(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
2015 年 7 月 2 日 (02.07.2015)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2015/096090 A1

(51) 国际专利分类号:
F04B 49/06 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2013/090551

(22) 国际申请日: 2013 年 12 月 26 日 (26.12.2013)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: **广东美芝制冷设备有限公司 (GUANGDONG MEIZHI COMPRESSOR CO., LTD.)** [CN/CN]; 中国广东省佛山市顺德区顺峰山工业开发区, Guangdong 528333 (CN)。

(72) 发明人: **宋万杰 (SONG, Wanjie)**; 中国广东省佛山市顺德区顺峰山工业开发区, Guangdong 528333 (CN)。 **向卫民 (XIANG, Weimin)**; 中国广东省佛山市顺德区顺峰山工业开发区, Guangdong 528333 (CN)。 **喻继江 (YU, Jijiang)**; 中国广东省佛山市顺德区顺峰山工业开发区, Guangdong 528333 (CN)。 **郭宏 (GUO, Hong)**; 中国广东省佛山市顺德区顺峰山工业开发区, Guangdong 528333 (CN)。 **杨泾涛 (YANG, Jingtao)**; 中国广东省佛山市顺德区顺峰山工业开发区, Guangdong 528333 (CN)。 **张诚 (ZHANG, Cheng)**; 中国广东省佛山市顺德区顺峰山工业开发区, Guangdong 528333 (CN)。 **廖四清 (LIAO, Siqing)**; 中国广东省佛山市顺德区顺峰山工业开发区, Guangdong 528333 (CN)。 **任新杰 (REN, Xinjie)**; 中国广东省佛山市顺德区顺峰山工业开发区, Guangdong 528333 (CN)。 **罗冠峰 (LUO, Guanfeng)**; 中国广东省佛山市顺德区顺峰山工业开发区, Guangdong 528333 (CN)。

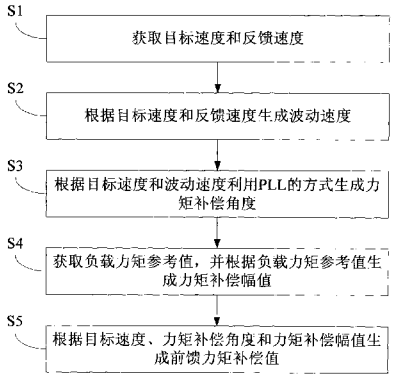
(74) 代理人: **北京清亦华知识产权代理事务所（普通合伙） (TSINGYIHUA INTELLECTUAL PROPERTY LLC)**; 中国北京市海淀区清华园清华大学照澜院商业楼 301 室, Beijing 100084 (CN)。

(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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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。

[见续页]

(54) **Title**: METHOD AND DEVICE FOR AUTOMATICALLY COMPENSATING FOR MOMENT OF COMPRESSOR, COMPRESSOR, AND CONTROL METHOD FOR SAME

(54) **发明名称**: 压缩机力矩自动补偿方法、装置和压缩机及其控制方法



S1 ACQUIRING A TARGET SPEED AND A FEEDBACK SPEED
S2 GENERATING A FLUCTUATION SPEED FROM THE TARGET SPEED AND THE FEEDBACK SPEED
S3 GENERATING A MOMENT COMPENSATION ANGLE FROM THE TARGET SPEED AND THE FLUCTUATION SPEED BY MEANS OF PLL
S4 ACQUIRING A LOAD MOMENT REFERENCE VALUE, AND GENERATING A MOMENT COMPENSATION AMPLITUDE VALUE FROM THE LOAD MOMENT REFERENCE VALUE
S5 GENERATING A FEED-FORWARD MOMENT COMPENSATION VALUE FROM THE TARGET SPEED, THE MOMENT COMPENSATION ANGLE AND THE MOMENT COMPENSATION AMPLITUDE VALUE

图 1 / FIG. 1

(57) **Abstract**: Disclosed is a method for automatically compensating for moment of a compressor, comprising the steps of: acquiring a target speed and a feedback speed; generating a fluctuation speed from the target speed and the feedback speed; generating a moment compensation angle from the target speed and the fluctuation speed by means of a phase-locked loop; acquiring a load moment reference value, and generating a moment compensation amplitude value from the load moment reference value; and generating a feed-forward moment compensation value from the target speed, the moment compensation angle and the moment compensation amplitude value. The method for automatically compensating moment of a compressor can track in real time a load moment angle and the load moment amplitude value, so as to greatly reduce the debugging time of moment compensation and achieve the optimal compensation effect in all working conditions of the compressor. Also disclosed are a control method for a compressor, a device for automatically compensating moment of a compressor, and a compressor comprising the device.

(57) **摘要**:

[见续页]

WO 2015/096090 A1

(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, 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))。

一种压缩机力矩自动补偿方法，包括以下步骤：获取目标速度和反馈速度；根据目标速度和反馈速度生成波动速度；根据目标速度和波动速度利用锁相环的方式生成力矩补偿角度；获取负载力矩参考值，并根据负载力矩参考值生成力矩补偿幅值；根据目标速度、力矩补偿角度和力矩补偿幅值生成前馈力矩补偿值。该压缩机力矩自动补偿方法能够实时跟踪负载力矩角度和负载力矩幅值，大大降低了力矩补偿的调试时间，并且在压缩机全工况范围内实现最优补偿效果。以及一种压缩机的控制方法、一种压缩机力矩自动补偿装置和一种具有该装置的压缩机。

压缩机力矩自动补偿方法、装置和压缩机及其控制方法

技术领域

本发明涉及压缩机控制技术领域，特别涉及一种压缩机力矩自动补偿方法、一种压缩机的控制方法以及一种压缩机力矩自动补偿装置和具有该装置的压缩机。

背景技术

近年来，随着变频控制技术的快速发展和高效节能概念的推广，变频空调得到迅速的推广应用。变频空调通过改变压缩机供电频率，调节压缩机转速的快慢达到控制室温的目的，使得室温波动小、电能消耗少，大大提高了舒适度。

目前，市面上高能效的变频空调均使用直流变频压缩机，其内部以永磁同步电机为动力核心。永磁同步电动机具有体积小、损耗低、效率高等优点。其中，2HP 以下的直流变频单缸压缩机是主流产品，然而单缸压缩机具有不均匀负载的特点，在空调矢量控制系统中速度环带宽较低，导致电磁转矩跟踪不上实际负载转矩，所以在低频时振动较大。单缸压缩机在低频运行时需要加入力矩补偿才能稳定运行，但是普通的正弦力矩补偿需要实时在空调系统中根据振动寻找最佳角度值和最佳幅度值，这需要花费大量时间和精力去调试力矩补偿，而且补偿效果一般。在压缩机运行各个频率下只有一个角度和在同一频率下只有一个幅值给定，幅值和角度不能根据负载进行变化，而在实际过程负载力矩基波角度和负载是实时变化的，这就导致了力矩补偿会出现过补偿或欠补偿状态或者补偿角度差异较大，导致压缩机振动较大。

因此，现有技术中对压缩机力矩进行补偿的技术需要进行改进。

发明内容

本发明的目的旨在至少解决上述的技术缺陷。

为此，本发明的第一个目的在于提出一种压缩机力矩自动补偿方法，能够实时跟踪负载力矩角度和负载力矩幅值，大大降低了力矩补偿的调试时间，并且在压缩机全工况范围内实现最优补偿效果。

本发明的第二目的在于提出了一种压缩机的控制方法。本发明第三个目的在于提出了一种压缩机力矩自动补偿装置。本发明第四个目的在于提出了一种具有该装置的压缩机。

为达到上述目的，本发明第一方面实施例提出的一种压缩机力矩自动补偿方法，

包括以下步骤：获取目标速度和反馈速度；根据所述目标速度和反馈速度生成波动速度；根据所述目标速度和波动速度利用锁相环 PLL 的方式生成力矩补偿角度；获取负载力矩参考值，并根据所述负载力矩参考值生成力矩补偿幅值；以及根据所述目标速度、所述力矩补偿角度和所述力矩补偿幅值生成前馈力矩补偿值。

根据本发明实施例的压缩机力矩自动补偿方法，通过锁相环 PLL 的方式生成力矩补偿角度，并通过速度环输出的负载力矩参考值生成力矩补偿幅值，这样能够实时跟踪负载力矩角度和负载力矩幅值，实现角度和幅值实时在线调整，大大降低了力矩补偿的调试时间，并且在压缩机全工况范围内实现最优补偿效果，尤其能够减小压缩机在低频运行时的振动，保证压缩机稳定运行。

根据本发明的一个实施例，根据所述目标速度和波动速度利用锁相环 PLL 的方式生成力矩补偿角度，进一步包括：根据所述目标速度生成机械角度；根据所述机械角度和反馈的力矩补偿角度生成第一参考值；根据所述第一参考值生成第二参考值；根据所述波动速度和所述第二参考值生成第三参考值；以及对所述第三参考值进行比例积分 PI 处理以生成所述力矩补偿角度。

并且，在根据所述波动速度和所述第二参考值生成第三参考值之前，还包括：以相同的截止频率对所述波动速度和所述第二参考值进行滤波。

其中，根据所述第一参考值生成第二参考值具体包括：对所述第一参考值进行余弦函数计算以生成第四参考值；根据所述波动速度生成系数参数；以及根据所述第四参考值和所述系数参数生成所述第二参考值。

根据本发明的一个实施例，所述第三参考值根据以下公式计算得到：

$$C = \tilde{\omega} \times BCos(\bar{\omega}t + \theta)$$

其中，C 为所述第三参考值，$\tilde{\omega}$ 为所述波动速度，$\bar{\omega}$ 为所述目标速度，B 为所述系数参数，$\bar{\omega}t$ 为所述机械角度，θ 为所述反馈的力矩补偿角度。

根据本发明的一个实施例，在对所述第三参考值进行 PI 处理以生成所述力矩补偿角度之前，还包括：对所述第三参考值进行低通滤波处理。

根据本发明的一个实施例，根据所述负载力矩参考值生成力矩补偿幅值进一步包括：根据所述负载力矩参考值和力矩补偿系数参数生成第五参考值；以及根据所述第五参考值生成所述力矩补偿幅值。

其中，根据所述第五参考值生成所述力矩补偿幅值进一步包括：当所述第五参考

值大于力矩补偿限制值时，则将所述力矩补偿限制值作为所述力矩补偿幅值；以及当所述第五参考值小于等于所述力矩补偿限制值时，则将所述第五参考值作为所述力矩补偿幅值。

根据本发明的一个实施例，如果压缩机为稀土压缩机，则根据所述目标速度、所述力矩补偿角度和所述力矩补偿幅值生成前馈力矩补偿值，进一步包括：对所述第一参考值进行正弦函数计算以生成第六参考值；以及根据所述第六参考值和所述力矩补偿幅值生成所述前馈力矩补偿值。

根据本发明的另一个实施例，如果压缩机为铁氧体压缩机，则根据所述目标速度、所述力矩补偿角度和所述力矩补偿幅值生成前馈力矩补偿值进一步包括：对所述第一参考值进行正弦函数计算以生成第六参考值；根据所述目标速度和机电时间常数生成第七参考值；根据所述第六参考值和所述第七参考值生成第八参考值；根据所述第八参考值和所述力矩补偿幅值生成所述前馈力矩补偿值。

为达到上述目的，本发明第二方面实施例提出的一种压缩机的控制方法，包括以下步骤：获取目标速度和反馈速度，并根据所述目标速度和反馈速度生成波动速度；对所述波动速度进行速度环控制以生成负载力矩参考值；根据上述的压缩机力矩自动补偿方法生成所述前馈力矩补偿值；根据所述负载力矩参考值和所述前馈力矩补偿值对所述压缩机进行控制。

根据本发明实施例的压缩机的控制方法，通过上述的压缩机力矩自动补偿方法生成前馈力矩补偿值，并根据负载力矩参考值和前馈力矩补偿值对压缩机进行控制，这样能够实时跟踪负载力矩角度和负载力矩幅值，实现角度和幅值实时在线调整，大大降低了力矩补偿的调试时间，并且在压缩机全工况范围内实现最优补偿效果，尤其能够减小压缩机在低频运行时的振动，保证压缩机稳定运行。

为达到上述目的，本发明第三方面实施例提出的一种压缩机力矩自动补偿装置，包括：速度获取模块，用于获取目标速度和反馈速度；速度生成模块，用于根据所述目标速度和反馈速度生成波动速度；力矩补偿角度生成模块，用于所述目标速度和波动速度利用锁相环 PLL 的方式生成力矩补偿角度；力矩补偿幅值生成模块，用于获取负载力矩参考值，并根据所述负载力矩参考值生成力矩补偿幅值；以及前馈力矩补偿生成模块，用于根据所述目标速度、所述力矩补偿角度和所述力矩补偿幅值生成前馈力矩补偿值。

根据本发明实施例的压缩机力矩自动补偿装置，力矩补偿角度生成模块通过锁相环 PLL 的方式生成力矩补偿角度，力矩补偿幅值生成模块通过速度环输出的负载力矩

参考值生成力矩补偿幅值。这样，本发明实施例的压缩机力矩自动补偿装置能够实时跟踪负载力矩角度和负载力矩幅值，实现角度和幅值实时在线调整，从而大大降低了力矩补偿的调试时间，并且在压缩机全工况范围内实现最优补偿效果，尤其能够减小压缩机在低频运行时的振动，保证压缩机稳定运行。

根据本发明的一个实施例，所述力矩补偿角度生成模块用于根据所述目标速度生成机械角度，并根据所述机械角度和反馈的力矩补偿角度生成第一参考值，根据所述第一参考值生成第二参考值，以及根据所述波动速度和所述第二参考值生成第三参考值，并对所述第三参考值进行比例积分 PI 处理以生成所述力矩补偿角度。

其中，所述力矩补偿角度生成模块在生成所述第三参考值之前，还用于以相同的截止频率对所述波动速度和所述第二参考值进行滤波。

并且，所述力矩补偿角度生成模块还用于对所述第一参考值进行余弦函数计算以生成第四参考值，并根据所述波动速度生成系数参数，以及根据所述第四参考值和所述系数参数生成所述第二参考值。

根据本发明的一个实施例，所述力矩补偿角度生成模块根据以下公式计算所述第三参考值：

$$C = \tilde{\omega} \times BCos(\bar{\omega}t + \theta)$$

其中，C 为所述第三参考值，$\tilde{\omega}$ 为所述波动速度，$\bar{\omega}$ 为所述目标速度，B 为所述系数参数，$\bar{\omega}t$ 为所述机械角度，θ 为所述反馈的力矩补偿角度。

根据本发明的一个实施例，所述力矩补偿角度生成模块在对所述第三参考值进行 PI 处理之前还用于对所述第三参考值进行低通滤波处理。

根据本发明的一个实施例，所述力矩补偿幅值生成模块还用于根据所述负载力矩参考值和力矩补偿系数参数生成第五参考值，并根据所述第五参考值生成所述力矩补偿幅值。

其中，当所述第五参考值大于力矩补偿限制值时，所述力矩补偿幅值生成模块将所述力矩补偿限制值作为所述力矩补偿幅值；以及当所述第五参考值小于等于所述力矩补偿限制值时，所述力矩补偿幅值生成模块将所述第五参考值作为所述力矩补偿幅值。

根据本发明的一个实施例，当压缩机为稀土压缩机时，所述前馈力矩补偿生成模块对所述第一参考值进行正弦函数计算以生成第六参考值，并根据所述第六参考值和

所述力矩补偿幅值生成所述前馈力矩补偿值。

根据本发明的另一个实施例，当压缩机为铁氧体压缩机时，所述前馈力矩补偿生成模块对所述第一参考值进行正弦函数计算以生成第六参考值，并根据所述目标速度和机电时间常数生成第七参考值，根据所述第六参考值和所述第七参考值生成第八参考值，以及根据所述第八参考值和所述力矩补偿幅值生成所述前馈力矩补偿值。

本发明第四方面实施例提出了一种压缩机，该压缩机包括上述的压缩机力矩自动补偿装置。

本发明实施例的压缩机，能够通过上述的压缩机力矩自动补偿装置生成前馈力矩补偿值，从而能够实时跟踪负载力矩角度和负载力矩幅值，实现角度和幅值实时在线调整，大大降低了力矩补偿的调试时间，并且在全工况范围内实现最优补偿效果，尤其能够在低频运行时减小振动，保证运行稳定。

本发明附加的方面和优点将在下面的描述中部分给出，部分将从下面的描述中变得明显，或通过本发明的实践了解到。

附图说明

本发明上述的和/或附加的方面和优点从下面结合附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解，其中：

图 1 为根据本发明实施例的压缩机力矩自动补偿方法的流程图；

图 2 为根据本发明一个实施例的压缩机的控制原理框图；

图 3 为根据本发明一个实施例的稀土压缩机的力矩自动补偿原理框图；

图 4 为根据本发明另一个实施例的铁氧体压缩机的力矩自动补偿原理框图；

图 5 为根据本发明一个实施例的 PLL 角度观测器的原理框图；

图 6 为根据本发明实施例的压缩机的控制方法的流程图；以及

图 7 为根据本发明实施例的压缩机力矩自动补偿装置的方框示意图。

具体实施方式

下面详细描述本发明的实施例，所述实施例的示例在附图中示出，其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，仅用于解释本发明，而不能解释为对本发明的限制。

下文的公开提供了许多不同的实施例或例子用来实现本发明的不同结构。为了简化本发明的公开，下文中对特定例子的部件和设置进行描述。当然，它们仅仅为示例，

并且目的不在于限制本发明。此外，本发明可以在不同例子中重复参考数字和/或字母。这种重复是为了简化和清楚的目的，其本身不指示所讨论各种实施例和/或设置之间的关系。此外，本发明提供了的各种特定的工艺和材料的例子，但是本领域普通技术人员可以意识到其他工艺的可应用于性和/或其他材料的使用。另外，以下描述的第一特征在第二特征之“上”的结构可以包括第一和第二特征形成为直接接触的实施例，也可以包括另外的特征形成在第一和第二特征之间的实施例，这样第一和第二特征可能不是直接接触。

在本发明的描述中，需要说明的是，除非另有规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解，例如，可以是机械连接或电连接，也可以是两个元件内部的连通，可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语的具体含义。

下面参照附图来描述根据本发明实施例提出的压缩机力矩自动补偿方法、压缩机的控制方法以及压缩机力矩自动补偿装置和压缩机。

图 1 为根据本发明实施例的压缩机力矩自动补偿方法的流程图。如图 1 所示，该压缩机力矩自动补偿方法包括以下步骤：

S1，获取目标速度和反馈速度。

S2，根据目标速度和反馈速度生成波动速度。

其中，如图 2 所示，反馈速度 w_fbk 与目标速度 w_ref 之间存在速度误差 Speederror 即波动速度 $\tilde{\omega}$。

S3，根据目标速度和波动速度利用 PLL（Phase Locked Loop，锁相环）的方式生成力矩补偿角度。

在本发明的实施例中，针对压缩机负载导致波动速度较大，通过 PLL 方式对速度波形相位进行跟踪，需要控制力矩波形相位跟踪上速度相位即可。并且，力矩补偿使用基波力矩补偿方式进行。其中，压缩机周期性负载的傅里叶展开级数如下：

$$T_L = T_{L0} + \sum_{n=1}^{\infty} T_{Ln} \sin(n\bar{\omega}t + \theta_x) \qquad (1)$$

公式（1）中，T_{L0} 为恒定压缩机负载力矩常量，T_{Ln} 为各阶次压缩机负载力矩的分量，θ_x 为力矩补偿角度。

将压缩机每个机械周期的速度分解为平均速度和波动速度，即

$$\omega = \bar{\omega} + \tilde{\omega} \quad (2)$$

其中，$\bar{\omega}$ 为平均速度，$\tilde{\omega}$ 为波动速度。

除了速度环 PI 环调节滞后外，波动速度本来就滞后于负载波动，其中 $\tan^{-1}(\bar{\omega}\tau_m)$ 为滞后的角度，那么，波动速度的公式为：

$$\tilde{\omega} = \frac{-a_m\tau_m}{\sqrt{1+\bar{\omega}\tau_m^{\,2}}} Sin(\bar{\omega}t + \theta_x - \tan^{-1}(\bar{\omega}\tau_m)) \quad (3)$$

其中，$\tau_m = \frac{JR}{p_n K_T K_e}$ 为机电时间常数。$a_m = \frac{T_{L1}}{J}$，J 为转动惯量，R 为相电阻，K_T 为力矩系数，K_e 为反电动势，p_n 为极对数，θ_x 为力矩补偿角度。

在本发明的实施例中，平均速度 $\bar{\omega}$ 即为目标速度 w_ref，波动速度 $\tilde{\omega}$ 即为速度误差 Speederror。

根据本发明的一个实施例，如图 3 所示，步骤 S3 进一步包括：根据目标速度即平均速度 $\bar{\omega}$ 生成机械角度 $\bar{\omega}t$；根据机械角度 $\bar{\omega}t$ 和反馈的力矩补偿角度 θ 生成第一参考值 $\bar{\omega}t+\theta$；根据第一参考值 $\bar{\omega}t+\theta$ 生成第二参考值 $B\cos(\bar{\omega}t+\theta)$；根据波动速度 $\tilde{\omega}$ 和第二参考值 $B\cos(\bar{\omega}t+\theta)$ 生成第三参考值 $\tilde{\omega}B\cos(\bar{\omega}t+\theta)$；以及对第三参考值 $\tilde{\omega}B\cos(\bar{\omega}t+\theta)$ 进行 PI（比例积分）处理以生成力矩补偿角度 θ_x。

其中，在根据波动速度和第二参考值生成第三参考值之前，还包括：以相同的截止频率对波动速度和第二参考值进行滤波。

并且，根据第一参考值生成第二参考值具体包括：对第一参考值 $\bar{\omega}t+\theta$ 进行余弦函数计算以生成第四参考值 $\cos(\bar{\omega}t+\theta)$；根据波动速度即速度误差 Speederror 生成系数参数 B；以及根据第四参考值 $\cos(\bar{\omega}t+\theta)$ 和系数参数 B 生成第二参考值 $B\cos(\bar{\omega}t+\theta)$。

从而，在本发明的实施例中，第三参考值 C 根据以下公式计算得到：

$$C = \tilde{\omega} \times BCos(\bar{\omega}t + \theta) \quad (4)$$

其中，C 为第三参考值，$\tilde{\omega}$ 为波动速度，$\bar{\omega}$ 为目标速度，B 为系数参数，即 B 为为对波动速度 $\tilde{\omega}$ 取绝对值后再低通滤波得到，$\bar{\omega}t$ 为机械角度，θ 为反馈的力矩补偿角度。

如图 3 所示，在本发明的实施例中，在对第三参考值 $\tilde{\omega} B\cos(\bar{\omega}t + \theta)$ 进行 PI 处理以生成力矩补偿角度之前，还包括：对第三参考值进行低通滤波处理。

S4，获取负载力矩参考值，并根据负载力矩参考值生成力矩补偿幅值。

其中，如图 2 所示，负载力矩参考值 Trqref 通过对波动速度即速度误差 Speederror 进行 PI 速度环处理而获得。

并且，在步骤 S4 中，如图 3 所示，根据负载力矩参考值生成力矩补偿幅值进一步包括：根据负载力矩参考值 Trqref 和力矩补偿系数参数 Trqcoefficient 生成第五参考值 Trqref×Trqcoefficient；以及根据第五参考值 Trqref×Trqcoefficient 生成力矩补偿幅值 M。

具体而言，在本发明的实施例中，需要对第五参考值 Trqref×Trqcoefficient 进行力矩补偿限制处理即限幅处理，则根据第五参考值生成力矩补偿幅值进一步包括：当第五参考值大于力矩补偿限制值时，则将力矩补偿限制值作为力矩补偿幅值；以及当第五参考值小于等于力矩补偿限制值时，则将第五参考值作为力矩补偿幅值。

S5，根据目标速度、力矩补偿角度和力矩补偿幅值生成前馈力矩补偿值。

根据本发明的一个实施例，如图 3 所示，如果压缩机为稀土压缩机，则步骤 S5 进一步包括：对第一参考值 $\bar{\omega}t + \theta$ 进行正弦函数计算以生成第六参考值 $\sin(\bar{\omega}t + \theta)$；以及根据第六参考值 $\sin(\bar{\omega}t + \theta)$ 和力矩补偿幅值 M 生成前馈力矩补偿值 $T_{comp} = M\sin(\bar{\omega}t + \theta)$。

根据本发明的另一个实施例，如图 4 所示，如果压缩机为铁氧体压缩机，则步骤 S5 进一步包括：对第一参考值 $\bar{\omega}t + \theta$ 进行正弦函数计算以生成第六参考值

$\sin(\bar{\omega}t+\theta)$；根据目标速度$\bar{\omega}$和机电时间常数$\tau_m$生成第七参考值；根据第六参考值和第七参考值生成第八参考值；根据第八参考值和力矩补偿幅值生成前馈力矩补偿值$T_{comp}=M\sin(\bar{\omega}t+\theta)$。

也就是说，以基波负载进行分析，在稀土压缩机中，由于转子积厚较低，相应的转动惯量 J 很小，导致τ_m（机电时间常数）很小，并且力矩补偿都在低频下进行，因此一般可以在单缸稀土压缩机中忽视$\tan^{-1}(\bar{\omega}\tau_m)$所带来的角度延迟，这样可以得出波动速度$\tilde{\omega}=ASin(\bar{\omega}t+\theta_x)$与压缩机基波力矩负载$T_{L1}\sin(\bar{\omega}t+\theta_x)$含有相同的相位信息，其中，$A=\frac{-a_m\tau_m}{\sqrt{1+\bar{\omega}\tau_m^2}}$。而在铁氧体压缩机中，由于转动惯量 J 很大，导致τ_m机电时间常数很大，所造成的延迟不能忽略，所以需要补偿$\tan^{-1}(\bar{\omega}\tau_m)$角度。在压缩机确定时$\tan^{-1}(\bar{\omega}\tau_m)$只随转速变化而变化。

由于波动速度是可以观测的，如图 5 所示，通过使用 PLL 角度观测器根据 PLL 方式跟踪转速相位就可以求出速度相位θ_x，这样也就求出了力矩补偿角度θ_x。其中，

$$\begin{aligned}C&=\tilde{\omega}\times BCos(\bar{\omega}t+\theta)=ASin(\bar{\omega}t+\theta_x)\times BCos(\bar{\omega}t+\theta)\\&=0.5AB(Sin(2\bar{\omega}t+\theta+\theta_x)+Sin(\theta_x-\theta))\end{aligned}\qquad(5)$$

将 C 通过一个低通滤波器进行低通滤波，滤掉高频分量$0.5ABSin(2\bar{\omega}t+\theta+\theta_x)$，通过一个 PI 环反馈回来即可求出补偿角度$\theta=\theta_x$，即将 0 作为 PI 环的参考输入，只有当$\theta_x=\theta$时才能调节到参考量，具体如图 5 所示。

因此，在本发明的实施例中，如图 2 所示，矢量控制系统的速度环输出负载力矩参考值 Trqref 时增加一个前馈正弦基波力矩补偿值$T_{comp}=M\sin(\bar{\omega}t+\theta_x)$，其中 M 和$\theta_x$在前述可以计算出相应值，$\omega t$（即转子角度）和 Trqref 可以在矢量控制系统直接提取使用，不需要其他计算过程。

由于速度采样信号具有较多的高次谐波在里面，因此需要将波动速度信号$\tilde{\omega}$进行

一阶低通滤波处理，但是滤波会有一定的延迟存在，为此将 $BCos(\bar{\omega}t+\theta)$ 进行同样延迟的一阶低通滤波处理，即两个一阶低通滤波器的截止频率相同。即言，以相同的截止频率对波动速度和第二参考值进行滤波。

力矩补偿幅值在速度环输出 Trqref 后，需要在 Trqref 上叠加正弦波幅值大小为 M=Trqref*Trqcofficient。为了防止补偿力矩过大导致系统不稳定或压缩机退磁，在力矩补偿系数 Trqcofficient 后面加入一个幅值限制。

由于不加力矩补偿和加入正确力矩补偿后速度信号变化明显，如果 A 与 B 的差异过大会导致 PLL 失效，因此需要 B=lowpass（$|\tilde{\omega}|$）进行取值，其中滤波很深，即将速度误差信号幅值大小实时取正后低通滤波得到 B。

综上所述，本发明实施例的压缩机力矩自动补偿方法中 PLL 力矩补偿为前馈控制是基于正弦波基波补偿方式实现，其中通过 PLL 方式求出自动力矩补偿的角度值，通过所需速度环输出力矩参考值自动控制压缩机的正弦值幅值。这样角度和幅值实时在线调整，大大降低了力矩补偿的调试时间，并且在全工况范围内实现了最优补偿效果。

根据本发明实施例的压缩机力矩自动补偿方法，通过锁相环 PLL 的方式生成力矩补偿角度，并通过速度环输出的负载力矩参考值生成力矩补偿幅值，这样能够实时跟踪负载力矩角度和负载力矩幅值，实现角度和幅值实时在线调整，大大降低了力矩补偿的调试时间，并且在压缩机全工况范围内实现最优补偿效果，尤其能够减小压缩机在低频运行时的振动，保证压缩机稳定运行。

图 6 为根据本发明实施例的压缩机的控制方法的流程图。如图 6 所示，该压缩机的控制方法包括以下步骤：

S601，获取目标速度和反馈速度，并根据目标速度和反馈速度生成波动速度。

S602，对波动速度进行速度环控制以生成负载力矩参考值；

S603，根据上述的压缩机力矩自动补偿方法生成前馈力矩补偿值。

S604，根据负载力矩参考值和前馈力矩补偿值对压缩机进行控制。

具体地，如图 2 所示，对反馈速度 w_fbk 与目标速度 w_ref 之间的速度误差 Speederror 即波动速度 $\tilde{\omega}$ 进行 PI 控制以获得负载力矩参考值 Trqref，根据负载力矩参考值 Trqref、反馈速度 w_fbk、目标速度 w_ref 以及机电时间常数 τ_m 通过上述的压缩机力矩自动补偿方法生成 Tcomp，使 Tcomp 与速度环输出的 Trqref 前馈叠加，参与到电流环的输入过程中，最终实现 SVPWM（Space Vector Pulse Width Modulation，空间矢

量脉宽调制）的 VA、VB、VC 三相压缩机电机电压输出，实现对压缩机的控制。

根据本发明实施例的压缩机的控制方法，通过上述的压缩机力矩自动补偿方法生成前馈力矩补偿值，并根据负载力矩参考值和前馈力矩补偿值对压缩机进行控制，这样能够实时跟踪负载力矩角度和负载力矩幅值，实现角度和幅值实时在线调整，大大降低了力矩补偿的调试时间，并且在压缩机全工况范围内实现最优补偿效果，尤其能够减小压缩机在低频运行时的振动，保证压缩机稳定运行。

图 7 为根据本发明实施例的压缩机力矩自动补偿装置的方框示意图。如图 7 所示，该压缩机力矩自动补偿装置包括速度获取模块 10、速度生成模块 20、力矩补偿角度生成模块 30、力矩补偿幅值生成模块 40 和前馈力矩补偿生成模块 50。

其中，速度获取模块 10 用于获取目标速度和反馈速度，速度生成模块 20 用于根据所述目标速度和反馈速度生成波动速度，力矩补偿角度生成模块 30 用于所述目标速度和波动速度利用锁相环 PLL 的方式生成力矩补偿角度，力矩补偿幅值生成模块 40 用于获取负载力矩参考值，并根据负载力矩参考值生成力矩补偿幅值，前馈力矩补偿生成模块 50 用于根据目标速度、力矩补偿角度和力矩补偿幅值生成前馈力矩补偿值。

其中，根据本发明的一个实施例，如图 3 或图 4 所示，力矩补偿角度生成模块 30 用于根据目标速度生成机械角度，并根据机械角度和反馈的力矩补偿角度生成第一参考值，根据第一参考值生成第二参考值，以及根据波动速度和第二参考值生成第三参考值，并对第三参考值进行比例积分 PI 处理以生成力矩补偿角度。

并且，力矩补偿角度生成模块 30 在生成所述第三参考值之前，还用于以相同的截止频率对波动速度和第二参考值进行滤波。

其中，力矩补偿角度生成模块 30 还用于对第一参考值进行余弦函数计算以生成第四参考值，并根据波动速度生成系数参数 B，以及根据第四参考值和系数参数生成第二参考值。

根据本发明的一个实施例，力矩补偿角度生成模块 30 根据以下公式计算所述第三参考值：

$$C = \tilde{\omega} \times BCos(\bar{\omega}t + \theta)$$

其中，C 为第三参考值，$\tilde{\omega}$ 为波动速度，$\bar{\omega}$ 为目标速度，B 为系数参数且 B=lowpass（$|\tilde{\omega}|$），$\bar{\omega}t$ 为机械角度，θ 为反馈的力矩补偿角度。

并且，力矩补偿角度生成模块 30 在对第三参考值进行 PI 处理之前还用于对第三

参考值进行低通滤波处理。

如图 3 或图 4 所示，力矩补偿幅值生成模块 40 还用于根据负载力矩参考值和力矩补偿系数参数生成第五参考值，并根据第五参考值生成力矩补偿幅值。

其中，当第五参考值大于力矩补偿限制值时，力矩补偿幅值生成模块将力矩补偿限制值作为所述力矩补偿幅值；当第五参考值小于等于力矩补偿限制值时，力矩补偿幅值生成模块将第五参考值作为力矩补偿幅值。

如图 3 所示，当压缩机为稀土压缩机时，前馈力矩补偿生成模块 50 对第一参考值进行正弦函数计算以生成第六参考值，并根据第六参考值和力矩补偿幅值生成前馈力矩补偿值。

如图 4 所示，当压缩机为铁氧体压缩机时，前馈力矩补偿生成模块 50 对第一参考值进行正弦函数计算以生成第六参考值，并根据目标速度和机电时间常数生成第七参考值，根据第六参考值和第七参考值生成第八参考值，以及根据第八参考值和力矩补偿幅值生成前馈力矩补偿值。

根据本发明实施例的压缩机力矩自动补偿装置，力矩补偿角度生成模块通过锁相环 PLL 的方式生成力矩补偿角度，力矩补偿幅值生成模块通过速度环输出的负载力矩参考值生成力矩补偿幅值。这样，本发明实施例的压缩机力矩自动补偿装置能够实时跟踪负载力矩角度和负载力矩幅值，实现角度和幅值实时在线调整，从而大大降低了力矩补偿的调试时间，并且在压缩机全工况范围内实现最优补偿效果，尤其能够减小压缩机在低频运行时的振动，保证压缩机稳定运行。

此外，本发明实施例还提出了一种压缩机，该压缩机包括上述的压缩机力矩自动补偿装置。

本发明实施例的压缩机，能够通过上述的压缩机力矩自动补偿装置生成前馈力矩补偿值，从而能够实时跟踪负载力矩角度和负载力矩幅值，实现角度和幅值实时在线调整，大大降低了力矩补偿的调试时间，并且在全工况范围内实现最优补偿效果，尤其能够在低频运行时减小振动，保证运行稳定。

流程图中或在此以其他方式描述的任何过程或方法描述可以被理解为，表示包括一个或更多个用于实现特定逻辑功能或过程的步骤的可执行指令的代码的模块、片段或部分，并且本发明的优选实施方式的范围包括另外的实现，其中可以不按所示出或讨论的顺序，包括根据所涉及的功能按基本同时的方式或按相反的顺序，来执行功能，这应被本发明的实施例所属技术领域的技术人员所理解。

在流程图中表示或在此以其他方式描述的逻辑和/或步骤，例如，可以被认为是用

于实现逻辑功能的可执行指令的定序列表，可以具体实现在任何计算机可读介质中，以供指令执行系统、装置或设备（如基于计算机的系统、包括处理器的系统或其他可以从指令执行系统、装置或设备取指令并执行指令的系统）使用，或结合这些指令执行系统、装置或设备而使用。就本说明书而言，"计算机可读介质"可以是任何可以包含、存储、通信、传播或传输程序以供指令执行系统、装置或设备或结合这些指令执行系统、装置或设备而使用的装置。计算机可读介质的更具体的示例（非穷尽性列表）包括以下：具有一个或多个布线的电连接部（电子装置），便携式计算机盘盒（磁装置），随机存取存储器（RAM），只读存储器（ROM），可擦除可编辑只读存储器（EPROM或闪速存储器），光纤装置，以及便携式光盘只读存储器（CDROM）。另外，计算机可读介质甚至可以是可在其上打印所述程序的纸或其他合适的介质，因为可以例如通过对纸或其他介质进行光学扫描，接着进行编辑、解译或必要时以其他合适方式进行处理来以电子方式获得所述程序，然后将其存储在计算机存储器中。

应当理解，本发明的各部分可以用硬件、软件、固件或它们的组合来实现。在上述实施方式中，多个步骤或方法可以用存储在存储器中且由合适的指令执行系统执行的软件或固件来实现。例如，如果用硬件来实现，和在另一实施方式中一样，可用本领域公知的下列技术中的任一项或他们的组合来实现：具有用于对数据信号实现逻辑功能的逻辑门电路的离散逻辑电路，具有合适的组合逻辑门电路的专用集成电路，可编程门阵列（PGA），现场可编程门阵列（FPGA）等。

本技术领域的普通技术人员可以理解实现上述实施例方法携带的全部或部分步骤是可以通过程序来指令相关的硬件完成，所述的程序可以存储于一种计算机可读存储介质中，该程序在执行时，包括方法实施例的步骤之一或其组合。

此外，在本发明各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理模块中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个模块中。上述集成的模块既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能模块的形式实现。所述集成的模块如果以软件功能模块的形式实现并作为独立的产品销售或使用时，也可以存储在一个计算机可读取存储介质中。

上述提到的存储介质可以是只读存储器，磁盘或光盘等。

在本说明书的描述中，参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中，对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。而且，描述的具体特征、结构、材料或者

特点可以在任何的一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

尽管已经示出和描述了本发明的实施例，对于本领域的普通技术人员而言，可以理解在不脱离本发明的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型，本发明的范围由所附权利要求及其等同限定。

权利要求书

1、一种压缩机力矩自动补偿方法，其特征在于，包括以下步骤：

获取目标速度和反馈速度；

根据所述目标速度和反馈速度生成波动速度；

根据所述目标速度和波动速度利用锁相环 PLL 的方式生成力矩补偿角度；

获取负载力矩参考值，并根据所述负载力矩参考值生成力矩补偿幅值；以及

根据所述目标速度、所述力矩补偿角度和所述力矩补偿幅值生成前馈力矩补偿值。

2、如权利要求 1 所述的压缩机力矩自动补偿方法，其特征在于，根据所述目标速度和波动速度利用锁相环 PLL 的方式生成力矩补偿角度，进一步包括：

根据所述目标速度生成机械角度；

根据所述机械角度和反馈的力矩补偿角度生成第一参考值；

根据所述第一参考值生成第二参考值；

根据所述波动速度和所述第二参考值生成第三参考值；以及

对所述第三参考值进行比例积分 PI 处理以生成所述力矩补偿角度。

3、如权利要求 2 所述的压缩机力矩自动补偿方法，其特征在于，在根据所述波动速度和所述第二参考值生成第三参考值之前，还包括：

以相同的截止频率对所述波动速度和所述第二参考值进行滤波。

4、如权利要求 2 所述的压缩机力矩自动补偿方法，其特征在于，根据所述第一参考值生成第二参考值具体包括：

对所述第一参考值进行余弦函数计算以生成第四参考值；

根据所述波动速度生成系数参数；以及

根据所述第四参考值和所述系数参数生成所述第二参考值。

5、如权利要求 4 所述的压缩机力矩自动补偿方法，其特征在于，所述第三参考值根据以下公式计算得到：

$$C = \tilde{\omega} \times BCos(\bar{\omega}t + \theta)$$

其中，C 为所述第三参考值，$\tilde{\omega}$ 为所述波动速度，$\bar{\omega}$ 为所述目标速度，B 为所述系数参数，$\bar{\omega}t$ 为所述机械角度，θ 为所述反馈的力矩补偿角度。

6、如权利要求 2 所述的压缩机力矩自动补偿方法，其特征在于，在对所述第三参

考值进行 PI 处理以生成所述力矩补偿角度之前，还包括：

对所述第三参考值进行低通滤波处理。

7、如权利要求 1 所述的压缩机力矩自动补偿方法，其特征在于，根据所述负载力矩参考值生成力矩补偿幅值进一步包括：

根据所述负载力矩参考值和力矩补偿系数参数生成第五参考值；以及

根据所述第五参考值生成所述力矩补偿幅值。

8、如权利要求 7 所述的压缩机力矩自动补偿方法，其特征在于，根据所述第五参考值生成所述力矩补偿幅值进一步包括：

当所述第五参考值大于力矩补偿限制值时，则将所述力矩补偿限制值作为所述力矩补偿幅值；以及

当所述第五参考值小于等于所述力矩补偿限制值时，则将所述第五参考值作为所述力矩补偿幅值。

9、如权利要求 2 所述的压缩机力矩自动补偿方法，其特征在于，如果压缩机为稀土压缩机，则根据所述目标速度、所述力矩补偿角度和所述力矩补偿幅值生成前馈力矩补偿值，进一步包括：

对所述第一参考值进行正弦函数计算以生成第六参考值；以及

根据所述第六参考值和所述力矩补偿幅值生成所述前馈力矩补偿值。

10、如权利要求 2 所述的压缩机力矩自动补偿方法，其特征在于，如果压缩机为铁氧体压缩机，则根据所述目标速度、所述力矩补偿角度和所述力矩补偿幅值生成前馈力矩补偿值进一步包括：

对所述第一参考值进行正弦函数计算以生成第六参考值；

根据所述目标速度和机电时间常数生成第七参考值；

根据所述第六参考值和所述第七参考值生成第八参考值；

根据所述第八参考值和所述力矩补偿幅值生成所述前馈力矩补偿值。

11、一种压缩机的控制方法，其特征在于，包括以下步骤：

获取目标速度和反馈速度，并根据所述目标速度和反馈速度生成波动速度；

对所述波动速度进行速度环控制以生成负载力矩参考值；

根据如权利要求 1-10 中任一项所述的压缩机力矩自动补偿方法生成所述前馈力矩补偿值；

根据所述负载力矩参考值和所述前馈力矩补偿值对所述压缩机进行控制。

12、一种压缩机力矩自动补偿装置，其特征在于，包括：

速度获取模块，用于获取目标速度和反馈速度；

速度生成模块，用于根据所述目标速度和反馈速度生成波动速度；

力矩补偿角度生成模块，用于所述目标速度和波动速度利用锁相环 PLL 的方式生成力矩补偿角度；

力矩补偿幅值生成模块，用于获取负载力矩参考值，并根据所述负载力矩参考值生成力矩补偿幅值；以及

前馈力矩补偿生成模块，用于根据所述目标速度、所述力矩补偿角度和所述力矩补偿幅值生成前馈力矩补偿值。

13、如权利要求 12 所述的压缩机力矩自动补偿装置，其特征在于，所述力矩补偿角度生成模块用于根据所述目标速度生成机械角度，并根据所述机械角度和反馈的力矩补偿角度生成第一参考值，根据所述第一参考值生成第二参考值，以及根据所述波动速度和所述第二参考值生成第三参考值，并对所述第三参考值进行比例积分 PI 处理以生成所述力矩补偿角度。

14、如权利要求 13 所述的压缩机力矩自动补偿装置，其特征在于，所述力矩补偿角度生成模块在生成所述第三参考值之前，还用于以相同的截止频率对所述波动速度和所述第二参考值进行滤波。

15、如权利要求 13 所述的压缩机力矩自动补偿装置，其特征在于，所述力矩补偿角度生成模块还用于对所述第一参考值进行余弦函数计算以生成第四参考值，并根据所述波动速度生成系数参数，以及根据所述第四参考值和所述系数参数生成所述第二参考值。

16、如权利要求 15 所述的压缩机力矩自动补偿装置，其特征在于，所述力矩补偿角度生成模块根据以下公式计算所述第三参考值：

$$C = \tilde{\omega} \times BCos(\bar{\omega}t + \theta)$$

其中，C 为所述第三参考值，$\tilde{\omega}$ 为所述波动速度，$\bar{\omega}$ 为所述目标速度，B 为所述系数参数，$\bar{\omega}t$ 为所述机械角度，θ 为所述反馈的力矩补偿角度。

17、如权利要求 13 所述的压缩机力矩自动补偿装置，其特征在于，所述力矩补偿角度生成模块在对所述第三参考值进行 PI 处理之前还用于对所述第三参考值进行低通滤波处理。

18、如权利要求 12 所述的压缩机力矩自动补偿装置，其特征在于，所述力矩补偿

幅值生成模块还用于根据所述负载力矩参考值和力矩补偿系数参数生成第五参考值，并根据所述第五参考值生成所述力矩补偿幅值。

19、如权利要求 18 所述的压缩机力矩自动补偿装置，其特征在于，

当所述第五参考值大于力矩补偿限制值时，所述力矩补偿幅值生成模块将所述力矩补偿限制值作为所述力矩补偿幅值；以及

当所述第五参考值小于等于所述力矩补偿限制值时，所述力矩补偿幅值生成模块将所述第五参考值作为所述力矩补偿幅值。

20、如权利要求 13 所述的压缩机力矩自动补偿装置，其特征在于，当压缩机为稀土压缩机时，所述前馈力矩补偿生成模块对所述第一参考值进行正弦函数计算以生成第六参考值，并根据所述第六参考值和所述力矩补偿幅值生成所述前馈力矩补偿值。

21、如权利要求 13 所述的压缩机力矩自动补偿装置，其特征在于，当压缩机为铁氧体压缩机时，所述前馈力矩补偿生成模块对所述第一参考值进行正弦函数计算以生成第六参考值，并根据所述目标速度和机电时间常数生成第七参考值，根据所述第六参考值和所述第七参考值生成第八参考值，以及根据所述第八参考值和所述力矩补偿幅值生成所述前馈力矩补偿值。

22、一种压缩机，其特征在于，包括如权利要求 12-21 中任一项所述的压缩机力矩自动补偿装置。

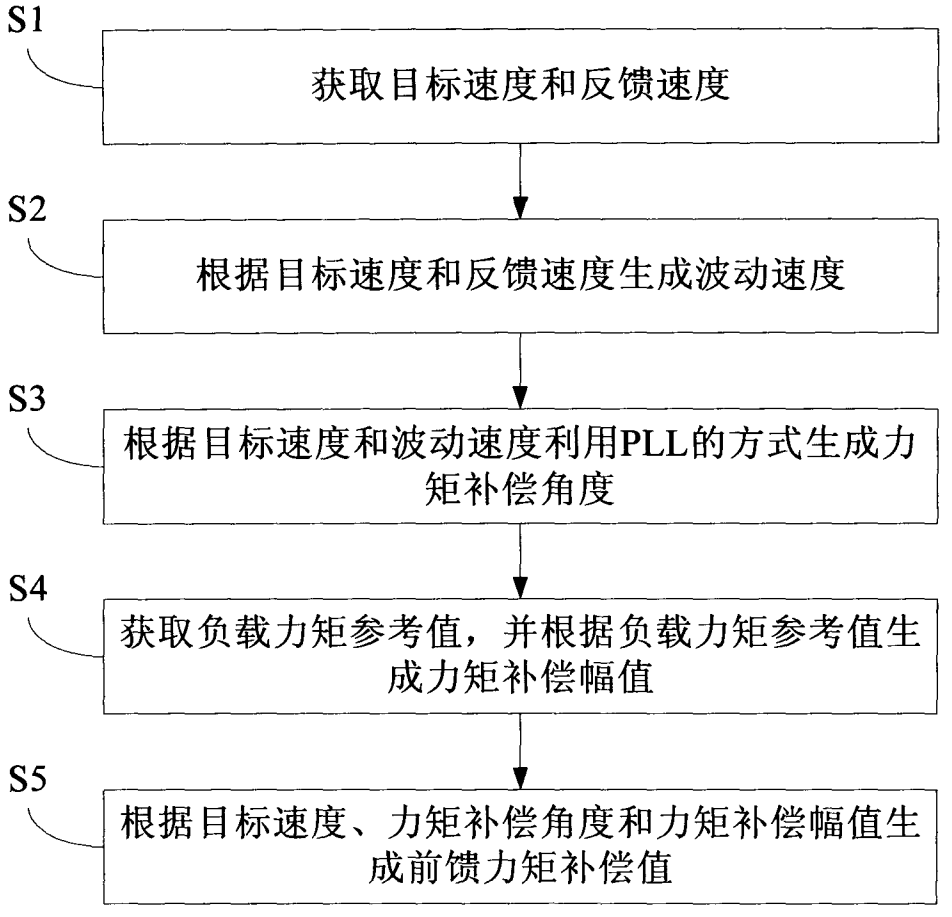

S1
获取目标速度和反馈速度
S2
根据目标速度和反馈速度生成波动速度
S3
根据目标速度和波动速度利用PLL的方式生成力矩补偿角度
S4
获取负载力矩参考值，并根据负载力矩参考值生成力矩补偿幅值
S5
根据目标速度、力矩补偿角度和力矩补偿幅值生成前馈力矩补偿值

图 1

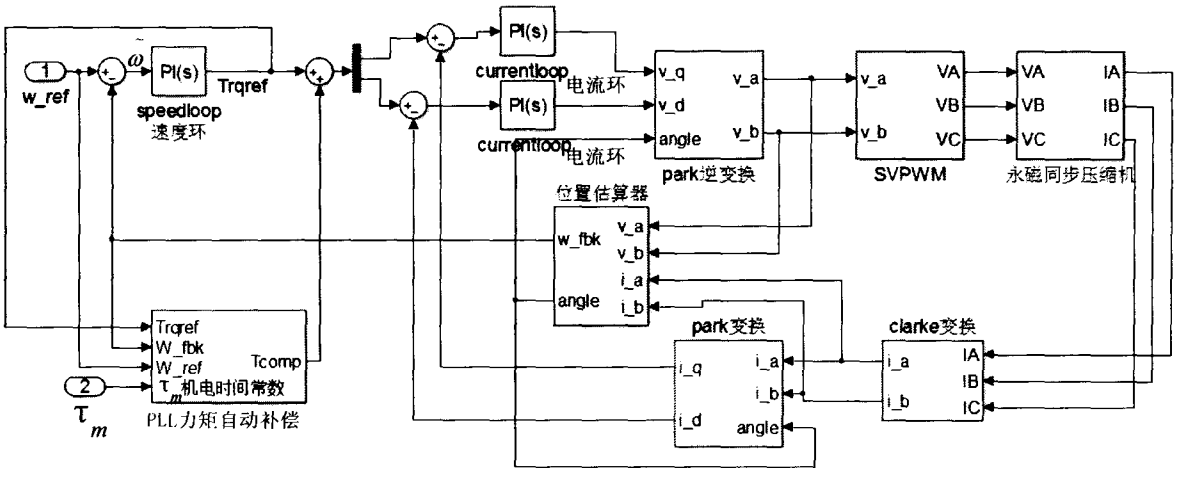

w_ref
speedloop
速度环
PI(s)
Trqref
currentloop
电流环
park逆变换
SVPWM
永磁同步压缩机
位置估算器
park变换
clarke变换
PLL力矩自动补偿
Tcomp

图 2

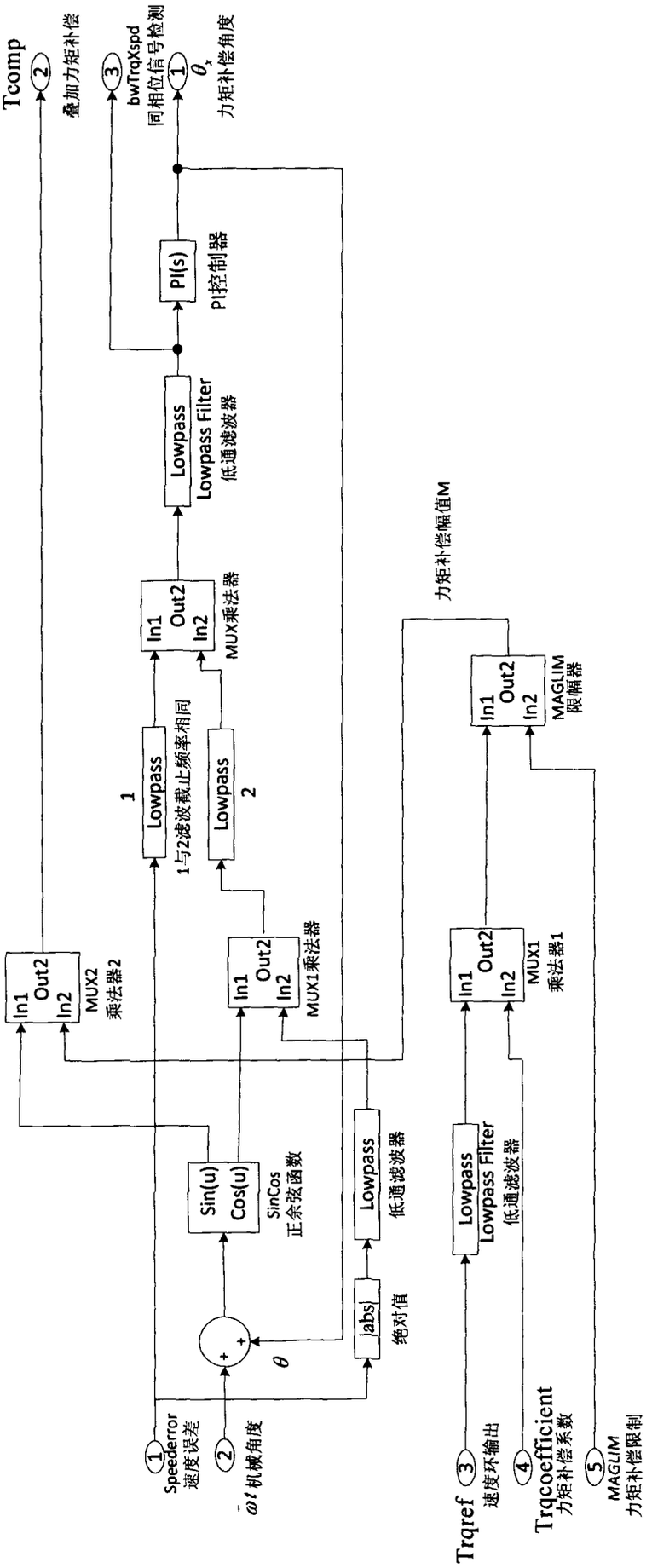

Tcomp
叠加力矩补偿
bwTrqXspd
同相位信号检测
力矩补偿角度
PI(s)
PI控制器
Lowpass
Lowpass Filter
低通滤波器
In1
Out2
In2
MUX乘法器
力矩补偿幅值M
1
Lowpass
1与2滤波截止频率相同
Lowpass
2
MUX2
乘法器2
MUX1乘法器
Sin(u)
Cos(u)
SinCos
正余弦函数
Lowpass
低通滤波器
|abs|
绝对值
θ
MUX1
乘法器1
MAGLIM
限幅器
Speederror
速度误差
机械角度
Trqref
速度环输出
Trqcoefficient
力矩补偿系数
MAGLIM
力矩补偿限制

图 3

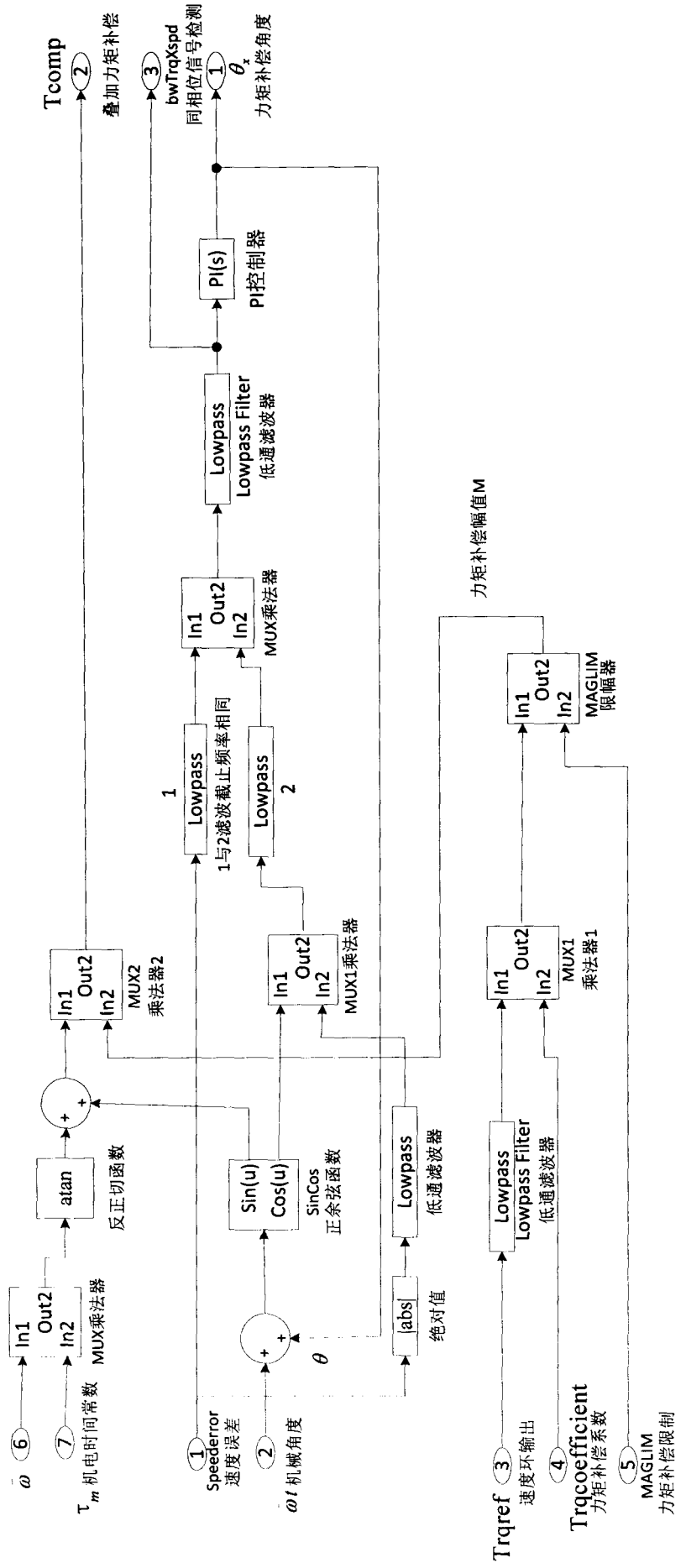

Tcomp
2
叠加力矩补偿
3
bwTrqXspd
同相位信号检测
1
θ_x
力矩补偿角度
PI(s)
PI控制器
Lowpass
Lowpass Filter
低通滤波器
In1
Out2
In2
MUX乘法器
1
Lowpass
1与2滤波截止频率相同
Lowpass
2
力矩补偿幅值M
In1
Out2
In2
MUX2
乘法器2
In1
Out2
In2
MUX1乘法器
In1
Out2
In2
MUX1
乘法器1
In1
Out2
In2
MAGLIM
限幅器
atan
反正切函数
Sin(u)
Cos(u)
SinCos
正余弦函数
Lowpass
低通滤波器
|abs|
绝对值
Lowpass
Lowpass Filter
低通滤波器
ω
6
τ_m
7
机电时间常数
MUX乘法器
1
Speederror
速度误差
2
ωt
机械角度
θ
Trqref
3
速度环输出
4
Trqcoefficient
力矩补偿系数
5
MAGLIM
力矩补偿限制

图 4

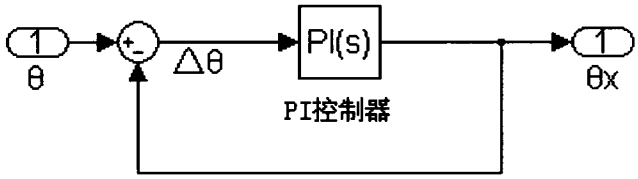

1
θ
+
-
Δθ
PI(s)
PI控制器
1
θx

图 5

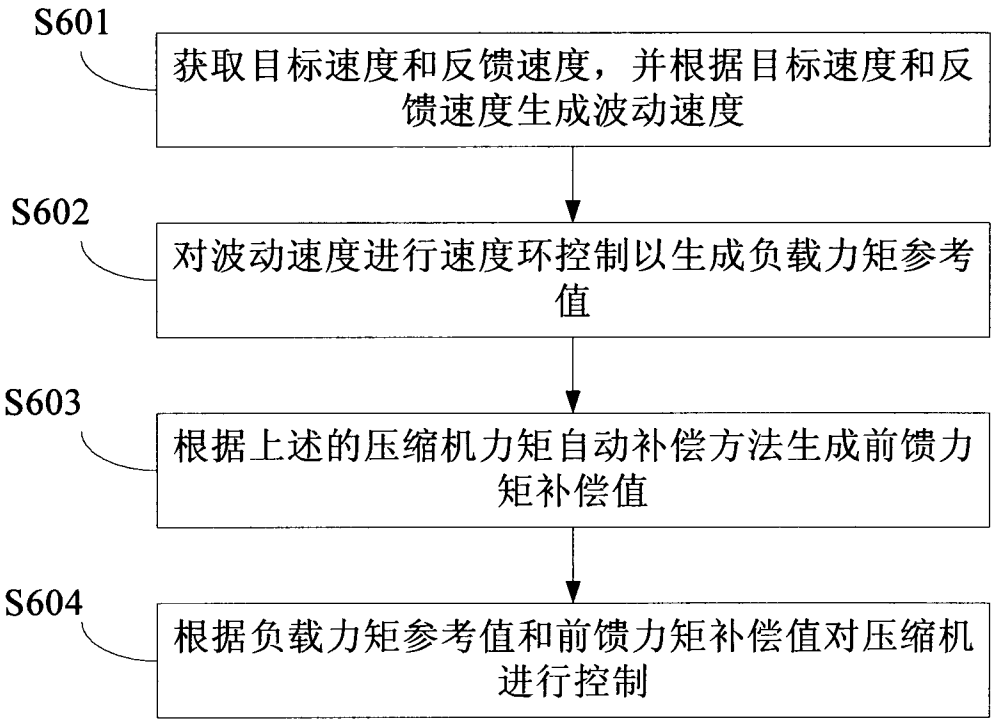

S601
获取目标速度和反馈速度，并根据目标速度和反馈速度生成波动速度
S602
对波动速度进行速度环控制以生成负载力矩参考值
S603
根据上述的压缩机力矩自动补偿方法生成前馈力矩补偿值
S604
根据负载力矩参考值和前馈力矩补偿值对压缩机进行控制

图 6

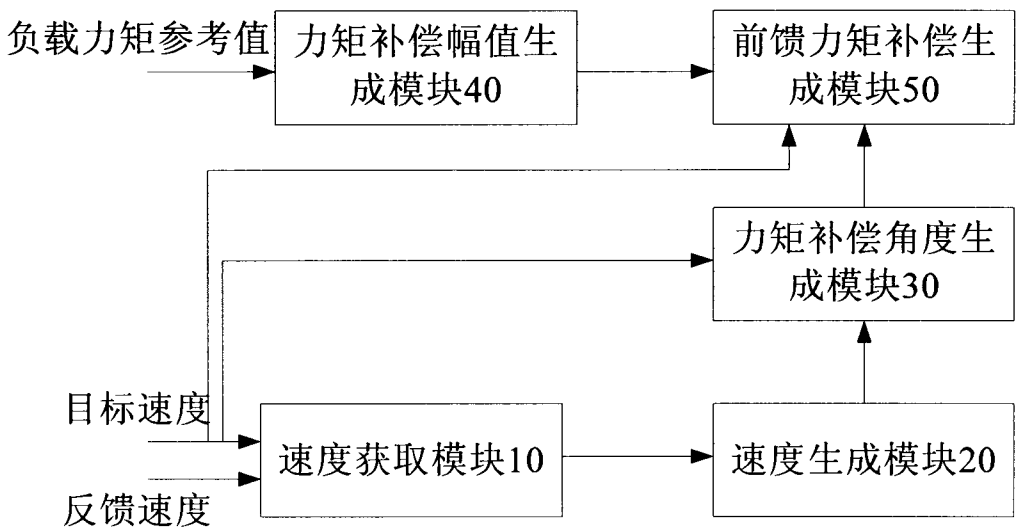

负载力矩参考值
力矩补偿幅值生成模块40
前馈力矩补偿生成模块50
力矩补偿角度生成模块30
目标速度
反馈速度
速度获取模块10
速度生成模块20

图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2013/090551

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F04B 49/06 (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)

F04B 49/06; F04B 49/00; F04C 28/00; F24F 11/02; F24F 11/00; H02P 21/05

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, VEN, CNKI: rotating speed, compressor?, moment, torque, compensat+, speed

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E	CN 103742396 A (GUANGDONG MEIZHI COMPRESSOR CO., LTD.), 23 April 2014 (23.04.2014), claims 1-22	1-22
A	CN 103470483 A (GUANGDONG MEIZHI COMPRESSOR CO., LTD.), 25 December 2013 (25.12.2013), claims 1-12	1-22
A	US 2011138816 A1 (TAKEDA, K. et al.), 16 June 2011 (16.06.2011), the whole document	1-22
A	JP 2009296722 A (TOSHIBA CORP.), 17 December 2009 (17.12.2009), the whole document	1-22
A	JP 2008295204 A (TOSHIBA CORP.), 04 December 2008 (04.12.2008), the whole document	1-22
A	CN 102522941 A (HAIER ELECTRONICS GROUP CO., LTD. et al.), 27 June 2012 (27.06.2012), the whole document	1-22

☐ 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
08 July 2014 (08.07.2014)	**06 August 2014 (06.08.2014)**
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 **QIN, Baojun** Telephone No.: (86-10) **62084087**

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2013/090551

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103742396 A	23 April 2014	None	
CN 103470483 A	25 December 2013	None	
US 2011138816 A1	16 June 2011	AU 2009315131 B2	08 December 2011
		JP 2010116831 A	27 May 2010
		EP 2325491 A1	25 May 2011
		JP 5167078 B2	21 March 2013
		AU 2009315131 A1	20 May 2010
		WO 2010055723 A1	20 May 2010
JP 2009296722 A	17 December 2009	None	
JP 2008295204 A	04 December 2008	None	
CN 102522941 A	27 June 2012	None	

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2013/090551

A. 主题的分类

F04B 49/06(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)

F04B49/06; F04B49/00; F04C28/00; F24F11/02; F24F11/00; H02P21/05

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））

CNABS、VEN、CNKI:压缩机，力矩，补偿，速度，转速，compressor?,moment,torque, compensat+,speed

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
E	CN 103742396 A (广东美芝制冷设备有限公司) 2014年 4月 23日 (2014-04-23) 权利要求1-22	1-22
A	CN 103470483 A (广东美芝制冷设备有限公司) 2013年 12月 25日 (2013-12-25) 权利要求1-12	1-22
A	US 2011138816 A1 (TAKEDA KAZUHIRO等) 2011年 6月 16日 (2011-06-16) 全文	1-22
A	JP 2009296722 A (TOSHIBA CORP) 2009年 12月 17日 (2009-12-17) 全文	1-22
A	JP 2008295204 A (TOSHIBA CORP) 2008年 12月 04日 (2008-12-04) 全文	1-22
A	CN 102522941 A (海尔集团公司等) 2012年 6月 27日 (2012-06-27) 全文	1-22

☐ 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	国际检索报告邮寄日期
2014年 7月 08日	2014年 8月 06日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国	秦保军
传真号 (86-10)62019451	电话号码 (86-10)62084087

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2013/090551

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	103742396	A	2014年 4月 23日	无			
CN	103470483	A	2013年 12月 25日	无			
US	2011138816	A1	2011年 6月 16日	AU	2009315131	B2	2011年 12月 08日
				JP	2010116831	A	2010年 5月 27日
				EP	2325491	A1	2011年 5月 25日
				JP	5167078	B2	2013年 3月 21日
				AU	2009315131	A1	2010年 5月 20日
				WO	2010055723	A1	2010年 5月 20日
JP	2009296722	A	2009年 12月 17日	无			
JP	2008295204	A	2008年 12月 04日	无			
CN	102522941	A	2012年 6月 27日	无			