



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105978040 A

(43)申请公布日 2016. 09. 28

(21)申请号 201610423693.4

(22)申请日 2016.06.15

(71)申请人 苏州汇川技术有限公司

地址 215000 江苏省苏州市吴中区吴中经济开发区旺山工业园友翔路北侧

(72)发明人 蔡准

(74)专利代理机构 深圳市顺天达专利商标代理有限公司 44217

代理人 陆军

(51)Int.Cl.

H02J 3/46(2006.01)

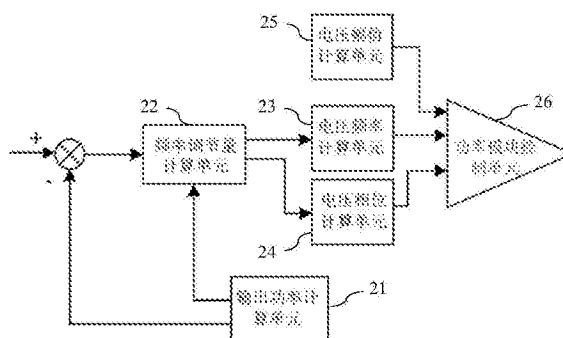
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

变频变压电源智能逆功率控制系统和控制方法

(57)摘要

本发明提供了一种变频变压电源智能逆功率控制系统及控制方法,所述控制系统包括输出功率计算单元、频率调节量计算单元、电压频率计算单元、电压相位计算单元、电压幅值计算单元以及功率模块控制单元,其中:所述输出功率计算单元,用于计算输出功率;所述频率调节量计算单元,用于计算频率调节量;所述电压频率计算单元,用于计算三相电压输出频率;所述电压相位计算单元,用于获得三相电压输出相位;所述电压幅值计算单元,用于计算输出电压幅值;所述功率模块控制单元,用于控制所述变频变压电源的各个功率模块。本发明通过控制变频变压电源的输出电压的频率、相位和幅值,从而避免岸电电源与船舶配电系统进行带电切换时的逆功率的发生。



1. 一种变频变压电源智能逆功率控制系统, 所述变频变压电源为单元级联型高压变频变压电源, 其特征在于: 所述控制系统包括输出功率计算单元、频率调节量计算单元、电压频率计算单元、电压相位计算单元、电压幅值计算单元以及功率模块控制单元, 其中: 所述输出功率计算单元, 用于根据所述变频变压电源的输出电流和输出电压计算输出功率; 所述频率调节量计算单元, 用于在所述输出功率为负向功率时, 根据所述变频变压电源的输出电流获得逆功率反馈电流, 并根据逆功率指令电流和逆功率反馈电流计算频率调节量; 所述电压频率计算单元, 用于根据所述频率调节量计算三相电压输出频率; 所述电压相位计算单元, 用于根据三相电压输出频率获得三相电压输出相位; 所述电压幅值计算单元, 用于根据输出指令电压幅值和反馈的输出电压幅值计算输出电压幅值; 所述功率模块控制单元, 用于根据所述三相电压输出频率、三相电压输出相位以及输出电压幅值控制所述变频变压电源的各个功率模块。

2. 根据权利要求1所述的变频变压电源智能逆功率控制系统, 其特征在于: 所述频率调节量计算单元通过第一PI调节器经以下运算获得频率调节量 Δf :

$$\Delta f = \left(k_p + \frac{k_i}{s} \right) (i_{ref} - i_{fdb}),$$

其中, k_p 为第一PI调节器的比例系数, k_i 为第一PI调节器的积分系数, i_{ref} 为逆功率指令电流, i_{fdb} 为逆功率反馈电流, $\frac{1}{s}$ 为第一PI调节器的传递函数中的积分项。

3. 根据权利要求1所述的变频变压电源智能逆功率控制系统, 其特征在于: 所述电压频率计算单元通过以下计算式计算获得三相电压输出频率:

$f_1 = f + \Delta f$, 其中 f 为三相电压指令频率, f_1 为输出电压频率;

所述电压相位计算单元通过以下计算式计算获得三相电压输出相位:

$\theta_u = \int \omega dt$, 其中, $\omega = 2\pi f_1$ 。

4. 根据权利要求1所述的变频变压电源智能逆功率控制系统, 其特征在于: 所述电压幅值计算单元通过第二PI调节器经以下计算获得输出电压幅值:

$$V_k = \left(k_p + \frac{k_i}{s} \right) (V_{ref} - V_{fdb}),$$

其中, k_p 为第二PI调节器的比例系数, k_i 为第二PI调节器的积分系数, V_{ref} 为输出电压指令, V_{fdb} 为输出电压反馈, V_k 为调节器输出得到的电压指令值, $\frac{1}{s}$ 为第二PI调节器的传递函数中的积分项。

5. 根据权利要求1所述的变频变压电源智能逆功率控制系统, 其特征在于: 所述频率调节量计算单元通过将输出电流经克拉克变换和帕克变换获得逆功率反馈电流。

6. 一种变频变压电源智能逆功率控制方法, 所述变频变压电源为单元级联型高压变频变压电源, 其特征在于: 所述控制方法包括以下步骤:

(a) 根据所述变频变压电源的输出电流和输出电压计算输出功率, 并在所述输出功率为负向功率时执行步骤(b);

(b) 根据所述变频变压电源的输出电流获得逆功率反馈电流, 并根据逆功率指令电流

和逆功率反馈电流计算频率调节量；

(c)根据所述频率调节量计算三相电压输出频率、根据三相电压输出频率获得三相电压输出相位、以及根据输出指令电压幅值和反馈的输出电压幅值计算输出电压幅值；

(d)根据所述三相电压输出频率、三相电压输出相位以及输出电压幅值控制所述变频变压电源的各个功率模块。

7.根据权利要求6所述的变频变压电源智能逆功率控制方法,其特征在于:所述步骤(b)中,通过第一PI调节器经以下运算获得频率调节量 Δf :

$$\Delta f = \left(k_p + \frac{k_i}{s} \right) (i_{ref} - i_{fdb}),$$

其中, k_p 为第一PI调节器的比例系数, k_i 为第一PI调节器的积分系数, i_{ref} 为逆功率指令电流, i_{fdb} 为逆功率反馈电流, $\frac{1}{s}$ 为第一PI调节器的传递函数中的积分项。

8.根据权利要求7所述的变频变压电源智能逆功率控制方法,其特征在于:所述步骤(c)中,

所述三相电压输出频率通过以下计算式计算获得:

$f_1 = f + \Delta f$,其中 f 为三相电压指令频率, f_1 为输出电压频率;

所述三相电压输出相位通过以下计算式计算获得:

$\theta_u = \int \omega dt$,其中, $\omega = 2\pi f_1$ 。

9.根据权利要求6所述的变频变压电源智能逆功率控制方法,其特征在于:所述步骤(c)中的输出电压幅值通过第二PI调节器经以下计算获得:

$$V_k = \left(k_p + \frac{k_i}{s} \right) (V_{ref} - V_{fdb}),$$

其中, k_p 为第二PI调节器的比例系数, k_i 为第二PI调节器的积分系数, V_{ref} 为输出电压指令, V_{fdb} 为输出电压反馈, V_k 为调节器输出得到的电压指令值, $\frac{1}{s}$ 为第二PI调节器的传递函数中的积分项。

10.根据权利要求6所述的变频变压电源智能逆功率控制方法,其特征在于:所述步骤(b)中的逆功率反馈电流由输出电流经克拉克变换和帕克变换获得。

变频变压电源智能逆功率控制系统和控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及变频变压设备,更具体地说,涉及一种变频变压电源智能逆功率控制系统和控制方法。

背景技术

[0002] 变频变压电源是将市电通过功率变换电路转变为人们所需的电压和频率的一种电源,如今,已在各行各业有着广泛的应用。

[0003] 船舶在港区航行及靠港期间,主要利用辅机发电机来满足用电需求,该过程中辅机发电机需燃烧大量的燃油(大多为柴油和重油)来工作。由于消耗燃油会产生大量的CO₂及其他的污染排放,从而对沿海港口造成污染,严重影响了港口人民的生活。

[0004] 岸基供电技术是将陆地上的电源给停靠在港口或者码头的船舶供电,这种供电技术能够有效减少船舶靠港期间的污染。目前世界上的岸电主要有60Hz和50Hz港口电网,分别向60Hz和50Hz的船舶电网直接供电,都不涉及变频变压技术。

[0005] 由于我国高压电网采用的频率和电压分别10kV/50Hz或者6kV/50Hz,而大部分船舶供电采用的是6.6kV/60Hz。如果直接将50Hz的电源接入船舶设备,会使设备的整体效率下降30%。

[0006] 为提高岸基供电效率,通常采用单元级联型高压变频变压电源为船舶配电系统供电。单元级联型高压变频变压电源是专门针对船上、岸边码头等高温、高湿、高腐蚀性、大负荷冲击等恶劣使用环境而特别设计制造的大功率变频变压电源设备,该电源的每相通过多个低压功率模块串联,从而形成高压直接输出。目前,单元级联型高压变频变压电源已应用于船上、船舶制造及修理厂、远洋钻井平台、岸边码头等需要由50Hz工业用电变为60Hz高质量稳频稳压电源,以对船舶用电设备进行供电的场合。

[0007] 然而,由于许多船舶在靠港后,要求由岸基供电时船上不停电,码头船舶岸基电源与船舶配电系统需进行带电连接方式切换。由于船舶配电系统与岸基电源之间除了安全连锁信号外,没有其他信号交互,自动化程度低,因此岸基电源连接船舶配电系统切换时,变频变压电源根据命令要求输出电压/频率,其通过输出滤波、隔离、接口箱、船上进线柜等,直接送至船载的变频变压电源配电柜,同期屏根据采集到的信息,显示电源的相序、频率、幅值、相位等信息,自动判断是否具备并网条件,通过调整发电机的发电信息,直至具备并网条件后将变频变压电源接入;成功并网后,发电机减小输出功率,负载自动逐渐转移至岸基电源供电,切换完成后,发电机退出工作(即被动切换)。在岸基电源被动切换并网过程中,由于并网时的岸基电源的三相输出电压幅值、三相输出电压相位、三相输出电压频率与船舶发电机的三相输出电压幅值、三相输出电压相位、三相输出电压频率的差异,造成岸基电源输出功率逆向流入的情况,并导致高压岸基电源单元内部过压故障,严重时甚至造成功率器件的损坏。

[0008] 如图1所示,是逆功率产生相量图, $\vec{V}_1$ 是变频变压电源输出电压矢量, $\vec{V}_2$ 是船舶发电

机电源输出电压矢量 $\vec{V}_2$, $\vec{i}_s$ 是变频变压电源输出电流矢量。当船舶发电机电源输出电压矢量 $\vec{V}_2$ 超前变频变压电源输出电压矢量 $\vec{V}_1$ 时,变频变压电源输出电压矢量 $\vec{V}_1$ 与变频变压电源输出电流矢量 $\vec{i}_s$ 相位角度大于 90° ,根据功率计算公式: $P = V I \cos(\theta)$,此时, $P < 0$,变频变压电源处于逆功率状态。如图1所示, i_d 是电流矢量按电压矢量定向后分解得到的有功电流分量, i_q 是电流矢量按电压矢量定向后分解得到的无功电流分量,但变频变压电源系统处于逆功率状态时,有功电流分量 $i_d < 0$ 。图1仅列出一种逆功率状态,其它几种逆功率状态相量图与图1类似。

[0009] 针对上述逆功率的问题,通常可在变频变压电源内部加装制动吸收装置,从而在出现逆功率工况、单元母线电压升高时,变频变压电源内部通过电压检测,自动将制动装置加入,吸收这部分逆功率,从而有效的吸收逆功率。但该方案增加了系统的成本,同时增加了高压变频变压电源装置的体积,并增加了系统散热等。此外,也可通过使用四象限回馈单元来解决逆功率问题:将逆向功率通过可控整流单元自动回馈到电网。但该方案由于增加了可控整流单元,使得系统硬件成本大大增加,并且控制系统过于复杂不易于实现,整机故障率也会提高。

[0010] 由于通常仅在岸基电源与船舶配电系统进行带电切换、负载转移的过程中出现船舶发电系统向码头船舶岸电设施输送电能,而在变频变压电源给船舶正常供电期间很少出现逆功率问题,以上两种方法无疑大大增加了系统成本。

发明内容

[0011] 本发明要解决的技术问题在于,针对上述在岸基电源与船舶配电系统进行带电切换的过程中可能会出现反向输送电能的问题,提供一种变频变压电源智能逆功率控制系统及控制方法。

[0012] 本发明解决上述技术问题的技术方案是,提供一种变频变压电源智能逆功率控制系统,所述变频变压电源为单元级联型高压变频变压电源,所述控制系统包括输出功率计算单元、频率调节量计算单元、电压频率计算单元、电压相位计算单元、电压幅值计算单元以及功率模块控制单元,其中:所述输出功率计算单元,用于根据所述变频变压电源的输出电流和输出电压计算输出功率;所述频率调节量计算单元,用于在所述输出功率为负向功率时,根据所述变频变压电源的输出电流获得逆功率反馈电流,并根据逆功率指令电流和逆功率反馈电流计算频率调节量;所述电压频率计算单元,用于根据所述频率调节量计算三相电压输出频率;所述电压相位计算单元,用于根据三相电压输出频率获得三相电压输出相位;所述电压幅值计算单元,用于根据输出指令电压幅值和反馈的输出电压幅值计算输出电压幅值;所述功率模块控制单元,用于根据所述三相电压输出频率、三相电压输出相位以及输出电压幅值控制所述变频变压电源的各个功率模块。

[0013] 在本发明所述的变频变压电源智能逆功率控制系统中,所述频率调节量计算单元通过第一PI调节器经以下运算获得频率调节量 Δf :

$$[0014] \quad \Delta f = \left(k_p + \frac{k_i}{s} \right) (i_{ref} - i_{fdb}),$$

[0015] 其中, k_p 为第一PI调节器的比例系数, k_i 为第一PI调节器的积分系数, i_{ref} 为逆功率指令电流, i_{fdb} 为逆功率反馈电流, $\frac{1}{s}$ 为第一PI调节器的传递函数中的积分项。

[0016] 在本发明所述的变频变压电源智能逆功率控制系统中, 所述电压频率计算单元通过以下计算式计算获得三相电压输出频率:

[0017] $f_1 = f + \Delta f$, 其中 f 为三相电压指令频率, f_1 为输出电压频率;

[0018] 所述电压相位计算单元通过以下计算式计算获得三相电压输出相位:

[0019] $\theta_u = \int \omega dt$, 其中, $\omega = 2\pi f_1$ 。

[0020] 在本发明所述的变频变压电源智能逆功率控制系统中, 所述电压幅值计算单元通过第二PI调节器经以下计算获得输出电压幅值:

$$[0021] \quad V_k = \left(k_p + \frac{k_i}{s} \right) (V_{ref} - V_{fdb}),$$

[0022] 其中, k_p 为第二PI调节器的比例系数, k_i 为第二PI调节器的积分系数, V_{ref} 为输出电压指令, V_{fdb} 为输出电压反馈, V_k 为调节器输出得到的电压指令值, $\frac{1}{s}$ 为第二PI调节器的传递函数中的积分项。

[0023] 在本发明所述的变频变压电源智能逆功率控制系统中, 所述频率调节量计算单元通过将输出电流经克拉克变换和帕克变换获得逆功率反馈电流。

[0024] 本发明还提供一种变频变压电源智能逆功率控制方法, 所述变频变压电源为单元级联型高压变频变压电源, 所述控制方法包括以下步骤:

[0025] (a) 根据所述变频变压电源的输出电流和输出电压计算输出功率, 并在所述输出功率为负向功率时执行步骤(b);

[0026] (b) 根据所述变频变压电源的输出电流获得逆功率反馈电流, 并根据逆功率指令电流和逆功率反馈电流计算频率调节量;

[0027] (c) 根据所述频率调节量计算三相电压输出频率、根据三相电压输出频率获得三相电压输出相位、以及根据输出指令电压幅值和反馈的输出电压幅值计算输出电压幅值;

[0028] (d) 根据所述三相电压输出频率、三相电压输出相位以及输出电压幅值控制所述变频变压电源的各个功率模块。

[0029] 在本发明所述的变频变压电源智能逆功率控制方法中, 所述步骤(b)中, 通过第一PI调节器经以下运算获得频率调节量 Δf :

$$[0030] \quad \Delta f = \left(k_p + \frac{k_i}{s} \right) (i_{ref} - i_{fdb}),$$

[0031] 其中, k_p 为第一PI调节器的比例系数, k_i 为第一PI调节器的积分系数, i_{ref} 为逆功率指令电流, i_{fdb} 为逆功率反馈电流, $\frac{1}{s}$ 为第一PI调节器的传递函数中的积分项。

[0032] 在本发明所述的变频变压电源智能逆功率控制方法中, 所述步骤(c)中,

[0033] 所述三相电压输出频率通过以下计算式计算获得:

[0034] $f_1 = f + \Delta f$, 其中 f 为三相电压指令频率, f_1 为输出电压频率;

[0035] 所述三相电压输出相位通过以下计算式计算获得：

[0036] $\theta_u = \int \omega dt$, 其中, $\omega = 2\pi f_1$ 。

[0037] 在本发明所述的变频变压电源智能逆功率控制方法中, 所述步骤(c)中的输出电压幅值通过第二PI调节器经以下计算获得：

$$[0038] \quad V_k = \left(k_p + \frac{k_i}{s} \right) (V_{ref} - V_{fdb}),$$

[0039] 其中, k_p 为第二PI调节器的比例系数, k_i 为第二PI调节器的积分系数, V_{ref} 为输出电压指令, V_{fdb} 为输出电压反馈, V_k 为调节器输出得到的电压指令值, $\frac{1}{s}$ 为第二PI调节器的传递函数中的积分项。

[0040] 在本发明所述的变频变压电源智能逆功率控制方法中, 所述步骤(b)中的逆功率反馈电流由输出电流经克拉克变换和帕克变换获得。

[0041] 本发明的变频变压电源智能逆功率控制系统及控制方法, 通过检测变频变压电源的输出电压和输出电流, 来控制输出电压的频率、相位和幅值, 从而避免岸基电源与船舶配电系统进行带电切换时的逆功率的发生。相对于现有方案, 本发明无需增加制动吸收装置, 也无需增加四象限可控整流单元, 大大降低了成本。

附图说明

[0042] 图1是逆功率产生的向量图。

[0043] 图2是本发明高压变频岸基电源的结构示意图。

[0044] 图3是本发明变频变压电源智能逆功率控制系统实施例的示意图。

[0045] 图4是本发明变频变压电源智能逆功率控制方法实施例的示意图。

具体实施方式

[0046] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白, 以下结合附图及实施例, 对本发明进行进一步详细说明。应当理解, 此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明, 并不用于限定本发明。

[0047] 本发明的变频变压电源智能逆功率控制系统, 无需在功率模块内部增加制动吸收装置, 也无需增加四象限可控整流单元, 即在不增加系统硬件及系统成本的基础上, 可实现变频变压电源的逆功率控制。

[0048] 在变频变压电源与船舶发电机电源同期并网过程中, 需要满足下述三个条件: (1) 变频变压电源输出相序与船舶发电机电压输出相序一致; (2) 变频变压电源输出相位与船舶发电机电压输出相位一致; (3) 变频变压电源输出频率与船舶发电机输出频率一致; 满足上述三个条件, 可以达到平滑无冲击的同步切换。

[0049] 如图2-3所示, 是本发明变频变压电源智能逆功率控制系统实施例的示意图, 该控制系统可有效避免在船舶配电系统切换到岸基电源供电时的逆功率。本实施例中的变频变压电源20为交-直-交高-高型高压变频变压电源, 其输入功率因数高, 输出电压接近正弦波, 输出谐波小, 通过低压单元串联得到高压输出, 便于产品化生产和维修。该变频变压电源20经由进线单元10(可包括高压断路器、系统综合保护装置、电量计量装置等)连接高压

电网(10kV/6kV三相高压电),且该变频变压电源20的输出经滤波单元30(可包括滤波电感、滤波电容和滤波电阻)滤波后,通过出线单元40(可包括输出高压断路器及电量计量装置等)连接到船舶配电系统。

[0050] 具体地,上述变频变压电源20可采用单元级联型高压变频变压电源,其输入端的高压电经过移相变压器降压和隔离,副边形成多组交流电分别供给三相的各个功率模块(每相的功率模块数取决于输出电压等级)。每个功率模块为交-直-交三相电压源型拓扑结构,输入为三相交流电,输出为可变压变频单相交流电,每相的功率模块输出串接,输出接滤波单元30。

[0051] 本实施例中的变频变压电源智能逆功率控制系统包括输出功率计算单元21、频率调节量计算单元22、电压频率计算单元23、电压相位计算单元24、电压幅值计算单元25以及功率模块控制单元26,上述输出功率计算单元21、频率调节量计算单元22、电压频率计算单元23、电压相位计算单元24、电压幅值计算单元25以及功率模块控制单元26可由集成到变频变压电源的控制芯片的软件构成,也可通过单独的控制单元及相应软件实现。

[0052] 输出功率计算单元21通过检测变频变压电源的输出电压和输出电流,并根据检测获得的输出电压和输出电流计算得到输出功率。当输出功率为负向功率时,输出功率计算单元21向频率调节量计算单元22输出使能信号。具体地,输出功率计算单元21可包括输出电压采样电路和输出电流采样电路,输出电流采样电路可采样U相输出电流和V相输出电流,输出电压采样电路可采样U相、V相、W相输出电压。

[0053] 此外,输出功率计算单元21还将输出电流经克拉克(clark)变换和帕克(park)变换得到逆功率电流反馈。具体地,clark变换公式为:

$$[0054] \quad \begin{cases} i_D = i_U \\ i_Q = (i_U + 2i_V) / \sqrt{3} \end{cases}$$

[0055] Park变换公式为:

$$[0056] \quad \begin{cases} i_d = i_D \cos \theta + i_Q \sin \theta \\ i_q = -i_D \sin \theta + i_Q \cos \theta \end{cases}$$

[0057] 其中, i_U 为变频变压电源输出U相采样电流, i_V 为变频变压电源输出V相采样电流, i_D 为两相静止坐标系下的D轴电流, i_Q 为两相静止坐标系下的Q轴电流, i_d 为两相旋转坐标系下的d轴电流, i_q 为两相旋转坐标系下的q轴电流, θ 为变频变压电源输出电压相位角度。

[0058] 频率调节量计算单元22用于在输出功率为负向功率时(例如接收到来自输出功率计算单元21的使能信号时),根据变频变压电源的输出电流获得逆功率反馈电流,并根据逆功率指令电流和逆功率反馈电流计算频率调节量。当逆功率反馈电流小于逆功率指令电流时,频率调节量计算单元22输出的频率调节量自动增加,这样电压相位计算单元24的相位自动调整为当前频率下对应的相位。通常,逆功率指令电流可设置为接近于0的负值(具体可根据岸基电源可允许吸收的逆功率设定)。

[0059] 电压频率计算单元23用于根据频率调节量计算三相电压输出频率;电压相位计算单元24用于根据三相电压输出频率获得三相电压输出相位;电压幅值计算单元25用于根据输出指令电压幅值和反馈的输出电压幅值计算输出电压幅值;功率模块控制单元26用于根

据三相电压输出频率、三相电压输出相位以及输出电压幅值控制变频变压电源20的各个功率模块,即输出三相变频变压信号,从而驱动变频变压电源输出三相正弦电压,使变频变压电源20输出到船舶配电系统的电压与船舶发电机的输出相序一致、相位一致、频率一致。

[0060] 具体地,频率调节量计算单元22是由逆功率电流指令与逆功率电流反馈之差,通过第一PI调节器输出得到频率调节量,具体地,第一PI调节器经以下运算获得频率调节量 Δf :

$$[0061] \quad \Delta f = \left(k_p + \frac{k_i}{s} \right) (i_{ref} - i_{fdb}),$$

[0062] 其中, k_p 为第一PI调节器的比例系数, k_i 为第一PI调节器的积分系数, i_{ref} 为逆功率指令电流, i_{fdb} 为逆功率反馈电流, $\frac{1}{s}$ 为第一PI调节器的传递函数中的积分项。

[0063] 一般,逆功率电流指令 i_{ref} 为接近于0的负值。特别地,由于船舶岸电电源供电规范中要求船舶岸电系统的三相输出电压频率允许波动范围偏差应为 $\pm 5\%$ 以内,所以,频率调节量计算单元22输出的频率调节量应该设定在 $\pm 5\%$ 以内。

[0064] 相应地,电压频率计算单元23通过以下计算式计算获得三相电压输出频率: $f_1 = f + \Delta f$,其中 f 为三相电压指令频率, f_1 为输出电压频率;电压相位计算单元24通过以下计算式计算获得三相电压输出相位: $\theta_u = \int \omega dt$,其中, $\omega = 2\pi f_1$ 。

[0065] 电压幅值计算单元25通过第二PI调节器经以下计算获得输出电压幅值:

$$[0066] \quad V_k = \left(k_p + \frac{k_i}{s} \right) (V_{ref} - V_{fdb}),$$

[0067] 其中, k_p 为第二PI调节器的比例系数, k_i 为第二PI调节器的积分系数, V_{ref} 为输出电压指令, V_{fdb} 为输出电压反馈, V_k 为调节器输出得到的电压指令值, $\frac{1}{s}$ 为第二PI调节器的传递函数中的积分项。

[0068] 如图4所示,是本发明变频变压电源智能逆功率控制方法实施例的示意图,上述变频变压电源为单元级联型高压变频变压电源,该控制方法包括以下步骤:

[0069] 步骤S41:根据变频变压电源的输出电流和输出电压计算输出功率,并在所述输出功率为负向功率时执行步骤S42。

[0070] 步骤S42:根据变频变压电源的输出电流获得逆功率反馈电流,并根据逆功率指令电流和逆功率反馈电流计算频率调节量。该步骤中,可通过第一PI调节器经以下运算获得频率调节量 Δf :

$$[0071] \quad \Delta f = \left(k_p + \frac{k_i}{s} \right) (i_{ref} - i_{fdb}),$$

[0072] 其中, k_p 为第一PI调节器的比例系数, k_i 为第一PI调节器的积分系数, i_{ref} 为逆功率指令电流, i_{fdb} 为逆功率反馈电流, $\frac{1}{s}$ 为第一PI调节器的传递函数中的积分项。

[0073] 逆功率反馈电流可由输出电流经克拉克变换和帕克变换获得。

[0074] 步骤S43:根据频率调节量计算三相电压输出频率、根据三相电压输出频率获得三

相电压输出相位、以及根据输出指令电压幅值和反馈的输出电压幅值计算输出电压幅值。

[0075] 该步骤中,三相电压输出频率通过以下计算式计算获得:

[0076] $f_1 = f + \Delta f$, 其中 f 为三相电压指令频率, f_1 为输出电压频率;

[0077] 三相电压输出相位则通过以下计算式计算获得:

[0078] $\theta_u = \int \omega dt$, 其中, $\omega = 2\pi f_1$ 。

[0079] 输出电压幅值可通过第二PI调节器经以下计算获得:

$$[0080] \quad V_k = \left(k_p + \frac{k_i}{s} \right) (V_{ref} - V_{fdb}),$$

[0081] 其中, k_p 为第二PI调节器的比例系数, k_i 为第二PI调节器的积分系数, V_{ref} 为输出电压指令, V_{fdb} 为输出电压反馈, V_k 为调节器输出得到的电压指令值 $\frac{1}{s}$ 为第二PI调节器的传递函数中的积分项。

[0082] 步骤S44:根据三相电压输出频率、三相电压输出相位以及输出电压幅值控制所述变频变压电源的各个功率模块。

[0083] 上述实施例以港口高压变频变压电源为例,但该控制系统及方法同样适用于其他变频变压电源应用场合。

[0084] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,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,可轻易想到的变化或替换,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该以权利要求的保护范围为准。

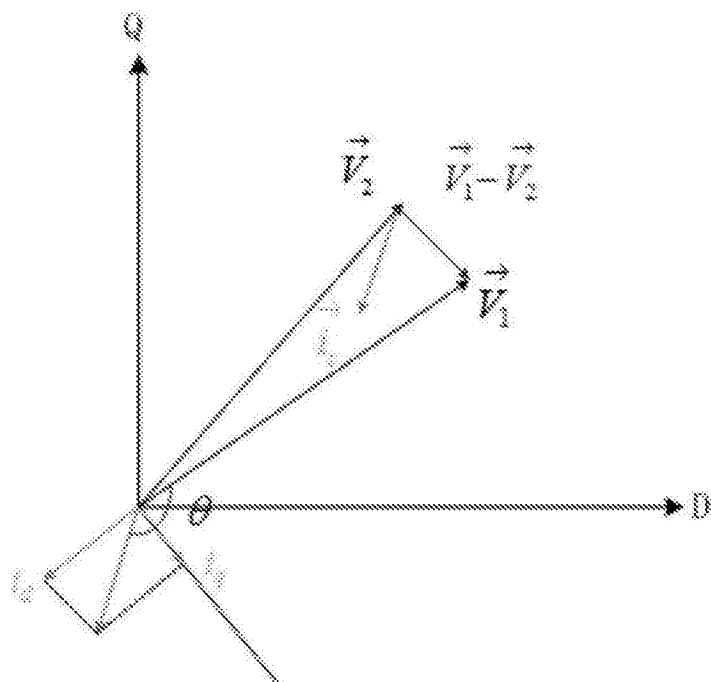


图1

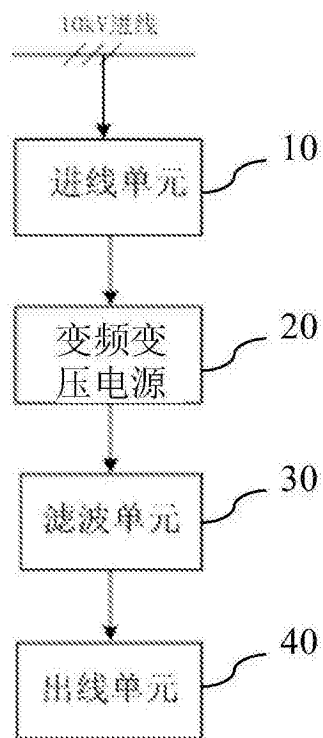


图2

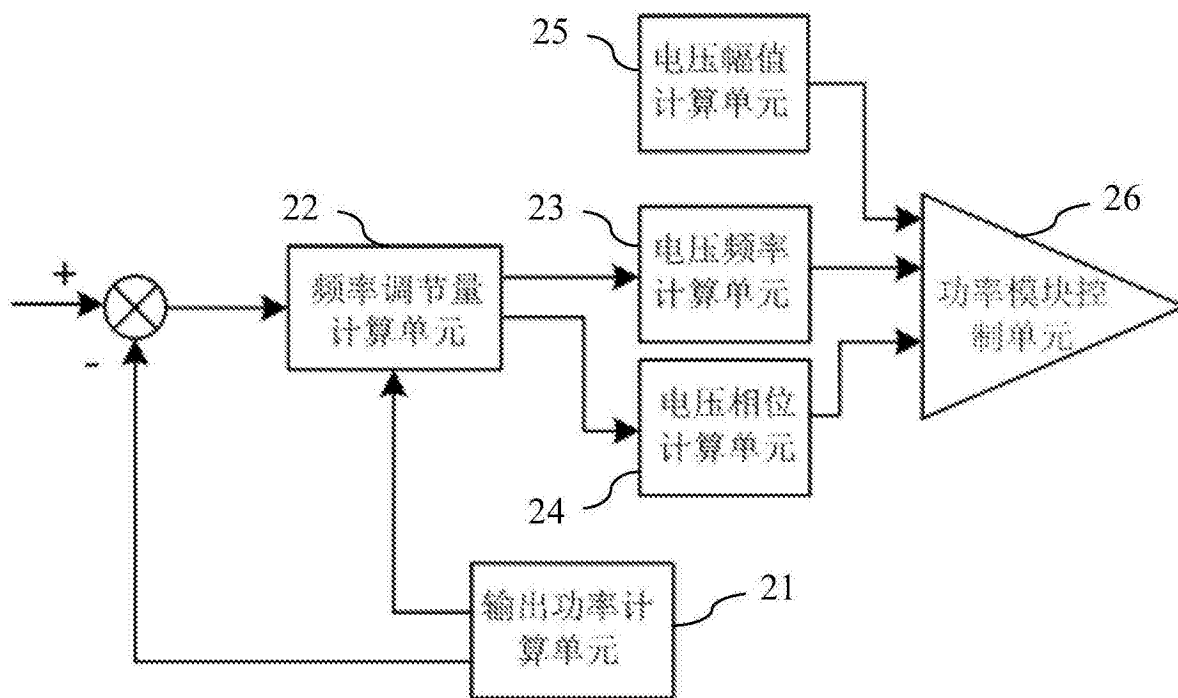


图3

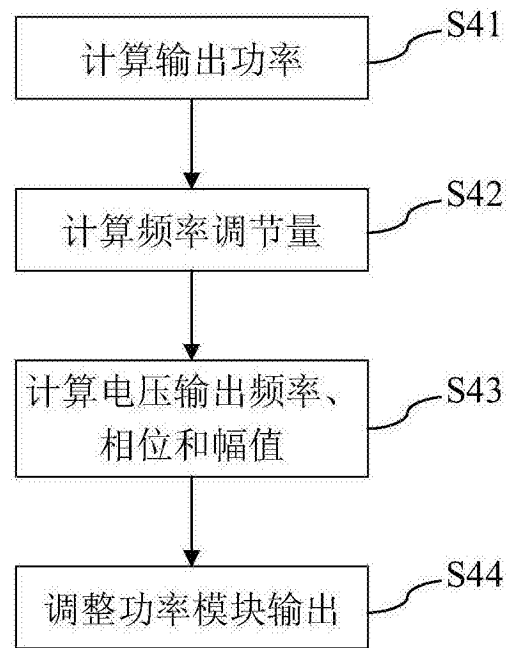


图4