(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2020 年 4 月 2 日 (02.04.2020)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2020/063330 A1

(51) 国际专利分类号:
H02P 21/14 (2016.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/105157

(22) 国际申请日: 2019 年 9 月 10 日 (10.09.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201811115394.X 2018年9月25日 (25.09.2018) CN

(71) 申请人: 欧姆龙株式会社 (**OMRON CORPORATION**) [JP/JP]; 日本京都府京都市下京区塩小路通堀川东入南不动堂町801番地, Kyoto 〒600-8530 (JP)。

(71) 申请人 (仅对*ZW*): 欧姆龙 (上海) 有限公司 (**OMRON (SHANGHAI) CO., LTD**) [CN/CN]; 中国上海市浦东新区金桥出口加工区金吉路789号, Shanghai 201201 (CN)。

(72) 发明人: 郭贤捷(**GUO, Xianjie**); 中国上海市浦东新区金桥出口加工区金吉路789号, Shanghai 201201 (CN)。 汪宇涛 (**WANG, Yutao**); 中国上海市浦东新区金桥出口加工区金吉路789号, Shanghai 201201 (CN)。

(74) 代理人: 北京三友知识产权代理有限公司 (**BEIJING SANYOU INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY LTD.**); 中国北京市金融街35号国际企业大厦A座16层, Beijing 100033 (CN)。

(54) **Title:** CONTROL APPARATUS AND CONTROL METHOD FOR ALTERNATING-CURRENT ELECTRIC MOTOR

(54) 发明名称: 交流电机的控制装置和控制方法

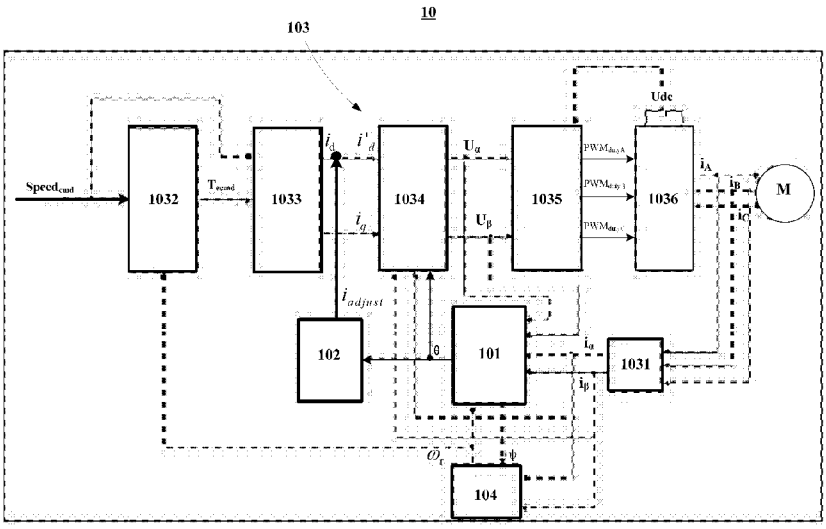


图1

(57) **Abstract:** A control apparatus (10) and a control method for an alternating-current electric motor. Provided is the control apparatus (10) for an alternating-current electric motor, wherein same is used for drive control of an alternating-current electric motor. The control apparatus comprises: a rotor flux linkage observation unit (101) for calculating a phase angle θ of a rotor flux linkage of an alternating-current electric motor; a current adjustment amount calculation unit (102) for calculating a d-axis current adjustment value iadjust according to a rotational speed ω1 of the alternating-current electric motor obtained on the basis of the phase angle θ of the

WO 2020/063330 A1

[见续页]

(81) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的国家保护)：AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护)：ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布：

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

rotor flux linkage; and a drive unit (103) for adjusting a d-axis current command value id according to the d-axis current adjustment value iadjust to obtain an adjusted d-axis current command value i'd, and driving the alternating-current electric motor according to the adjusted d-axis current command value i'd and a q-axis current command value iq. The method can enable a control system to operate outside an unstable region, thereby improving the stability of control performed by the control apparatus.

(57) 摘要：一种交流电机的控制装置（10）和控制方法，提供一种交流电机的控制装置（10），用于对交流电机进行驱动控制，该控制装置包括：转子磁链观测单元（101），其用于计算所述交流电机的转子磁链的相位角θ；电流调整量计算单元（102），其根据基于所述转子磁链的相位角θ而获得的该交流电机的转速ω1，计算d轴电流调整值iadjust；以及驱动单元（103），其根据d轴电流调整值iadjust对d轴电流指令值id进行调整得到调整后的d轴电流指令值i'd，并根据调整后的d轴电流指令值i'd和q轴电流指令值iq对所述交流电机进行驱动。上述方法能够使控制系统运行在不稳定区外，提高控制装置进行控制的稳定性。

交流电机的控制装置和控制方法

技术领域

本申请涉及电机技术领域，尤其涉及一种交流电机的控制装置和控制方法。

背景技术

在对交流电机进行矢量控制时，有时难以在电机中设置用于检测转子速度的传感器，或者为了降低成本而不设置传感器，从而对电机进行无速度传感器的矢量控制。

矢量控制可以是转矩模式的控制或速度模式的控制。其中，转矩模式的控制是指使交流电机输出期望大小的转矩，速度模式的控制是指使交流电机的转速达到期望大小。

在对交流电机进行无速度传感器的矢量控制时，控制装置根据输入的指令值以及观测器对电机参数的观测值，控制输入到电机的定子的电压，从而对电机进行矢量控制。

在对交流电机进行矢量控制的控制装置中，观测器例如可以包括转子磁链观测器，其可以检测交流电机的转子磁链的相位角 θ 和该转子磁链的大小，例如，该转子磁链观测器可以是基于全阶的空间状态观测器。此外，观测器也可以包括速度观测器，其用于检测交流电机的转子的转速，例如，该速度观测器可以是基于李雅普诺夫稳定性的观测器。

应该注意，上面对技术背景的介绍只是为了方便对本发明的技术方案进行清楚、完整的说明，并方便本领域技术人员的理解而阐述的。不能仅仅因为这些方案在本发明的背景技术部分进行了阐述而认为上述技术方案为本领域技术人员所公知。

发明内容

本申请的发明人发现，在现有技术中，观测器的观测结果可能进入不稳定区域，当该观测结果进入不稳定区域时，如果基于该观测结果进行矢量控制，有可能出现输入给交流电机的定子电压和定子电流成为直流电的异常情况，从而降低转矩模式下交

流电机的输出精度。

本申请提供一种交流电机的控制装置和控制方法，根据基于转子磁链的相位角θ而获得的电机的转速ω_1，计算d轴电流调整值i_{adjust}，并根据该d轴电流调整值i_{adjust}调整用于对交流电机进行驱动控制的d轴电流，由此，提高观测器的观测结果的稳定性，进而提高控制装置进行控制的稳定性，提高转矩模式下交流电机的输出精度。

根据本申请实施例的一个方面，提供一种交流电机的控制装置，用于对交流电机进行驱动控制，该控制装置包括：

转子磁链观测单元，其用于计算所述交流电机的转子磁链的相位角θ；

电流调整量计算单元，其根据基于所述转子磁链的相位角θ而获得的该交流电机的转速ω_1，计算d轴电流调整值i_{adjust}；以及

驱动单元（图中ACR，SVPWM，IGBT等单元构成的整体），其根据d轴电流调整值i_{adjust}对d轴电流指令值i_d进行调整得到调整后的d轴电流指令值i'_d，并根据调整后的d轴电流指令值i'_d和q轴电流指令值i_q对所述交流电机进行驱动。

根据本申请实施例的另一个方面，其中，所述电流调整量计算单元包括：

差值计算单元，其用于计算所述转速ω_1和预定的转速阈值的差值；以及

电流调整值计算单元，其将所述差值乘以增益，将相乘的结果作为所述d轴电流调整值i_{adjust}。

根据本申请实施例的另一个方面，其中，所述电流调整量计算单元还包括：

调整单元，其对所述电流调整值计算单元的所述相乘的结果进行调整，将调整后的相乘的结果作为所述d轴电流调整值i_{adjust}，其中，调整后的该相乘的结果位于预设的d轴电流调整值的调整区间内。

根据本申请实施例的另一个方面，其中，所述调整单元将所述相乘的结果设定为具有第一符号（例如，正号或负号中的一者），

如果具有所述第一符号的所述相乘的结果位于所述调整区间内，则将具有所述第一符号的所述相乘的结果作为所述d轴电流调整值i_{adjust}，如果具有所述第一符号的所述相乘的结果超出所述调整区间内，则将所述相乘的结果设定为具有与所述第一符号相反的第二符号，将具有所述第二符号的所述相乘的结果作为所述d轴电流调整值i_{adjust}。

根据本申请实施例的另一个方面，其中，所述调整单元将前一次相乘的结果与本

次相乘的结果进行比较，如果本次相乘的结果小于前一次相乘的结果，则将本次相乘的结果的符号设定为与前一次相乘的结果被设定的符号相同，

如果本次相乘的结果大于前一次相乘的结果，则将本次相乘的结果的符号设定为与前一次相乘的结果被设定的符号相反。

根据本申请实施例的另一个方面，其中，绝对值计算单元，其计算所述转速ω_1的绝对值；以及减法单元，其用于计算所述绝对值和所述预定的转速阈值的差，作为所述差值。

根据本申请实施例的另一个方面，其中，所述差值计算单元还包括：

滤波单元，其用于滤除所述转速ω_1的信号中的高频信号，

其中，所述绝对值计算单元计算滤除了高频信号后的所述转速ω_1的绝对值。

根据本申请实施例的另一个方面，其中，所述电流调整量计算单元还包括：

转速计算单元，其将所述磁链相位角相对于时间求导，得到所述电机的所述转速ω_1。

根据本申请实施例的另一个方面，提供一种交流电机的控制方法，包括：

计算所述交流电机的转子磁链的相位角θ；

根据基于所述转子磁链的相位角θ而获得的该交流电机的转速ω_1，计算d轴电流调整值i_{adjust}；以及

根据d轴电流调整值i_{adjust}对d轴电流指令值i_d进行调整得到调整后的d轴电流指令值i'_d，并根据调整后的d轴电流指令值i'_d和q轴电流指令值i_q对所述交流电机进行驱动。

本申请的有益效果在于：提高观测器的观测结果的稳定性，进而提高控制装置进行控制的稳定性，提高转矩模式下交流电机的输出精度。

参照后文的说明和附图，详细公开了本申请的特定实施方式，指明了本申请的原理可以被采用的方式。应该理解，本申请的实施方式在范围上并不因而受到限制。在所附权利要求的精神和条款的范围内，本申请的实施方式包括许多改变、修改和等同。

附图说明

所包括的附图用来提供对本申请实施例的进一步的理解，其构成了说明书的一部分，用于例示本申请的实施方式，并与文字描述一起来阐释本申请的原理。显而易见

地，下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。在附图中：

图 1 是本申请实施例 1 的控制装置的一个示意图

图 2 是本申请实施例 1 的电流调整量计算单元 102 的一个示意图；

图 3 是调整后的 d 轴电流指令值的区间的一个示意图；

图 4 是本申请实施例 2 的交流电机的控制方法的一个示意图。

具体实施方式

参照附图，通过下面的说明书，本申请的前述以及其它特征将变得明显。在说明书和附图中，具体公开了本申请的特定实施方式，其表明了其中可以采用本申请的原则的部分实施方式，应了解的是，本申请不限于所描述的实施方式，相反，本申请包括落入所附权利要求的范围内的全部修改、变型以及等同物。

实施例 1

本申请实施例提供了一种交流电机的控制装置。图 1 是本实施例的控制装置的一个示意图。

如图 1 所示，该控制装置 10 可以包括：转子磁链观测单元 101，电流调整量计算单元 102，以及驱动单元 103。该控制装置 10 向交流电机 M 的定子提供 U，V，W 三相交流电压，从而驱动该交流电机 M 运转。

在本实施例中，转子磁链观测单元 101 用于计算交流电机 M 的转子磁链的相位角 θ；电流调整量计算单元 102 根据基于该转子磁链的相位角 θ 而获得的该交流电机的转速 ω_1，计算 d 轴电流调整值 i_{adjust}；驱动单元 103 根据 d 轴电流调整值 i_{adjust} 对 d 轴电流指令值 i_d 进行调整以得到调整后的 d 轴电流指令值 i'_d，并根据调整后的 d 轴电流指令值 i'_d 和 q 轴电流指令值 i_q 对该交流电机进行驱动。

根据本实施例，能够根据转子磁链观测单元对转子磁链的观测结果，对用于驱动交流电机的 d 轴电流进行调整，由此，避免观测器的观测结果落入不稳定区，从而提高控制装置进行控制的稳定性，提高转矩模式下交流电机的输出精度。

图 2 是本实施例的电流调整量计算单元 102 的一个示意图，如图 2 所示，该电流调整量计算单元 102 可以包括：差值计算单元 201 和电流调整值计算单元 202。

在本实施例中，差值计算单元 201 用于计算转速ω_1和预定的转速阈值ω_{th}的差值，该预定的转速阈值ω_{th}可以根据交流电机 M 的参数而设定，其中，交流电机 M 的运转参数例如可以是额定电压和/或额定功率等参数。

在本实施例中，电流调整值计算单元 202 将该差值乘以增益（gain），并将相乘的结果作为 d 轴电流调整值i_{adjust}。

在本实施例中，如图 2 所示，该电流调整量计算单元 102 还可以具有：调整单元 203。

调整单元 203 可以对电流调整值计算单元 202 输出的相乘的结果进行调整，将调整后的相乘的结果作为 d 轴电流调整值i_{adjust}。

在本实施例中，调整单元 203 可以将电流调整值计算单元 202 输出的相乘的结果设定为正值或负值，从而得到调整后的相乘的结果。

在本实施例中，调整单元 203 对相乘的结果进行调整的目标是：使得调整后的相乘的结果位于预设的 d 轴电流调整值的调整区间内。由此，电流调整量计算单元 102 所输出的 d 轴电流调整值i_{adjust} 可以使调整后的 d 轴电流指令值i'_d位于预定的区间内，从而使观测器的观测量位于观测量的稳定区间内。

例如，预设的 d 轴电流调整值的调整区间为[-0.85A，1.7A]，由此，在 d 轴电流指令值i_d为 1.7A 的情况下，调整后的 d 轴电流指令值i'_d的区间为[0.85A，3.4A]，驱动单元 103 使用调整后的 d 轴电流指令值i'_d用于对交流电机进行驱动，能够避免转子磁链观测单元 101 的观测结果位于观测量的稳定区间内。上述举例中的数值都是举例，本实施例不限于此。

图 3 是调整后的 d 轴电流指令值i'_d的区间的一个示意图。如图 3 所示，各曲线 301 代表目标转矩为不同值时，交流电机 M 的滑差频率 ωs 随 d 轴电流指令值的变化曲线，其中，横轴是 d 轴电流指令值，纵轴是滑差频率。在图 3 中，当调整后的 d 轴电流指令值位于有效电流范围 [0.85A，3.4A]时，控制装置 100 的转子磁链观测单元 101 的观测结果位于安定区。此外，在图 3 中，区域 302 的各图标表示每个曲线 301 对应的转矩目标转矩的 10%～200%。

在一个实施方式中，调整单元 203 对电流调整值计算单元 202 的相乘的结果进行调整的方式例如可以是：

调整单元 203 将相乘的结果设定为具有第一符号，该第一符号可以是正号或负号

中的任一者；然后，调整单元 203 可以进行判断：如果具有该第一符号的该相乘的结果位于该预设的 d 轴电流调整值的调整区间内，则将具有该第一符号的相乘的结果作为 d 轴电流调整值 i_{adjust} 进行输出；如果具有该第一符号的相乘的结果位于该调整区间外，则将该相乘的结果设定为具有与该第一符号相反的第二符号，并将具有该第二符号的相乘的结果作为 d 轴电流调整值 i_{adjust} 进行输出。

在另一个实施方式中，调整单元 203 对电流调整值计算单元 202 的相乘的结果进行调整的方式例如可以是：

调整单元 203 将前一次相乘的结果与本次相乘的结果进行比较，如果本次相乘的结果小于前一次相乘的结果，则将本次相乘的结果的符号（正值或负值）设定为与前一次相乘的结果被设定的符号相同，如果本次相乘的结果大于前一次相乘的结果，则将本次相乘的结果的符号（正值或负值）设定为与前一次相乘的结果被设定的符号相反；例如，前一次相乘的结果的符号被设定为正号，如果本次相乘的结果小于前一次相乘的结果，那么将本次相乘的结果的符号也设定为正号，如果本次相乘的结果大于于前一次相乘的结果，那么将本次相乘的结果的符号设定为负号。

此外，上述的调整单元 203 对相乘的结果进行调整的方式只是举例，本实施例可以不限于此，调整单元 203 也可以采用其它的方式对相乘的结果进行调整，从而使得调整后的相乘的结果位于预设的 d 轴电流调整值的调整区间内。

在本实施例中，如图 2 所示，差值计算单元 201 包括：绝对值计算单元 2011 和减法单元 2012。其中，绝对值计算单元 2011 用于计算转速 ω_1 的绝对值 $|\omega_1|$；减法单元 2012 用于计算该绝对值和该预定的转速阈值 ω_{th} 的差，作为差值计算单元 201 输出的差值，即，该差值为 $|\omega_1|-\omega_{th}$。

在本实施例中，如图 2 所示，差值计算单元 201 还可以包括：滤波单元 2013。其中，该滤波单元 2013 可以用于滤除转速 ω_1 的信号中的高频信号，例如，该滤波单元 2013 可以是低通滤波器（LPF）。

在图 2 中，当具有滤波单元 2013 的情况下，绝对值计算单元 2011 可以计算滤除了高频信号后的转速 ω_1 的绝对值，并且，减法单元 2012 计算该绝对值和预定的转速阈值 ω_{th} 的差。

在本实施例中，如图 2 所示，电流调整量计算单元 102 还可以包括：转速计算单元 204。其中，该转速计算单元 204 将磁链相位角 θ 相对于时间 t 求导，得到电机的

转速ω_1，即，$\omega_1=\frac{d\theta}{dt}$。此外，本实施例可以不限于此，转速计算单元 204 也可以通过其它方式，基于磁链相位角 θ 来计算电机的转速ω_1。

在本实施例中，关于转子磁链观测单元 101 和驱动单元 103 的说明，可以参考现有技术中关于交流电机的矢量控制的说明。

例如，驱动单元 103 包括下述的单元 1031-1036；

电流检测单检测流入到交流电机 M 的相电流 i_A，i_B，i_C，转换单元 1031 对该相电流进行 Clarke 变换，得到 α - β 坐标系下的电流 i_α，i_β；

转子磁链观测单元 101 根据电流 i_α，i_β，速度观测器 104 检测出的转子转速ω_r，以及输入到 SVPWM 单元 1035 的电压分量 U_α，U_β，计算交流电机 M 的转子磁链的相位角 θ 和转子磁链的大小 ψ；

速度观测器 104 根据电流 i_α，i_β，以及转子磁链的大小 ψ，计算转子转速ω_r；

转速调节器（ASR）1032 根据转子转速ω_r以及输入的速度指令 $Speed_{cmd}$，计算转矩参数 T_{ecmd}；

控制信号发生器（CCR）1033 根据转矩参数 T_{ecmd} 和速度指令 $Speed_{cmd}$，计算 d 轴电流指令值i_d和 q 轴电流指令值i_q，其中，d 轴电流指令值i_d与 d 轴电流调整值i_{adjust}叠加，形成调整后的 d 轴电流指令值i'_d；

电流调节器（ACR）1034 根据调整后的 d 轴电流指令值i'_d，q 轴电流指令值i_q，以及电流 i_α，i_β，计算电压分量 U_α，U_β；

空间电压 PWM（SVPWM）单元 1035 生成用于控制 IGBT 逆变器 1036 导通或关闭的信号 PWM_{dutyA}，PWM_{dutyB}，PWM_{dutyC}；

IGBT 逆变器 1036 产生的电压信号输入到交流电机 M 的定子，用于驱动交流电机 M 运转。

根据本实施例，能够根据转子磁链观测单元对转子磁链的观测结果，对用于驱动交流电机的 d 轴电流进行调整，由此，避免观测器的观测结果落入不稳定区，从而提高控制装置进行控制的稳定性，提高转矩模式下交流电机的输出精度。

实施例 2

本申请实施例 2 提供一种交流电机的控制方法，该控制方法与实施例 1 的控制装置 100 对应。

图 4 是本实施例的交流电机的控制方法的一个示意图，如图 4 所示，该方法包括：

步骤 401、计算所述交流电机的转子磁链的相位角 θ；

步骤 402、根据基于所述转子磁链的相位角 θ 而获得的该交流电机的转速ω_1，计算 d 轴电流调整值i_{adjust}；以及

步骤 403、根据 d 轴电流调整值i_{adjust}对 d 轴电流指令值i_d进行调整得到调整后的 d 轴电流指令值i'_d，并根据调整后的 d 轴电流指令值i'_d和 q 轴电流指令值i_q对所述交流电机进行驱动。

关于该控制方法的各步骤的说明，可以参考实施例 1 对相应单元的说明。此外，该控制方法还可以包括图 4 所述的步骤之外的步骤，也可以参考实施例 1 对控制装置 100 的各单元的说明。

根据本实施例，能够根据转子磁链观测单元对转子磁链的观测结果，对用于驱动交流电机的 d 轴电流进行调整，由此，避免观测器的观测结果落入不稳定区，从而提高控制装置进行控制的稳定性，提高转矩模式下交流电机的输出精度。

结合本申请实施例描述的控制装置可直接体现为硬件、由处理器执行的软件模块或二者组合。这些硬件模块例如可利用现场可编程门阵列（FPGA）将这些软件模块固化而实现。

软件模块可以位于 RAM 存储器、闪存、ROM 存储器、EPROM 存储器、EEPROM 存储器、寄存器、硬盘、移动磁盘、CD-ROM 或者本领域已知的任何其它形式的存储介质。可以将一种存储介质耦接至处理器，从而使处理器能够从该存储介质读取信息，且可向该存储介质写入信息；或者该存储介质可以是处理器的组成部分。处理器和存储介质可以位于 ASIC 中。该软件模块可以存储在移动终端的存储器中，也可以存储在可插入移动终端的存储卡中。例如，若电子设备采用的是较大容量的 MEGA-SIM 卡或者大容量的闪存装置，则该软件模块可存储在该 MEGA-SIM 卡或者大容量的闪存装置中。

针对本实施例所描述的参数计算装置，可以实现为用于执行本申请所描述功能的通用处理器、数字信号处理器（DSP）、专用集成电路（ASIC）、现场可编程门阵列（FPGA）或其它可编程逻辑器件、分立门或晶体管逻辑器件、分立硬件组件、或者其任意适当组合。也可以实现为计算设备的组合，例如，DSP 和微处理器的组合、多个微处理器、与 DSP 通信结合的一个或多个微处理器或者任何其它这种配置。

以上结合具体的实施方式对本申请进行了描述，但本领域技术人员应该清楚，这些描述都是示例性的，并不是对本申请保护范围的限制。本领域技术人员可以根据本申请的精神和原理对本申请做出各种变型和修改，这些变型和修改也在本申请的范围内。

权 利 要 求 书

1、一种交流电机的控制装置，用于对交流电机进行驱动控制，该控制装置包括：

转子磁链观测单元，其用于计算所述交流电机的转子磁链的相位角θ；

电流调整量计算单元，其根据基于所述转子磁链的相位角θ而获得的该交流电机的转速ω_1，计算d轴电流调整值i_{adjust}；以及

驱动单元，其根据d轴电流调整值i_{adjust}对d轴电流指令值i_d进行调整得到调整后的d轴电流指令值i'_d，并根据调整后的d轴电流指令值i'_d和q轴电流指令值i_q对所述交流电机进行驱动。

2、如权利要求1所述的控制装置，其中，所述电流调整量计算单元包括：

差值计算单元，其用于计算所述转速ω_1和预定的转速阈值的差值；以及

电流调整值计算单元，其将所述差值乘以增益，将相乘的结果作为所述d轴电流调整值i_{adjust}。

3、如权利要求2所述的控制装置，其中，所述电流调整量计算单元还包括：

调整单元，其对所述电流调整值计算单元的所述相乘的结果进行调整，将调整后的相乘的结果作为所述d轴电流调整值i_{adjust}，

其中，调整后的该相乘的结果位于预设的d轴电流调整值的调整区间内。

4、如权利要求3所述的控制装置，其中，

所述调整单元将所述相乘的结果设定为具有第一符号，

如果具有所述第一符号的所述相乘的结果位于所述调整区间内，则将具有所述第一符号的所述相乘的结果作为所述d轴电流调整值i_{adjust}，

如果具有所述第一符号的所述相乘的结果超出所述调整区间内，则将所述相乘的结果设定为具有与所述第一符号相反的第二符号，将具有所述第二符号的所述相乘的结果作为所述d轴电流调整值i_{adjust}。

5、如权利要求3所述的控制装置，其中，

所述调整单元将前一次相乘的结果与本次相乘的结果进行比较，

如果本次相乘的结果小于前一次相乘的结果，则将本次相乘的结果的符号设定为与前一次相乘的结果被设定的符号相同，

如果本次相乘的结果大于前一次相乘的结果，则将本次相乘的结果的符号设定为

与前一次相乘的结果被设定的符号相反。

6、如权利要求 2 所述的控制装置，其中，所述差值计算单元包括：

绝对值计算单元，其计算所述转速ω_1的绝对值；以及

减法单元，其用于计算所述绝对值和所述预定的转速阈值的差，作为所述差值。

7、如权利要求 6 所述的控制装置，其中，所述差值计算单元还包括：

滤波单元，其用于滤除所述转速ω_1的信号中的高频信号，

其中，所述绝对值计算单元计算滤除了高频信号后的所述转速ω_1的绝对值。

8、如权利要求 2 所述的控制装置，其中，所述电流调整量计算单元还包括：

转速计算单元，其将所述磁链相位角相对于时间求导，得到所述电机的所述转速ω_1。

9、一种交流电机的控制方法，包括：

计算所述交流电机的转子磁链的相位角 θ；

根据基于所述转子磁链的相位角 θ 而获得的该交流电机的转速ω_1，计算 d 轴电流调整值i_{adjust}；以及

根据 d 轴电流调整值i_{adjust}对 d 轴电流指令值i_d进行调整得到调整后的 d 轴电流指令值i'_d，并根据调整后的 d 轴电流指令值i'_d和 q 轴电流指令值i_q对所述交流电机进行驱动。

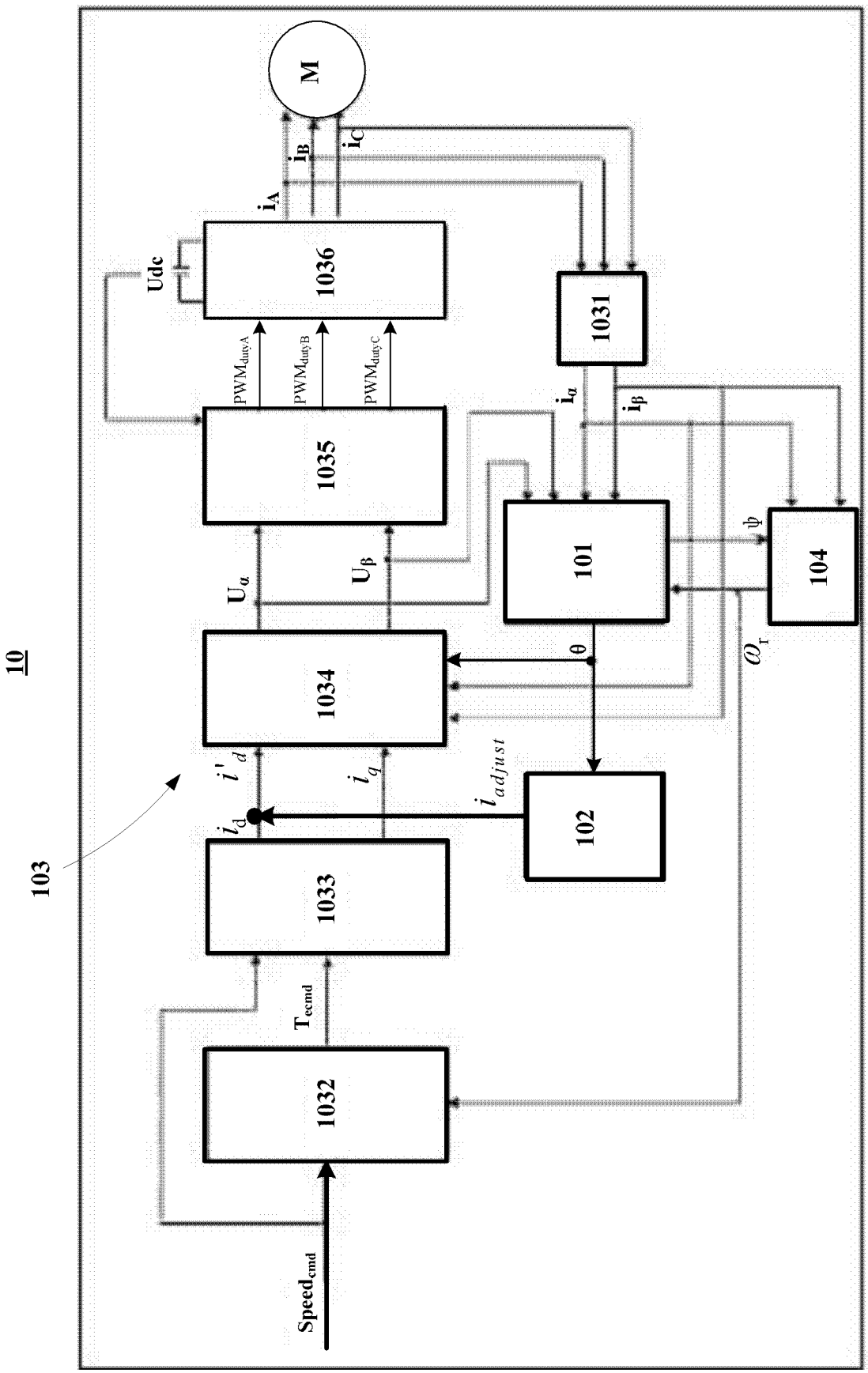

10
103
M
i_A
i_B
i_C
Udc
1036
1031
PWM_{dutyA}
PWM_{dutyB}
PWM_{dutyC}
i_α
i_β
1035
101
104
U_α
U_β
ψ
θ
ω_r
1034
i'_d
i_q
i_{adjust}
i_d
102
1033
T_{ecmd}
1032
$Speed_{cmd}$

图1

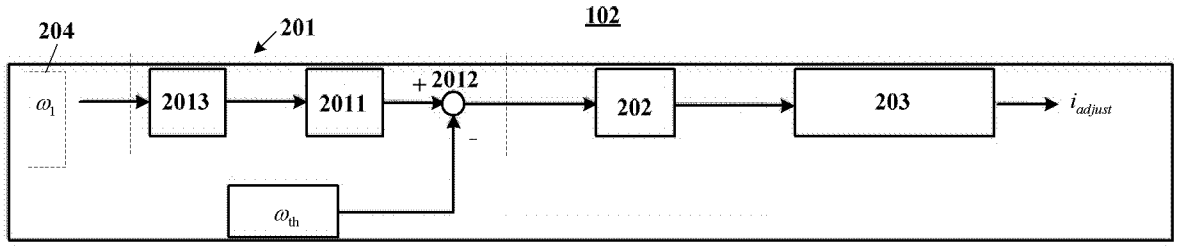

204
201
102
ω_1
2013
2011
+ 2012
-
202
203
i_{adjust}
ω_{th}

图 2

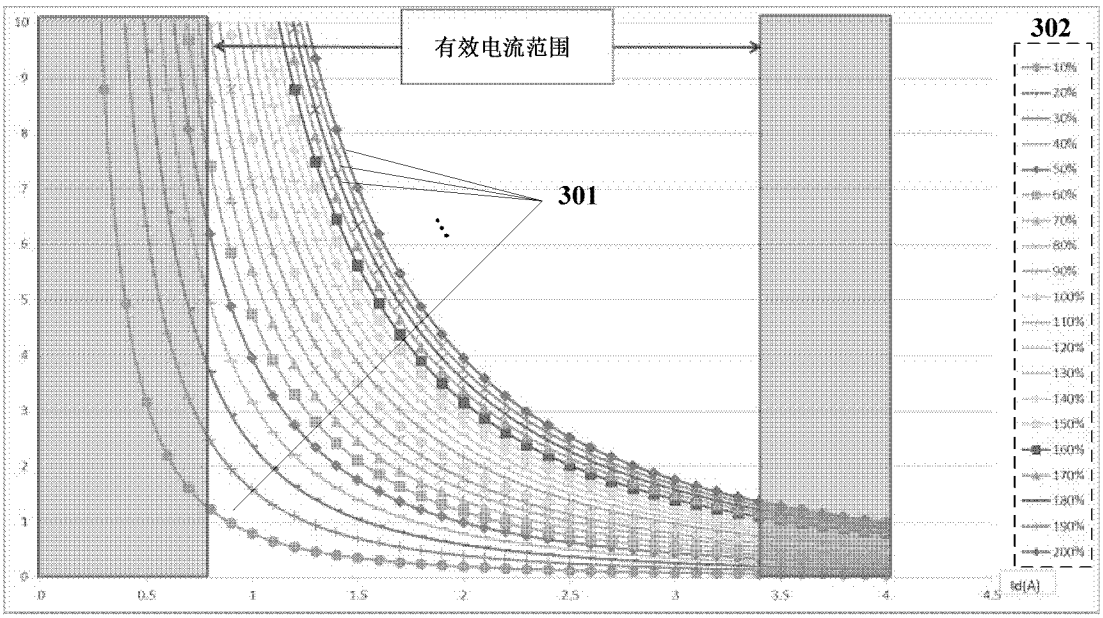

有效电流范围
301
302
10%
20%
30%
40%
50%
60%
70%
80%
90%
100%
110%
120%
130%
140%
150%
160%
170%
180%
190%
200%
Id(A)
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
4.5

图 3

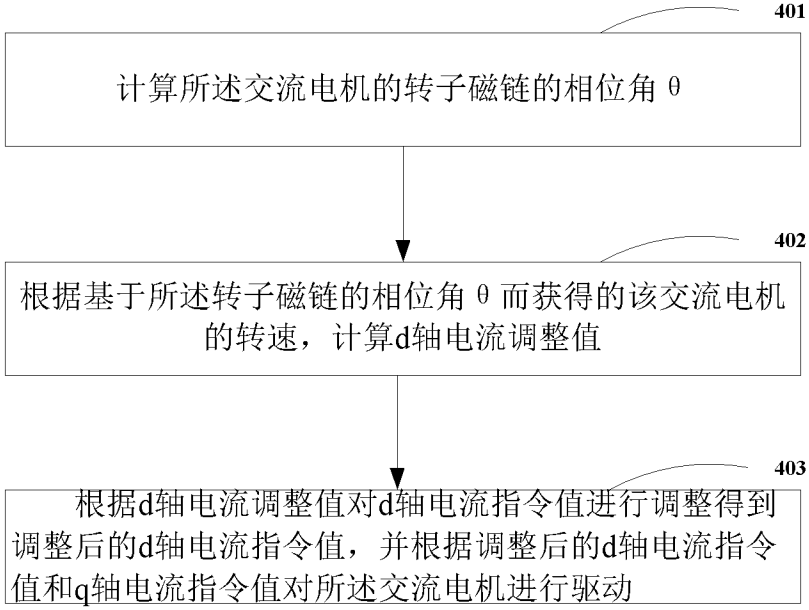

401
计算所述交流电机的转子磁链的相位角θ
402
根据基于所述转子磁链的相位角θ而获得的该交流电机的转速，计算d轴电流调整值
403
根据d轴电流调整值对d轴电流指令值进行调整得到调整后的d轴电流指令值，并根据调整后的d轴电流指令值和q轴电流指令值对所述交流电机进行驱动

图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2019/105157

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P 21/14(2016.01)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)

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)

WPI, EPODOC, CNPAT, CNKI: 电机, 转子, d轴 w 电流, 调整, 调节, 调制, 修正, 校正, 指令值, 区间, 范围, motor, rotor, current, adjust, emendat+, amend, interval, range

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 102386834 A (YONGJI XINSHISU ELECTRIC EQUIPMENT CO., LTD.) 21 March 2012 (2012-03-21) description, paragraphs 0037-0092	1-2, 6-9
Y	CN 102386834 A (YONGJI XINSHISU ELECTRIC EQUIPMENT CO., LTD.) 21 March 2012 (2012-03-21) description, paragraphs 0037-0092	3
Y	CN 102868348 A (LS INDUSTRY SYSTEMS CO., LTD.) 09 January 2013 (2013-01-09) description, paragraphs 0076-0077	3
X	CN 102386816 A (YONGJI XINSHISU ELECTRIC EQUIPMENT CO., LTD.) 21 March 2012 (2012-03-21) description, paragraphs 0046-0101	1-2, 6-9
Y	CN 102386816 A (YONGJI XINSHISU ELECTRIC EQUIPMENT CO., LTD.) 21 March 2012 (2012-03-21) description, paragraphs 0046-0101	3
X	CN 104201960 A (ZHEJIANG XIZI FORVORDA ELECTRICAL MACHINERY CO., LTD.) 10 December 2014 (2014-12-10) description, paragraph 0003	1-2, 6-9

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

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

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
19 November 2019	**17 December 2019**
Name and mailing address of the ISA/CN **China National Intellectual Property Administration** **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing** **100088** **China** Facsimile No. **(86-10)62019451**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2019/105157

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 104201960 A (ZHEJIANG XIZI FORVORDA ELECTRICAL MACHINERY CO., LTD.) 10 December 2014 (2014-12-10) description, paragraph 0003	3
A	US 6046554 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 04 April 2000 (2000-04-04) entire document	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2019/105157

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	102386834	A	21 March 2012	CN	102386834	B	23 April 2014
CN	102868348	A	09 January 2013	KR	101562418	B1	22 October 2015
				JP	2013017383	A	24 January 2013
				CN	102868348	B	15 April 2015
				US	2013009574	A1	10 January 2013
				KR	20130005187	A	15 January 2013
				US	8723461	B2	13 May 2014
				EP	2544362	A2	09 January 2013
				JP	5540040	B2	02 July 2014
				EP	2544362	A3	01 November 2017
CN	102386816	A	21 March 2012	None			
CN	104201960	A	10 December 2014	CN	104201960	B	29 March 2017
US	6046554	A	04 April 2000	None			

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2019/105157

A. 主题的分类

H02P 21/14(2016.01)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)

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））

WPI，EPODOC，CNPAT,CNKI：电机，转子，d轴 w 电流，调整，调节，调制，修正，校正，指令值，区间，范围，motor，rotor，current，adjust，emendat+，amend，interval，range

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 102386834 A (永济新时速电机电器有限责任公司) 2012年 3月 21日 (2012-03-21) 说明书第0037-0092段	1-2，6-9
Y	CN 102386834 A (永济新时速电机电器有限责任公司) 2012年 3月 21日 (2012-03-21) 说明书第0037-0092段	3
Y	CN 102868348 A (LS产电株式会社) 2013年 1月 9日 (2013-01-09) 说明书第0076-0077段	3
X	CN 102386816 A (永济新时速电机电器有限责任公司) 2012年 3月 21日 (2012-03-21) 说明书第0046-0101段	1-2，6-9
Y	CN 102386816 A (永济新时速电机电器有限责任公司) 2012年 3月 21日 (2012-03-21) 说明书第0046-0101段	3
X	CN 104201960 A (浙江西子富沃德电机有限公司) 2014年 12月 10日 (2014-12-10) 说明书第0003段	1-2，6-9

☑ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“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

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2019年 11月 19日	2019年 12月 17日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451	赵文华 电话号码 （86-10）53961290

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2019/105157

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
Y	CN 104201960 A (浙江西子富沃德电机有限公司) 2014年 12月 10日 (2014 - 12 - 10) 说明书第0003段	3
A	US 6046554 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 2000年 4月 4日 (2000 - 04 - 04) 全文	1-9

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2019/105157

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	102386834	A	2012年 3月 21日	CN	102386834	B	2014年 4月 23日
CN	102868348	A	2013年 1月 9日	KR	101562418	B1	2015年 10月 22日
				JP	2013017383	A	2013年 1月 24日
				CN	102868348	B	2015年 4月 15日
				US	2013009574	A1	2013年 1月 10日
				KR	20130005187	A	2013年 1月 15日
				US	8723461	B2	2014年 5月 13日
				EP	2544362	A2	2013年 1月 9日
				JP	5540040	B2	2014年 7月 2日
				EP	2544362	A3	2017年 11月 1日
CN	102386816	A	2012年 3月 21日		无		
CN	104201960	A	2014年 12月 10日	CN	104201960	B	2017年 3月 29日
US	6046554	A	2000年 4月 4日		无		