

(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
2019 年 7 月 4 日 (04.07.2019)



(10) 国际公布号
WO 2019/128038 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02J 3/24 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2018/086659
- (22) 国际申请日: 2018 年 5 月 14 日 (14.05.2018)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201711499188.9 2017 年 12 月 29 日 (29.12.2017) CN
- (71) 申请人: 北京金风科创风电设备有限公司 (**BEIJING GOLDWIND SCIENCE & CREATION WINDPOWER EQUIPMENT CO., LTD.**)
[CN/CN]; 中国北京市大兴区北京经济技术开发区康定街 19 号, Beijing 100176 (CN)。
- (72) 发明人: 郭锐 (**GUO, Rui**); 中国北京市大兴区北京经济技术开发区博兴一路 8 号, Beijing 100176 (CN)。
- (74) 代理人: 北京三聚阳光知识产权代理有限公司 (**SUNSHINE INTELLECTUAL PROPERTY INTERNATIONAL CO., LTD.**); 中国北京市海淀区海淀南路甲 21 号中关村知识产权大厦 A 座 5 层 503, Beijing 100080 (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,

(54) **Title:** SUBSYNCHRONOUS SUPPRESSION METHOD AND APPARATUS, AND CONTROLLER FOR CONVERTER

(54) 发明名称: 次同步抑制方法、装置及变流器的控制器

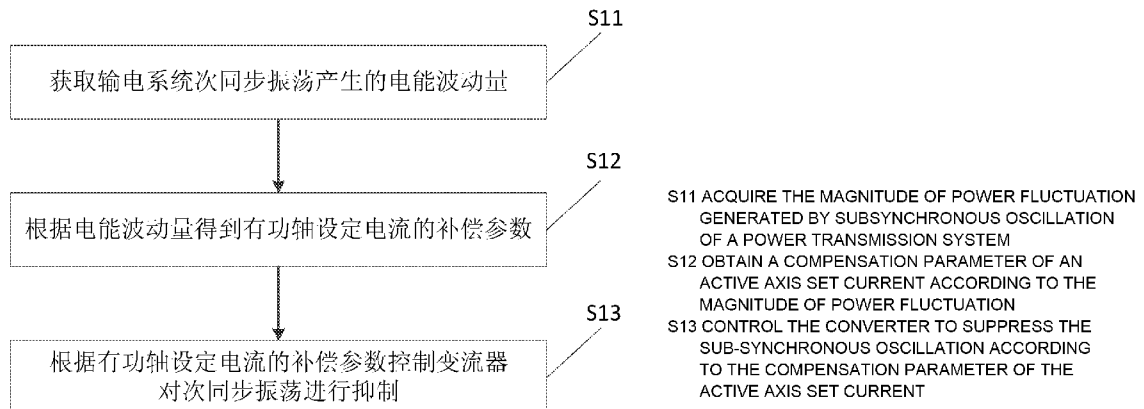


图 2

(57) **Abstract:** Disclosed are a subsynchronous oscillation suppression method and apparatus, and a controller for a converter, used for controlling a converter. The method comprises: acquiring the magnitude of power fluctuation generated by subsynchronous oscillation of a power transmission system; obtaining a compensation parameter of an active axis set current according to the magnitude of power fluctuation; controlling the converter to suppress the sub-synchronous oscillation according to the compensation parameter of the active axis set current. By obtaining the power fluctuation component in the power grid, and damping the fluctuation component, the subsynchronous oscillation can be suppressed. Specifically, since a power electronic device is controlled by switch signals obtained by series control of the active axis set current and the actual current, the compensation parameter of the active axis set current can be obtained according to the magnitude of power fluctuation, and after compensating for the active axis set current, the converter is controlled to suppress the subsynchronous oscillation.

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)。

根据细则4.17的声明:

— 发明人资格(细则4.17(iv))

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 本发明公开了一种次同步振荡抑制方法、装置及变流器的控制器,用于对变流器进行控制,其中方法包括:获取输电系统次同步振荡产生的电能波动量;根据所述电能波动量得到有功轴设定电流的补偿参数;根据所述有功轴设定电流的补偿参数控制所述变流器对所述次同步振荡进行抑制。获取电网中电能的波动分量,并针对该波动分量进行阻尼,即可抑制次同步振荡,具体的,由于电力电子器件是由有功轴设定电流和实际电流经过系列控制得到的开关信号进行控制,因此,可以根据电能波动量得到有功轴设定电流的补偿参数,对有功轴设定电流进行补偿后,控制所述变流器,进而对次同步振荡进行抑制。

次同步抑制方法、装置及变流器的控制器

技术领域

本发明涉及输电技术领域，具体涉及一种次同步振荡抑制方法、装置及变流器的控制器。

背景技术

随着集中式、大规模新能源发电的应用，例如，光伏发电、风力发电等，尤其是全功率变流风力发电机组的应用，在多地区大规模的机组并网运行过程中，出现了新的电网问题。这些现场电网问题主要表现为：低次谐波超标；严重的频率波动，升压站监控设备频繁报频率越界警告；电厂内照明日光灯出现人眼可分辨的频闪现象。

现有的发电机组并网的电力电子器件通常为发电机侧采用基于虚拟磁链的磁场定向控制实现扭矩和弱磁解耦控制；电网侧采用电网电压定向控制实现有功、无功解耦控制。如图 1 所示，在 abc 坐标系下的电机侧三相电流 $i_u / i_v / i_w$ 经 $Clark$ 变换变为 $\alpha\beta$ 坐标系下的 i_α / i_β 电流，再经过 $Park$ 变换变为 dq 轴下的 i_d / i_q 电流。扭矩电流设定 $i_{q_gen}^*$ 和弱磁电流设定 $i_{d_gen}^*$ 与实际的扭矩电流 i_q 和实际的磁电流 i_d 相减得到的误差电流，经过电流 PI 控制器（比率积分）加入 dq 轴耦合项后得到参考电压 U_d^* 、 U_q^* ，再经过 $Park$ 反变换和 $SVPWM$ 运算后得到开关信号 $S_u / S_v / S_w$ 并输出到机侧整流器功率模块来实现电流闭环调节。机侧整流器将电机输出的交流电转变为直流电并注入直流母线。

abc 坐标系下的电网侧三相电流 $i_a / i_b / i_c$ 经 $Clark$ 变换变为 $\alpha\beta$ 坐标系下的 i_α / i_β 电流后，再经过 $Park$ 变换变为 dq 轴下的 i_d / i_q 电流。有功电流设定 i_d^* 和

无功电流设定 i_q^* 与实际的有功电流 i_d 和实际无功电流 i_q 相减得到的误差电流, 经过电流 PI 控制器 (比率积分) 后加入 dq 轴耦合项后得到参考电压 E_q^* 、 E_d^* , 再经过 $Park$ 反变换和 $SVPWM$ 运算后得到开关信号 $S_a / S_b / S_c$ 并输出到网侧逆变器功率模块来实现电流闭环调节。网侧逆变器将直流母线上的直流电转变为交流电并注入电网。其中有功电流设定 i_d^* 是直流母线电压控制器的输出, 即设定母线电压 U_{dc}^* 与实际母线电压 U_{dc} 的差值经过 PI 控制器后得到有功电流设定值 i_d^* ; 无功电流设定 i_q 是无功控制器的输出, 即设定无功功率 Q^* 与实际无功功率 Q_{grid} 的差值经过 PI 控制器后得到无功电流设定 i_q^* 。

然而, 常规的控制方法在电网侧电压正常情况下可以正常的工作, 但是在机组数量增多情况下, 可能会发生次同步振荡, 造成电网侧电压波动, 进而导致电网侧功率波动。电网侧功率的波动进而引起了直流侧电压的波动。由于直流侧输电电压经过母线电压控制器后作为控制电力电子器件的有功轴设定电流, 在直流母线实际电压值出现波动时, 有功轴设定电流也会出现波动, 因此会造成电力电子器件出现了波动的不收敛, 无法抑制次同步振荡。因此, 在发生次同步振荡时, 由于传统电力电子器件的控制部分缺少对次同步振荡功率的抑制功能, 可能导致大量风电机组脱网, 甚至可能诱发邻近其他发电机组次同步保护装置动作, 造成发电机切机, 严重威胁电网安全。

发明内容

本发明要达到的目的在于对电网次同步振荡进行抑制。

因此, 根据第一方面, 本发明的实施例提供了一种次同步振荡抑制方法, 用于对变流器进行控制。该抑制方法可以包括: 获取输电系统次同步

振荡产生的电能波动量；根据电能波动量得到有功轴设定电流的补偿参数；根据有功轴设定电流的补偿参数控制变流器对次同步振荡进行抑制。

根据第二方面，本发明的实施例提供了一种次同步振荡抑制装置，用于对变流器进行控制，包括：获取模块，用于获取输电系统次同步振荡产生的电能波动量；补偿参数生成模块，用于根据电能波动量得到有功轴设定电流的补偿参数；反馈控制模块，用于根据有功轴设定电流的补偿参数控制变流器对次同步振荡进行抑制。

根据第三方面，本发明的实施例提供了一种变流器的控制器，设置有上述的次同步振荡抑制装置。

本发明的实施例提供的次同步振荡抑制方法、装置及变流器的控制器，通过获取输电系统（如电网）次同步振荡产生的电能波动分量，并针对该电能波动分量得到有功轴设定电流的补偿参数，由于变流器是由有功轴设定电流和实际电流经过系列控制得到的开关信号进行控制，因此，可以根据电能波动量得到有功轴设定电流的补偿参数，对有功轴设定电流进行补偿后，控制变流器，进而对次同步振荡进行抑制。

附图说明

图 1 示出了现有技术中变流器控制框图；

图 2 示出了本发明实施例中次同步振荡抑制方法示意图；

图 3 示出了本发明另一实施例中次同步振荡抑制方法示意图；

图 4 示出了本发明实施例中次同步振荡抑制方法中变流器控制框图；

图 5 示出了本发明实施例中次同步振荡抑制方法中电能波动量获取方法示意图；

图 6 示出了本发明另一实施例中次同步振荡抑制方法中变流器控制框图；

图 7 示出了本发明实施例中次同步振荡抑制方法中另一电能波动量获取方法示意图；

图 8 示出了本发明另一实施例中次同步振荡抑制方法中变流器控制框图；

图 9 示出了本发明实施例中次同步振荡抑制方法中另一电能波动量获取方法示意图；

图 10 示出了本发明另一实施例中次同步振荡抑制方法中变流器控制框图；

图 11 示出了本发明实施例中次同步振荡中电网侧电压抑制效果仿真图；

图 12 示出了本发明实施例中次同步振荡中电网侧有功功率抑制效果仿真图；

图 13 示出了本发明实施例中次同步振荡中电网侧无功功率抑制效果仿真图；

图 14 示出了本发明实施例中次同步振荡抑制装置示意图。

具体实施方式

下面将结合附图对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，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他实施例，都属于本发明保护的范围。

发电机组并网的电力电子器件通常为发电机侧采用基于虚拟磁链的磁

场定向控制实现扭矩和弱磁解耦控制，电网侧采用电网电压定向控制实现有功，无功解耦控制。发电机侧三相电流经 *Clark* 变换变为 $\alpha\beta$ 坐标系下的电流，再经过 *Park* 变为 *dq* 轴下的扭矩电流和弱磁电流。扭矩设定电流和弱磁设定电流与实际的扭矩电流和实际的磁电流相减得到的误差电流，经过电流 PI 控制器（比率积分）加入 *dq* 轴耦合项后得到参考电压，再经过 *Park* 和 *SVPWM* 运算后得到开关信号，输出到发电机侧电力电子变换器件例如整流器来实现电流闭环调节。发电机侧整流器将电机输出的交流电转变为直流电并注入直流母线。

电网侧三相电流经 *Clark* 变换变为 $\alpha\beta$ 坐标系下的电流，再经过 *Park* 变为 *dq* 轴下有功电流和无功电流。有功设定电流和无功设定电流与实际的有功电流和实际无功电流相减得到的误差电流，经过电流 PI 控制器（比率积分）后加入 *dq* 轴耦合项后得到参考电压，再经过 *Park* 变换和 *SVPWM* 运算后得到开关信号并输出到电网侧逆变器功率模块来实现电流闭环调节。电网侧逆变器将直流母线直流电转变为交流电并注入电网。其中有功设定电流是直流母线实际电压值控制器的输出，即母线设定电压与母线实际电压的差值经过 PI 控制器后得到有功设定电流；无功设定电流是无功控制器的输出，即设定无功功率与实际无功功率的差值经过 PI 控制器后得到无功设定电流。

在新能源输电，尤其是新能源发电并网规模并网时，例如风力发电并网或光伏发电并网，可能产生次同步振荡分量，造成电网侧电压波动，进而导致电网侧功率波动。电网侧功率的波动进而引起了直流侧电压的波动。由于直流侧输电电压经过母线电压控制器后作为控制电力电子器件的有功

轴设定电流，在直流母线实际电压值出现波动时，有功轴设定电流也会出现波动，因此会造成电力电子器件出现了波动的不收敛，无法抑制次同步振荡。本实施例提供的次同步振荡抑制方法是通过获取振荡产生的电能波动，针对性的增强电力电子器件对次同步振荡的阻尼。具体的，本实施例提供了一种次同步分量抑制方法，如图 1 所示，该方法包括以下步骤。

S11.获取输电系统次同步振荡产生的电能波动量。具体的，由于次同步振荡引起电网电能波动，例如，电网电压波动、电流波动，进而导致功率波动。在本实施例中，可以获取电网电压波动量，可以获取电流波动量或者功率波动量。具体的，在获取的电能的波动量中，可以包括该波动量的大小和频率等。

S12.根据电能波动量得到有功轴设定电流的补偿参数。在具体的实施例中，在获取到电能波动量后，较强地针对该波动分量进行阻尼，即可抑制次同步振荡。具体的，由于电力电子器件是由有功轴设定电流和实际电流经过系列控制得到的开关信号进行控制，因此，可以根据电能波动量得到有功轴设定电流的补偿参数，来对有功轴设定电流进行补偿。

S13.根据有功轴设定电流的补偿参数控制变流器对次同步振荡进行抑制。在具体的实施例中，对有功设定电流进行补偿后，有功设定电流与实际有功电流相减得到的误差电流，经过电流 PI 控制器后加入 dq 轴耦合项后得到参考电压，再经过 *Park* 变换和 *SVPWM* 运算后得到开关信号并输出到电网侧逆变器功率模块来实现电流闭环调节。可以将电能波动量加入到电力电子器件的控制中，电能波动量生成的有功轴设定电流的补偿参数与次同步振荡分量可以大小、频率相等，相位相差 180° 。这样既可以抵消次同

步分量对有功轴设定电流的影响，还可以控制电力电子器件抑制次同步振荡。

由于次同步振荡引起电网电能波动，例如，电网电压波动、电流波动，进而导致功率波动，因此，本实施例中通过获取电网中电能的波动分量，并针对该波动分量进行阻尼，即可抑制次同步振荡。具体的，由于电力电子器件是由有功轴设定电流和实际电流经过系列控制得到的开关信号进行控制，因此，可以根据电能波动量得到有功轴设定电流的补偿参数。对有功轴设定电流进行补偿后，控制变流器，进而对次同步振荡进行抑制。

由于次同步振荡影响有功轴设定电流，需要对有功轴设定电流进行补偿，消除次同步振荡对有功轴设定电流的影响，即可修正电力电子器件的控制信号，进而抑制次同步振荡。由于是对有功轴设定电流进行补偿，电能波动量可以为电流波动量。在得到有功轴波动量后，可以直接对有功轴设定电流进行补偿。也可以根据实际状况，将电流波动量乘以第一预设系数后，对有功轴设定电流进行补偿。本发明的实施例还提供了一种次同步振荡抑制方法，如图 3 和图 4 所示，该方法可以包括以下步骤。

S21.获取输电系统次同步振荡产生的电流波动量。由于次同步振荡发生在电网侧，对电网侧影响较大，而对发电机侧影响较小，尤其对风电发电机的影响较小，所以，发电机侧输出功率波动可以忽略。因此在获取输电系统次同步振荡产生的电能波动量时，可以在分别获取电网侧实际输出功率 P_{grid} 和发电机侧功率设定值 P_{gen} 后，计算的电网侧实际输出功率 P_{grid} 与发电机侧功率设定值 P_{gen} 的差即为次同步振荡产生的功率波动量。由于次同步振荡发生在电网侧，对电网侧影响较大，而对发电机侧影

响较小，尤其对风电发电机的影响较小，所以，发电机侧输出功率波动可以忽略，因此，可以通过电网侧实际输出功率 P_{grid} 和发电机侧功率设定值 P_{gen} 计算由于次同步振荡发生在电网侧，对电网侧影响较大，而对发电机侧影响较小，尤其对风电发电机的影响较小，所以，发电机侧输出功率波动可以忽略，因此在获取输电系统次同步振荡产生的电能波动量时，可以分别获取电网侧实际输出功率 P_{grid} 和发电机侧功率设定值 P_{gen} 后，计算电网侧实际输出功率 P_{grid} 与发电机侧功率设定值 P_{gen} 的差即为次同步振荡产生的功率波动量计算电流波动量。首先，计算有功功率波动量，可以分别获取实际输出功率和发电机侧功率设定值 P_{gen} 后，计算的电网侧实际输出功率 P_{grid} 与发电机侧功率设定值 P_{gen} 的差即为次同步振荡产生的有功功率波动量。然后，将有功功率波动量除以电网侧电压有功轴分量 E_d ，或直流母线实际电压值 U_{dc} 分量即可得到电流波动量。

S22.根据电流波动量得到有功轴设定电流的补偿参数。具体的，可以参见上述实施例中步骤 S12 对于得到有功轴设定电流的补偿参数的描述。

S23.根据有功轴设定电流的补偿参数控制变流器对次同步振荡进行抑制。具体的可以参见上述实施例中步骤 S13 对于控制变流器对次同步振荡进行抑制的描述。

由于次同步振荡较为复杂，采用计算出的电流波动量直接对有功轴设定电流进行补偿可能补偿量不够，导致抑制效果差。在可选的实施例中，可以将电流波动量放大 K 倍，其中， K 的取值可以为 1-5 中的任意值。在将电流波动量放大 K 倍后，对有功轴设定电流进行补偿。

由于发电机机侧可以为直流母线提供额外的惯性，为保证电网的更加

稳定，在可选的实施例中，可以对电网侧有功轴设定电流和发电机侧扭矩轴设定电流同时进行补偿。在得到电流波动量后，可以将电流波动量乘以第二预设系数即放大 $K1$ 倍，得到发电机侧扭矩轴设定电流的补偿参数；将电流波动量乘以第三预设系数即放大 $K2$ 倍，得到电网侧有功轴设定电流的补偿参数。其中， $K1$ 、 $K2$ 的取值范围可以为 1-5 中的任意值，具体的可以根据实际情况确定。在利用电网侧电力电子器件对次同步振荡进行抑制外，还利用发电机侧的电子电力器件进一步稳定直流母线实际电压值 U_{dc} ，增加直流母线环节的惯性，进而为电网侧提供额外的惯性环节，有利于电网的稳定运行。

电能波动量可以包括功率波动量。由于次同步振荡发生在电网侧，对电网侧影响较大，而对发电机侧影响较小，尤其对风电发电机的影响较小，所以，发电机侧输出功率波动可以忽略。因此在获取输电系统次同步振荡产生的电能波动量时，可以在分别获取电网侧和发电机侧输出的功率后，计算得出的电网侧实际输出功率值与发电机侧输出的功率的差即为次同步振荡产生的功率波动量。通过对电网侧与发电机侧的输出功率做差，可以较为直接地得到功率波动量。并根据功率波动量以及电网侧电压有功轴分量得到电网侧有功轴电流波动量。在得到功率波动量后，还可以根据功率波动量以及直流母线实际电压值得到电网侧有功轴电流波动量。

由于次同步振荡对电网侧和直流侧均有影响，获取电流波动量可以通过有电网侧或也可以通过直流母线获取。在本实施例中以通过电网侧为例来获取电流波动量进行说明。具体的，如图 5 和图 6 所示，获取电流波动量可以包括如下步骤。

S31.分别获取电网侧实际输出功率值、发电机侧功率设定值以及电网侧电压有功轴分量。在具体的实施例中,可以将发电机侧三相电流经 *Clark* 变换变为 $\alpha\beta$ 坐标系下的电流,再经过 *Park* 变为 *dq* 轴下的扭矩电流和弱磁电流。扭矩设定电流和弱磁设定电流与实际的扭矩电流和实际的磁电流相减得到的误差电流,经过电流 PI 控制器(比率积分)加入 *dq* 轴耦合项后得到参考电压,通过扭矩电流和参考电压得到发电机侧实际的输出有功功率。电网侧三相电流经 *Clark* 变换变为 $\alpha\beta$ 坐标系下的电流,再经过 *Park* 变为 *dq* 轴下有功电流和无功电流。有功设定电流和无功设定电流与实际的有功电流和实际无功电流相减得到的误差电流,经过电流 PI 控制器(比率积分)后加入 *dq* 轴耦合项后得到参考电压。通过有功电流和参考电压得到电网侧实际的输出有功功率。

S32.计算发电机侧功率设定值与电网侧实际输出功率值的差以得到功率波动量。在具体的实施例中,由于次同步振荡发生在电网侧,对电网侧影响较大,而对发电机侧影响较小,尤其对风电发电机的影响较小,所以,发电机侧输出功率波动可以忽略。通过电网侧实际输出功率 P_{grid} 与发电机功率设定值的差,可以较为直接地得到功率波动。在本实施例中,所称功率波动可以为有功功率波动。

S33.根据功率波动量与电网侧电压有功轴分量的比值得到电流波动量。在具体的实施例中,电流波动量可以通过以下公式表示:

$$i = \frac{P_1}{E_d}$$

其中, i 为电流波动量, P_1 为功率波动量, E_d 为电网侧有功轴电流波动量。

由于直流侧也可以受到次同步振荡的影响，在可选的实施例中，可以通过功率波动量和直流母线实际电压值 U_{dc} 得到有功电流波动量。具体的，如图 7 和图 8 所示，可以包括如下步骤。

S41. 分别获取电网侧实际输出功率值、发电机侧功率设定值以及直流母线实际电压值。具体的可以参见上述实施例中步骤 S31 对于获取电网侧实际输出功率 P_{grid} 和发电机侧功率设定值 P_{gen} 后的描述。

S42. 计算发电机侧功率设定值与电网侧实际输出功率值的差以得到功率波动量。具体的可以参见上述实施例中 S32 对于计算功率波动量的描述。

S43. 根据功率波动量与直流母线实际电压值的比值得到电网侧有功轴电流波动量。具体的可以参见上述实施例中 S33 对于计算电流波动量的描述。

由于直流侧上是直流支撑电容，发电机侧功率减去电网侧功率再除以直流母线实际电压值 U_{dc} 得到的实际上是流过直流支撑电容的电流。根据电容电压与电流的关系：

$$i_{cap_dc} = -C \frac{dU_{dc}}{dt}$$

其中， i_{cap_dc} 为直流母线的电流， C 为直流母线支撑电容， U_{dc} 为直流母线实际电压值 U_{dc} 。

流过直流支撑电容的电流与直流母线实际电压值 U_{dc} 的微分是等效的。由于电网侧发生次同步振荡，也会引发直流侧发生次同步振荡，因此，可以根据直流侧电流波动量对有功轴设定电流进行补偿。具体的，直流侧振荡表现形式为直流母线实际电压值与设定电压不一致，因此，可以获取直

流母线实际电压值；计算直流母线实际电压值与直流母线设定电压值的差以得到直流母线电压波动量。对直流母线电压波动量进行微分运算，得到直流侧电流波动量。具体的，直流侧振荡表现形式为直流母线实际电压值 U_{dc} 与设定电压不一致，在可选的实施例中，可以通过直流侧输出电流计算电流波动量。具体的，如图 9 和图 10 所示，可以包括如下步骤。

S51.获取直流母线实际电压值。在具体的实施例中，直流母线实际电压值 U_{dc} 为直流母线上的实际的直流电压。

S52.计算直流母线实际电压值与直流母线设定电压值的差以得到直流母线电压波动量。直流侧振荡表现形式为直流母线实际电压值 U_{dc} 与设定电压不一致。因此，可以通过直流母线实际电压值 U_{dc} 与直流母线设定电压值 U_{dc}^* 的差得到电压波动量。

S53.对直流母线电压波动量进行微分运算，得到直流侧电流波动量。

图 11-13 示出了本发明实施例次同步振荡抑制方法的抑制效果仿真图，其中，图 11 中的区域 A1 为实施本实施例的次同步振荡抑制方法之前的电网侧电压波形图，区域 B1 为实施本实施例的次同步振荡抑制方法之后的电网侧电压波形图。图 12 中的区域 A2 为实施本实施例的次同步振荡抑制方法之前的电网侧有功功率的波形图，区域 B2 为实施本实施例的次同步振荡抑制方法之后的有功功率波形图。图 13 中的区域 A3 为实施本实施例的次同步振荡抑制方法之前的电网侧无功功率的波形图，区域 B3 为实施本实施例的次同步振荡抑制方法之后的无功功率波形图。由图 11-图 13 中对比结构可以得知本实施的次同步振荡抑制方法可以对次同步振荡进行较好的抑制。

本发明实施例还提供了一种次同步振荡抑制装置，用于对变流器进行控制，如图 14 所示，该抑制装置可以包括：

获取模块 61，用于获取输电系统次同步振荡产生的电能波动量；

补偿参数生成模块 62，用于根据电能波动量得到有功轴设定电流的补偿参数；

反馈控制模块 63，用于根据有功轴设定电流的补偿参数控制变流器对次同步振荡进行抑制。

由于次同步振荡引起电网电能波动，例如，电网电压波动、电流波动，进而导致功率波动，因此，本申请中通过获取电网中电能的波动分量，并针对该波动分量进行阻尼，即可抑制次同步振荡。具体的，由于电力电子器件是由有功轴设定电流和实际电流经过系列控制得到的开关信号进行控制，因此，可以根据电能波动量得到有功轴设定电流的补偿参数，对有功轴设定电流进行补偿后，控制变流器，进而对次同步振荡进行抑制。

由于是对有功轴设定电流进行补偿，电能波动量可以为电流波动量。在得到有功轴波动量后，可以直接对电网侧有功轴设定电流进行补偿，也可以根据实际状况，将电流波动量乘以第一预设系数后，对电网侧有功轴设定电流进行补偿。

在可选的实施例中，电能波动量为电流波动量；有功轴设定电流包括：电网侧有功轴设定电流时，补偿参数生成模块包括：第一计算单元，用于将电流波动量乘以第一预设系数以得到有功轴设定电流的补偿参数。

在可选的实施例中有功轴设定电流包括：发电机侧扭矩轴设定电流和电网侧有功轴设定电流；补偿参数生成模块包括：第二计算单元，用于将

电流波动量乘以第二预设系数以得到发电机侧扭矩轴设定电流的补偿参数；以及，第三计算单元，用于将电流波动量乘以第三预设系数以得到电网侧有功轴设定电流的补偿参数。

在可选的实施例中，电流波动量包括：电网侧有功轴电流波动量；获取模块包括：第一获取单元，用于分别获取电网侧实际输出功率值、发电机侧功率设定值以及电网侧电压有功轴分量；第四计算单元，用于计算发电机侧功率设定值与电网侧实际输出功率值的差以得到功率波动量；第五计算单元，用于根据功率波动量与电网侧电压有功轴分量的比值得到电流波动量。

在可选的实施例中，电流波动量包括：电网侧有功轴电流波动量；获取模块包括：第二获取单元，用于分别获取电网侧实际输出功率值、发电机侧功率设定值以及直流母线实际电压值；第六计算单元，用于计算发电机侧功率设定值与电网侧实际输出功率值的差以得到功率波动量；第七计算单元，用于根据功率波动量与直流母线实际电压值的比值得到电网侧有功轴电流波动量。

在可选的实施例中，电流波动量包括：直流侧电流波动量；获取模块包括：第三获取单元，用于获取直流母线实际电压值；第八计算单元，用于计算直流母线实际电压值与直流母线设定电压值的差以得到直流母线电压波动量；第九计算单元，用于对直流母线电压波动量进行微分运算，得到直流侧电流波动量。

由于次同步振荡引起电网电能波动，例如，电网电压波动、电流波动，进而导致功率波动，因此，本申请中通过获取电网中电能的波动分量，并

针对该波动分量进行阻尼，即可抑制次同步振荡。具体的，由于电力电子器件是由有功轴设定电流和实际电流经过系列控制得到的开关信号进行控制，因此，可以根据电能波动量得到有功轴设定电流的补偿参数，对有功轴设定电流进行补偿后，控制变流器，进而对次同步振荡进行抑制。

本发明的实施例还提供了一种变流器的控制器，设置有上述实施例描述的次同步振荡抑制装置。具体地，该变流器可以为风力发电机组的变流器。

本领域技术人员可以理解，实现上述实施例的方法中的全部或部分流程，是可以通过与计算机程序或指令相关的硬件来完成，相关程序可存储于一计算机可读取存储介质中。该程序在执行时，可包括如上述各方法的实施例的流程。其中，存储介质可为磁碟、光盘、只读存储记忆体(Read-Only Memory, ROM)、随机存储记忆体(Random Access Memory, RAM)、快闪存储器(Flash Memory)、硬盘(Hard Disk Drive, 缩写: HDD)或固态硬盘(Solid-State Drive, SSD)等，存储介质还可以包括上述种类的存储器的组合。

虽然结合附图描述了本发明的实施方式，但是本领域技术人员可以在不脱离本发明的精神和范围的情况下做出各种修改和变型，这样的修改和变型均落入由所附权利要求所限定的范围之内。

权利要求书

1. 一种次同步振荡抑制方法，用于对变流器进行控制，其特征在于，包括：

获取输电系统次同步振荡产生的电能波动量；

根据所述电能波动量得到有功轴设定电流的补偿参数；

根据所述有功轴设定电流的补偿参数控制所述变流器对所述次同步振荡进行抑制。

2. 如权利要求 1 所述的次同步振荡抑制方法，其特征在于，所述电能波动量为电流波动量；所述有功轴设定电流包括：电网侧有功轴设定电流；

所述根据所述电能波动量得到有功轴设定电流的补偿参数包括：

将电流波动量乘以第一预设系数以得到有功轴设定电流的补偿参数。

3. 如权利要求 1 所述的次同步振荡抑制方法，其特征在于，所述电能波动量为电流波动量；所述有功轴设定电流包括：发电机侧扭矩轴设定电流和电网侧有功轴设定电流；

所述根据所述电能波动量得到有功轴设定电流的补偿参数包括：

将电流波动量乘以第二预设系数以得到发电机侧扭矩轴设定电流的补偿参数；

将电流波动量乘以第三预设系数以得到电网侧有功轴设定电流的补偿参数。

4. 如权利要求 2 或 3 所述的次同步振荡抑制方法，其特征在于，所述电流波动量包括：电网侧有功轴电流波动量；所述获取输电系统次同步振荡产生的电能波动量包括：

分别获取电网侧实际输出功率值、发电机侧功率设定值以及电网侧电

压有功轴分量；

计算发电机侧功率设定值与电网侧实际输出功率值的差以得到功率波动量；

根据所述功率波动量与电网侧电压有功轴分量的比值得到所述电流波动量。

5.如权利要求 2 或 3 所述的次同步振荡抑制方法，其特征在于，所述电流波动量包括：电网侧有功轴电流波动量；

所述获取输电系统次同步振荡产生的电能波动量包括：

分别获取电网侧实际输出功率值、发电机侧功率设定值以及直流母线实际电压值；

计算发电机侧功率设定值与电网侧实际输出功率值的差以得到功率波动量；

根据所述功率波动量与直流母线实际电压值的比值得到电网侧有功轴电流波动量。

6.如权利要求 2 或 3 所述的次同步振荡抑制方法，其特征在于，所述电流波动量包括：直流侧电流波动量；

所述获取输电系统次同步振荡产生的电能波动量包括：

获取直流母线实际电压值；

计算所述直流母线实际电压值与直流母线设定电压值的差以得到所述直流母线电压波动量；

对所述直流母线电压波动量进行微分运算，得到直流侧电流波动量。

7.一种次同步振荡抑制装置，用于对变流器进行控制，其特征在于，包

括：

获取模块，用于获取输电系统次同步振荡产生的电能波动量；

补偿参数生成模块，用于根据所述电能波动量得到有功轴设定电流的补偿参数；

反馈控制模块，用于根据所述有功轴设定电流的补偿参数控制所述变流器对所述次同步振荡进行抑制。

8.如权利要求 7 所述的次同步振荡抑制装置，其特征在于，所述电能波动量为电流波动量；所述有功轴设定电流包括：电网侧有功轴设定电流时，所述补偿参数生成模块包括：

第一计算单元，用于将电流波动量乘以第一预设系数以得到有功轴设定电流的补偿参数。

9.如权利要求 8 所述的次同步振荡抑制装置，其特征在于，所述有功轴设定电流包括：发电机侧扭矩轴设定电流和电网侧有功轴设定电流；

所述补偿参数生成模块包括：

第二计算单元，用于将电流波动量乘以第二预设系数以得到发电机侧扭矩轴设定电流的补偿参数；以及，

第三计算单元，用于将电流波动量乘以第三预设系数以得到电网侧有功轴设定电流的补偿参数。

10.如权利要求 8 或 9 所述的次同步振荡抑制装置，其特征在于，所述电流波动量包括：电网侧有功轴电流波动量；

所述获取模块包括：

第一获取单元，用于分别获取电网侧实际输出功率值、发电机侧功率

设定值以及电网侧电压有功轴分量；

第四计算单元，用于计算发电机侧功率设定值与电网侧实际输出功率值的差以得到功率波动量；

第五计算单元，用于根据所述功率波动量与电网侧电压有功轴分量的比值得到所述电流波动量。

11.如权利要求 8 或 9 所述的次同步振荡抑制装置，其特征在于，所述电流波动量包括：电网侧有功轴电流波动量；

所述获取模块包括：

第二获取单元，用于分别获取电网侧实际输出功率值、发电机侧功率设定值以及直流母线实际电压值；

第六计算单元，用于计算发电机侧功率设定值与电网侧实际输出功率值的差以得到功率波动量；

第七计算单元，用于根据所述功率波动量与直流母线实际电压值的比值得到电网侧有功轴电流波动量。

12.如权利要求 8 或 9 所述的次同步振荡抑制装置，其特征在于，所述电流波动量包括：直流侧电流波动量；

所述获取模块包括：

第三获取单元，用于获取直流母线实际电压值；

第八计算单元，用于计算所述直流母线实际电压值与直流母线设定电压值的差以得到所述直流母线电压波动量；

第九计算单元，用于对所述直流母线电压波动量进行微分运算，得到直流侧电流波动量。

13.一种变流器的控制器，其特征在于，设置有权利要求 7-12 中任一项所述的次同步振荡抑制装置。

14.如权利要求 13 所述的变流器的控制器，其特征在于，所述变流器为风力发电机组的变流器。

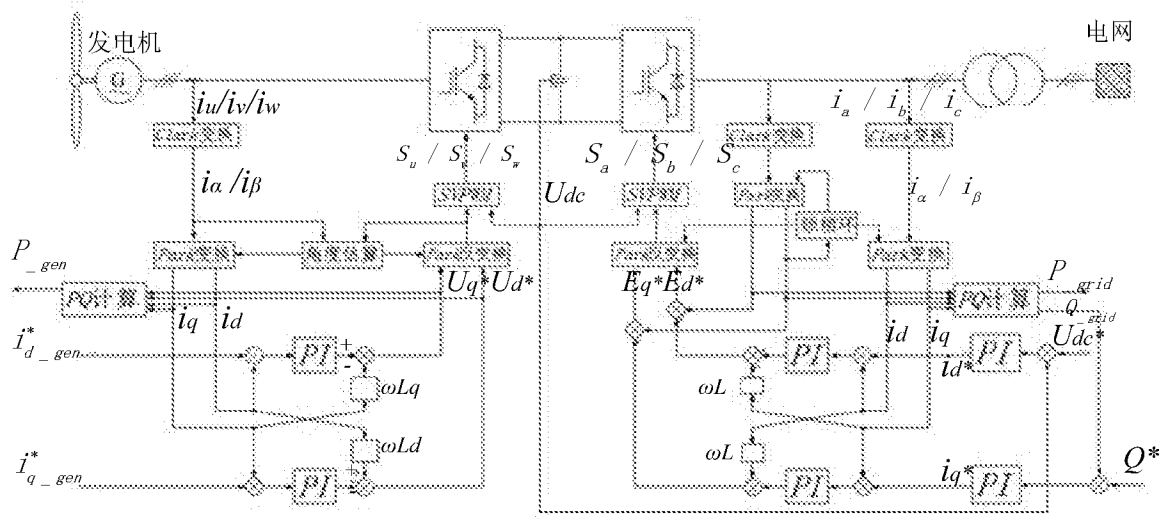


图 1

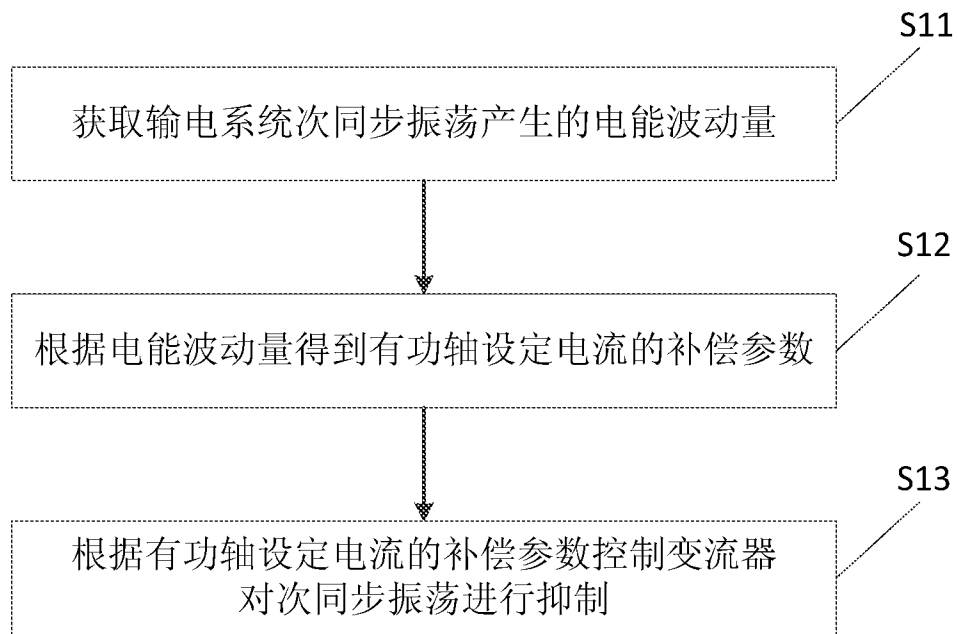


图 2

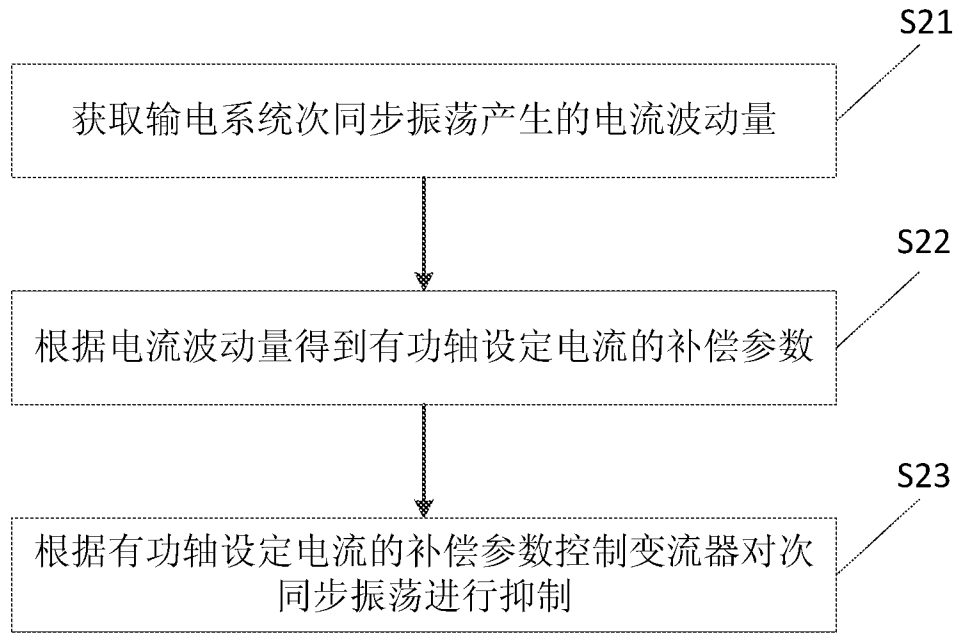


图3

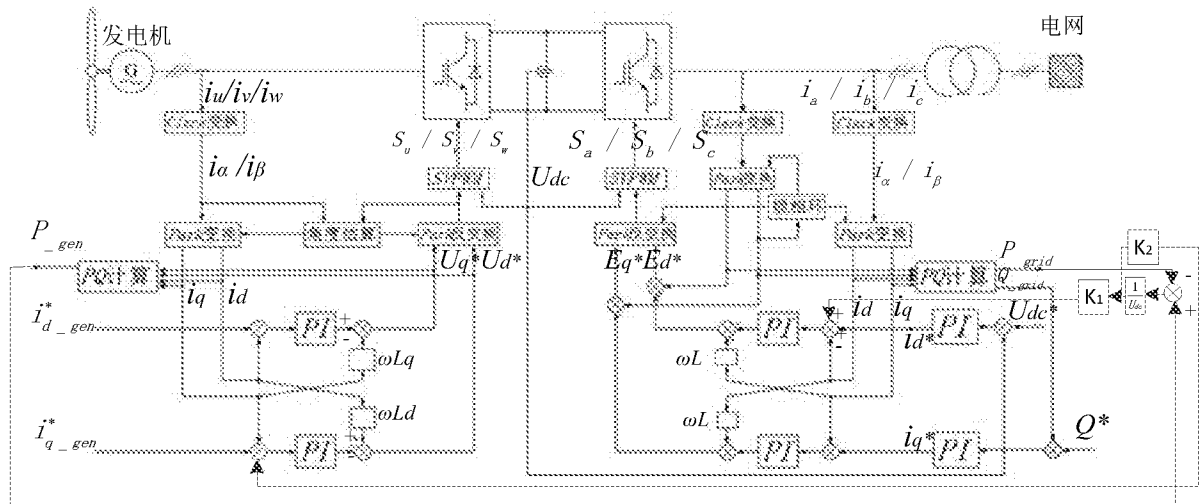


图4

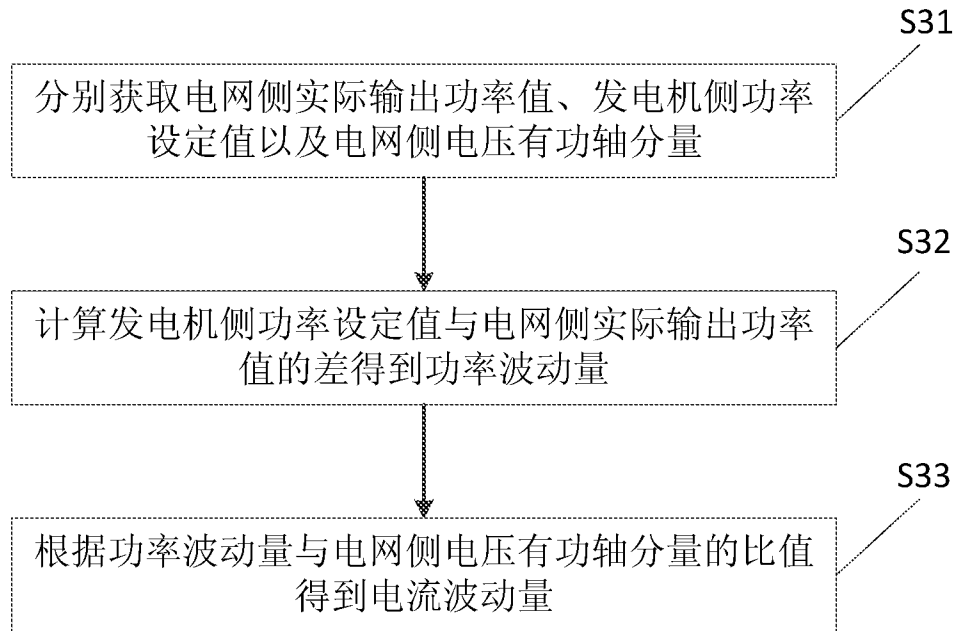


图 5

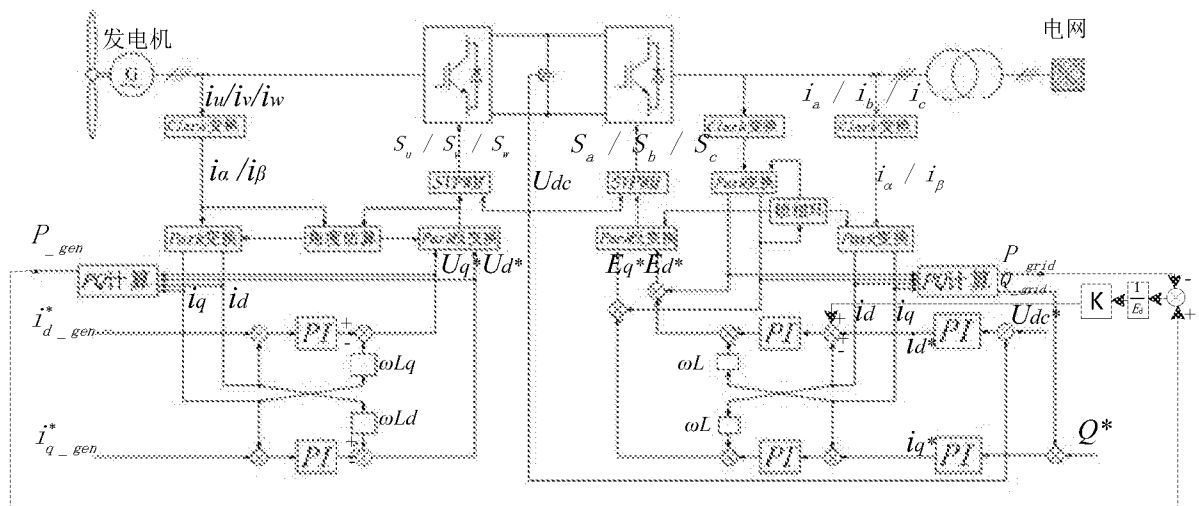


图 6

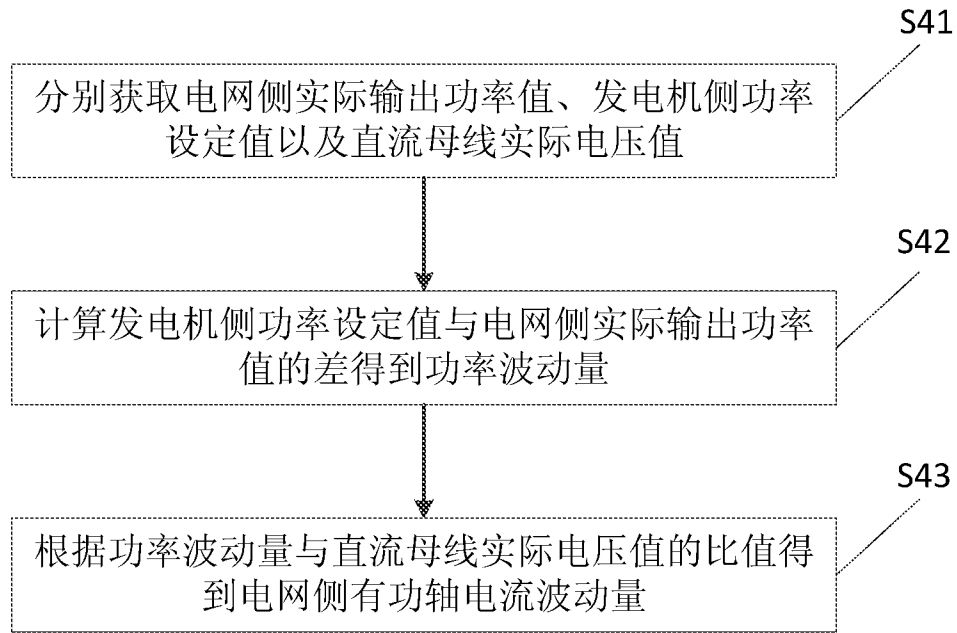


图7

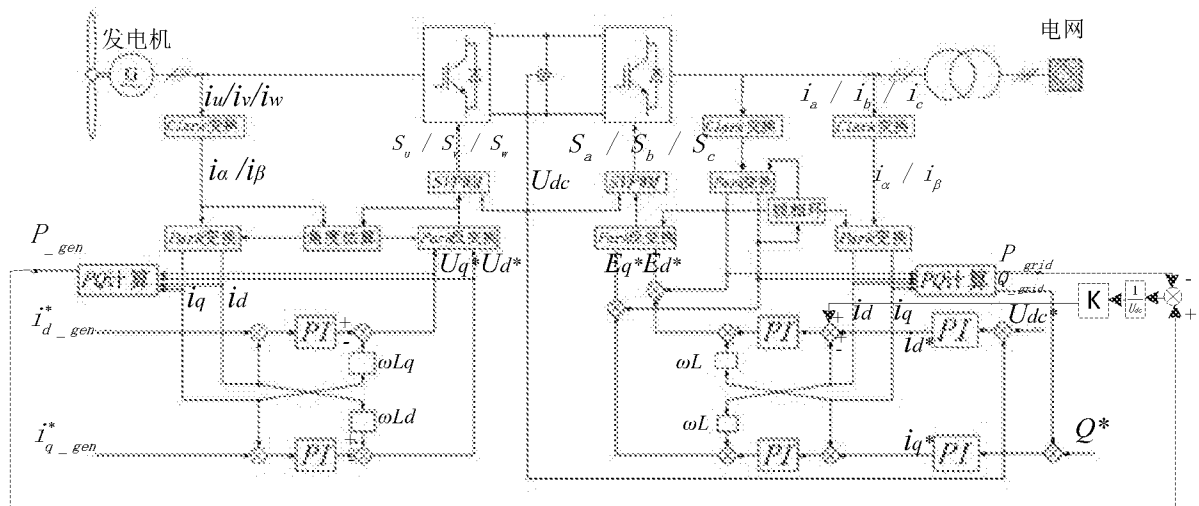


图8

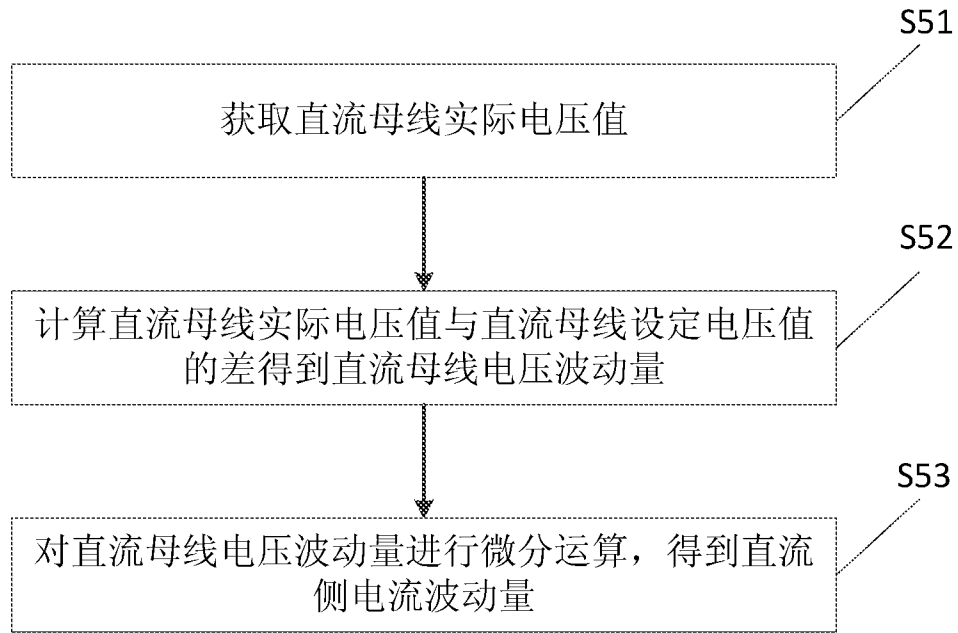


图 9

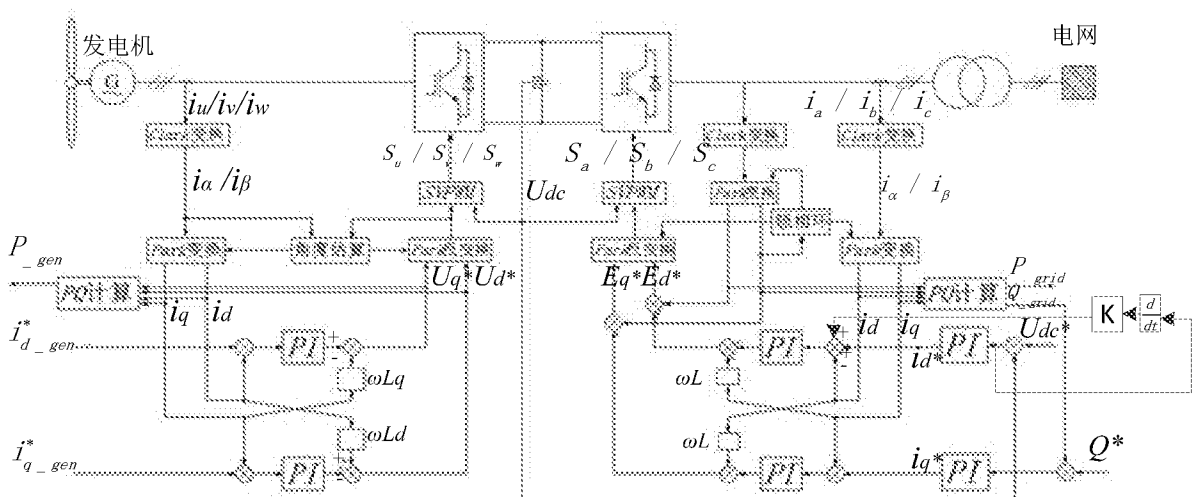


图 10

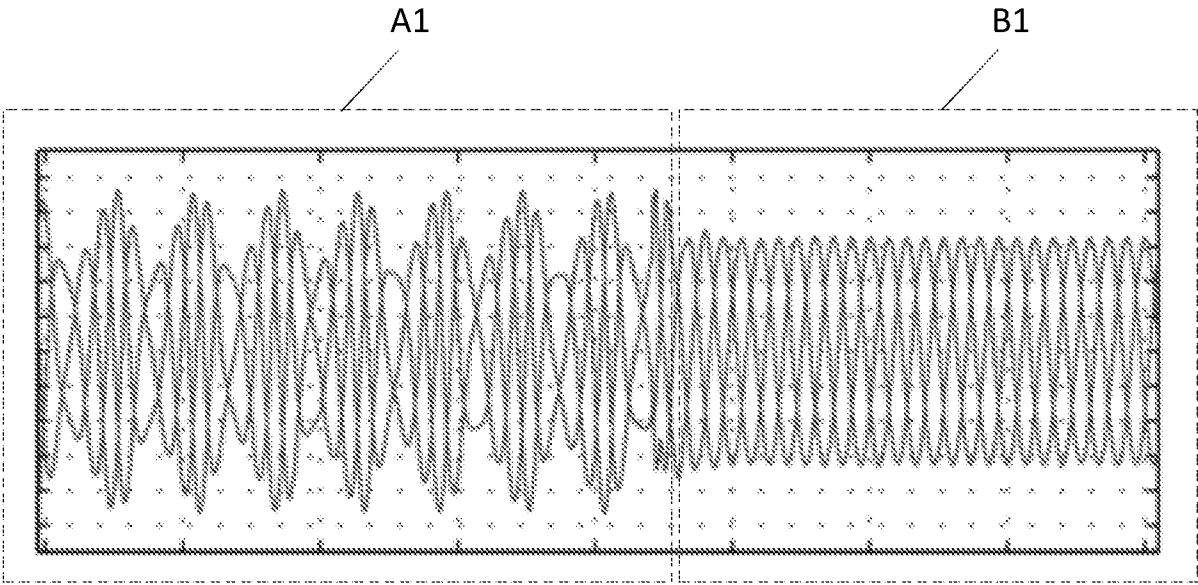


图 11

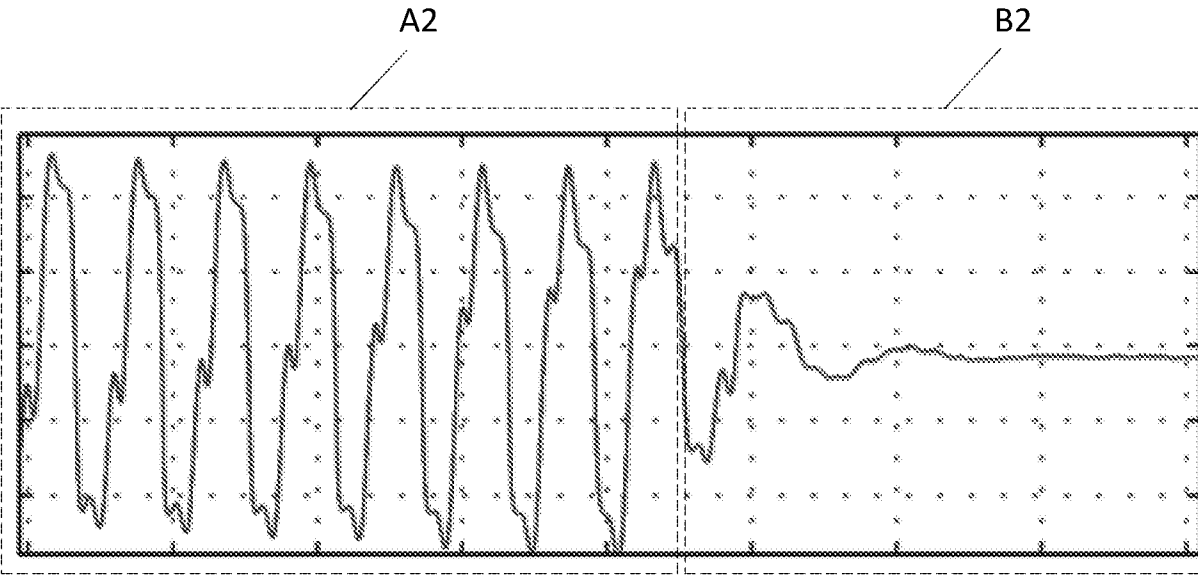


图 12

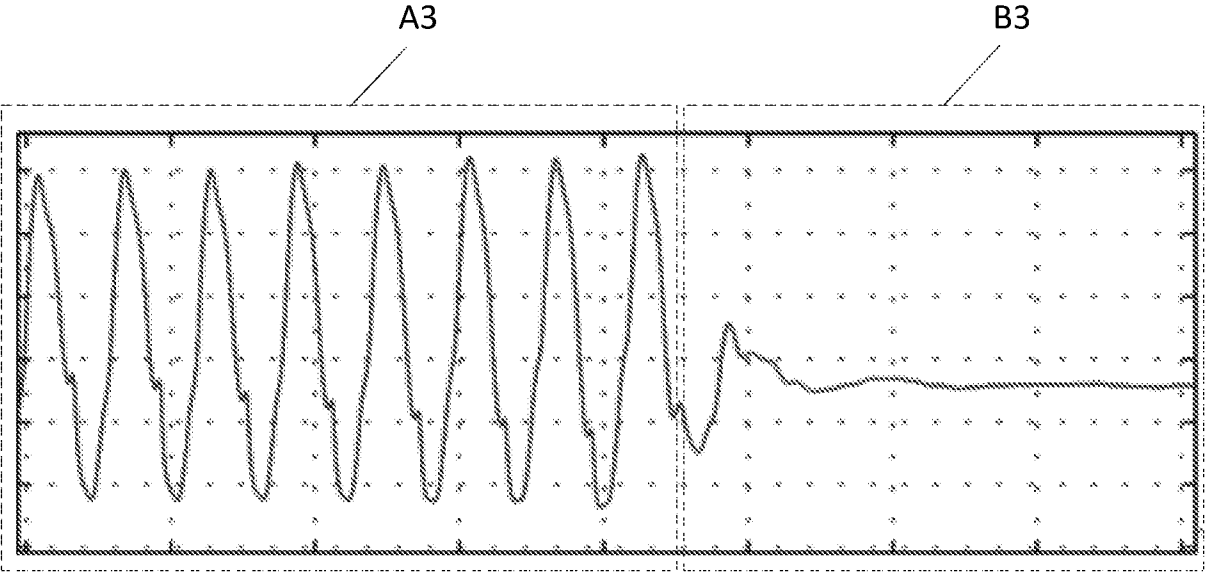


图 13

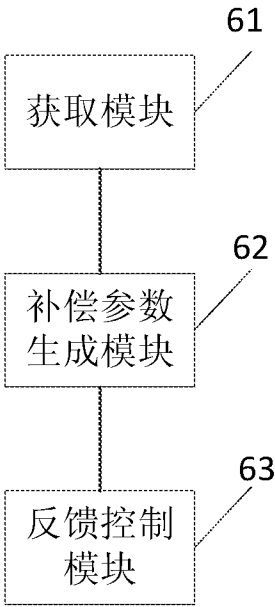


图 14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/086659

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J 3/24(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)

CNTXT, CNABS, DWPI, CNKI: 风机, 风电, 次同步, 振荡, 谐振, 变流器, 换流器, 变换器, 波动, 电流, 指令, 参考, 补偿; wind, subsynchronous, resonance, oscillation, convertor, converter, fluctuate, fluctuant, current, reference, instruction, compensate

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 106130038 A (GLOBAL ENERGY INTERCONNECTION RESEARCH INSTITUTE ET AL.) 16 November 2016 (2016-11-16) description, paragraphs 44-75, and figures 1-4	1-2, 7-8, 13-14
X	CN 105790288 A (ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, STATE GRID JIBEI ELECTRIC POWER COMPANY LIMITED ET AL.) 20 July 2016 (2016-07-20) description, paragraphs 30-70, and figures 1, 3a and 3b	1-2, 7-8, 13-14
X	CN 106505592 A (BEIJING SIFANG AUTOMATION CO., LTD.) 15 March 2017 (2017-03-15) description, paragraphs 39-56, and figures 1-4	1, 7, 13-14
A	CN 106786664 A (NARI TECHNOLOGY DEVELOPMENT LIMITED COMPANY ET AL.) 31 May 2017 (2017-05-31) entire document	1-14
A	CN 106972509 A (ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE OF STATE GRID NINGXIA ELECTRIC POWER COMPANY ET AL.) 21 July 2017 (2017-07-21) entire document	1-14

☐ 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

17 August 2018

Date of mailing of the international search report

13 September 2018

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

Authorized officer

Facsimile No. (86-10)62019451

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/086659

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	106130038	A	16 November 2016	None	
CN	105790288	A	20 July 2016	None	
CN	106505592	A	15 March 2017	None	
CN	106786664	A	31 May 2017	None	
CN	106972509	A	21 July 2017	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/086659

A. 主题的分类

H02J 3/24(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))

CNTXT, CNABS, DWPI, CNKI:风机, 风电, 次同步, 振荡, 谐振, 变流器, 换流器, 变换器, 波动, 电流, 指令, 参考, 补偿; wind, subsynchronous, resonance, oscillation, convertor, converter, fluctuate, fluctuant, current, reference, instruction, compensate

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
X	CN 106130038 A (全球能源互联网研究院等) 2016年 11月 16日 (2016 - 11 - 16) 说明书第44-75段, 图1-4	1-2, 7-8, 13-14
X	CN 105790288 A (国网冀北电力有限公司电力科学研究院等) 2016年 7月 20日 (2016 - 07 - 20) 说明书第30-70段, 图1, 3a, 3b	1-2, 7-8, 13-14
X	CN 106505592 A (北京四方继保自动化股份有限公司) 2017年 3月 15日 (2017 - 03 - 15) 说明书第39-56段, 图1-4	1, 7, 13-14
A	CN 106786664 A (国电南瑞科技股份有限公司等) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 全文	1-14
A	CN 106972509 A (国网宁夏电力公司电力科学研究院等) 2017年 7月 21日 (2017 - 07 - 21) 全文	1-14

☐ 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

2018年 8月 17日

国际检索报告邮寄日期

2018年 9月 13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)
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

王喆

电话号码 86-(010)-62087667

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/086659

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	106130038	A	2016年 11月 16日	无	
CN	105790288	A	2016年 7月 20日	无	
CN	106505592	A	2017年 3月 15日	无	
CN	106786664	A	2017年 5月 31日	无	
CN	106972509	A	2017年 7月 21日	无	