

(10) 国际公布号
WO 2014/026331 A1

- [见续页]

```

5820 CALCULATE A PWM DUTY RATIO ACCORDING TO A VOLTAGE SPACE VECTOR
5830 PERFORM PWM PHASE SHIFT BY USING THE OBTAINED PWM DUTY RATIO AND A
5840 PRESET MINIMUM SAMPLING TIME
5850 WHETHER A MODULATION VECTOR IS IN AN OBSERVABLE REGION
5860 PERFORM SAMPLING TIME ON BUS DIRECT CURRENT IN A PWM CARRIER CYCLE, AND
5870 PERFORM PHASE DIFFERENCE COMPENSATION ON A SECOND SAMPLING VALUE, SO AS
5880 TO OBTAIN A SECOND PHASE CURRENT VALUE AND A SECOND SAMPLING VALUE, AND
5890 THE SECOND SAMPLING VALUE AFTER PHASE DIFFERENCE COMPENSATION
5900 CALCULATE THIRD-PHASE CURRENT OF THE MOTOR ACCORDING TO TWO-PHASE
5910 CURRENT OF THE MOTOR
5920 CALCULATE A POWER FACTOR ANGLE AND AN AMPLITUDE VALUE OF A CURRENT
5930 VECTOR BY USING THE OBTAINED THREE-PHASE CURRENT
5940 PERFORM SAMPLING OF A CURRENT VECTOR AND OBTAIN AN INITIAL ONE-PHASE
5950 CURRENT OF THE MOTOR ACCORDING TO A NUMBER OF A SECTION WHERE THE
5960 MODULATION VECTOR IS LOCATED
5970 CALCULATE A CURRENT VECTOR ANGLE ACCORDING TO THE VOLTAGE SPACE
5980 VECTOR, OBTAIN A CURRENT VECTOR ANGLE BY USING THE VOLTAGE SPACE VECTOR
5990 ANGLE AND A POWER FACTOR ANGLE, OBTAIN AN INITIAL CURRENT VECTOR
6000 AN AMPLITUDE VALUE ACCORDING TO THE CURRENT VECTOR ANGLE AND THE
6010 AMPLITUDE VALUE OF A CURRENT VECTOR, AND OBTAIN AN INITIAL THREE-PHASE
6020 CURRENT OF THE MOTOR BY CONVERTING THE INITIAL CURRENT VECTOR
6030 MODIFY THE AMPLITUDE VALUE OF THE CURRENT VECTOR ACCORDING TO A
6040 DIFFERENCE BETWEEN THE INITIAL CURRENT VECTOR ANGLE AND A MOTOR
6050 PHASE CURRENT CORRESPONDING TO THE INITIAL THREE-PHASE CURRENT,
6060 OBTAIN A CURRENT VECTOR BY USING THE MODIFIED AMPLITUDE VALUE OF THE
6070 CURRENT VECTOR AND A CURRENT VECTOR ANGLE, OBTAIN A MODIFIED THREE-PHASE
6080 CURRENT OF THE MOTOR BY CONVERTING THE OBTAINED CURRENT VECTOR
6090
6100
6110
6120
6130
6140
6150
6160
6170
6180
6190
6200
6210
6220
6230
6240
6250
6260
6270
6280
6290
6300
6310
6320
6330
6340
6350
6360
6370
6380
6390
6400
6410
6420
6430
6440
6450
6460
6470
6480
6490
6500
6510
6520
6530
6540
6550
6560
6570
6580
6590
6600
6610
6620
6630
6640
6650
6660
6670
6680
6690
6700
6710
6720
6730
6740
6750
6760
6770
6780
6790
6800
6810
6820
6830
6840
6850
6860
6870
6880
6890
6900
6910
6920
6930
6940
6950
6960
6970
6980
6990
7000
7010
7020
7030
7040
7050
7060
7070
7080
7090
7100
7110
7120
7130
7140
7150
7160
7170
7180
7190
7200
7210
7220
7230
7240
7250
7260
7270
7280
7290
7300
7310
7320
7330
7340
7350
7360
7370
7380
7390
7400
7410
7420
7430
7440
7450
7460
7470
7480
7490
7500
7510
7520
7530
7540
7550
7560
7570
7580
7590
7600
7610
7620
7630
7640
7650
7660
7670
7680
7690
7700
7710
7720
7730
7740
7750
7760
7770
7780
7790
7800
7810
7820
7830
7840
7850
7860
7870
7880
7890
7900
7910
7920
7930
7940
7950
7960
7970
7980
7990
8000
8010
8020
8030
8040
8050
8060
8070
8080
8090
8100
8110
8120
8130
8140
8150
8160
8170
8180
8190
8200
8210
8220
8230
8240
8250
8260
8270
8280
8290
8300
8310
8320
8330
8340
8350
8360
8370
8380
8390
8400
8410
8420
8430
8440
8450
8460
8470
8480
8490
8500
8510
8520
8530
8540
8550
8560
8570
8580
8590
8600
8610
8620
8630
8640
8650
8660
8670
8680
8690
8700
8710
8720
8730
8740
8750
8760
8770
8780
8790
8800
8810
8820
8830
8840
8850
8860
8870
8880
8890
8900
8910
8920
8930
8940
8950
8960
8970
8980
8990
9000
9010
9020
9030
9040
9050
9060
9070
9080
9090
9100
9110
9120
9130
9140
9150
9160
9170
9180
9190
9200
9210
9220
9230
9240
9250
9260
9270
9280
9290
9300
9310
9320
9330
9340
9350
9360
9370
9380
9390
9400
9410
9420
9430
9440
9450
9460
9470
9480
9490
9500
9510
9520
9530
9540
9550
9560
9570
9580
9590
9600
9610
9620
9630
9640
9650
9660
9670
9680
9690
9700
9710
9720
9730
9740
9750
9760
9770
9780
9790
9800
9810
9820
9830
9840
9850
9860
9870
9880
9890
9900
9910
9920
9930
9940
9950
9960
9970
9980
9990

```

(57) 摘要: 一种相电流重构的方法和装置。该方法首先进行 PWM 移相, 当调制矢量在可观测区域, 对 PWM 载波周期内的第二次采样值进行相位差补偿, 从而得到电动机的三相电流, 降低了因采样点相位差带来的误差, 提高了相电流重构的精度。进一步的由得到的三相电流计算电动机的功率因数角和电流矢量的幅值, 当调制矢量在非观测区域时, 根据空间电压矢量角和功率因数角以及电流矢量的幅值得到电动机的初始三相电流, 并通过在非观测区域测得的一相电流, 修正初始三相电流, 从而有效地得到电动机的相电流, 解决了单电流采样在高调制区域受到限制的问题, 使得单电流采样可以较好地应用于交流电动机调速系统。

WO 2014/026331 A1



RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, **本国际公布:**

CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种相电流重构方法及其装置

技术领域

本发明涉及电动机控制技术领域，具体涉及一种相电流重构方法及其装置。

5 背景技术

在高性能的变频控制系统中，电动机的相电流检测是一个关键的环节，直接影响到整个控制系统的性能。在对成本较注重的变频器调速的民用产品中，电流的采样部件是系统成本中较中的负担，目前较常用到的电流采样方法为通过直流母线电流采样来检测获得电动机相电流，即单电流采样方法。

10 该方法的基本原理为：利用有效矢量作用期间直流母线电流所蕴含的相电流的信息，进行相电流重构。直流母线电流和电机电流的关系由逆变器的开关状态决定，逆变器生产脉冲宽度调制(Pulse Width Modulation, 简称 PWM)信号，以及通过所生成的 PWM 信号有选择地开关多个开关元件，根据开关元件的开关状态，将母线直流电源转换成交流电源，以及将所转换的交流电源提供给电动机，从而驱动电动机。三相逆变器结构如图 1 所示，定义三相逆变器的上桥臂的开关状态分别为 S_a 、 S_b 、 S_c ，开关管导通时定义为“1”，断开时定义为状态“0”，从而可以形成 8 个基本空间矢量，其中 6 个非零基本空间矢量为 $U_1(001)$ 、 $U_2(110)$ 、 $U_3(010)$ 、 $U_4(011)$ 、 $U_5(001)$ 、 $U_6(101)$ ，2 个零矢量为 $U_0(000)$ 、 $U_7(111)$ 。直流母线电流与相电流之间的关系如表 1 所示。

20 表 1、直流母线电流与相电流之间的关系

矢量	U_0	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7
I_{dc}	0	I_w	I_v	$-I_u$	I_u	$-I_v$	$-I_w$	0

在每个 PWM 载波周期内，相邻的两个非零基本空间矢量和零矢量交替作用，在两个非零基本空间矢量作用时采样母线电流可获得两相电流值，并通过 $I_u + I_v + I_w = 0$ 计算得到第三相的电流值。

25 在对此方法的研究和实践过程中，本发明的发明人发现，在一个 PWM 载波周期内分别在两个不同非零基本空间矢量作用时检测母线电流，获得两相电流值，但两相电流值并不是在同一时刻获得，实际上不能满足 $I_u + I_v + I_w = 0$ 的条件，由此重构得到的电动机的相电流并不精确，有较大的误差。

发明内容

有鉴于此,本发明实施例提供一种相电流重构的方法和装置,以期降低单电流采样的误差以及改善单电流采样的性能。

本发明实施例提供的一种相电流重构方法,应用于采用空间电压矢量脉冲宽度调制方式进行驱动的电动机,包括:

根据所述电动机的空间电压矢量计算脉冲宽度调制的占空比;

由获得的脉冲宽度调制的占空比以及预设的最小采样时间进行脉冲宽度调制移相;

当调制矢量在可观测区域时,在脉冲宽度调制的载波周期内对直流母线电流进行两次采样,并且对直流母线电流的第二次采样值进行相位差补偿,由直流母线电流的第一次采样值和经过相位差补偿后的第二次采样值得到所述电动机的两相电流;

根据所述电动机的两相电流计算出所述电动机的第三相电流。

优选的,所述根据所述电动机的空间电压矢量计算脉冲宽度调制的占空比的具体步骤包括:根据所述电动机的空间电压矢量计算空间电压矢量角和空间电压矢量幅值;以及根据获得的所述空间电压矢量角和所述空间电压矢量幅值计算脉冲宽度调制占空比。

优选的,所述相电流重构方法还包括:

根据调制矢量在可观测区域时所获得的所述电动机的三相电流计算所述电动机的功率因数角和电流矢量的幅值;

当调制矢量在非观测区域时,根据调制矢量所在的扇区号和对直流母线电流的采样获得所述电动机的一相电流;

根据所述空间电压矢量角和所述功率因数角计算得到电流矢量角,根据获得的电流矢量角和所述电流矢量的幅值计算得到电流矢量,并对所述电流矢量进行转换得到所述电动机的初始三相电流;

根据调制矢量在所述非观测区域获得的电动机的一相电流与所述初始三相电流中对应的相电流之间的差值来修正所述电流矢量的幅值,由修正后的电流矢量的幅值和所述电流矢量角计算得到修正电流矢量,对得到的所述修正电流矢量进行转换得到所述电动机的修正后的三相电流。

—3—

优选的,所述根据调制矢量在可观测区域时所获得的所述电动机的三相电流计算所述电动机的功率因数角和电流矢量的幅值的具体步骤包括:对获得的所述电动机的三相电流进行基于所述电动机空间电压矢量定向的坐标变换,以得到三相电流的有功分量和无功分量;滤除所述有功分量和所述无功分量的高次谐波成分;根据滤除高次谐波成分后的三相电流的有功分量和无功分量计算所述电动机的功率因数角和电流矢量的幅值。

优选的,所述在脉冲宽度调制载波周期内对直流母线电流进行两次采样,并且对直流母线电流的第二次采样值进行相位差补偿的具体步骤包括:计算当前在脉冲宽度调制载波周期内两次对直流母线电流进行采样的采样时间差 ΔT ;统计在当前脉冲宽度调制载波周期内对直流母线电流的第二次采样时间 $T1$ 和采样值 $Idc1$,统计在当前脉冲宽度调制载波周期的上一个脉冲宽度调制载波周期内对直流母线电流的第二次采样时间 $T2$ 和采样值 $Idc2$,对当前脉冲宽度调制载波周期内的直流母线电流的第二次采样值 $Idc1$ 进行相位差补偿,补偿量 $= (Idc1 - Idc2) * \Delta T / (T1 - T2)$ 。

本发明实施例提供的一种相电流重构装置,与采用空间电压矢量脉冲宽度调制方式进行驱动的电动机通信连接,包括:空间电压矢量脉宽调制模块、脉冲宽度调制移相处理模块、直流母线电流采样模块、交流电流重构模块、逆变模块;

所述空间电压矢量脉宽调制模块用于根据所述电动机的空间电压矢量计算脉冲宽度调制的占空比,并将所述脉冲宽度调制的占空比传送给所述脉冲宽度调制移相处理模块;

所述脉冲宽度调制移相处理模块用于根据获得的所述脉冲宽度调制的占空比以及预设的最小采样时间进行脉冲宽度调制移相,并生成控制所述逆变模块的开关闭合或者断开的第二控制信号和控制直流母线电流采样模块对直流母线电流进行采样的第二控制信号,以及当调制矢量在可观测区域时,向所述交流电流重构模块发送第一重构信号;

所述逆变模块用于根据接收的所述第二控制信号进行开关的断开或者闭合,将母线直流电压转换为驱动所述电动机的交流电压;

所述直流母线电流采样模块用于根据接收的所述第二控制信号对直流母

—4—

线电流进行采样，并将直流母线电流的采样值传送给所述交流电流重构模块；

所述交流电流重构模块用于当接收到所述第一重构信号时，在脉冲宽度调制的载波周期内接收所述直流母线电流采样模块发送的直流母线电流的两次采样值，并且对直流母线电流的第二次采样值进行相位差补偿，从而由直流母

5 线电流的第一次采样值和经过相位差补偿后的第二次采样值得到所述电动机的两相电流，并根据获得的所述两相电流计算得到所述电动机的第三相电流。

优选的，所述空间电压矢量脉宽调制模块根据所述电动机的空间电压矢量计算空间电压矢量角和空间电压矢量幅值，并根据获得的所述空间电压矢量角和所述空间电压矢量幅值计算脉冲宽度调制的占空比。

10 优选的，所述交流电流重构模块还包括计算单元，用于根据在接收到第一重构信号时得到的所述电动机的三相电流计算所述电动机的功率因数角和电流矢量的幅值；所述空间电压矢量脉宽调制模块还用于检测调制矢量当前所在的扇区号，并将所述扇区号传送给所述交流电流重构模块；所述脉冲宽度调制移相处理模块还用于当调制矢量在非观测区域时，向所述交流电流重构模块发

15 送第二重构信号；所述交流电流重构模块还用于当接收到第二重构信号时，根据所述空间电压矢量角和功率因数角计算得到电流矢量角，根据所述电流矢量角和所述电流矢量的幅值计算得到电流矢量，并对所述电流矢量进行转换得到所述电动机的初始三相电流；所述交流电流重构模块还用于当接收到第二重构信号时根据所接收的扇区号从所述直流母线电流采样模块获得所述电动机的一相电流，根据所述电动机的一相电流与所述电动机的初始三相电流中对应的

20 相电流之间的差值来修正所述电流矢量的幅值，并由修正后的电流矢量的幅值和所述电流矢量角计算得到修正电流矢量，对得到的所述修正电流矢量进行转换得到所述电动机的修正后的三相电流。

25 优选的，所述计算单元对获得的所述电动机的三相电流进行基于所述空间电压矢量定向的坐标变换以得到三相电流的有功分量和无功分量，并滤除所述有功分量和所述无功分量的高次谐波成分，以及根据滤除高次谐波成分后的三相电流的有功分量和无功分量计算所述电动机的功率因数角和电流矢量的幅值。

优选的，所述交流电流重构模块计算当前在脉冲宽度调制载波周期内两次

-5-

对直流母线电流进行采样的采样时间差 ΔT ，并统计在当前脉冲宽度调制载波周期内对直流母线电流的第二次采样时间 $T1$ 和采样值 $Idc1$ ，以及统计在当前脉冲宽度调制载波周期的上一个脉冲宽度调制载波周期内对直流母线电流的第二次采样时间 $T2$ 和采样值 $Idc2$ ，并对当前脉冲宽度调制载波周期内的直流母线

5 电流的第二次采样值 $Idc1$ 进行相位差补偿，其中，补偿量= $(Idc1 - Idc2) * \Delta T / (T1 - T2)$ 。

本发明实施例采用首先按照计算得到的 PWM 占空比和预设的最小采样时间进行 PWM 移相处理，当调制矢量在可观测区域时，在 PWM 载波周期内对直流母线电流进行两次采样，并对第二次采样值进行相位差补偿，从而由第

10 一次采样值和经过相位差补偿后的第二次采样值得到电动机的两相电流，再由三相电流之和等于零得到电动机第三相电流，由于对直流母线电流的第二次采样值进行了相位差补偿，从而降低了因两次直流母线电流在不同时刻采样所带来的误差，提高了相电流重构的精度。

附图说明

15 图1是现有单电流采样逆变电路的结构原理图；
图2是本发明实施例提供的一种相电流重构方法流程示意图；
图3是空间电压矢量脉宽调制示意图；
图4是非零基本空间矢量合成调制矢量的示意图；
图5是空间电压矢量脉宽调制时非观测区域的示意图；
20 图6是本发明实施例提供的另一种相电流重构方法的流程示意图；
图7是脉冲宽度调制移相后空间电压矢量脉宽调制的非观测区域的示意图；
图8是本发明实施例提供的一种相电流重构装置的结构示意图；
图9是本发明实施例提供的另一种相电流重构装置的结构示意图。

25 具体实施方式

本发明实施例提供一种相电流重构的方法及其装置，为使本发明实现的技术手段易于理解，下面将结合具体附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅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作出创造

—6—

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。

首先对本发明实施例提供的一种相电流重构的方法进行说明。

本发明实施例提供一种相电流重构的方法，应用于采用空间电压矢量脉冲宽度调制方式进行驱动的电动机，包括：

5 根据所述电动机的空间电压矢量计算脉冲宽度调制的占空比；

由获得的脉冲宽度调制的占空比以及预设的最小采样时间进行脉冲宽度调制移相；

10 当调制矢量在可观测区域时，在脉冲宽度调制的载波周期内对直流母线电流进行两次采样，并且对直流母线电流的第二次采样值进行相位差补偿，由直流母线电流的第一次采样值和经过相位差补偿后的第二次采样值得到所述电动机的两相电流；

根据所述电动机的两相电流计算出所述电动机的第三相电流。

15 由上可见，本发明实施例首先按照计算得到的PWM占空比和预设的最小采样时间进行PWM移相处理，当调制矢量在可观测区域，由PWM载波周期内对直流母线电流进行两次采样，并对第二次采样值进行相位差补偿，从而由第一次采样值和经过相位差补偿后的第二次采样值得到电动机的两相电流，再由三相电流之和等于零得到电动机第三相电流，由于对直流母线电流的第二次采样值进行了相位差补偿，从而降低了因两次直流母线电流在不同时刻采样所带来的误差。

20 本发明实施例提供另一种相电流重构的方法，该方法应用于采用空间电压矢量脉冲宽度调制方式进行驱动的电动机，该方法流程参见图2，包括：

S101、根据空间电压矢量计算脉冲宽度调制的占空比；

25 需要说明的是，上述空间电压矢量是由电动机的控制算法获得的，而电动机的控制算法主要基于电动机所采用的控制方式而获得。本发明实施例中电动机采用空间电压矢量脉宽调制的控制方式，由此可得到电动机的空间电压矢量，并由空间电压矢量得到空间电压矢量角和空间电压矢量的幅值，从而由空间电压矢量角和空间电压矢量的幅值计算得到脉冲宽度调制的占空比。

S102、由获得的脉冲宽度调制的占空比以及预设的最小采样时间进行脉冲宽度调制移相；

脉冲宽度调制移相就是把脉冲宽度调制波进行前后平移,使得矢量分解与补偿,增大作用时间小于最小采样时间的非零基本空间矢量的作用时间,以实现电流有效采样。

5 S103、当调制矢量在可观测区域时,在脉冲宽度调制的载波周期内对直流母线电流进行两次采样,并且对直流母线电流的第二次采样值进行相位差补偿,由直流母线电流的第一次采样值和经过相位差补偿后的第二次采样值得到电动机的两相电流;

10 上述调制矢量由电压矢量脉冲宽度调制的非零基本空间矢量合成,而非零基本空间矢量由逆变器的开关状态决定。在一个脉冲宽度调制载波周期内,两个非零基本空间矢量作用时,分别检测出对应的直流母线电流,结合表1的对应关系,可以得到电动机的两相电流,但是由于直流母线电流的两次采样值并不是在同一时刻获得的,第三相电流并不能通过三相电流之和等于零来获得,因此本发明实施例通过采用相位差补偿法对直流母线电流的第二次采样值进行补偿,降低了因采样点相位差带来的误差,具体可以采用如下方法:

15 计算在当前脉冲宽度调制载波周期内对两次直流母线电流采样的采样时间差 ΔT ;

统计在当前脉冲宽度调制载波周期内对直流母线电流采样的第二次采样时间 T_1 和采样值 I_{dc1} ,统计在当前脉冲宽度调制周期的上一个脉冲宽度调制载波周期内对直流母线电流采样的第二次采样时间 T_2 和采样值 I_{dc2} ,对当前脉冲宽度调制载波周期内的直流母线电流的第二次采样值 I_{dc1} 进行相位差补偿,补
20 偿量 $= (I_{dc1} - I_{dc2}) * \Delta T / (T_1 - T_2)$ 。

S104、根据得到的电动机的两相电流计算出电动机的第三相电流。

由于电动机的三相电流之和等于零,所有由得到的电动机的两相电流可以计算得到电动机的第三相电流。

25 由上可见,本发明实施例采用了对脉冲宽度调制的载波进行移相处理,增大了非零基本空间矢量的作用时间,降低了非观测区域的面积,从而提高了通过检测直流母线电流重构电动机相电流的成功率,并且本发明实施例在脉冲宽度调制的载波周期内获得直流母线电流的两次采样值后,对第二次采样值进行了相位差补偿,降低了因两次采样的相位差所带来的误差,提高了通过直流母

线电流重构相电流的精度。

以下重点介绍一下本发明实施例中电动机所采用的空间电压矢量脉宽调制 (Space Vector Pulse Width Modulation, 简称SVPWM), 如图3所示, SVPWM是将调制空间分为6个扇区和6个非零基本空间矢量, 以及两个零矢量, 这样, 5 调制矢量总是处在其中一个扇区, 并由该扇区相邻的两个基本空间矢量合成, 图4所示是扇区1中非零基本空间矢量 U_0 和 U_{60} 的合成调制矢量 U 的图, 非零基本空间矢量 U_0 和 U_{60} 的作用时间分别为 a 和 b , 因此当前的调制矢量 $U=aU_0+bU_{60}$ 。根据空间控制要求, 调制矢量应跟随空间电压矢量, 空间电压矢量根据电动机的压频曲线和运行频率获得, 或者根据电控机的控制方式获得。10 每个基本空间矢量都对应一种逆变模块的开关状态, 基本空间矢量的施加是通过改变6个开关管的导通状态来实现的, 通过控制开关管导通状态的持续时间控制基本空间矢量的作用时间, 由相邻两基本空间矢量作用时间的长短, 即可合成任意方向、大小的调制空间矢量, 以实现了对电动机的驱动。

单电流采样方法中, 要使母线直流采样值可以有效重构相电流, 对其采样的时间必须大于一个最小采样时间 $T_{\min}$, $T_{\min}$ 是PWM死区时间、电流建立时间和MCU采样保持时间之和, 电动机采用SVPWM方式进行驱动时, SVPWM调制在扇区边界切换或低速控制时, 均会出现在PWM载波周期内某一个或两个非零基本空间矢量的作用时间过短而不满足最小采样时间 $T_{\min}$ (即非零基本空间矢量作用时间的1/2小于最小采样时间 $T_{\min}$), PWM载波周期内任一非零基本15 空间矢量作用时间过短而不能满足最小采样时间 $T_{\min}$ 而造成不能有效重构相电流的区域称为非观测区域, 相反PWM载波周期内两个非零基本空间矢量对直流母线电流的采样时间都满足最小采样时间 $T_{\min}$ 的区域为可观测区域。

参见图5, 电动机采用SVPWM方式进行驱动时, SVPWM调制在扇区边界 (图中斜线部分) 切换时, 例如在扇区1接近空间矢量 V_1 的区域进行切换时, 25 基本空间矢量 V_2 在一个PWM载波周期内的作用时间将过短, 以致于基本空间矢量 V_2 在一个PWM载波周期内的作用时间无法满足最小采样时间 (即基本空间矢量 V_2 在一个PWM载波周期内的作用时间的1/2小于最小作用时间), 这样便不能完成直流母线电流的采用, 同理, 在扇区1接近基本空间矢量 V_2 的区域进行切换时, 基本空间矢量 V_1 在一个PWM载波周期内的作用时间将过短而无

法满足直流母线电流的采样。对于其他的扇区的边界区域，总有一个非零基本空间矢量在一个PWM载波周期内的作用时间无法满足要求，由于基本原理是相同的，在此就不一一进行分析。

除了在扇区边界切换时，一个非零基本空间矢量的作用时间无法满足直流母线电流采样外，当电动机低速控制时，在某些区域甚至同一扇区中两个相邻非零基本空间矢量的作用时间都无法满足直流母线电流的采样。上述无法完成通过采用的直流母线电流重构电动机相电流的区域都称为非观测区域，非观测区域将严重阻碍单电流采用的实现。

目前解决非观测区域问题的主要方法是PWM移相方法，该方法的基本思想就是通过PWM波平移，使得矢量分解和补偿，增大非零基本矢量的作用时间，以实现母线电流的有效检测。PWM移相后会产生补偿的非零基本空间矢量，补偿矢量是从零矢量分解出来的，故影响该技术的关键因数是 $T_{\min}$ 和零矢量作用时间 T_0 ， $T_{\min}$ 是由实际器件特性与理想特性之间存在的差别决定的，对于确定的系统， $T_{\min}$ 是确定的，因此在满足 $T_{\min} \leq T_0/4$ 条件时，该方法就可以有效解决非观测区域问题。但是，在高调制区域，由于零矢量的作用时间随调制比的增加而减小，故该方法在高调制区域的应用受到一定的限制，当零矢量的作用时间很短时就不能通过PWM移相的方法解决非观测区域问题。

本发明实施例还提供一种在非观测区域也能够实现单电流采样，进而完成相电流重构的方法，该方法应用于采用SVPWM方式进行驱动的电动机，参见图6所示，该方法包括以下步骤：

S610、根据空间电压矢量计算PWM的占空比；

上述空间电压矢量是由电动机的控制方式决定的，当电动机的控制方式确定后，即可以获得空间电压矢量，从而得到空间电压矢量角和空间电压矢量的幅值，再由空间电压矢量角和空间电压矢量的幅值计算得到脉冲宽度调制（Pulse Width Modulation, 简称PWM）的占空比。

S620、由获得的PWM占空比以及预设的最小采样时间进行PWM的移相；

上述预设的最小采样时间为PWM死区时间、电流建立时间和MCU采样保持时间之和，当系统确定后，最小采样时间即确定；

需要说明的是,根据PWM的占空比和预设的最小采样时间进行PWM移相实质上是增大非零基本空间矢量的作用时间,而增加的作用时间是由零矢量提供的,而零矢量的作用时间随调制比的增加会减小,所以在高调制区域,由零矢量提供补偿受到一定的限制,通过PWM波移相后还会存在不能有效重构电动机相电流的非观测区域,如图7所述。

S630、判断调制矢量是否在可观测区域,若调制矢量在可观测区域,则进行步骤S640,若调制矢量不在可观测区域,即调制矢量在非观测区域,则进行步骤S650;

S640、在PWM载波周期内直流母线电流进行两次采样,并且对直流母线电流的第二次采样值进行相位差补偿,由直流母线电流的第一次采样值和经过相位差补偿后的第二次采样值得到电动机的两相电流;

S641、根据电动机的两相电流计算出电动机的第三相电流;

S642、根据得到的电动机的三相电流计算电动机的功率因数角和电流矢量的幅值;

在d-q旋转坐标系中,可以定义d轴方向为空间电压矢量方向,三相电流在dq坐标上分解得到d轴上的分量 I_d 和q轴上的分量 I_q , I_d 为有功分量, I_q 为无功分量,通过低通滤波器滤除三相电流有功分量和无功分量的高次谐波成分,再由三相电流的有功分量和无功分量计算得到功率因数角。

将得到的三相电流进行3/2坐标变换得到两相静止坐标系下 α 、 β 轴的电流值 I_α 、 I_β ,从而电流矢量的幅值 $I_s = \sqrt{I_\alpha^2 + I_\beta^2}$ 。

S650、对直流母线电流进行采样,根据调制矢量所在的扇区号和对直流母线电流的采样获得电动机的一相电流;

对PWM进行移相后,当调制矢量在非观测区域中,合成该调制矢量的两个非零基本空间矢量中有一个矢量的作用时间过短,而不能满足最小采样时间的要求,即当该非零基本空间矢量采样时不能有效采样直流母线电流,但是合成该调制矢量的另一个非零基本空间矢量的采样时间满足最小采样时间的要求,因此此时可以通过合成该调制矢量且作用时间满足最小采样时间的非零基本空间矢量的作用采样到直流母线电流,从而得到电动机的三相电流中的一相电流。

S651、根据空间电压矢量计算得到空间电压矢量角，并根据该空间电压矢量角和计算得到的功率因数角得到电流矢量角，根据该电流矢量角和计算得到的电流矢量的幅值计算得到初始电流矢量，对该初始电流矢量进行转换得到电动机的初始三相电流；

- 5 上述功率因数角和电流矢量的幅值为根据调制矢量在最新经过的一个可观测区域时获得的三相电流计算得到。

10 由于功率因数角等于空间电压矢量和电流矢量的夹角，因此当得到功率因数角和空间电压矢量角后，可以计算得到电流矢量角，然后根据电流矢量角和电流矢量的幅值得到电流矢量，再将电流矢量进行转换，可以得到电动机的三相电流，也即上述的初始三相电流。

S652、根据在非观测区域获得的电动机的一相电流和上述初始三相电流中对应的相电流之间的差值来修正得到的电流矢量的幅值，由修正后的电流矢量的幅值和电流矢量角得到修正电流矢量，对得到的修正电流矢量进行转换得到电动机的修正后的三相电流。

- 15 由于当调制矢量在非观测区域时可以准确获得电动机三相电流中的一相电流，因此可以计算该相电流与得到的初始相电流中对应相的电流的差值，然后根据该差值修正电流矢量的幅值，然后再由修正后的电流矢量的幅值和电流矢量角重新得到修正电流矢量，并将新得到的修正电流矢量进行转换得到电动机的修正后的三相电流，从而在非观测区域通过直流母线电流的采样有效重构出
- 20 电动机的三相电流。

- 25 由上可知，本发明实施例采用空间电压矢量脉宽调制方式驱动电动机，并且进行了PWM波移相处理，当调制矢量在可观测区域时，对PWM载波周期内的第二次采样值进行相位差补偿，从而获得较准确的电动机的三相电流，并由三相电流计算得到功率因数角和电流矢量的幅值，当调制矢量在非观测区域时，根据空间电压矢量角、功率因数角和电流矢量的幅值，计算得到电动机的初始三相电流，并根据在非观测区域测得的一相电流值，修正得到的初始三相电流，解决了单电流采样方法在高调制区域应用受到限制的问题，改善了单电流采样的性能，使得单电流方法可以较好地应用于交流电动机调速系统。同时，本发明实施例采用了采样点相位差补偿方法，解决了采样点相位差带来的误差

问题，提高了相电流重构的精度。

本发明实施例还提供一种相电流重构装置，与采用空间电压矢量脉冲宽度调制方式进行驱动的电动机通信连，包括：

空间电压矢量脉宽调制模块、脉冲宽度调制移相处理模块、直流母线电流
5 采样模块、交流电流重构模块、逆变模块；

所述空间电压矢量脉宽调制模块用于根据所述电动机的空间电压矢量计算脉冲宽度调制的占空比，并将所述脉冲宽度调制的占空比传送给所述脉冲宽度调制移相处理模块；

所述脉冲宽度调制移相处理模块用于根据获得的所述脉冲宽度调制的占
10 空比以及预设的最小采样时间进行脉冲宽度调制移相，并生成控制所述逆变模块的开关闭合或者断开的第二控制信号和控制直流母线电流采样模块对直流母线电流进行采样的第三控制信号，以及当调制矢量在可观测区域时，向所述交流电流重构模块发送第一重构信号；

所述逆变模块用于根据接收的所述第二控制信号进行开关的断开或者闭
15 合，将母线直流电压转换为驱动所述电动机的交流电压；

所述直流母线电流采样模块用于根据接收的所述第三控制信号对直流母线电流进行采样，并将直流母线电流的采样值传送给所述交流电流重构模块；

所述交流电流重构模块用于当接收到所述第一重构信号时，在脉冲宽度调制的载波周期内接收所述直流母线电流采样模块发送的直流母线电流的两次
20 采样值，并且对直流母线电流的第二次采样值进行相位差补偿，从而由直流母线电流的第一次采样值和经过相位差补偿后的第二次采样值得到所述电动机的两相电流，并根据获得的所述两相电流计算得到所述电动机的第三相电流。

由上可见，本发明实施例提供的相电流重构装置中的空间电压矢量脉宽调制模块对电动机提供空间电压矢量脉冲宽度方式的驱动，并生成脉冲宽度调制的占空比，从而脉冲宽度调制移相处理模块根据该占空比及预设的最小采样时间进行脉冲宽度移相，交流电流重构模块根据调制矢量在可观测区域时从直流
25 母线电流采样模块中获得两次采样值，并且对载波周期内的第二次采样值进行了相位差补偿，降低了因脉冲宽度调制载波周期内的两次采样时间不同而带来的误差，提高了相电流重构的精度。

本发明实施例提供另一种相电流重构的装置,该装置应用于采用空间电压矢量脉冲宽度调制方式进行驱动的电动机,参见图8所示,包括:

空间电压矢量脉宽调制模块801、脉冲宽度调制移相处理模块802、直流母线电流采样模块803、交流电流重构模块804和逆变模块805;

5 空间电压矢量脉宽调制模块801用于根据空间电压矢量计算脉冲宽度调制的占空比,并将该占空比传送给脉冲宽度调制移相处理模块802;

其中,上述空间电压矢量通过空间电压矢量脉宽调制模块801的控制算法获得,当空间电压矢量脉宽调制模块801的控制方式确定时,空间电压矢量也即确定。由空间电压矢量可以得到空间电压矢量角和空间电压矢量的幅值,再由空间电压矢量角和空间电压矢量的幅值计算得到脉冲宽度调制的占空比。

10 脉冲宽度调制移相处理模块802用于根据获得的占空比以及预设的最小采样时间进行脉冲宽度调制的移相,并生成控制逆变模块805开关闭合或者断开的第二控制信号和控制直流母线电流采样模块803对直流母线电流进行采样的第二控制信号,以及当调制矢量在可观测区域时,向交流电流重构模块804发送第一重构信号;

15 其中,上述最小采样时间为脉冲宽度调制的死区时间、电流建立时间和MCU采样保持时间之和,当系统确定后,最小采样时间也即确定;

20 脉冲宽度调制移相处理模块802根据占空比和最小采样时间进行移相使得脉冲宽度调制波进行前后平移,使得空间矢量分解与补偿,增大作用时间小于最小采样时间的非零基本空间矢量的作用时间,以实现直流母线电流的有效采样。

逆变模块805用于根据接收的第一控制信号进行开关的断开或者闭合,将母线直流电压转换为驱动电动机的交流电压;

其中,逆变模块805具体可以为逆变器。

25 直流母线电流采样模块803用于根据接收的第二控制信号对直流母线电流进行采样,并将直流母线电流的采样值传送给交流电流重构模块804;

其中,直流母线电流采样模块803在每个脉冲宽度调制的载波周期内对直流母线电流进行两次采样。

交流电流重构模块804用于当接收到第一重构信号时,在脉冲宽度调制的

载波周期内接收直流母线电流采样模块803发送的直流母线电流的两次采样值,并且对直流母线电流的第二次采样值进行相位差补偿,从而由直流母线电流的第一次采样值和经过相位差补偿后的第二次采样值得到电动机的两相电流,并根据获得的两相电流计算得到电动机的第三相电流。

- 5 需要说明的是,在一个脉冲宽度调制载波周期内,两个非零基本空间矢量作用时,直流母线电流采样模块803分别检测出对应的直流母线电流,结合表1的对应关系,可以得到电动机的两相电流,但是由于直流母线电流采样模块803对直流母线电流的两次采样值并不是在同一时刻获得的,第三相电流并不能通过三相电流之和等于零来获得,因此交流电流重构模块804采用位差补偿法对
- 10 直流母线电流的第二次采样值进行补偿,降低了因采样点相位差带来的误差,具体可以采用如下方法:

计算在当前脉冲宽度调制载波周期内两次直流母线电流的采样时间差 ΔT ;

- 统计当前脉冲宽度调制载波周期内直流母线电流的第二次采样时间 $T1$ 和
- 15 采样值 I_{dc1} ,统计当前脉冲宽度调制周期的上一个脉冲宽度调制载波周期内直流母线电流的第二次采样时间 $T2$ 和采样值 I_{dc2} ,对当前脉冲宽度调制载波周期内的直流母线电流的第二次采样值进行相位差补偿,补偿量= $(I_{dc1} - I_{dc2}) * \Delta T / (T1 - T2)$ 。

- 由上可见,本发明实施例中的脉冲宽度调制移相处理模块802根据脉冲宽
- 20 度调制的占空比和预设的最小采样时间进行脉冲宽度调制的移相,增大了非零基本空间矢量的作用时间,减少了脉冲宽度调制的非观测区域,从而提高了通过检测直流母线电流重构电动机相电流的成功率;并且交流电流重构模块804对脉冲宽度调制载波周期内的第二次采样值进行了相位差补偿,降低了因两次采样的相位差所带来的误差,提高了通过直流母线电流重构相电流的精度。

- 25 本发明实施例提供另一种相电流重构装置,与采用SVPWM方式进行驱动的电动机通信连接,参见图9所示,包括:

空间电压矢量脉宽调制模块801、脉冲宽度调制移相处理模块802、直流母线电流采样模块803、交流电流重构模块804和逆变模块805,其中交流电流重构模块804包括计算单元804a;

空间电压矢量脉宽调制模块801用于根据空间电压矢量计算脉冲宽度调制的占空比,并将该占空比传送给脉冲宽度调制移相处理模块802;

空间电压矢量脉宽调制模块801还用于检测调制矢量当前所在的扇区号,并将该扇区号传送给交流电流重构模块804;

- 5 脉冲宽度调制移相处理模块802用于根据获得的占空比以及预设的最小采样时间进行脉冲宽度调制的移相,并生成控制逆变模块805开关闭合或者断开的第二控制信号,以及当调制矢量在可观测区域时,向交流电流重构模块804发送第一重构信号,当调制矢量在非观测区域时,向交流电流重构模块804发送第二重构信号;

10 逆变模块805用于根据接收的第一控制信号进行开关的断开或者闭合,将母线直流电压转换为驱动电动机的交流电压;

直流母线电流采样模块803用于根据接收的第二控制信号对直流母线电流进行采样,并将直流母线电流的采样值传送给交流电流重构模块804;

- 15 需要说明的是,脉冲宽度调制进行移相后,当调制矢量在非观测区域时,由于合成该调制矢量的两个非零基本空间矢量中有一个矢量的作用时间过短,直流母线电流采样模块803不能通过这个非零基本空间矢量对直流母线电流采样,但是合成该调制矢量的另一个非零基本空间矢量的作用时间满足最小采样时间,所以直流母线电流采样模块803可以通过该非零基本空间矢量采样直流
- 20 母线电流,从而得到电动机三相电流中的一相电流。

- 交流电流重构模块804用于当接收到第一重构信号时,在脉冲宽度调制的载波周期内接收直流母线电流采样模块803发送的直流母线电流的两次采样值,并且对直流母线电流的第二次采样值进行相位差补偿,从而由直流母线电流的第一次采样值和经过相位差补偿后的第二次采样值得到电动机的两相电
- 25 流,并根据获得的两相电流计算得到电动机的第三相电流;

交流电流重构模块804中的计算单元804a用于根据在接收到第一重构信号时交流电流重构模块804取得的电动机的三相电流计算电动机的功率因数角和电流矢量的幅值,并根据空间电压矢量计算得到空间电压矢量角;

需要说明的是,计算单元804a根据获得的三相电流计算功率因数角和电流

矢量的幅值具体可以采用以下的方法：

计算单元804a对获得的电动机的三相电流进行基于空间电压矢量定向的坐标变换以得到三相电流的有功分量和无功分量；

滤除有功分量和无功分量的高次谐波成分；

- 5 根据滤除高次谐波成分后的三相电流的有功分量和无功分量计算电动机的功率因数角和电流矢量的幅值。

- 交流电流重构模块804还用于当接收到第二重构信号时，根据计算单元804a计算得到的空间电压矢量角和功率因数角得到电流矢量角，根据电流矢量角和电流矢量的幅值计算得到初始电流矢量，对初始电流矢量进行转换得到
10 电动机的初始三相电流；

- 交流电流重构模块804还用于当接收到第二重构信号时根据所接收的扇区号从直流母线电流采样模块803获取电动机的一相电流，根据该一相电流与电动机的初始三相电流中对应的相电流之间的差值来修正电流矢量的幅值，并由修正后的电流矢量的幅值和电流矢量角计算得到修正电流矢量，对得到的修正
15 电流矢量进行转换得到电动机的修正后的三相电流，从而在非观测区域通过直流母线电流的采样有效重构出电动机的三相电流。

- 由上可见，本发明实施例中电动机由空间电压矢量脉宽调制模块801提供的空间电压矢量进行驱动，并且脉冲宽度调制移相处理模块根据最小采样时间及占空比对脉冲宽度调制进行了移相处理；交流电流重构模块804对脉冲宽度
20 调制载波周期内的第二次采样值进行相位差补偿，从而获得较准确的三相电流，交流电流重构模块804中的计算单元根据该三相电流计算得到电动机的功率因数角和电流矢量的幅值，当调制矢量在非观测区域时，交流电流重构模块804根据空间电压矢量角、功率因数角和电流矢量的幅值得到电动机的初始三相电流，并根据在非观测区域测得的一相电流值，修正得到的初始三相电流，
25 解决了单电流采样方法在高调制区域应用受到限制的问题，改善了单电流采样的性能，使得单电流方法可以较好地应用于交流电动机调速系统。同时，本发明实施例中交流电流重构模块采用了采样点相位差补偿方法，解决了采样点相位差带来的误差问题，提高了相电流重构的精度。

以上对本发明实施例所提供的相电流重构方法及其装置进行了详细介绍，

—17—

本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处,综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

权 利 要 求

1、一种相电流重构方法，应用于采用空间电压矢量脉冲宽度调制方式进行驱动的电动机，其特征在于，包括：

根据所述电动机的空间电压矢量计算脉冲宽度调制的占空比；

5 由获得的脉冲宽度调制的占空比以及预设的最小采样时间进行脉冲宽度调制移相；

当调制矢量在可观测区域时，在脉冲宽度调制的载波周期内对直流母线电流进行两次采样，并且对直流母线电流的第二次采样值进行相位差补偿，由直流母线电流的第一次采样值和经过相位差补偿后的第二次采样值得到所述电动机

10 的两相电流；

根据所述电动机的两相电流计算出所述电动机的第三相电流。

2、根据权利要求1所述的相电流重构方法，其特征在于，所述根据所述电动机的空间电压矢量计算脉冲宽度调制的占空比的具体步骤包括：

根据所述电动机的空间电压矢量计算空间电压矢量角和空间电压矢量幅

15 值；

根据获得的空間电压矢量角和空間电压矢量幅值计算脉冲宽度调制占空比。

3、根据权利要求2所述的相电流重构方法，其特征在于，所述相电流重构方法还包括：

20 根据调制矢量在可观测区域时所获得的所述电动机的三相电流计算所述电动机的功率因数角和电流矢量的幅值；

当调制矢量在非观测区域时，根据调制矢量所在的扇区号和对直流母线电流的采样获得所述电动机的一相电流；

根据所述空間电压矢量角和所述功率因数角计算得到电流矢量角，根据获

25 得的电流矢量角和所述电流矢量的幅值计算得到电流矢量，并对所述电流矢量进行转换得到所述电动机的初始三相电流；

根据调制矢量在所述非观测区域获得的电动机的一相电流与所述初始三相电流中对应的相电流之间的差值来修正所述电流矢量的幅值，由修正后的电流矢量的幅值和所述电流矢量角计算得到修正电流矢量，对得到的所述修正电

流矢量进行转换得到所述电动机的修正后的三相电流。

4、根据权利要求3所述的相电流重构方法，其特征在于，所述根据调制矢量在可观测区域时所获得的所述电动机的三相电流计算所述电动机的功率因数角和电流矢量的幅值的具体步骤包括：

5 对获得的所述电动机的三相电流进行基于所述电动机空间电压矢量定向的坐标变换，以得到三相电流的有功分量和无功分量；

滤除所述有功分量和所述无功分量的高次谐波成分；

根据滤除高次谐波成分后的三相电流的有功分量和无功分量计算所述电动机的功率因数角和电流矢量的幅值。

10 5、根据权利要求1所述的相电流重构方法，其特征在于，所述在脉冲宽度调制载波周期内对直流母线电流进行两次采样，并且对直流母线电流的第二次采样值进行相位差补偿的具体步骤包括：

计算当前在脉冲宽度调制载波周期内两次对直流母线电流进行采样的采样时间差 ΔT ；

15 统计在当前脉冲宽度调制载波周期内对直流母线电流的第二次采样时间 T_1 和采样值 I_{dc1} ，统计在当前脉冲宽度调制载波周期的上一个脉冲宽度调制载波周期内对直流母线电流的第二次采样时间 T_2 和采样值 I_{dc2} ，对当前脉冲宽度调制载波周期内的直流母线电流的第二次采样值 I_{dc1} 进行相位差补偿，其中，补偿量 $= (I_{dc1} - I_{dc2}) * \Delta T / (T_1 - T_2)$ 。

20 6、一种相电流重构装置，与采用空间电压矢量脉冲宽度调制方式进行驱动的电动机通信连接，其特征在于，包括：空间电压矢量脉宽调制模块、脉冲宽度调制移相处理模块、直流母线电流采样模块、交流电流重构模块、逆变模块；

25 所述空间电压矢量脉宽调制模块用于根据所述电动机的空间电压矢量计算脉冲宽度调制的占空比，并将所述脉冲宽度调制的占空比传送给所述脉冲宽度调制移相处理模块；

所述脉冲宽度调制移相处理模块用于根据获得的所述脉冲宽度调制的占空比以及预设的最小采样时间进行脉冲宽度调制移相，并生成控制所述逆变模块的开关闭合或者断开的第二控制信号和控制直流母线电流采样模块对直流

母线电流进行采样的第二控制信号,以及当调制矢量在可观测区域时,向所述交流电流重构模块发送第一重构信号;

所述逆变模块用于根据接收的所述第一控制信号进行开关的断开或者闭合,将母线直流电压转换为驱动所述电动机的交流电压;

5 所述直流母线电流采样模块用于根据接收的所述第二控制信号对直流母线电流进行采样,并将直流母线电流的采样值传送给所述交流电流重构模块;

所述交流电流重构模块用于当接收到所述第一重构信号时,在脉冲宽度调制的载波周期内接收所述直流母线电流采样模块发送的直流母线电流的两次采样值,并且对直流母线电流的第二次采样值进行相位差补偿,从而由直流母
10 线电流的第一次采样值和经过相位差补偿后的第二次采样值得到所述电动机的两相电流,并根据获得的所述两相电流计算得到所述电动机的第三相电流。

7、根据权利要求6所述的相电流重构装置,其特征在于,所述空间电压矢量脉宽调制模块根据所述电动机的空间电压矢量计算空间电压矢量角和空间电压矢量幅值,并根据获得的所述空间电压矢量角和所述空间电压矢量幅值计
15 算脉冲宽度调制的占空比。

8、根据权利要求7所述的相电流重构装置,其特征在于,所述交流电流重构模块还包括计算单元,用于根据在接收到第一重构信号时得到的所述电动机的三相电流计算所述电动机的功率因数角和电流矢量的幅值;

所述空间电压矢量脉宽调制模块还用于检测调制矢量当前所在的扇区号,
20 并将所述扇区号传送给所述交流电流重构模块;

所述脉冲宽度调制移相处理模块还用于当调制矢量在非观测区域时,向所述交流电流重构模块发送第二重构信号;

所述交流电流重构模块还用于当接收到第二重构信号时,根据所述空间电压矢量角和功率因数角计算得到电流矢量角,根据所述电流矢量角和所述电流矢量的幅值计算得到电流矢量,并对所述电流矢量进行转换得到所述电动机的
25 初始三相电流;

所述交流电流重构模块还用于当接收到第二重构信号时根据所接收的扇区号从所述直流母线电流采样模块获得所述电动机的一相电流,根据所述电动机的一相电流与所述电动机的初始三相电流中对应的相电流之间的差值来修

正所述电流矢量的幅值,并由修正后的电流矢量的幅值和所述电流矢量角计算得到修正电流矢量,对得到的所述修正电流矢量进行转换得到所述电动机的修正后的三相电流。

9、根据权利要求8所述的相电流重构装置,其特征在于,所述计算单元

5 对获得的所述电动机的三相电流进行基于所述空间电压矢量定向的坐标变换以得到三相电流的有功分量和无功分量,并滤除所述有功分量和所述无功分量的高次谐波成分,以及根据滤除高次谐波成分后的三相电流的有功分量和无功分量计算所述电动机的功率因数角和电流矢量的幅值。

10、根据权利要求6所述的相电流重构装置,其特征在于,所述交流电流重构

10 模块计算当前在脉冲宽度调制载波周期内两次对直流母线电流进行采样的采样时间差 ΔT ,并统计在当前脉冲宽度调制载波周期内对直流母线电流的第二次采样时间 $T1$ 和采样值 I_{dc1} ,以及统计在当前脉冲宽度调制载波周期的上一个脉冲宽度调制载波周期内对直流母线电流的第二次采样时间 $T2$ 和采样值 I_{dc2} ,并对当前脉冲宽度调制载波周期内的直流母线电流的第二次采样值 I_{dc1}
15 进行相位差补偿,其中,补偿量= $(I_{dc1}-I_{dc2}) * \Delta T / (T1-T2)$ 。

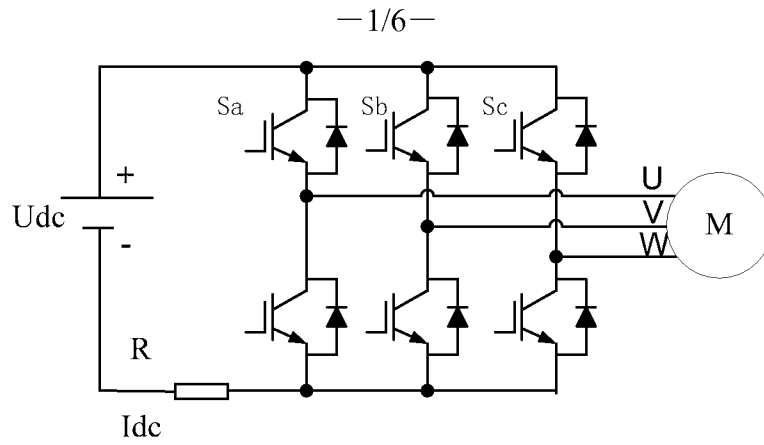


图 1

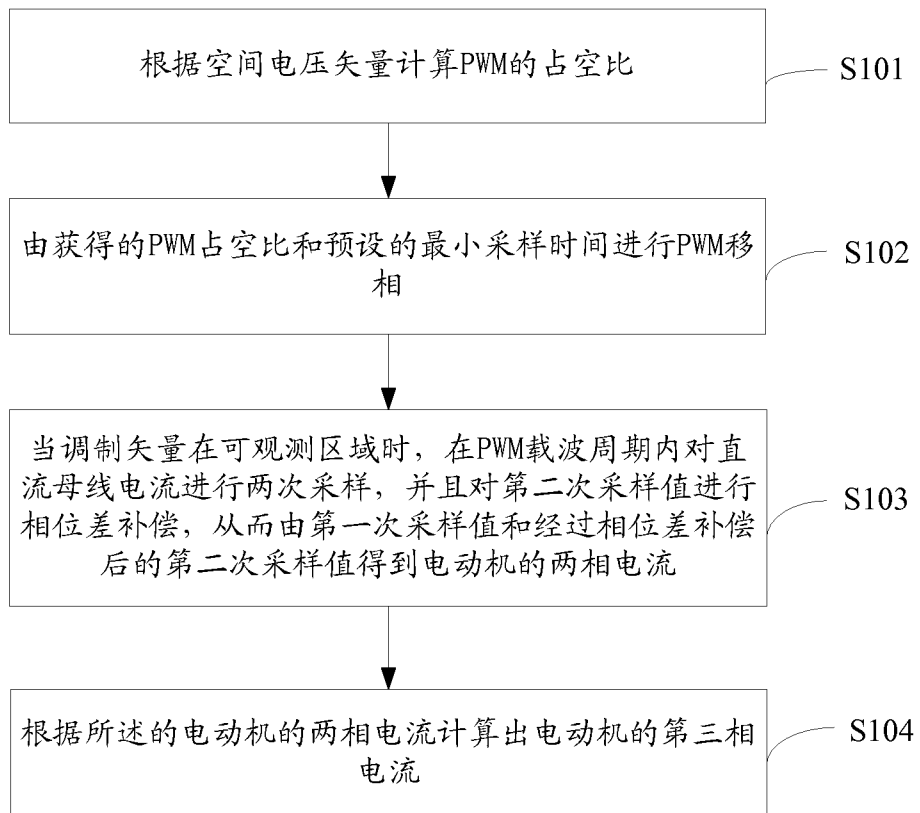


图 2

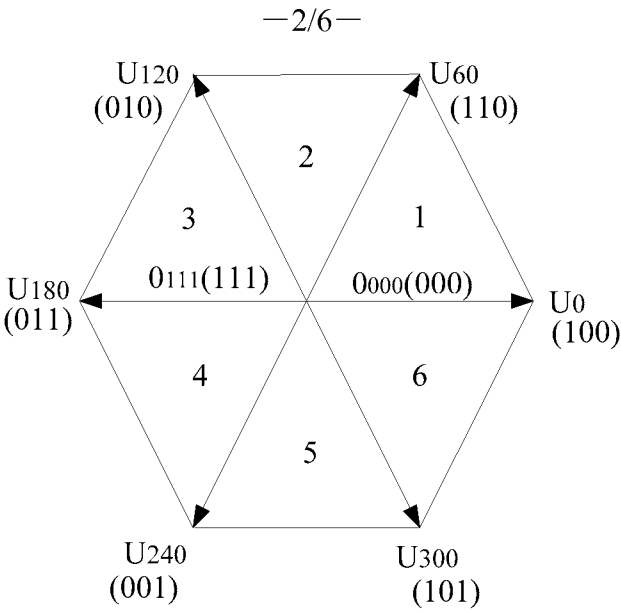


图 3

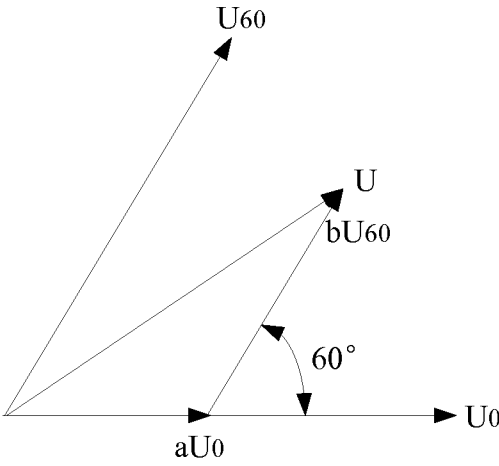


图 4

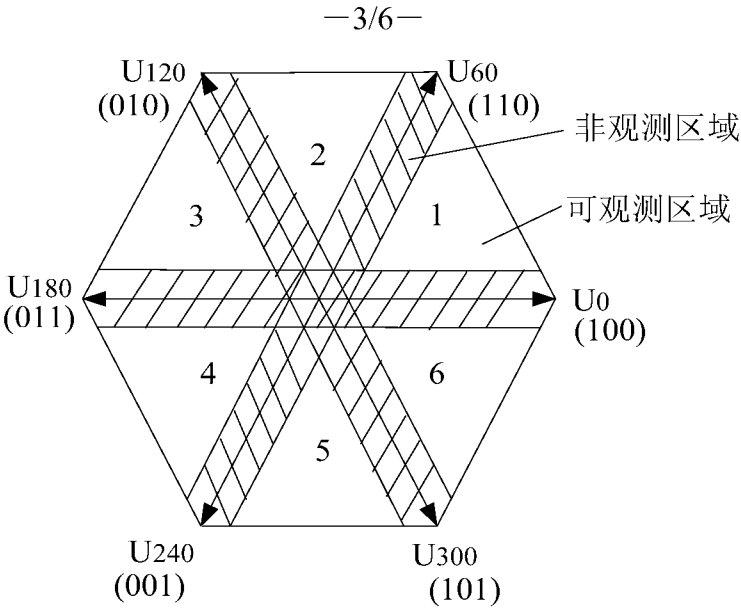


图 5

—4/6—

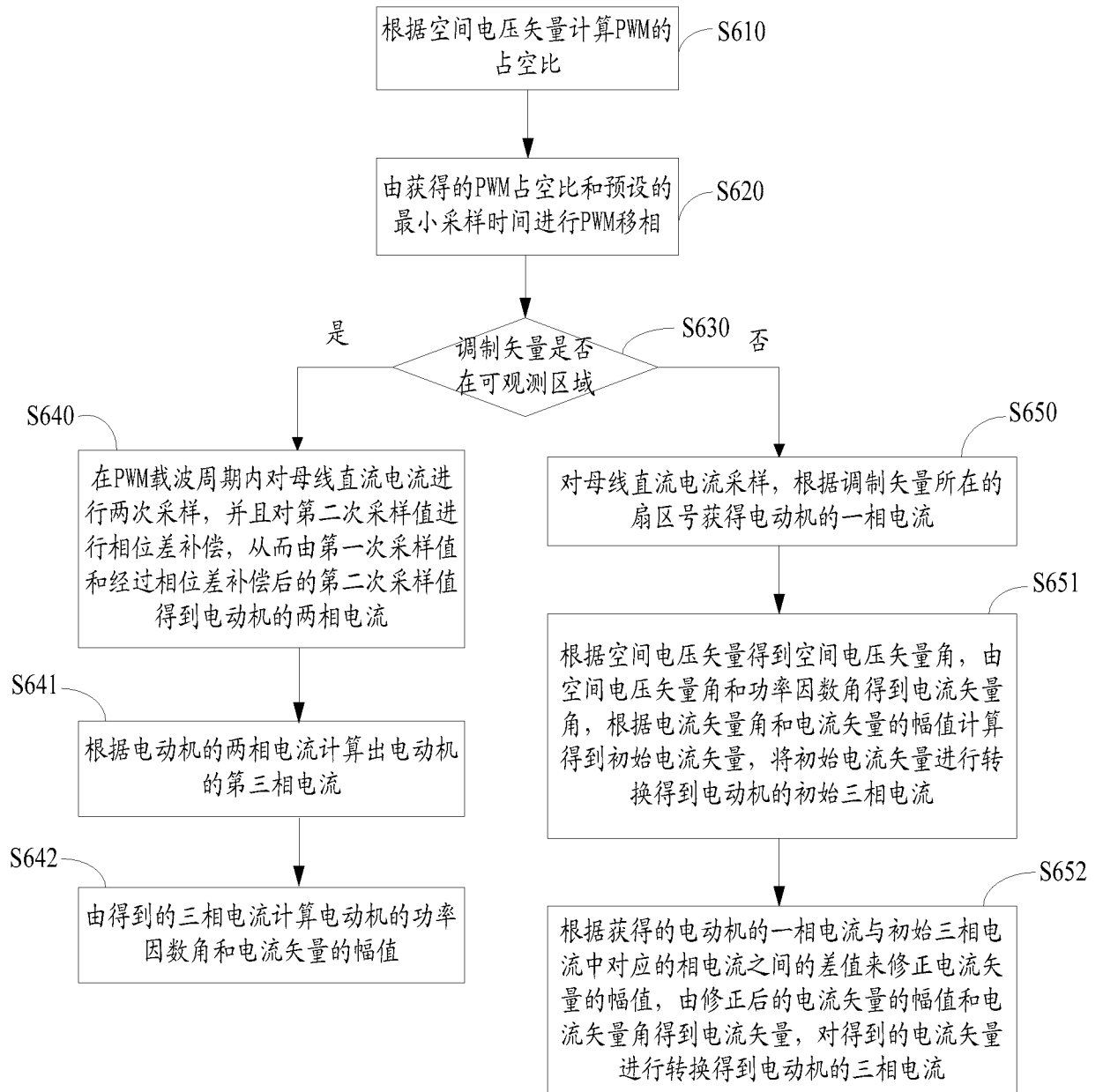


图 6

— 5/6 —

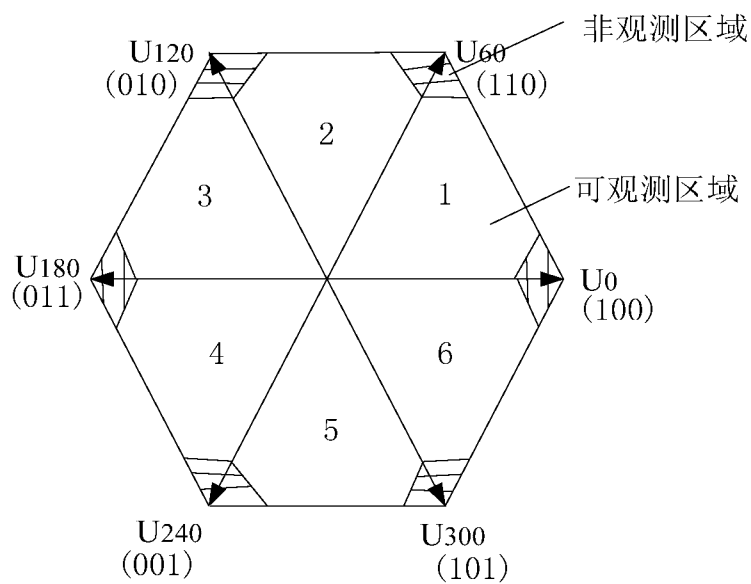


图 7

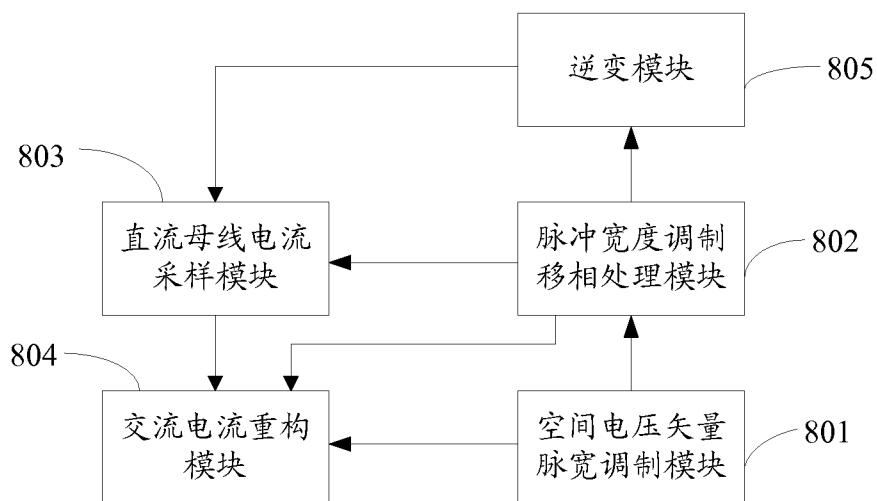


图 8

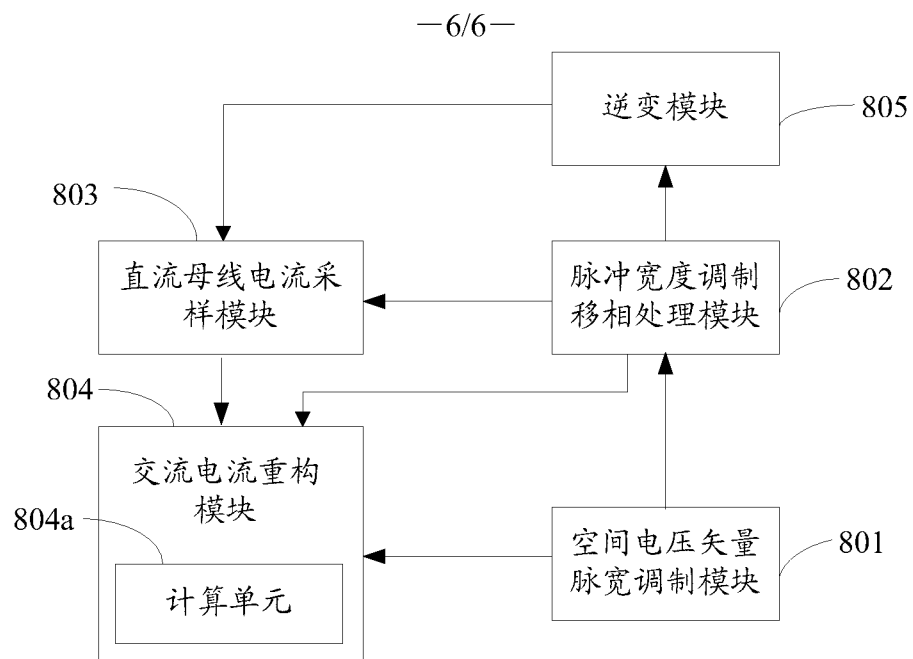


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2012/080149**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

H02P 21/14 (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)

IPC: H02P

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, WPI, EPODOC, CNKI: phase shift current reconstruct+ vector sampl+ PWM pulse w width w modulat+ compensat+ phase w current bus

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 101674046 A (TSINGHUA UNIVERSITY), 17 March 2010 (17.03.2010), see description, page 6, line 6 to page 17, line 15, and figures 1-20	1-10
A	CN 101769953 A (TECO GROUP SCIENCE-TECHNOLOGY (HANGZHOU) CO., LTD.), 07 July 2010 (07.07.2010), the whole document	1-10
A	US 6984953 B2 (INT RECTIFIER CORP.), 10 January 2006 (10.01.2006), the whole document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

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

Date of the actual completion of the international search 11 April 2013 (11.04.2013)	Date of mailing of the international search report 02 May 2013 (02.05.2013)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer LI, Lu Telephone No.: (86-10) 62411792

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2012/080149

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 101674046 A	17.03.2010	CN 101674046 B	14.09.2011
CN 101769953 A	07.07.2010	None	
US 6984953 B2	10.01.2006	US 2004195995 A1	07.10.2004

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2012/080149

A. 主题的分类

H02P 21/14(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)

IPC:H02P

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,WPI,EPODOC,CNKI: 电流 重构 移相 采样 脉宽调制 脉冲宽度调制 补偿 矢量 相电流 母线

current reconstruct+ vector sampl+ PWM pulse w width w modul+ compensat+ phase w current bus

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
A	CN 101674046 A (清华大学) 17.3 月 2010 (17.03.2010) 见说明书第 6 页第 6 行-第 17 页第 15 行和附图 1-20	1-10
A	CN 101769953 A (东元总合科技(杭州)有限公司) 07.7 月 2010 (07.07.2010) 全文	1-10
A	US 6984953 B2 (INT RECTIFIER CORP) 10.1 月 2006 (10.01.2006) 全文	1-10

☐ 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
11.4 月 2013 (11.04.2013)

国际检索报告邮寄日期
02.5 月 2013 (02.05.2013)

ISA/CN 的名称和邮寄地址:
中华人民共和国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088
传真号: (86-10)62019451

受权官员

李路
电话号码: (86-10) **62411792**

关于同族专利的信息

PCT/CN2012/080149

PCT/ISA/210 表(同族专利附件) (2009 年 7 月)