标并网电压频率的差值较小时，电站有功功率调整量过大，如果按照虚线进行线性拟合，得到的电站有功功率调整量和实际所需的电站有功功率调整量误差很大。如图4中的(b)部分所示，虚线为采用线性函数拟合得到的电站有功功率调整量关于并网电压频率的曲线，实线为实际应用场景中电站有功功率调整量关于并网电压频率的曲线，图4中的(b)部分中虚线所示的线性拟合系数过小，当并网电压频率与目标并网电压频率的差值较大时，电站有功功率调整量过小，如果按照虚线进行线性拟合，得到的电站有功功率调整量和实际所需的电站有功功率调整量误差也很大。如图4中的(c)部分所示，虚线为采用线性函数拟合得到的电站有功功率调整量关于并网电压频率的曲线，实线为实际应用场景中电站有功功率调整量关于并网电压频率的曲线，图4中的(c)部分中虚线所示的线性拟合系数适中，但按照虚线进行线性拟合得到的电站有功功率调整量和实际所需的电站有功功率调整量误差依旧很大。可见，线性拟合下得到的电站有功功率调整量和实际所需的电站有功功率调整量总会存在较大误差。在本申请中，如图4中的(d)部分所示，虚线为采用非线性函数拟合得到的电站有功功率调整量关于并网电压频率的曲线，黑色实线为实际应用场景中电站有功功率调整量关于并网电压频率的曲线。可见，采用非线性函数拟合得到的电站有功功率调整量关于并网电压频率的曲线与实际应用场景中电站有功功率调整量关于并网电压频率的曲线误差较小，提高了系统的控制精度。

因此，采用 $P2(f)$ （例如，二次幂函数）作为电站有功功率调整量关于并网电压频率的函数，可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过小导致在并网电压频率与目标并网电压频率的差值较大时电站有功功率调整量过小，也可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过大导致在并网电压频率与目标并网电压频率的差值较小时电站有功功率调整量过大。

在一些可行的实施方式中，电站无功功率调整量和逆变有功功率调整量可以满足如下公式：

$$Q2 = k21 \cdot (Uc - U2)^2 \quad (7)$$

$$P2 = k22 \cdot (fc - f2)^2 \quad (8)$$

其中， $Q2$ 为电站无功功率调整量， Uc 为目标并网电压幅度值， $U2$ 为并网电压幅度值， $k21$ 为电站无功功率调节系数， $P2$ 为电站有功功率调整量， fc 为目标并网电压频率， $f2$ 为并网电压频率， $k22$ 为电站有功功率调节系数。

采用本申请提供的实施方式，采用 $Q2(u)$ （例如，公式7所示的二次幂函数）作为电站无功功率调整量关于并网电压幅度值的函数，可以更精确地基于并网电压幅度值得到电站无功功率调整量，方法简便，提高了控制精度和控制效率。采用 $P2(f)$ （例如，公式8所示的二次幂函数）作为电站有功功率调整量关于并网电压频率的函数，可以更精确地基于并网电压频率得到电站有功功率调整量，方法简便，提高了控制精度和控制效率。

在一些可行的实施方式中，输出无功功率调整量和输出有功功率调整量满足如下公式：

$$Qout = Q1 + k1(Q2 - Q1) \quad (9)$$

$$Pout = P1 + k2(P2 - P1) \quad (10)$$

这里， $Qout$ 为输出无功功率调整量， $Q1$ 为逆变无功功率调整量， $Q2$ 为电站无功功率调整量， $k1$ 为输出无功功率调节系数， $Pout$ 为输出有功功率调整量， $P1$ 为逆变有功功率调整

量, P_2 为电站有功功率调整量, k_2 为输出有功功率调节系数。

请再次参见图 4, 如图 4 中的 (d) 部分所示, 灰色实线为同时基于电站有功功率调整量和逆变有功功率调整量得到的输出有功功率调整量关于并网电压频率的曲线。系统可以同时基于电站有功功率调整量和逆变有功功率调整量, 得到输出有功功率调整量关于并网电压频率的曲线, 进一步减小了与实际应用场景中电站有功功率调整量关于并网电压频率曲线的误差, 进一步提高了系统的控制精度。

采用本申请提供的实施方式, 系统可以基于电站无功功率调整量 Q_1 和逆变无功功率调整量 Q_1 得到输出无功功率调整量 Q_{out} (也即, 逆变器输出功率的目标无功功率调整量), 还可以基于电站有功功率调整量 P_1 和逆变有功功率调整量 P_2 得到输出有功功率调整量 P_{out} (也即, 逆变器输出功率的目标有功功率调整量), 并基于输出无功功率调整量 Q_{out} 和输出有功功率调整量 P_{out} 生成输出功率调整信号 (例如, 脉冲宽度调制信号或其他可以控制逆变器输出功率的控制信号), 提高控制精度和调节效率, 减少控制时间, 降低控制成本。

在一些可行的实施方式中, 电站功率调整信号可包括并网电压的幅度值和频率。这里的电站采集模块 204 还可用于获取并网点处的并网电压的幅度值和频率, 并向逆变采集控制电路 200 输出并网点处的并网电压的幅度值和频率。这里, 在电站采集模块 204 和逆变采集控制电路 200 的通信速度 (或频率) 受限的场景, 或者其他不便于电站采集模块 204 和逆变采集控制电路 200 实时通信的场景中, 电站采集模块 204 可以获取并网点处并网电压的幅度值和频率, 并向逆变采集控制电路 200 输出并网点处的并网电压的幅度值和频率, 由逆变采集控制电路 200 基于并网电压的幅度值和频率确认电站功率的调整量。采用本申请提供的实施方式, 系统可以在电站采集模块 204 和逆变采集控制电路 200 的通信速度 (或频率) 受限的场景, 或者其他不便于电站采集模块 204 和逆变采集控制电路 200 实时通信的场景中, 通过逆变采集控制电路 200 向逆变采集控制电路 200 输出并网点处的并网电压的幅度值和频率, 并由逆变采集控制电路 200 基于并网电压的幅度值和频率确认电站功率的调整量, 方法简便灵活, 适用性高, 丰富了系统的适用场景和适用范围。

在一些可行的实施方式中, 逆变采集控制电路还可包括信号确认模块。请参见图 5, 图 5 是本申请实施例提供的供电系统的另一结构示意图。如图 5 所示, 逆变采集控制电路 300 还可包括信号确认模块 307。这里, 电源 301 可通过逆变器 302 和变压器 303 相连, 变压器 303 可与电网连接于并网点, 电站采集模块 304 的一端可连接于并网点, 电站采集模块 304 的另一端可连接逆变采集控制电路 300 的第一端, 逆变采集控制电路 300 的第二端可连接于逆变器 302 和变压器 303 之间, 逆变采集控制电路 300 的第三端可连接逆变器 302。这里, 功率调整模块 306 的第一端可作为逆变采集控制电路 300 的第一端连接电站采集模块 304, 逆变采集模块 305 的一端可作为逆变采集控制电路 300 的第二端连接于逆变器 302 和变压器 303 之间, 逆变采集模块 305 的另一端可连接功率调整模块 306 的第二端, 功率调整模块 306 的第三端可作为逆变采集控制电路 300 的第三端连接逆变器 302。这里, 功率调整模块 306 的第一端可通过信号确认模块 307 连接电站采集模块 304。这里的信号确认模块 307 可用于基于并网电压的幅度值得到电站无功功率调整量, 基于并网电压的频率得到电站有功功率调整量, 向功率调整模块 306 输出电站无功功率调整量和电站有功功率调整量。这里, 在电站采集模块 304 和逆变采集控制电路 300 的通信速度 (或频率) 受限的场景, 或者其他不便于电站采集模块 304 和逆变采集控制电路 300 实时通信的场景, 或者其他电站采集模块 304 直接将并网电压的幅度值和频率传输给逆变采集控制电路 300 的场景中, 信号确认模块 307 可以分别基于并网点的并网电压的幅度值和频率确定电站功率的无功功率调整量和有功功率调整

量,进而将电站功率的无功功率调整量和有功功率调整量作为电站功率调整信号输出给逆变采集电路中的功率调整模块 306。由此,功率调整模块 306 可以基于电站无功功率调整量和逆变无功功率调整量联合得到逆变器 302 输出功率的目标无功功率调整量,还可以基于电站有功功率调整量和逆变有功功率调整量联合得到逆变器 302 输出功率的目标有功功率调整量,并可以控制逆变器 302 输出目标输出功率(这里,目标输出功率可以包括目标无功功率和目标有功功率),结构简单。此外,可以分别控制逆变器 302 输出目标无功功率和/或目标有功功率,提高控制精度和调节效率,减少控制时间,降低控制成本。

采用本申请提供的实施方式,在电站采集模块 304 和逆变采集控制电路 300 的通信速度(或频率)受限的场景,或者其他不便于电站采集模块 304 和逆变采集控制电路 300 实时通信的场景,或者其他电站采集模块 304 直接将并网电压的幅度值和频率传输给逆变采集控制电路 300 的场景中,信号确认模块 307 可以分别基于并网点并网电压的幅度值和频率确定电站功率的无功功率调整量和有功功率调整量,进而将电站功率的无功功率调整量和有功功率调整量作为电站功率调整信号输出给逆变采集电路中的功率调整模块 306,方法简便灵活,适用性高,丰富了系统的适用场景和适用范围。功率调整模块 306 可以基于电站无功功率调整量和逆变无功功率调整量联合得到逆变器 302 输出功率的目标无功功率调整量,还可以基于电站有功功率调整量和逆变有功功率调整量联合得到逆变器 302 输出功率的目标有功功率调整量,并可以控制逆变器 302 输出目标输出功率(这里,目标输出功率可以包括目标无功功率和目标有功功率),结构简单。此外,系统可以分别控制逆变器 302 输出目标无功功率和/或目标有功功率,提高控制精度和调节效率,减少控制时间,降低控制成本。

在一些可行的实施方式中,功率调整模块还可包括调整量确认单元和功率控制单元。请参见图 6,图 6 是本申请实施例提供的供电系统的另一结构示意图。如图 6 所示,功率调整模块 406 还可包括调整量确认单元 4061 和功率控制单元 4062。这里,电源 401 可通过逆变器 402 和变压器 403 相连,变压器 403 可与电网连接于并网点,电站采集模块 404 的一端可连接于并网点,电站采集模块 404 的另一端可连接逆变采集控制电路 400 的第一端,逆变采集控制电路 400 的第二端可连接于逆变器 402 和变压器 403 之间,逆变采集控制电路 400 的第三端可连接逆变器 402。这里,功率调整模块 406 的第一端可作为逆变采集控制电路 400 的第一端连接电站采集模块 404,逆变采集模块 405 的一端可作为逆变采集控制电路 400 的第二端连接于逆变器 402 和变压器 403 之间,逆变采集模块 405 的另一端可连接功率调整模块 406 的第二端,功率调整模块 406 的第三端可作为逆变采集控制电路 400 的第三端连接逆变器 402。这里,功率调整模块 406 的第一端可通过信号确认模块 407 连接电站采集模块 404。这里,功率控制单元 4062 与逆变器 402 和调整量确认单元 4061 的一端相连,调整量确认单元 4061 的另一端与逆变采集模块 405 相连,或者调整量确认单元 4061 的另一端与信号确认模块 407 相连。这里的调整量确认单元 4061 可用于基于电站无功功率调整量和逆变无功功率调整量得到输出无功功率调整量,基于电站有功功率调整量和逆变有功功率调整量得到输出有功功率调整量,并基于输出无功功率调整量和输出有功功率调整量生成输出功率调整信号。这里的功率控制单元 4062 可用于通过输出功率调整信号控制逆变器 402 输出目标输出功率。这里,调整量确认单元 4061(例如,比例积分放大电路)可以基于电站无功功率调整量和逆变无功功率调整量得到输出无功功率调整量(也即,逆变器 402 输出功率的目标无功功率调整量),还可以基于电站有功功率调整量和逆变有功功率调整量得到输出有功功率调整量(也即,逆变器 402 输出功率的目标有功功率调整量),并基于输出无功功率调整量和输出有功功率调整量生成输出功率调整信号(例如,脉冲宽度调制信号或其他可以控制逆变器 402 输出

功率的控制信号)。这里,功率控制单元 4062 可以通过输出功率调整信号控制逆变器 402 输出目标输出功率(这里,目标输出功率可以包括目标无功功率和目标有功功率),提高控制精度和调节效率,减少控制时间,降低控制成本。

在一些可行的实施方式中,供电系统中还可包括直流母线,电源 501 可通过直流母线、逆变器 502 和变压器 503 连接电网。这里,直流母线上可包括一个母线电容或者相互串联的多个母线电容,可用于储能。直流母线上可包括母线电容 C,逆变器 502 可将电源 501 输出并存储至母线电容 C 两端的电能进行转换,并输出相应的电流和电压以维持电网工作。

请一并参见图 7,图 7 是本申请实施例提供的供电系统的另一结构示意图。在图 7 所示的供电系统中还可以包括汇流箱 508,供电系统中电源 501 可通过汇流箱 508 连接逆变器 502。可以理解,供电系统中的电源 501 可连接汇流箱 508 之后通过汇流箱 508 直接连接逆变器 502,也可通过汇流箱 508 连接直流母线并通过直流母线连接逆变器 502,具体可根据实际应用场景设定,在此不做限制。其中,图 7 中的电源 501、逆变器 502、变压器 503、逆变采集控制电路 500(包括逆变采集模块 505、功率调整模块 506(包括调整量确认单元 5061 和功率控制单元 5062)、电站采集模块 504、逆变采集模块 505 和信号确认模块 507 的连接方式和工作原理,与前述图 6 中的电源 401、逆变器 402、变压器 403、逆变采集控制电路 400(包括逆变采集模块 405、功率调整模块 406(包括调整量确认单元 4061 和功率控制单元 4062)、电站采集模块 404、逆变采集模块 405 和信号确认模块 407 的连接方式和工作原理相同,此处不再赘述。

参见图 8,图 8 是本申请实施例提供的供电系统的另一结构示意图。如图 8 所示,供电系统中还可以包括并离网接线装置 609,电源 601 可通过逆变器 602、变压器 603 和并离网接线装置 609 为电网中的传输线、电力中转站点、蓄电池、通信基站或者家用设备等用电设备或电力传输设备进行供电。其中,图 8 中的电源 601、逆变器 602、变压器 603、逆变采集控制电路 600(包括逆变采集模块 605、功率调整模块 606(包括调整量确认单元 6061 和功率控制单元 6062)、电站采集模块 604、逆变采集模块 605、信号确认模块 607 和汇流箱 608 的连接方式和工作原理,与前述图 7 中的电源 501、逆变器 502、变压器 503、逆变采集控制电路 500(包括逆变采集模块 505、功率调整模块 506(包括调整量确认单元 5061 和功率控制单元 5062)、电站采集模块 504、逆变采集模块 505、信号确认模块 507 和汇流箱 508 的连接方式和工作原理相同,此处不再赘述。

在本申请中,供电系统中功能模块的组成方式多样、灵活,可适应不同的供电环境,提高供电系统的应用场景的多样性,增强供电系统的适应性。同时,在上述图 1 至图 8 所示的任一供电系统(或者供电系统中连接并网点的电站采集模块和所述供电系统的逆变采集控制电路)中,供电系统(或者供电系统中连接并网点的电站采集模块和所述供电系统的逆变采集控制电路)都可以通过供电系统中的逆变器为非线性负载提供谐波电流,提高并网点电流的正弦度,提高供电系统的电能质量,延长元件使用寿命,降低成本。为方便描述,下面将以图 2 所示的供电系统的结构对本申请实施例提供的供电系统的供电方法进行示例说明。

请参见图 9,图 9 是本申请提供的并网控制方法的一流程示意图。本申请提供并网控制方法适用于上述图 1 至图 8 所示的任一供电系统。如图 9 所示,本申请提供的并网控制方法包括如下步骤:

S701: 电站采集模块获取并网点处的并网电压的幅度值和频率,并基于并网电压的幅度值和频率得到电站功率调整信号。

S702: 逆变采集控制电路获取逆变器的输出电压的幅度值和频率,并基于输出电压的幅

度值和频率得到逆变功率调整信号，并基于电站功率调整信号和逆变功率调整信号控制逆变器输出目标输出功率。

在本申请提供的实施方式中，电站采集模块可以获取并网点处的并网电压的幅度值和频率。这里，并网电压的幅度值和频率与电站功率（也即，供电系统在并网点输出的功率）相关，系统可以基于并网电压的幅度值和频率确定电站功率的调整量，进而得到电站功率调整信号。逆变采集控制电路可以获取逆变器的输出电压的幅度值和频率。这里，逆变器的输出电压的幅度值和频率与逆变功率（也即，逆变器输出的功率）相关，逆变采集控制电路可以基于逆变器的输出电压的幅度值和频率确定逆变功率的调整量，进而得到逆变功率调整信号。由于逆变器的输出端和并网点之间存在其他功能模块或者电能元件（例如，变压器等），逆变采集控制电路可以基于电站功率调整信号和逆变功率调整信号联合得到逆变器输出功率的目标调整量，并可以控制逆变器输出目标输出功率。

采用本申请提供的实施方式，系统可以通过电站采集模块和逆变采集控制电路采集并网点的并网电压和逆变器的输出电压的幅度值和频率，并分别确定电站功率调整信号和逆变功率调整信号，进而基于电站功率调整信号和逆变功率调整信号调整逆变器的输出功率，结构简单，控制方法简便，提高控制精度和调节效率，减少控制时间，降低控制成本。

在一些可行的实施方式中，电站功率调整信号可包括电站无功功率调整量和电站有功功率调整量。请参见图 10，图 10 是本申请提供的并网控制方法的另一流程示意图。如图 10 所示，前述步骤 S701 中基于并网电压的幅度值和频率得到电站功率调整信号可包括：

S801：电站采集模块基于并网电压的幅度值得到电站无功功率调整量，并基于并网电压的频率得到电站有功功率调整量，并向逆变采集控制电路输出电站无功功率调整量和电站有功功率调整量。

可以理解，在电站采集模块获取并网电压的幅度值和频率之后，由于并网电压的幅度值与电站功率（也即，供电系统在并网点输出的功率）中的无功功率调整量非线性相关，并网电压的频率与电站功率（也即，供电系统在并网点输出的功率）中的有功功率调整量非线性相关，电站采集模块可以分别基于并网点处的并网电压的幅度值和频率确定电站功率的无功功率调整量和有功功率调整量，进而将电站无功功率调整量和电站有功功率调整量输出给逆变采集电路。采用本申请提供的实施方式，电站采集模块可以分别基于并网点的并网电压的幅度值和频率确定电站功率的无功功率调整量和有功功率调整量，进而将电站功率的无功功率调整量和有功功率调整量作为电站功率调整信号输出给逆变采集电路中的功率调整模块。由此，功率调整模块可以基于电站无功功率调整量和逆变无功功率调整量得到逆变器输出功率的目标无功功率调整量，还可以基于电站有功功率调整量和逆变有功功率调整量得到逆变器输出功率的目标有功功率调整量，并可以控制逆变器输出目标输出功率（这里，目标输出功率可以包括目标无功功率和目标有功功率），结构简单。此外，系统可以分别控制逆变器输出目标无功功率和/或目标有功功率，提高控制精度和调节效率，减少控制时间，降低控制成本。

在一些可行的实施方式中，前述步骤 S702 中逆变采集控制电路获取逆变器输出端的输出电压的幅度值和频率，并基于输出电压的幅度值和频率得到逆变功率调整信号，并基于电站功率调整信号和逆变功率调整信号控制逆变器的输出功率为目标输出功率，可包括如下步骤：

S802：获取逆变器的输出电压的幅度值和频率，基于输出电压的幅度值得到逆变无功功率调整量，基于输出电压的频率得到逆变有功功率调整量，并基于逆变无功功率调整量和逆变有功功率调整量获得逆变功率调整信号。

S803: 基于电站功率调整信号和逆变功率调整信号生成输出功率调整信号, 通过输出功率调整信号控制逆变器的输出功率为目标输出功率。

可以理解, 在获取逆变器的输出电压的幅度值和频率之后, 由于逆变器的输出电压的幅度值与逆变功率(也即, 逆变器输出的功率)中的无功功率调整量非线性相关, 逆变器的输出电压的频率与逆变功率(也即, 逆变器输出的功率)中的有功功率调整量非线性相关, 逆变采集控制电路可以分别基于逆变器的输出电压的幅度值和频率确定逆变功率的无功功率调整量和有功功率调整量, 进而得到逆变功率调整信号。进一步可以理解, 逆变采集控制电路可以基于电站采集模块输出的电站功率调整信号和逆变采集控制电路输出的逆变功率调整信号联合得到逆变器输出功率的目标调整量, 并可以控制逆变器输出目标输出功率。

采用本申请提供的实施方式, 逆变采集控制电路可以分别基于逆变器的输出电压的幅度值和频率确定逆变功率的无功功率调整量和有功功率调整量, 进而得到逆变功率调整信号, 进而可以基于电站采集模块输出的电站功率调整信号和逆变采集控制电路输出的逆变功率调整信号联合得到逆变器输出功率的目标调整量, 并可以控制逆变器输出目标输出功率, 结构简单。此外, 逆变采集控制电路可以分别对逆变器的无功功率和有功功率进行控制, 提高控制精度和调节效率, 减少控制时间, 降低控制成本。

在一些可行的实施方式中, 逆变无功功率调整量和逆变有功功率调整量满足如下公式:

$$d^2Q1(u)/du^2 < 0 \quad (11)$$

$$d^2P1(f)/df^2 < 0 \quad (12)$$

这里, $Q1(u)$ 为逆变无功功率调整量关于输出电压幅度值的函数, $d^2Q1(u)/du^2$ 为逆变无功功率调整量关于输出电压幅度值的二阶导数, $P1(f)$ 为逆变有功功率调整量关于输出电压频率的函数, $d^2P1(f)/df^2$ 为逆变有功功率调整量关于输出电压频率的二阶导数。

可以理解, 在具体应用场景中, 输出电压幅度值与目标输出电压幅度值的差值越大, 对应的逆变无功功率调整量越大, 且逆变无功功率调整量与输出电压幅度值并不是简单的线性相关, 在输出电压幅度值与目标输出电压幅度值的差值增大时, 对应的逆变无功功率调整量的增长速度大于输出电压幅度值与目标输出电压幅度值的差值的增长速度。因此, 采用 $Q1(u)$ (例如, 二次幂函数)作为逆变无功功率调整量关于输出电压幅度值的拟合函数, 可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过小导致在输出电压幅度值与目标输出电压幅度值的差值较大时逆变无功功率调整量过小, 也可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过大导致在输出电压幅度值与目标输出电压幅度值的差值较小时逆变无功功率调整量过大。

进一步可以理解, 在具体应用场景中, 输出电压频率与目标输出电压频率的差值越大, 对应的逆变有功功率调整量越大, 且逆变有功功率调整量与输出电压频率并不是简单地线性相关, 在输出电压频率与目标输出电压频率的差值增大时, 对应的逆变有功功率调整量的增长速度大于输出电压频率与目标输出电压频率的差值的增长速度。因此, 采用 $P1(f)$ (例如, 二次幂函数)作为逆变有功功率调整量关于输出电压频率的函数, 可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过小导致在输出电压频率与目标输出电压频率的差值较大时逆变有功功率调整量过小, 也可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过大导致在输出电压频率与目标输出电压频率的差值较小时逆变有功功率调整量过大。

采用本申请提供的实施方式, 采用 $Q1(u)$ (例如, 二次幂函数)作为逆变无功功率调整量关于输出电压幅度值的函数, 可以更精确地基于输出电压幅度值得到逆变无功功率调整量, 方法简便, 提高了控制精度和控制效率。采用 $P1(f)$ (例如, 二次幂函数)作为逆变有功功率

调整量关于输出电压频率的函数,可以更精确地基于输出电压频率得到逆变有功功率调整量,方法简便,提高了控制精度和控制效率。

在一些可行的实施方式中,电站无功功率调整量和逆变有功功率调整量满足如下公式:

$$d^2Q2(u)/du^2 < 0 \quad (13)$$

$$d^2P2(f)/df^2 < 0 \quad (14)$$

这里, $Q2(u)$ 为电站无功功率调整量关于并网电压幅度值的函数, $d^2Q2(u)/du^2$ 为电站无功功率调整量关于并网电压幅度值的二阶导数, $P2(f)$ 为电站有功功率调整量关于并网电压频率的函数, $d^2P2(f)/df^2$ 为电站有功功率调整量关于并网电压频率的二阶导数。

可以理解,在具体应用场景中,并网电压幅度值与目标并网电压幅度值的差值越大,对应的电站无功功率调整量越大,且电站无功功率调整量与并网电压幅度值并不是简单的线性相关,在并网电压幅度值与目标并网电压幅度值的差值增大时,对应的电站无功功率调整量的增长速度大于并网电压幅度值与目标并网电压幅度值的差值的增长速度。因此,采用 $Q2(u)$ (例如,二次幂函数) 作为电站无功功率调整量关于并网电压幅度值的拟合函数,可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过小导致在并网电压幅度值与目标并网电压幅度值的差值较大时电站无功功率调整量过小,也可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过大导致在并网电压幅度值与目标并网电压幅度值的差值较小时电站无功功率调整量过大。

进一步可以理解,在具体应用场景中,并网电压频率与目标并网电压频率的差值越大,对应的电站有功功率调整量越大,且电站有功功率调整量与并网电压频率并不是简单地线性相关,在并网电压频率与目标并网电压频率的差值增大时,对应的电站有功功率调整量的增长速度大于并网电压频率与目标并网电压频率的差值的增长速度。因此,采用 $P2(f)$ (例如,二次幂函数) 作为电站有功功率调整量关于并网电压频率的函数,可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过小导致在并网电压频率与目标并网电压频率的差值较大时电站有功功率调整量过小,也可以防止线性拟合时由于线性拟合系数过大导致在并网电压频率与目标并网电压频率的差值较小时电站有功功率调整量过大。

采用本申请提供的实施方式,采用 $Q2(u)$ (例如,二次幂函数) 作为电站无功功率调整量关于并网电压幅度值的函数,可以更精确地基于并网电压幅度值得到电站无功功率调整量,方法简便,提高了控制精度和控制效率。采用 $P2(f)$ (例如,二次幂函数) 作为电站有功功率调整量关于并网电压频率的函数,可以更精确地基于并网电压频率得到电站有功功率调整量,方法简便,提高了控制精度和控制效率。

在一些可行的实施方式中,输出无功功率调整量和输出有功功率调整量满足如下公式:

$$Q_{out} = Q1 + k1(Q2 - Q1) \quad (15)$$

$$P_{out} = P1 + k2(P2 - P1) \quad (16)$$

这里, Q_{out} 为输出无功功率调整量, $Q1$ 为逆变无功功率调整量, $Q2$ 为电站无功功率调整量, $k1$ 为输出无功功率调节系数, P_{out} 为输出有功功率调整量, $P1$ 为逆变有功功率调整量, $P2$ 为电站有功功率调整量, $k2$ 为输出有功功率调节系数。

采用本申请提供的实施方式,系统可以基于电站无功功率调整量 $Q1$ 和逆变无功功率调整量 $Q1$ 得到输出无功功率调整量 Q_{out} (也即,逆变器输出功率的目标无功功率调整量),还可以基于电站有功功率调整量 $P1$ 和逆变有功功率调整量 $P2$ 得到输出有功功率调整量 P_{out} (也即,逆变器输出功率的目标有功功率调整量),并基于输出无功功率调整量 Q_{out} 和输出有功

功率调整量 P_{out} 生成输出功率调整信号 (例如, 脉冲宽度调制信号或其他可以控制逆变器输出功率的控制信号), 提高控制精度和调节效率, 减少控制时间, 降低控制成本。

在一些可行的实施方式中, 电站功率调整信号可包括并网电压的幅度值和频率。前述步骤 S701 中基于并网电压的幅度值和频率得到电站功率调整信号可包括: 电站采集模块获取并网点处的并网电压的幅度值和频率, 并向逆变采集控制电路输出并网点处的并网电压的幅度值和频率。

采用本申请提供的实施方式, 系统可以在电站采集模块和逆变采集控制电路的通信速度 (或频率) 受限的场景, 或者其他不便于电站采集模块和逆变采集控制电路实时通信的场景中, 通过逆变采集控制电路向逆变采集控制电路输出并网点处的并网电压的幅度值和频率, 并由逆变采集控制电路基于并网电压的幅度值和频率确认电站功率的调整量, 方法简便灵活, 适用性高, 丰富了系统的适用场景和适用范围。

在一些可行的实施方式中, 前述步骤 S701 中, 在向逆变采集控制电路输出并网点处的并网电压的幅度值和频率之后, 方法可包括:

基于并网电压的幅度值得到电站无功功率调整量, 基于并网电压的频率得到电站有功功率调整量, 输出电站无功功率调整量和电站有功功率调整量。这里, 在电站采集模块和逆变采集控制电路的通信速度 (或频率) 受限的场景, 或者其他不便于电站采集模块和逆变采集控制电路实时通信的场景, 或者其他电站采集模块直接将并网电压的幅度值和频率传输给逆变采集控制电路的场景中, 逆变采集控制电路可以分别基于并网点的并网电压的幅度值和频率确定电站功率的无功功率调整量和有功功率调整量, 进而将电站功率的无功功率调整量和有功功率调整量作为电站功率调整信号进行输出。由此, 逆变采集控制电路可以基于电站无功功率调整量和逆变无功功率调整量联合得到逆变器输出功率的目标无功功率调整量, 还可以基于电站有功功率调整量和逆变有功功率调整量联合得到逆变器输出功率的目标有功功率调整量, 并可以控制逆变器输出目标输出功率 (这里, 目标输出功率可以包括目标无功功率和目标有功功率), 结构简单。此外, 逆变采集控制电路可以分别控制逆变器输出目标无功功率和/或目标有功功率, 提高控制精度和调节效率, 减少控制时间, 降低控制成本。

采用本申请提供的实施方式, 在电站采集模块和逆变采集控制电路的通信速度 (或频率) 受限的场景, 或者其他不便于电站采集模块和逆变采集控制电路实时通信的场景, 或者其他电站采集模块直接将并网电压的幅度值和频率传输给逆变采集控制电路的场景中, 逆变采集控制电路可以分别基于并网点的并网电压的幅度值和频率确定电站功率的无功功率调整量和有功功率调整量, 进而将电站功率的无功功率调整量和有功功率调整量作为电站功率调整信号进行输出, 方法简便灵活, 适用性高, 丰富了系统的适用场景和适用范围。逆变采集控制电路可以基于电站无功功率调整量和逆变无功功率调整量联合得到逆变器输出功率的目标无功功率调整量, 还可以基于电站有功功率调整量和逆变有功功率调整量联合得到逆变器输出功率的目标有功功率调整量, 并可以控制逆变器输出目标输出功率 (这里, 目标输出功率可以包括目标无功功率和目标有功功率), 结构简单。此外, 逆变采集控制电路可以分别控制逆变器输出目标无功功率和/或目标有功功率, 提高控制精度和调节效率, 减少控制时间, 降低控制成本。

在一些可行的实施方式中, 前述步骤 S702 中功率调整模块基于电站功率调整信号和逆变功率调整信号生成输出功率调整信号, 通过输出功率调整信号控制逆变器的输出功率为目标输出功率, 可包括: 基于电站无功功率调整量和逆变无功功率调整量得到输出无功功率调整量, 基于电站有功功率调整量和逆变有功功率调整量得到输出有功功率调整量, 并基于输出无功

功率调整量和输出有功功率调整量生成输出功率调整信号。通过输出功率调整信号控制逆变器输出目标输出功率。

这里，逆变采集控制电路可以基于电站无功功率调整量和逆变无功功率调整量得到输出无功功率调整量（也即，逆变器输出功率的目标无功功率调整量），还可以基于电站有功功率调整量和逆变有功功率调整量得到输出有功功率调整量（也即，逆变器输出功率的目标有功功率调整量），并基于输出无功功率调整量和输出有功功率调整量生成输出功率调整信号（例如，脉冲宽度调制信号或其他可以控制逆变器输出功率的控制信号）。这里，逆变采集控制电路可以通过输出功率调整信号控制逆变器输出目标输出功率（这里，目标输出功率可以包括目标无功功率和目标有功功率），提高控制精度和调节效率，减少控制时间，降低控制成本。

在本申请中，系统可以通过电站采集模块和逆变采集控制电路采集并网点的并网电压和逆变器的输出电压的幅度值和频率，并分别确定电站功率调整信号和逆变功率调整信号，进而基于电站功率调整信号和逆变功率调整信号调整逆变器的输出功率，结构简单，控制方法简便，提高控制精度和调节效率，减少控制时间，降低控制成本。

以上所述，仅为本发明的具体实施方式，但本发明的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此，本发明的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

权 利 要 求 书

1.一种供电系统，其特征在于，所述供电系统包括电源、逆变器、变压器、电站采集模块和逆变采集控制电路；

所述电源通过所述逆变器和所述变压器相连，所述变压器与电网连接于并网点，所述电站采集模块的一端连接于所述并网点，所述电站采集模块的另一端连接所述逆变采集控制电路的第一端，所述逆变采集控制电路的第二端连接于所述逆变器和所述变压器之间，所述逆变采集控制电路的第三端连接所述逆变器；

所述电站采集模块用于获取所述并网点处的并网电压的幅度值和频率，并基于所述并网电压的幅度值和频率得到电站功率调整信号；

所述逆变采集控制电路用于获取所述逆变器的输出电压的幅度值和频率，并基于所述输出电压的幅度值和频率得到逆变功率调整信号，并基于所述电站功率调整信号和所述逆变功率调整信号控制所述逆变器输出目标输出功率。

2.根据权利要求 1 所述的供电系统，其特征在于，所述逆变采集控制电路包括逆变采集模块和功率调整模块，所述功率调整模块的第一端作为所述逆变采集控制电路的第一端连接所述电站采集模块，所述逆变采集模块的一端作为所述逆变采集控制电路的第二端连接于所述逆变器和所述变压器之间，所述逆变采集模块的另一端连接所述功率调整模块的第二端，所述功率调整模块的第三端作为所述逆变采集控制电路的第三端连接所述逆变器；

所述逆变采集模块用于获取所述逆变器的输出电压的幅度值和频率，基于所述输出电压的幅度值得到逆变无功功率调整量，基于所述输出电压的频率得到逆变有功功率调整量，并基于所述逆变无功功率调整量和所述逆变有功功率调整量获得所述逆变功率调整信号；

所述功率调整模块用于基于所述电站功率调整信号和所述逆变功率调整信号生成输出功率调整信号，通过所述输出功率调整信号控制所述逆变器输出所述目标输出功率。

3.根据权利要求 2 所述的供电系统，其特征在于，所述电站功率调整信号包括电站无功功率调整量和电站有功功率调整量；

所述电站采集模块还用于基于所述并网电压的幅度值得到电站无功功率调整量，基于所述并网电压的频率得到电站有功功率调整量，并向所述逆变采集控制电路输出所述电站无功功率调整量和所述电站有功功率调整量。

4.根据权利要求 2 所述的供电系统，其特征在于，所述电站功率调整信号包括并网电压的幅度值和频率；

所述电站采集模块还用于获取所述并网点处的并网电压的幅度值和频率，并向所述逆变采集控制电路输出所述并网点处的并网电压的幅度值和频率。

5.根据权利要求 4 所述的供电系统，其特征在于，所述逆变采集控制电路还包括信号确认模块，所述功率调整模块的第一端通过所述信号确认模块连接所述电站采集模块；

所述信号确认模块用于基于所述并网电压的幅度值得到电站无功功率调整量，基于所述并网电压的频率得到电站有功功率调整量，向所述功率调整模块输出所述电站无功功率调整量和所述电站有功功率调整量。

6.根据权利要求 3 或 5 所述的供电系统,其特征在于,所述功率调整模块还包括调整量确认单元和功率控制单元,所述功率控制单元与所述逆变器与所述调整量确认单元的一端相连,所述调整量确认单元的另一端与所述逆变采集模块相连,或者所述调整量确认单元的另一端与所述信号确认模块相连:

所述调整量确认单元用于基于所述电站无功功率调整量和所述逆变无功功率调整量得到输出无功功率调整量,基于所述电站有功功率调整量和所述逆变有功功率调整量得到输出有功功率调整量,并基于所述输出无功功率调整量和所述输出有功功率调整量生成所述输出功率调整信号;

所述功率控制单元用于通过所述输出功率调整信号控制所述逆变器输出所述目标输出功率。

7.根据权利要求 6 所述的供电系统,其特征在于,所述逆变无功功率调整量和所述逆变有功功率调整量满足:

$$d^2Q1(u)/du^2 < 0$$

$$d^2P1(f)/df^2 < 0$$

其中, $Q1(u)$ 为所述逆变无功功率调整量关于所述输出电压幅度值的函数, $d^2Q1(u)/du^2$ 为所述逆变无功功率调整量关于所述输出电压幅度值的二阶导数, $P1(f)$ 为所述逆变有功功率调整量关于所述输出电压频率的函数, $d^2P1(f)/df^2$ 为所述逆变有功功率调整量关于所述输出电压频率的二阶导数。

8.根据权利要求 7 所述的供电系统,其特征在于,所述电站无功功率调整量和所述逆变有功功率调整量满足:

$$d^2Q2(u)/du^2 < 0$$

$$d^2P2(f)/df^2 < 0$$

其中, $Q2(u)$ 为所述电站无功功率调整量关于所述并网电压幅度值的函数, $d^2Q2(u)/du^2$ 为所述电站无功功率调整量关于所述并网电压幅度值的二阶导数, $P2(f)$ 为所述电站有功功率调整量关于所述并网电压频率的函数, $d^2P2(f)/df^2$ 为所述电站有功功率调整量关于所述并网电压频率的二阶导数。

9.根据权利要求 8 所述的供电系统,其特征在于,所述输出无功功率调整量和所述输出有功功率调整量满足:

$$Q_{out} = Q1 + k1(Q2 - Q1)$$

$$P_{out} = P1 + k2(P2 - P1)$$

其中, Q_{out} 为所述输出无功功率调整量, $Q1$ 为所述逆变无功功率调整量, $Q2$ 为所述电站无功功率调整量, $k1$ 为输出无功功率调节系数, P_{out} 为所述输出有功功率调整量, $P1$ 为所述逆变有功功率调整量, $P2$ 为所述电站有功功率调整量, $k2$ 为输出有功功率调节系数。

10.根据权利要求 9 所述的供电系统,其特征在于,所述供电系统还包括汇流箱,所述电

源通过所述汇流箱连接所述逆变器，所述供电系统还包括直流母线，所述电源通过所述汇流箱连接所述直流母线，所述直流母线连接所述逆变器，所述供电系统还包括并离网接线装置，所述变压器通过所述并离网接线装置连接所述电网。

11.一种并网控制方法，其特征在于，所述并网控制方法适用于供电系统中连接并网点的电站采集模块和所述供电系统的逆变采集控制电路，所述方法包括：

所述电站采集模块获取所述并网点处的并网电压的幅度值和频率，并基于所述并网电压的幅度值和频率得到电站功率调整信号；

所述逆变采集控制电路获取逆变器的输出电压的幅度值和频率，并基于所述输出电压的幅度值和频率得到逆变功率调整信号，并基于所述电站功率调整信号和所述逆变功率调整信号控制所述逆变器输出目标输出功率。

12.根据权利要求 11 所述的并网控制方法，其特征在于，所述逆变采集控制电路获取所述逆变器输出端的输出电压的幅度值和频率，并基于所述输出电压的幅度值和频率得到逆变功率调整信号，并基于所述电站功率调整信号和所述逆变功率调整信号控制所述逆变器的输出功率为目标输出功率，包括：

获取所述逆变器的输出电压的幅度值和频率，基于所述输出电压的幅度值得到逆变无功功率调整量，基于所述输出电压的频率得到逆变有功功率调整量，并基于所述逆变无功功率调整量和所述逆变有功功率调整量获得所述逆变功率调整信号；

基于所述电站功率调整信号和所述逆变功率调整信号生成输出功率调整信号，通过所述输出功率调整信号控制所述逆变器的输出功率为所述目标输出功率。

13.根据权利要求 12 所述的并网控制方法，其特征在于，所述电站功率调整信号包括电站无功功率调整量和电站有功功率调整量，所述基于所述并网电压的幅度值和频率得到电站功率调整信号包括：

所述电站采集模块基于所述并网电压的幅度值得到电站无功功率调整量，并基于所述并网电压的频率得到电站有功功率调整量，并向所述逆变采集控制电路输出所述电站无功功率调整量和所述电站有功功率调整量。

14.根据权利要求 12 所述的并网控制方法，其特征在于，所述电站功率调整信号包括并网电压的幅度值和频率，所述基于所述并网电压的幅度值和频率得到电站功率调整信号包括：

所述电站采集模块获取所述并网点处的并网电压的幅度值和频率，并向所述逆变采集控制电路输出所述并网点处的并网电压的幅度值和频率。

15.根据权利要求 14 所述的并网控制方法，其特征在于，在向所述逆变采集控制电路输出所述并网点处的并网电压的幅度值和频率之后，所述方法包括：

基于所述并网电压的幅度值得到电站无功功率调整量，基于所述并网电压的频率得到电站有功功率调整量，输出所述电站无功功率调整量和所述电站有功功率调整量。

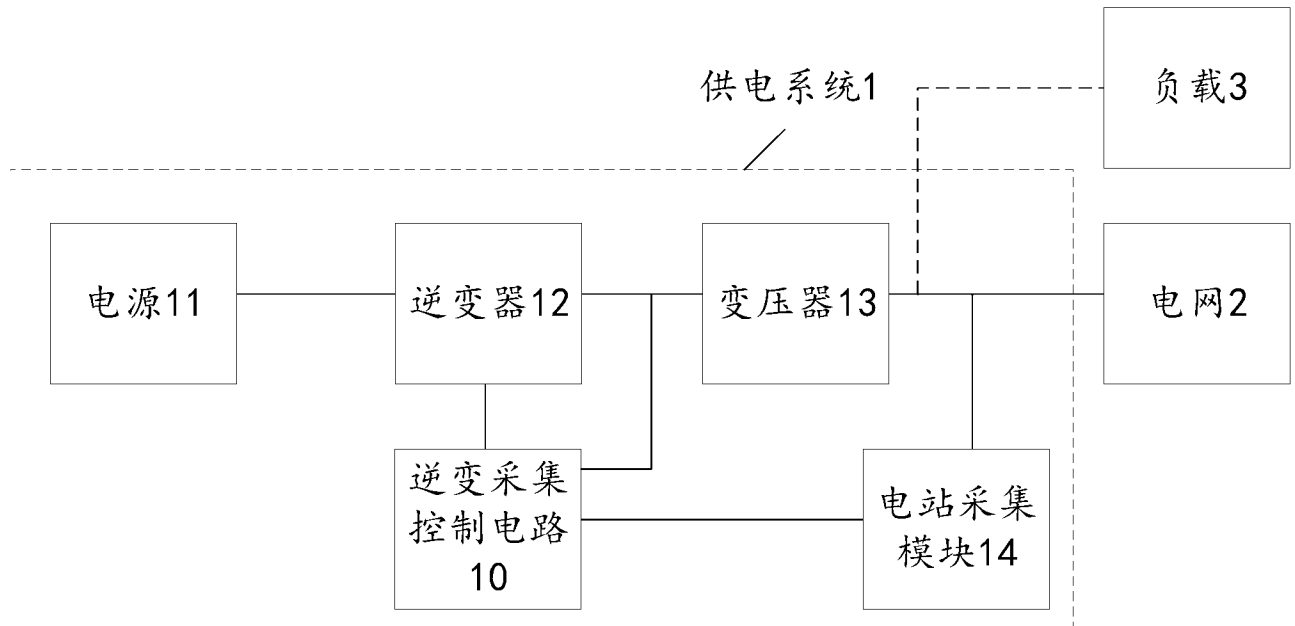


图 1

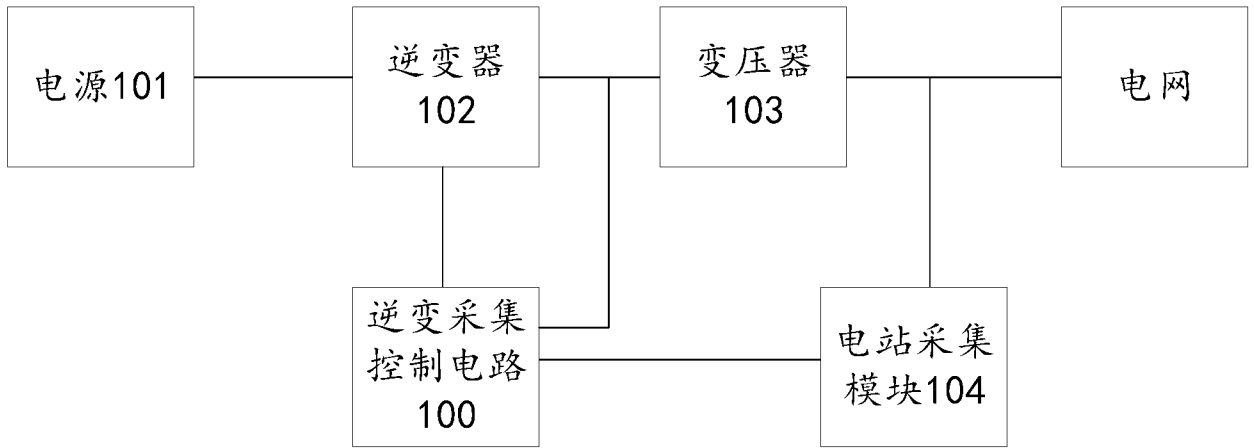


图 2

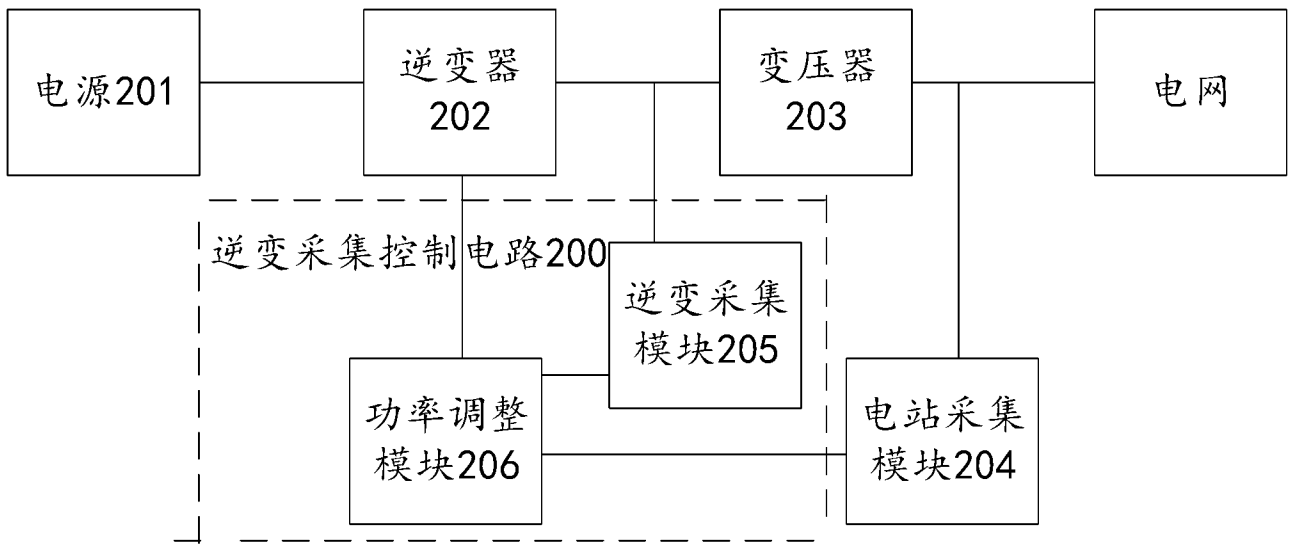


图 3

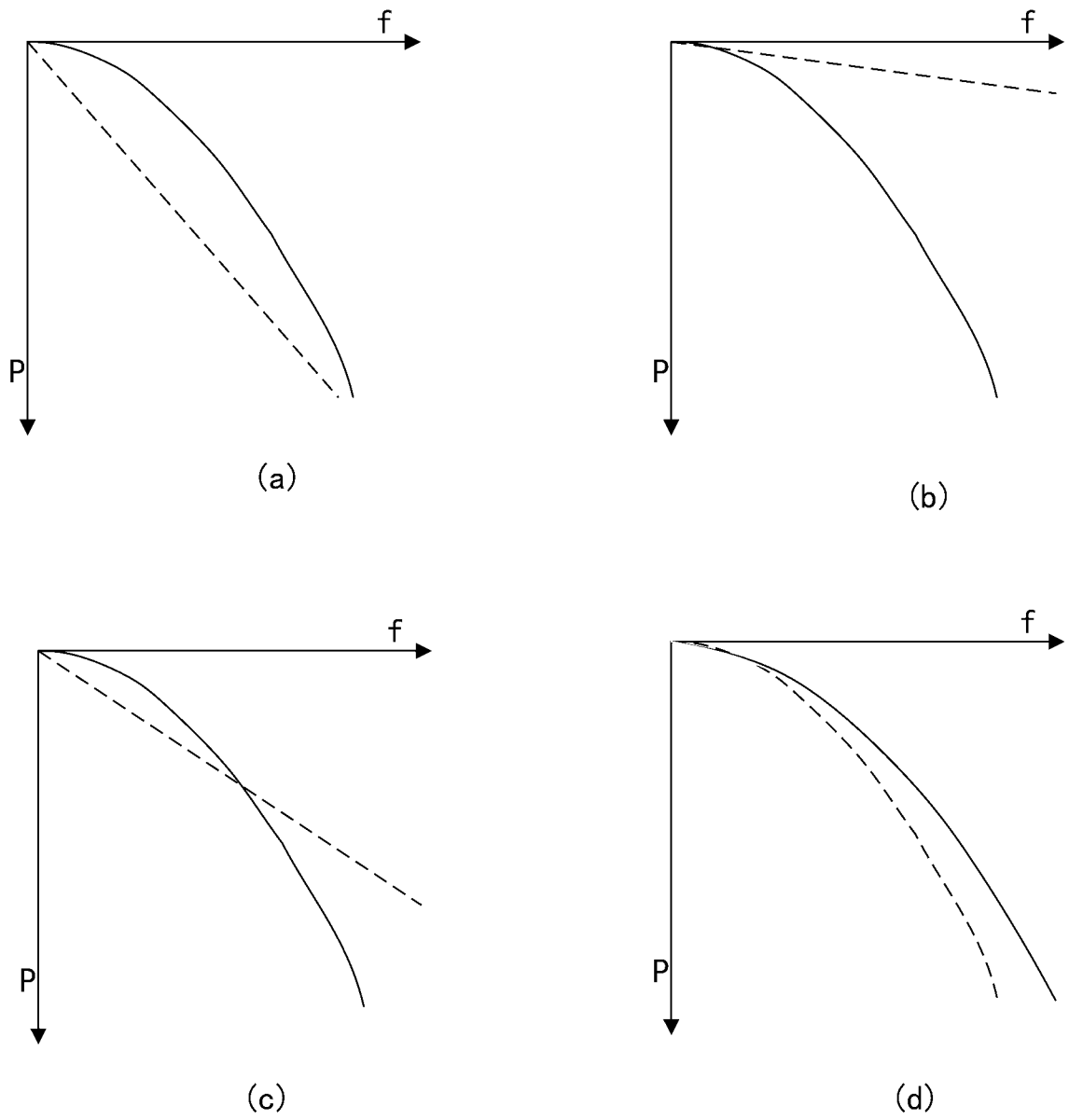
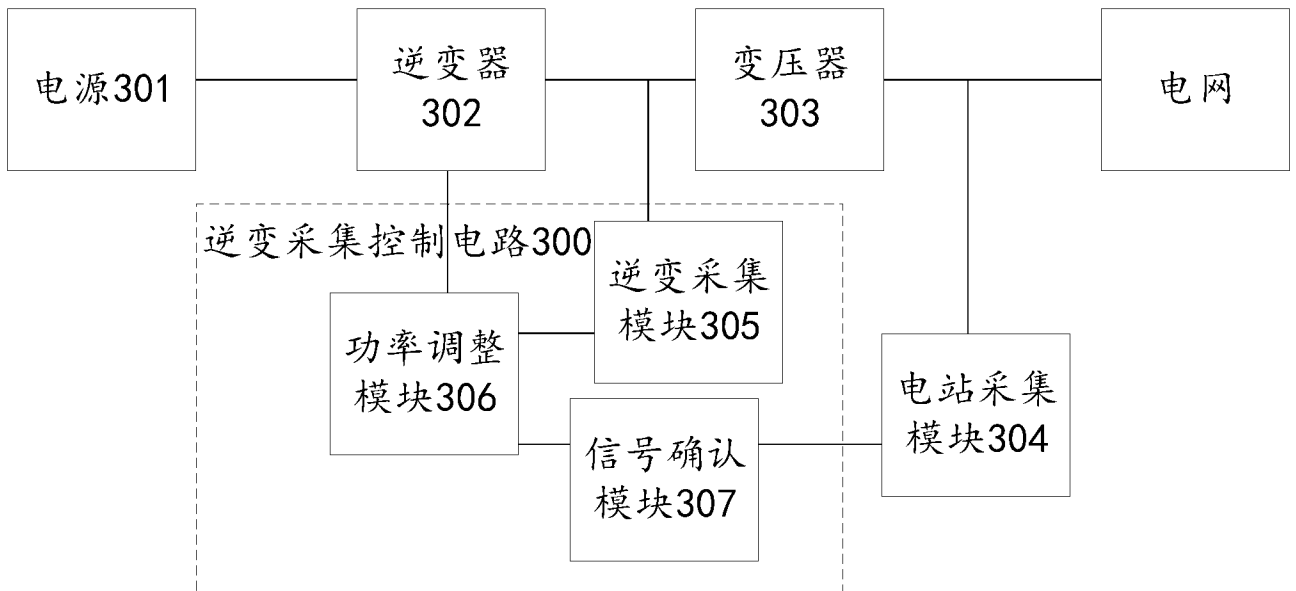


图 4



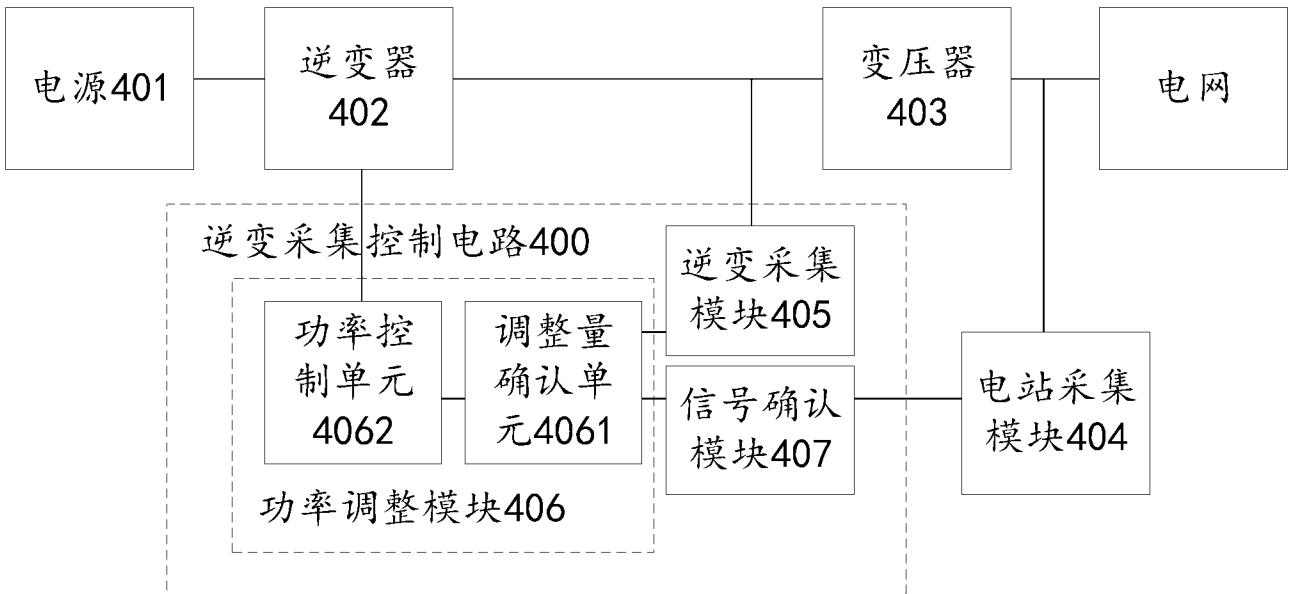


图6

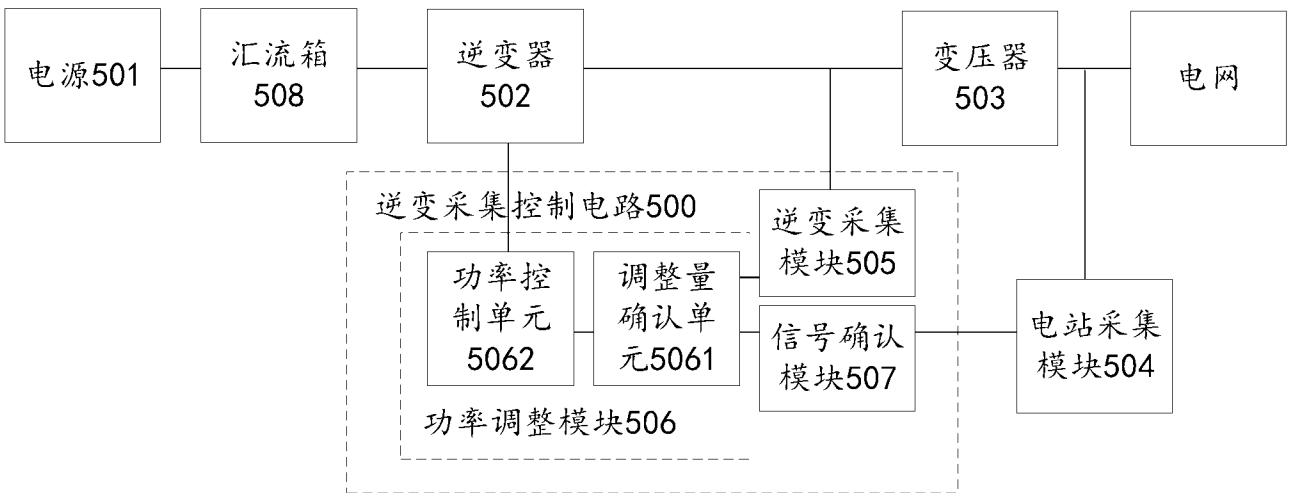


图7

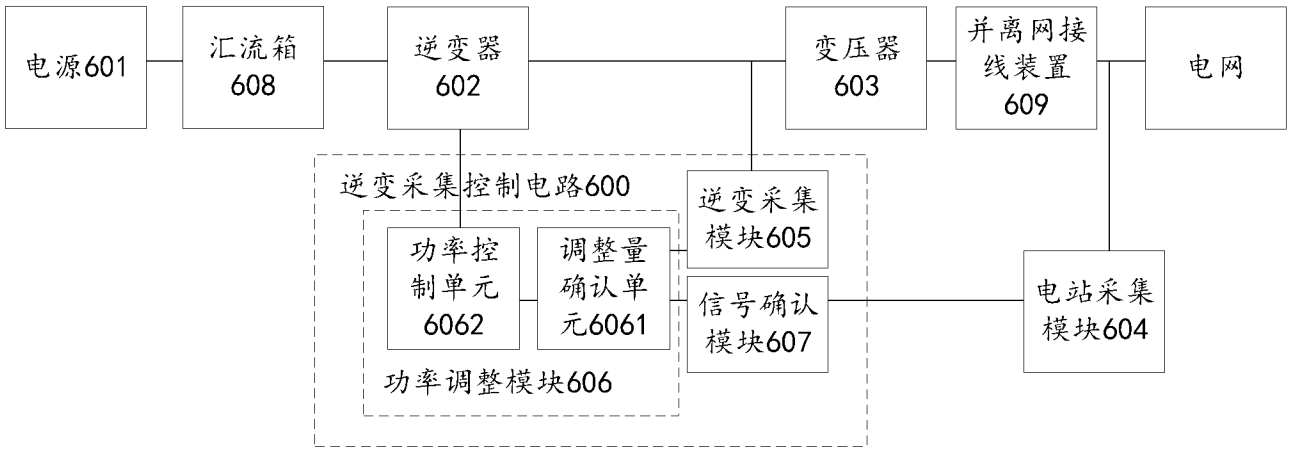


图 8

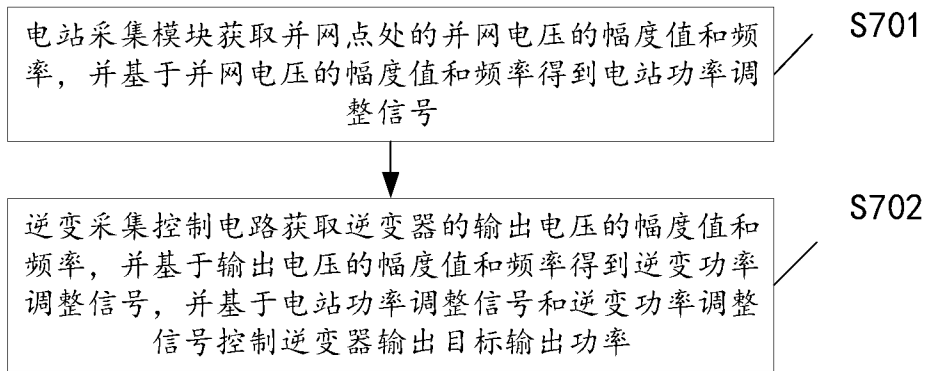


图 9

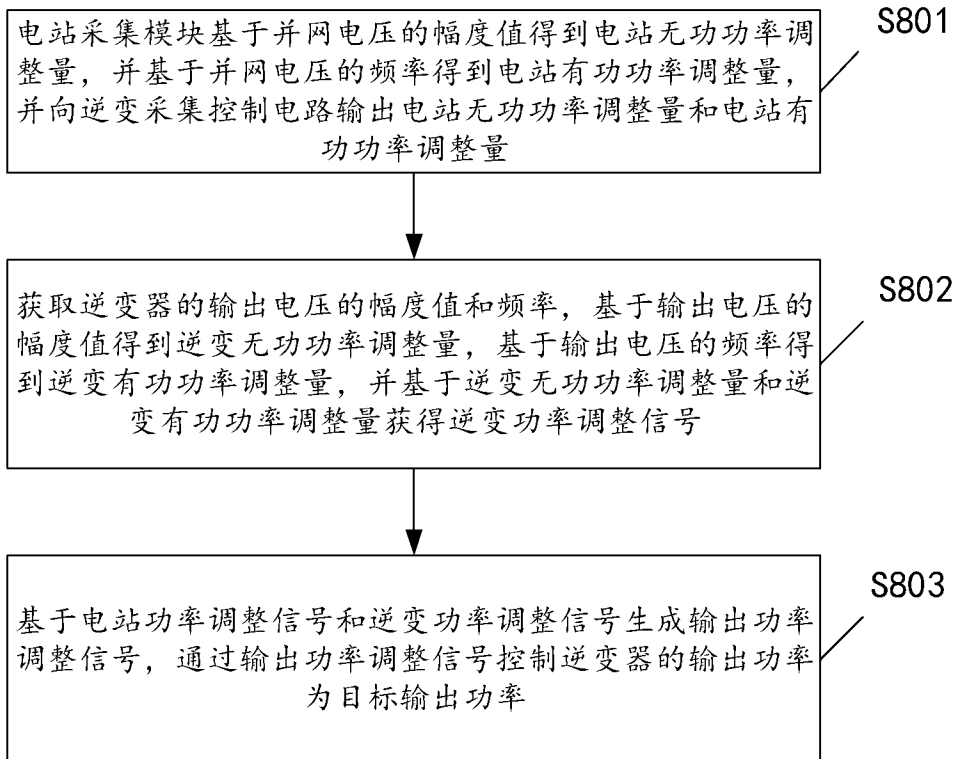


图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/100649

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H02J3/38(2006.01)i; H02J3/46(2006.01)i; H02M7/42(2006.01)i; H02M7/493(2007.01)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)		
IPC: H02J H02M		
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; CNTXT; CNKI; VEN; USTXT; WOTXT; EPTXT; 并网点, 电站, PCC, 功率, 幅值, 幅度值, 频率, 电压, 逆变, 变压器, 误差, 不一致, 损耗, 监测, 检测, 差异, amplitude, frequency, voltage, inverter, transformer, error, difference, monitor, detection		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 115313479 A (HUAWEI DIGITAL ENERGY TECHNOLOGY CO., LTD.) 08 November 2022 (2022-11-08) claims 1-15	1-15
Y	CN 110176790 A (WANG, YANG) 27 August 2019 (2019-08-27) description, paragraphs [0013]-[0027]	1-6, 11-15
Y	CN 110783953 A (TBEA XI'AN ELECTRICAL TECHNOLOGY CO., LTD. et al.) 11 February 2020 (2020-02-11) description, paragraphs [0028]-[0040]	1-6, 11-15
A	CN 103997042 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 20 August 2014 (2014-08-20) entire document	1-15
A	CN 109742794 A (BEIJING SIFANG AUTOMATION CO., LTD. et al.) 10 May 2019 (2019-05-10) entire document	1-15
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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		Date of mailing of the international search report
29 August 2023		17 September 2023
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/100649

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	115313479	A	08 November 2022	None			
CN	110176790	A	27 August 2019	CN	110176790	B	22 December 2020
CN	110783953	A	11 February 2020	None			
CN	103997042	A	20 August 2014	CN	103997042	B	04 January 2017
CN	109742794	A	10 May 2019	CN	109742794	B	01 September 2020

<p>A. 主题的分类</p> <p>H02J3/38(2006.01)i; H02J3/46(2006.01)i; H02M7/42(2006.01)i; H02M7/493(2007.01)i</p> <p>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</p>																				
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>IPC: H02J H02M</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>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))</p> <p>CNABS;CNTXT;CNKI;VEN;USTXT;WOTXT;EPTXT; 并网点, 电站, PCC, 功率, 幅值, 幅度值, 频率, 电压, 逆变, 变压器, 误差, 不一致, 损耗, 监测, 检测, 差异, amplitude, frequency, voltage, inverter, transformer, error, difference, monitor, detection</p>																				
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 115313479 A (华为数字能源技术有限公司) 2022年11月8日 (2022 - 11 - 08) 权利要求1-15</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 110176790 A (王阳) 2019年8月27日 (2019 - 08 - 27) 说明书第[0013]-[0027]段</td> <td>1-6、11-15</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 110783953 A (特变电工西安电气科技有限公司 等) 2020年2月11日 (2020 - 02 - 11) 说明书第[0028]-[0040]段</td> <td>1-6、11-15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103997042 A (华为技术有限公司) 2014年8月20日 (2014 - 08 - 20) 全文</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 109742794 A (北京四方继保自动化股份有限公司 等) 2019年5月10日 (2019 - 05 - 10) 全文</td> <td>1-15</td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p> <p>* 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 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “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</p>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 115313479 A (华为数字能源技术有限公司) 2022年11月8日 (2022 - 11 - 08) 权利要求1-15	1-15	Y	CN 110176790 A (王阳) 2019年8月27日 (2019 - 08 - 27) 说明书第[0013]-[0027]段	1-6、11-15	Y	CN 110783953 A (特变电工西安电气科技有限公司 等) 2020年2月11日 (2020 - 02 - 11) 说明书第[0028]-[0040]段	1-6、11-15	A	CN 103997042 A (华为技术有限公司) 2014年8月20日 (2014 - 08 - 20) 全文	1-15	A	CN 109742794 A (北京四方继保自动化股份有限公司 等) 2019年5月10日 (2019 - 05 - 10) 全文	1-15
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
PX	CN 115313479 A (华为数字能源技术有限公司) 2022年11月8日 (2022 - 11 - 08) 权利要求1-15	1-15																		
Y	CN 110176790 A (王阳) 2019年8月27日 (2019 - 08 - 27) 说明书第[0013]-[0027]段	1-6、11-15																		
Y	CN 110783953 A (特变电工西安电气科技有限公司 等) 2020年2月11日 (2020 - 02 - 11) 说明书第[0028]-[0040]段	1-6、11-15																		
A	CN 103997042 A (华为技术有限公司) 2014年8月20日 (2014 - 08 - 20) 全文	1-15																		
A	CN 109742794 A (北京四方继保自动化股份有限公司 等) 2019年5月10日 (2019 - 05 - 10) 全文	1-15																		
国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期																			
2023年8月29日	2023年9月17日																			
ISA/CN的名称和邮寄地址	授权官员																			
中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	罗淑元																			
	电话号码 (+86) 0512-88996293																			

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/100649

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	115313479	A	2022年11月8日	无			
CN	110176790	A	2019年8月27日	CN	110176790	B	2020年12月22日
CN	110783953	A	2020年2月11日	无			
CN	103997042	A	2014年8月20日	CN	103997042	B	2017年1月4日
CN	109742794	A	2019年5月10日	CN	109742794	B	2020年9月1日