

(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
2018 年 11 月 22 日 (22.11.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/209774 A1

(51) 国际专利分类号:
F24F 11/00 (2018.01)

德 区 北 滘 镇 美 的 工 业 城 东 区 制 冷 综 合 楼, Guangdong 528311 (CN)。

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/091127

(22) 国际申请日: 2017 年 6 月 30 日 (30.06.2017)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201710353110.X 2017年5月18日 (18.05.2017) CN

(71) 申请人: 广东美的制冷设备有限公司 (GD MIDEA AIR-CONDITIONING EQUIPMENT CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省佛山市顺

(72) 发明人: 张国柱 (ZHANG, Guozhu); 中国广东省佛山市顺德区北滘镇美的工业城东区制冷综合楼, Guangdong 528311 (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,

(54) Title: COMPRESSOR DRIVING SYSTEM, AND METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING SAME

(54) 发明名称: 压缩机驱动系统及其控制方法、装置

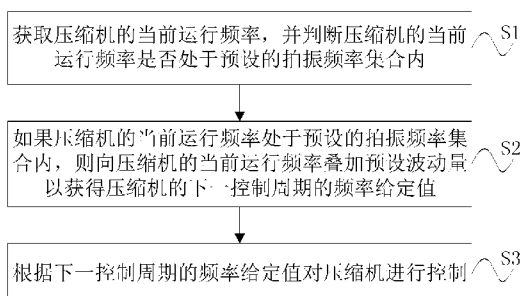


图 4

- S1 Acquire a current operation frequency of a compressor, and determine whether the current operation frequency of the compressor is within a preset beat vibration frequency set
- S2 If the current operation frequency of the compressor is within the preset beat vibration frequency set, superpose a preset fluctuation amount to the current operation frequency of the compressor to obtain a frequency given value of a next control period of the compressor
- S3 Control the compressor according to the frequency given value of the next control period

(57) Abstract: A compressor driving system, and a method and device for controlling same. The method comprises the following steps: acquiring a current operation frequency of a compressor, and determining whether the current operation frequency of the compressor is within a preset beat vibration frequency set; if the current operation frequency of the compressor is within the preset beat vibration frequency set, superposing a preset fluctuation amount to the current operation frequency of the compressor to obtain a frequency given value of a next control period of the compressor; and controlling the compressor according to the frequency given value of the next control period. The method relates to superposing a fluctuation amount to an operation frequency of a compressor to obtain a frequency given value of a next control period, and controlling the compressor according to the frequency given value, such that a beat vibration phenomenon generated due to an interaction of compressor periodic load fluctuation and input alternating current power supply fluctuation is effectively eliminated, and problems of noise and vibration caused by the beat vibration phenomenon are avoided.

(57) 摘要: 一种压缩机驱动系统及其控制方法、装置, 所述方法包括以下步骤: 获取压缩机的当前运行频率, 并判断压缩机的当前运行频率是否处于预设的拍振频率集合内; 如果压缩机的当前运行频率处于预设的拍振频率集合内, 则向压缩机的当前运行频率叠加预设波动量, 以获得压缩机的下一控制周期的频率给定值; 以及根据下一控制周期的频率给定值对压缩机进行控制。该方法通过向压缩机的运行频率叠加波动量以获得下一控制周期的频率给定值, 根据该频率给定值对压缩机进行控制, 从而有效消除压缩机周期性负载波动与输入交流电源波动相互作用产生的拍振现象, 避免因拍振现象引起的噪音与振动问题。

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))。

压缩机驱动系统及其的控制方法、装置

技术领域

本发明涉及电机控制技术领域，特别涉及一种压缩机驱动系统的控制方法、一种计算机存储介质、一种压缩机驱动系统的控制装置和一种具有该控制装置的压缩机驱动系统。

背景技术

随着消费者对机电产品节能性要求的提升，效率更高的变频电机驱动器得到了越来越广泛的应用。如图 1 所示，常规变频驱动器的直流母线电压处于稳定状态，逆变部分与输入交流电压相对独立，从而使逆变部分的控制无需考虑输入电压的瞬时变化，便于控制方法的实现。然而，这种设计方法需要配备容值较大的电解电容，使得驱动器体积变大，成本提升，而且电解电容的寿命有限，其有效工作时间往往是驱动器寿命的瓶颈。

为此，相关技术中提出了一种电容小型化的电机驱动器，如图 2 所示。与常规的交直流驱动电路相比，省去了 PFC (Power Factor Correction, 功率因数校正) 部分，并以小容值的薄膜电容 (或陶瓷电容) 取代电解电容，因此，既能实现降成本，又能消除电解电容引起的使用寿命瓶颈。

但是，当电容小型化电机驱动技术应用于对成本与节能性要求较高的压缩机驱动系统中时，由于电容小型化电机驱动技术需输出频率与两倍电源频率一致的波动力矩，以确保逆变的电压利用率和满足驱动器的高功率因数，所以该技术必然造成电机输出转速具有与两倍电源频率一致的波动成分，同时，由于压缩机负载存在周期性波动现象，而该波动成分的频率与两倍电源频率不一致，因此很可能引起拍振现象。

发明内容

本发明旨在至少在一定程度上解决相关技术中的技术问题之一。为此，本发明的第一个目的在于提出一种压缩机驱动系统的控制方法，通过向压缩机的运行频率叠加波动量以获得下一控制周期的频率给定值，根据该频率给定值对压缩机进行控制，从而有效消除了压缩机周期性负载波动与输入交流电源波动相互作用产生的拍振现象，避免因拍振现象引起的噪音与振动问题。

本发明的第二个目的在于提出一种计算机存储介质，用于存储应用程序，所述应用程序用于执行上述的压缩机驱动系统的控制方法。

本发明的第三个目的在于提出一种压缩机驱动系统的控制装置。

本发明的第四个目的在于提出一种压缩机驱动系统。

为实现上述目的，本发明第一方面实施例提出了一种压缩机驱动系统的控制方法，包括以下步骤：获取压缩机的当前运行频率，并判断所述压缩机的当前运行频率是否处于预设的拍振频率集合内；如果所述压缩机的当前运行频率处于所述预设的拍振频率集合内，则向所述压缩机的当前运行频率叠加预设波动量以获得所述压缩机的下一控制周期的频率给定值；以及根据所述下一控制周期的频率给定值对所述压缩机进行控制。

根据本发明实施例的压缩机驱动系统的控制方法，实时获取压缩机的当前运行频率，并判断压缩机的当前运行频率是否处于预设的拍振频率集合内，如果是，则向压缩机的当前运行频率叠加预设波动量以获得压缩机的下一控制周期的频率给定值，并根据下一控制周期的频率给定值对压缩机进行控制。该方法通过向压缩机的运行频率叠加波动量以获得下一控制周期的频率给定值，根据该频率给定值对压缩机进行控制，从而有效消除了压缩机周期性负载波动与输入交流电源波动相互作用产生的拍振现象，避免因拍振现象引起的噪音与振动问题。

根据本发明的一个实施例，通过对所述压缩机的整个运行频率范围内的每个运行频率进行噪音测试以获得所述预设的拍振频率集合。

根据本发明的一个实施例，所述预设波动量包括正弦波波动量、三角波波动量、梯形波波动量和通过混沌系统输出波动量中的一种或多种。

根据本发明的一个实施例，所述根据所述下一控制周期的频率给定值对所述压缩机进行控制，包括：根据所述下一控制周期的频率给定值获取所述压缩机的转速给定值；计算所述转速给定值与所述压缩机的转子速度估计值之间的速度差值，并对所述速度差值进行PI（Proportional Integral，比例积分）调节以获得初始转矩指令；获取输入交流电源的相位，并根据所述输入交流电源的相位生成波形系数；将所述波形系数和所述初始转矩指令相乘以获得所述压缩机的转矩指令，并根据所述转矩指令对所述压缩机进行控制。

根据本发明的一个实施例，通过以下公式生成所述波形系数：

$$w_f = \sin^2(\theta_s),$$

其中， w_f 为所述波形系数， θ_s 为所述输入交流电源的相位。

为实现上述目的，本发明第二方面实施例提出了一种计算机存储介质，用于存储应用程序，所述应用程序用于执行上述的压缩机驱动系统的控制方法。

本发明实施例的计算机存储介质，通过执行上述的压缩机驱动系统的控制方法，能够有效消除压缩机周期性负载波动与输入交流电源波动相互作用产生的拍振现象，避免因拍振现象引起的噪音与振动问题。

为实现上述目的，本发明第三方面实施例提出的一种压缩机驱动系统的控制装置，包

括：获取模块，用于获取压缩机的当前运行频率；判断模块，用于判断所述压缩机的当前运行频率是否处于预设的拍振频率集合内；修正模块，用于在所述判断模块判断所述压缩机的当前运行频率处于所述预设的拍振频率集合内时向所述压缩机的当前运行频率叠加预设波动量以获得所述压缩机的下一控制周期的频率给定值；以及控制模块，用于根据所述下一控制周期的频率给定值对所述压缩机进行控制。

根据本发明实施例的压缩机驱动系统的控制装置，通过获取模块实时获取压缩机的当前运行频率，并通过判断模块判断当前运行频率是否处于预设的拍振频率集合内。如果是，则修正模块向压缩机的当前运行频率叠加预设波动量以获得压缩机的下一控制周期的频率给定值，控制模块根据下一控制周期的频率给定值对压缩机进行控制。该装置通过向压缩机的运行频率叠加波动量以获得下一控制周期的频率给定值，根据该频率给定值对压缩机进行控制，从而有效消除了压缩机周期性负载波动与输入交流电源波动相互作用产生的拍振现象，避免因拍振现象引起的噪音与振动问题。

根据本发明的一个实施例，通过对所述压缩机的整个运行频率范围内的每个运行频率进行噪音测试以获得所述预设的拍振频率集合。

根据本发明的一个实施例，所述预设波动量包括正弦波波动量、三角波波动量、梯形波波动量和通过混沌系统输出波动量中的一种或多种。

根据本发明的一个实施例，所述控制模块包括：转速给定模块，用于根据所述下一控制周期的频率给定值获取所述压缩机的转速给定值；计算模块，用于计算所述转速给定值与所述压缩机的转子速度估计值之间的速度差值；PI 调节模块，用于对所述速度差值进行 PI 调节以获得初始转矩指令；波形发生函数，用于获取输入交流电源的相位，并根据所述输入交流电源的相位生成波形系数；乘法器，用于将所述波形系数和所述初始转矩指令相乘以获得所述压缩机的转矩指令；控制子模块，用于根据所述转矩指令对所述压缩机进行控制。

根据本发明的一个实施例，所述波形发生函数通过以下公式生成所述波形系数：

$$w_f = \sin^2(\theta_g),$$

其中， w_f 为所述波形系数， θ_g 为所述输入交流电源的相位。

为实现上述目的，本发明第四方面实施例提出了一种压缩机驱动系统，其包括上述的控制装置。

本发明实施例的压缩机驱动系统，通过上述的控制装置，在压缩机的当前运行频率处于拍振频率集合内时，通过向压缩机的运行频率叠加波动量以获得下一控制周期的频率给定值，根据该频率给定值对压缩机进行控制，从而有效消除了压缩机周期性负载波动与输

入交流电源波动相互作用产生的拍振现象，避免因拍振现象引起的噪音与振动问题。

附图说明

- 图 1 是带有 PFC 电路的常规变频驱动器的拓扑图；
 图 2 是电容小型化的电机驱动器的拓扑图；
 图 3 是拍振现象产生的原理示意图；
 图 4 是根据本发明实施例的压缩机驱动系统的控制方法的流程图；
 图 5 是根据本发明一个实施例的预设波动量的叠加示意图；以及
 图 6 是根据本发明实施例的压缩机驱动系统的控制装置的方框示意图。

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，旨在用于解释本发明，而不能理解为对本发明的限制。

在对本发明实施例的压缩机驱动系统的控制方法、压缩机驱动系统的控制装置和具有该控制装置的压缩机驱动系统进行详细描述之前，先来详细分析下压缩机产生拍振现象的机理。

图 3 是拍振现象产生的原理示意图，同时也是电容小型化压缩机驱动系统的闭环模型。如图 3 所示，ASR (Automatic Speed Regulator) 和 ACR (Automatic Current Regulator) 分别表示速度控制器和电流控制器，MTPA (Maximum Torque Per Ampere) 表示最大转矩电流比控制（也称定子电流最小控制），PWM (Pulse Width Modulation) 表示脉冲宽度调制，用于将 dq 轴的电压指令转换为三相占空比。

从图 3 可以看出，转矩指令 T_{ref} 等于 ASR 输出的初始转矩指令 T_0 乘以波形系数 w_f ，即：

$$T_{ref} = T_0 * w_f \quad (1)$$

其中，波形系数 w_f 为与输入交流电源的相位 θ_s 同步的变量，其频率为 f_s 。具体地，波形系数 w_f 可表示为：

$$\begin{aligned} w_f &= \sin^2(\theta_s) \\ &= (1 - \cos(2\theta_s)) / 2 \\ &= (1 - \cos(2\pi f_s t + \varphi_s)) / 2 \end{aligned} \quad (2)$$

其中, φ_s 为输入交流电压相位的偏差角度, t 为时间。

并且, 从图 3 可以看出, ASR 的输入为速度误差 $\omega_{ref} - \omega_r$, 其中, ω_{ref} 为压缩机的转速给定值, ω_r 为压缩机的转子速度估计值。由于压缩机负载具有周期性波动, 因此速度误差 $\omega_{ref} - \omega_r$ 具有频率为 f_r 的波动, 该波动将导致 ASR 输出的初始转矩指令 T_0 也具有频率为 f_r 的波动, 因此, 初始转矩指令 T_0 可以表示为:

$$T_0 = T_{0dc} + T_{0r} \sin(2\pi f_r t + \varphi_r) \quad (3)$$

其中, T_{0dc} 为初始转矩指令的恒定分量, T_{0r} 为初始转矩指令的波动分量的幅值, φ_r 为初始转矩指令的波动分量的相位差。

根据图 3, 转矩指令 T_{ref} 等于 ASR 输出的初始转矩指令 T_0 乘以波形系数 w_f , 因此有:

$$\begin{aligned} T_{ref} &= (T_{0dc} + T_{0r} \sin(2\pi f_r t + \varphi_r)) \cdot (1 - \cos(2\pi f_s t + \varphi_s)) / 2 \\ &= 0.5T_{0dc} + 0.5T_{0r} \sin(2\pi f_r t + \varphi_r) - 0.5T_{0dc} \cos(2\pi f_s t + \varphi_s) \\ &\quad - 0.5T_{0r} \sin(2\pi f_r t + \varphi_r) \cos(2\pi f_s t + \varphi_s) \\ &= 0.5T_{0dc} + 0.5T_{0r} \sin(2\pi f_r t + \varphi_r) - 0.5T_{0dc} \cos(2\pi f_s t + \varphi_s) \\ &\quad - 0.25T_{0r} \sin(2\pi(f_r + f_s)t + \varphi_r + \varphi_s) \\ &\quad - 0.25T_{0r} \sin(2\pi(f_r - f_s)t + \varphi_r - \varphi_s) \end{aligned} \quad (4)$$

上式中, 最后一项为频率为 $f_r - f_s$ 的拍振分量, 如果该拍振分量的频率 $f_r - f_s$ 较小, 则将产生拍振 (拍振是由频率相近的、幅值相近的两个信号叠加在一起形成时强时弱的信号), 而如果该拍振分量的频率 $f_r - f_s$ 较大, 则不会产生拍振。

简单的说, 压缩机驱动系统中拍振现象产生的机理是: 压缩机负载波动成分通过 ASR 产生频率为 f_r 的波动初始转矩指令 T_0 , 而最终转矩指令 T_{ref} 由 T_0 乘以波形系数 w_f 产生, 由于波形系数 w_f 含有两倍电源频率 f_s 的成分, 因而转矩指令 T_{ref} 将产生频率为 $|f_r - f_s|$ 的波动量。如果该波动量的频率 $|f_r - f_s|$ 较低 (如小于等于 2Hz), 将产生明显的低频振动与噪音, 即产生拍振, 此时需要对压缩机的控制进行调整, 以避免发生拍振引起噪音; 而如果该波动量的频率 $|f_r - f_s|$ 较高, 则不会产生低频振动与噪音, 此时不会产生拍振。

另外, 由上述分析可知, 由于转矩指令 T_{ref} 由初始转矩指令 T_0 与波形系数 w_f 相乘产

生，因此，初始转矩指令 T_0 和波形系数 w_f 的波动成分将引起频率为两者频率之差的拍振成分，同理，初始转矩指令 T_0 和波形系数 w_f 的谐波成分也将引起拍振成分。

为了有效解决因压缩机周期性负载波动与输入交流电源波动相互作用产生的拍振现象，本发明首先提出了一种压缩机驱动系统的控制方法。

图4是根据本发明实施例的压缩机驱动系统的控制方法的流程图。如图4所示，本发明实施例的压缩机驱动系统的控制方法可包括以下步骤：

S1，获取压缩机的当前运行频率，并判断压缩机的当前运行频率是否处于预设的拍振频率集合内。

具体地，通过前面分析可知，初始转矩指令 T_0 和波形系数 w_f 的波动成分会引起频率为两者频率之差的拍振成分，同时，初始转矩指令 T_0 和波形系数 w_f 的谐波成分也会引起拍振成分，因此，在压缩机的运行频率范围内将存在多个拍振频率点。例如，当压缩机的运行频率为66Hz时，由于66Hz的3倍为198Hz，而该频率与输入交流电源频率如50Hz的四倍200Hz的频率差值为2Hz，因此容易产生频率为2Hz的拍振现象。同理，49Hz的两倍为98Hz，将与输入交流电源频率的两倍100Hz产生频率为2Hz的拍振现象。而所有这些能够导致压缩机产生拍振现象（频率差值小于等于预设频率阈值如2Hz）的拍振频率点的集合称为拍振频率集合，该拍振频率集合可通过实验测试获得。

具体地，根据本发明的一个实施例，可通过对压缩机的整个运行频率范围内的每个运行频率进行噪音测试以获得预设的拍振频率集合。例如，可先控制压缩机的运行频率为100Hz，然后通过现有的噪音测试方法（如声级计）来确定该频率下压缩机是否会产生拍振现象，如果测试结果达到一定声级，则说明该频率会产生拍振现象，将该频率100Hz进行记录；如果未达到一定声级，则忽略该频率。按照该方式依次对压缩机的整个运行频率范围（如10~100Hz）内的每个运行频率进行噪音测试，最终获得一个拍振频率集合（也可称拍振区）。

S2，如果压缩机的当前运行频率处于预设的拍振频率集合内，则向压缩机的当前运行频率叠加预设波动量以获得压缩机的下一控制周期的频率给定值。

在本发明的实施例中，预设波动量可包括正弦波波动量、三角波波动量、梯形波波动量和通过混沌系统输出波动量中的一种或多种。

具体而言，在控制压缩机运行的过程中，实时获取压缩机的当前运行频率，并判断该运行频率是否处于拍振频率集合内。例如，可先将拍振频率集合以表格的形式存储到压缩机驱动系统的控制器中，然后通过查表的方式来判断该运行频率是否处于拍振频率集合内。

如果处于拍振频率集合内，则向该运行频率叠加预设波动量以获得压缩机的下一控制周期的频率给定值，以对压缩机进行防拍振控制，该预设波动量可以是随时间变化的正弦波、三角波或者梯形波，也可以是通过混沌系统输出的波动量等，只要能够使得公式（4）最后一项的拍振分量的频率 $f_r - f_g$ 大于一定频率阈值，同时保证压缩机正常运行即可。

也就是说，该波动量的形式可以有多种，可以是正弦波、三角波、梯形波、混沌系统输出的波动量，也可以是它们的变形等，具体不做限制，只要能够保证在压缩机继续正常运行的条件下，使得压缩机的运行频率不再处于预设的拍振频率集合内即可。

具体地，以预设波动量为正弦波波动量为例。如图 5 所示，假设压缩机的当前运行频率 f 存在拍振现象，则将下述公式（5）所示的预设波动量 Δf 叠加至运行频率 f 上：

$$\Delta f = F \sin(2\pi f_{bl} t) \quad (5)$$

其中，F 为预设波动量的幅值，一般可以为 0.5~3Hz， f_{bl} 为预设波动量的频率，一般可以为 1~10Hz，t 为时间。

最终叠加后的运行频率 $f_m = f + \Delta f = f + F \sin(2\pi f_{bl} t)$ ，在压缩机的下一控制周期到来时，以叠加后的运行频率 f_m 作为频率给定值，对压缩机进行控制。由于波动量的叠加，使得压缩机的频率给定值处于不断波动的状态，根据上述公式（4），压缩机将不会出现规则的低频波动成分，拍振现象消失。也就是说，通过叠加随时间变化的波动量来使得压缩机的频率给定值，即转速给定值不断变化，以将原有的有规律的低频波动成分打乱，从而达到消除拍振现象的目的。

可以理解的是，由于压缩机的运行频率跟随压缩机的频率给定值变化，所以当判断压缩机的运行频率 f 存在拍振现象时，也可以将预设波动量直接叠加到压缩机的频率给定值上以对压缩机进行防拍振控制。

S3，根据下一控制周期的频率给定值对压缩机进行控制。

根据本发明的一个实施例，根据下一控制周期的频率给定值对压缩机进行控制，包括：根据下一控制周期的频率给定值获取压缩机的转速给定值；计算转速给定值与压缩机的转子速度估计值之间的速度差值，并对速度差值进行 PI 调节以获得初始转矩指令；获取输入交流电源的相位，并根据输入交流电源的相位生成波形系数；将波形系数和初始转矩指令相乘以获得压缩机的转矩指令，并根据转矩指令对压缩机进行控制。

其中，根据本发明的一个实施例，可通过下述公式（6）生成波形系数：

$$w_f = \sin^2(\theta_g) \quad (6)$$

其中, w_f 为波形系数, θ_s 为输入交流电源的相位。

具体地, 如图 3 所示, 在按照预设的目标运行频率控制压缩机运行时, 根据预设的目标运行频率获取转速给定值 ω_{ref} , 同时根据压缩机的输出转矩 Te 和负载转矩 Td 计算获得压缩机的转子速度估计值 ω_r , 并计算转速给定值 ω_{ref} 与转子速度估计值 ω_r 之间的速度差值 $\omega_{ref} - \omega_r$, 并通过 ASR 对该速度差值 $\omega_{ref} - \omega_r$ 进行 PI 调节, 以获得初始转矩指令 T_0 。同时, 采用现有技术来获取输入交流电源的相位 θ_s , 并根据输入交流电源的相位 θ_s 生成波形系数 w_f , 如上述公式 (6) 所示。然后, 通过乘法器将波形系数 w_f 和初始转矩指令 T_0 相乘以获得当前控制周期的转矩指令 T_{ref} 。然后, ACR 根据转矩指令 T_{ref} 并通过 MTPA 算法计算获得压缩机的 dq 轴电压指令 $V_{d,q}$, 最后 PWM 将 dq 轴电压指令 $V_{d,q}$ 转化为压缩机的三相占空比 $Duty$, 以根据三相占空比 $Duty$ 对压缩机进行控制。

在对压缩机进行控制的过程中, 由于压缩机的负载波动成分通过 ASR 会产生频率为 f_r 的波动初始转矩指令 T_0 , 并且波形系数 w_f 含有两倍电源频率 f_s 的成分, 因而转矩指令 T_{ref} 将产生频率为 $|f_r - f_s|$ 的波动量, 如果该波动量小于等于 2Hz, 将产生明显的低频振动与噪音。因此, 在对压缩机控制的过程中, 还根据转子速度估计值 ω_r 获取压缩机的运行频率 f , 并判断该运行频率 f 是否处于预设的拍振频率集合内, 即判断该运行频率 f 是否会产生拍振现象。如果是, 则在该运行频率 f 上叠加一定的波动量 Δf , 如图 5 所示, 然后将叠加后的运行频率 $f_m = f + \Delta f$ 作为压缩机的下一控制周期的频率给定值, 以对压缩机进行控制。由于压缩机的频率给定值被叠加有不断变化的波动量, 所以压缩机的转速给定值将处于不断波动的状态, 从而使得压缩机的初始转矩指令 T_0 处于不断波动的状态, 进而使得压缩机的转矩指令 T_{ref} 处于不断波动的状态, 即压缩机的转矩指令 T_{ref} 中将不会出现规则的低频波动成分, 从而使得压缩机的运行频率不再处于拍振频率集合内, 有效的消除了拍振现象。

综上所述, 根据本发明实施例的压缩机驱动系统的控制方法, 实时获取压缩机的当前运行频率, 并判断压缩机的当前运行频率是否处于预设的拍振频率集合内, 如果是, 则向压缩机的当前运行频率叠加预设波动量以获得压缩机的下一控制周期的频率给定值, 并根据下一控制周期的频率给定值对压缩机进行控制。该方法通过向压缩机的运行频率叠加波

动量以获得下一控制周期的频率给定值，根据该频率给定值对压缩机进行控制，从而有效消除了压缩机周期性负载波动与输入交流电源波动相互作用产生的拍振现象，避免因拍振现象引起的噪音与振动问题。

图 6 是根据本发明实施例的压缩机驱动系统的控制装置的方框示意图。如图 6 所示，本发明实施例的压缩机驱动系统的控制装置包括：获取模块 10、判断模块 20、修正模块 30 和控制模块 40。

其中，获取模块 10 用于获取压缩机的当前运行频率。判断模块 20 用于判断压缩机的当前运行频率是否处于预设的拍振频率集合内。修正模块 30 用于在判断模块 20 判断压缩机的当前运行频率处于预设的拍振频率集合内时向压缩机的当前运行频率叠加预设波动量以获得压缩机的下一控制周期的频率给定值。控制模块 40 用于根据下一控制周期的频率给定值对压缩机进行控制。

根据本发明的一个实施例，通过对压缩机的整个运行频率范围内的每个运行频率进行噪音测试以获得预设的拍振频率集合。

根据本发明的一个实施例，预设波动量包括正弦波波动量、三角波波动量、梯形波波动量和通过混沌系统输出波动量中的一种或多种。

根据本发明的一个实施例，如图 3 所示，控制模块 40 包括：转速给定模块 41、计算模块 42、PI 调节模块 43、波形发生函数 44、乘法器 45、控制子模块 46。其中，转速给定模块 41 用于根据下一控制周期的频率给定值获取压缩机的转速给定值；计算模块 42 用于计算转速给定值与压缩机的转子速度估计值之间的速度差值；PI 调节模块 43 用于对速度差值进行 PI 调节以获得初始转矩指令；波形发生函数 44 用于获取输入交流电源的相位，并根据输入交流电源的相位生成波形系数；乘法器 45 用于将波形系数和初始转矩指令相乘以获得压缩机的转矩指令；控制子模块 46 用于根据转矩指令对压缩机进行控制。

其中，根据本发明的一个实施例，波形发生函数 44 可通过上述公式（6）生成波形系数。

需要说明的是，在本发明实施例的压缩机驱动系统的控制装置中未披露的细节，请参照本发明实施例的压缩机驱动系统的控制方法中所披露的细节，具体这里不再详述。

根据本发明实施例的压缩机驱动系统的控制装置，通过获取模块实时获取压缩机的当前运行频率，并通过判断模块判断当前运行频率是否处于预设的拍振频率集合内。如果是，则修正模块向压缩机的当前运行频率叠加预设波动量以获得压缩机的下一控制周期的频率给定值，控制模块根据下一控制周期的频率给定值对压缩机进行控制。该装置通过向压缩机的运行频率叠加波动量以获得下一控制周期的频率给定值，根据该频率给定值对压缩机进行控制，从而有效消除了压缩机周期性负载波动与输入交流电源波动相互作用产生的拍

振现象，避免因拍振现象引起的噪音与振动问题。

另外，本发明的实施例还提出了一种计算机存储介质，用于存储应用程序，所述应用程序用于执行上述的压缩机驱动系统的控制方法。

本发明实施例的计算机存储介质，通过执行上述的压缩机驱动系统的控制方法，能够有效消除压缩机周期性负载波动与输入交流电源波动相互作用产生的拍振现象，避免因拍振现象引起的噪音与振动问题。

此外，本发明的实施例提出了一种压缩机驱动系统，其包括上述的压缩机驱动系统的控制装置。

本发明实施例的压缩机驱动系统，通过上述的控制装置，在压缩机的当前运行频率处于拍振频率集合内时，通过向压缩机的运行频率叠加波动量以获得下一控制周期的频率给定值，根据该频率给定值对压缩机进行控制，从而有效消除了压缩机周期性负载波动与输入交流电源波动相互作用产生的拍振现象，避免因拍振现象引起的噪音与振动问题。

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。

另外，在本发明的描述中，术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”“内”、“外”、“顺时针”、“逆时针”、“轴向”、“径向”、“周向”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。

此外，术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。在本发明的描述中，“多个”的含义是至少两个，例如两个，三个等，除非另有明确具体的限定。

在本发明中，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或成一体；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系，除非另有明确的限定。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在本发明中的具体含义。

在本发明中，除非另有明确的规定和限定，第一特征在第二特征“上”或“下”可以是第一和第二特征直接接触，或第一和第二特征通过中间媒介间接接触。而且，第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”可是第一特征在第二特征正上方或斜上方，或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”可以是第一特征在第二特征正下方或斜下方，或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

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必须针对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一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外，在不相互矛盾的情况下，本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例，可以理解的是，上述实施例是示例性的，不能理解为对本发明的限制，本领域的普通技术人员在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

权利要求书

1、一种压缩机驱动系统的控制方法，其特征在于，包括以下步骤：

获取压缩机的当前运行频率，并判断所述压缩机的当前运行频率是否处于预设的拍振频率集合内；

如果所述压缩机的当前运行频率处于所述预设的拍振频率集合内，则向所述压缩机的当前运行频率叠加预设波动量以获得所述压缩机的下一控制周期的频率给定值；以及

根据所述下一控制周期的频率给定值对所述压缩机进行控制。

2、如权利要求1所述的压缩机驱动系统的控制方法，其特征在于，通过对所述压缩机的整个运行频率范围内的每个运行频率进行噪音测试以获得所述预设的拍振频率集合。

3、如权利要求1所述的压缩机驱动系统的控制方法，其特征在于，所述预设波动量包括正弦波波动量、三角波波动量、梯形波波动量和通过混沌系统输出波动量中的一种或多种。

4、如权利要求1-3中任一项所述的压缩机驱动系统的控制方法，其特征在于，所述根据所述下一控制周期的频率给定值对所述压缩机进行控制，包括：

根据所述下一控制周期的频率给定值获取所述压缩机的转速给定值；

计算所述转速给定值与所述压缩机的转子速度估计值之间的速度差值，并对所述速度差值进行PI调节以获得初始转矩指令；

获取输入交流电源的相位，并根据所述输入交流电源的相位生成波形系数；

将所述波形系数和所述初始转矩指令相乘以获得所述压缩机的转矩指令，并根据所述转矩指令对所述压缩机进行控制。

5、如权利要求4所述的压缩机驱动系统的控制方法，其特征在于，通过以下公式生成所述波形系数：

$$w_f = \sin^2(\theta_s),$$

其中， w_f 为所述波形系数， θ_s 为所述输入交流电源的相位。

6、一种计算机存储介质，其特征在于，用于存储应用程序，所述应用程序用于执行权利要求1至5中任一项所述的压缩机驱动系统的控制方法。

7、一种压缩机驱动系统的控制装置，其特征在于，包括：

获取模块，用于获取压缩机的当前运行频率；

判断模块，用于判断所述压缩机的当前运行频率是否处于预设的拍振频率集合内；

修正模块，用于在所述判断模块判断所述压缩机的当前运行频率处于所述预设的拍振

频率集合内时向所述压缩机的当前运行频率叠加预设波动量以获得所述压缩机的下一控制周期的频率给定值；以及

控制模块，用于根据所述下一控制周期的频率给定值对所述压缩机进行控制。

8、如权利要求 7 所述的压缩机驱动系统的控制装置，其特征在于，通过对所述压缩机的整个运行频率范围内的每个运行频率进行噪音测试以获得所述预设的拍振频率集合。

9、如权利要求 7 所述的压缩机驱动系统的控制装置，其特征在于，所述预设波动量包括正弦波波动量、三角波波动量、梯形波波动量和通过混沌系统输出波动量中的一种或多种。

10、如权利要求 7-9 中任一项所述的压缩机驱动系统的控制装置，其特征在于，所述控制模块包括：

转速给定模块，用于根据所述下一控制周期的频率给定值获取所述压缩机的转速给定值；

计算模块，用于计算所述转速给定值与所述压缩机的转子速度估计值之间的速度差值；

PI 调节模块，用于对所述速度差值进行 PI 调节以获得初始转矩指令；

波形发生函数，用于获取输入交流电源的相位，并根据所述输入交流电源的相位生成波形系数；

乘法器，用于将所述波形系数和所述初始转矩指令相乘以获得所述压缩机的转矩指令；

控制子模块，用于根据所述转矩指令对所述压缩机进行控制。

11、如权利要求 10 所述的压缩机驱动系统的控制装置，其特征在于，所述波形发生函数通过以下公式生成所述波形系数：

$$w_f = \sin^2(\theta_s),$$

其中， w_f 为所述波形系数， θ_s 为所述输入交流电源的相位。

12、一种压缩机驱动系统，其特征在于，包括如权利要求 7-11 中任一项所述的压缩机驱动系统的控制装置。

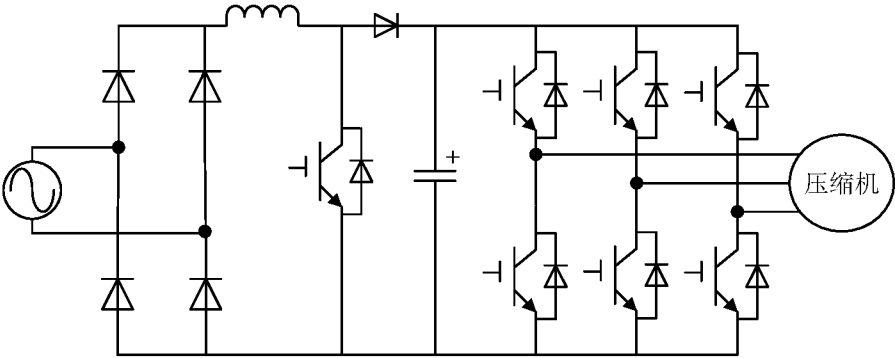


图 1

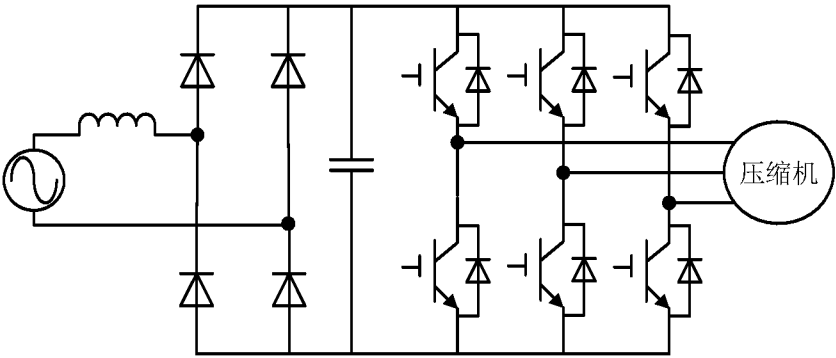


图 2

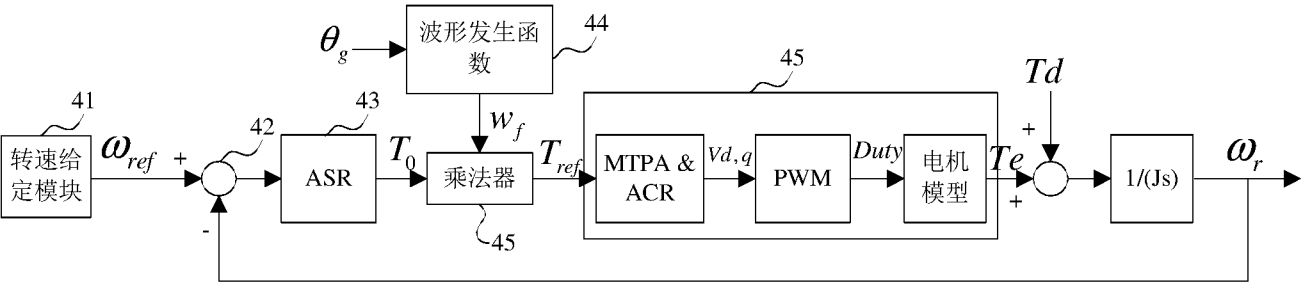


图 3

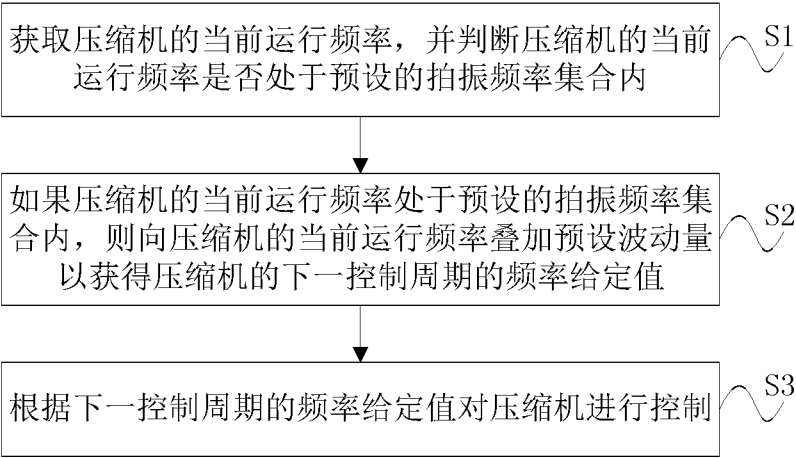


图 4

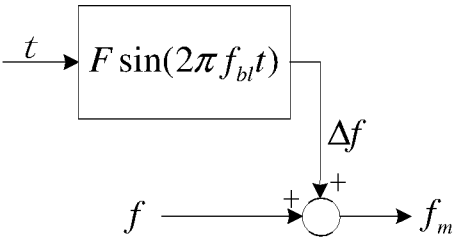


图 5

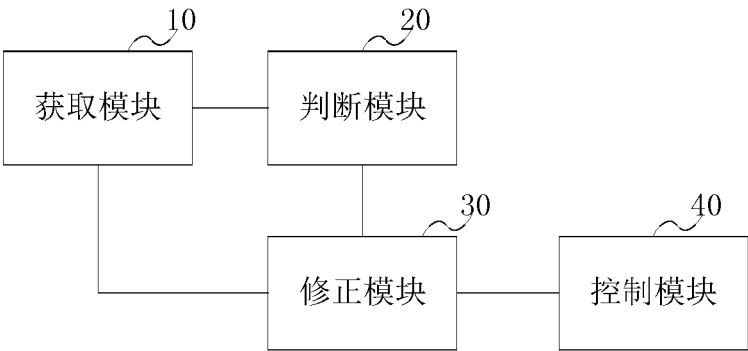


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2017/091127

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F24F 11/00 (2018.01) 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)

F24F, F04B

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, CNKI, EPODOC, WPI: 广东美的制冷设备有限公司, 张国柱, 拍振, 驱动, 压缩机, 空压机, 压气机, 空调, 振动, 噪音, 频率, 叠加, 波动, 转矩, 负载波动, 电源波动, beat+, vibration, compressor, air conditioner, frequency, noise, load+, torque, add+.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 104132429 A (GREE ELECTRIC APPLIANCES, INC. OF ZHUHAI), 05 November 2014 (05.11.2014), description, paragraphs 30-89, and figures 1-5	1-12
A	CN 106016625 A (HISENSE (SHANDONG) AIR-CONDITIONING CO., LTD.), 12 October 2016 (12.10.2016), entire document	1-12
A	CN 106123242 A (HISENSE (SHANDONG) AIR-CONDITIONING CO., LTD.), 16 November 2016 (16.11.2016), entire document	1-12
A	CN 102721120 A (GUANGDONG MIDEA AIR-CONDITIONING EQUIPMENT CO., LTD.), 10 October 2012 (10.10.2012), entire document	1-12
A	CN 105757889 A (GUANGDONG MIDEA AIR-CONDITIONING EQUIPMENT CO., LTD. et al.), 13 July 2016 (13.07.2016), entire document	1-12
A	CN 103912956 A (GUANGDONG MIDEA AIR-CONDITIONING EQUIPMENT CO., LTD.), 09 July 2014 (09.07.2014), entire document	1-12
A	JP H01224484 A (HITACHI LTD.), 07 September 1989 (07.09.1989), entire document	1-12

☐ 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 09 February 2018	Date of mailing of the international search report 28 February 2018
Name and mailing address of the ISA 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 CHENG, Chunwang Telephone No. (86-10) 53960862

International application No.
PCT/CN2017/091127

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2009)

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/091127

A. 主题的分类

F24F 11/00(2018.01) 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)

F24F, F04B

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, CNKI, EPODOC, WPI: 广东美的制冷设备有限公司, 张国柱, 拍振, 驱动, 压缩机, 空压机, 压气机, 空调, 振动, 噪音, 频率, 叠加, 波动, 转矩, 负载波动, 电源波动, beat+, vibration, compressor, air conditioner, frequency, noise, load+, torque, add+.

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 104132429 A (珠海格力电器股份有限公司) 2014年 11月 5日 (2014 - 11 - 05) 说明书第30-89段, 图1-5	1-12
A	CN 106016625 A (海信山东空调有限公司) 2016年 10月 12日 (2016 - 10 - 12) 全文	1-12
A	CN 106123242 A (海信山东空调有限公司) 2016年 11月 16日 (2016 - 11 - 16) 全文	1-12
A	CN 102721120 A (广东美的制冷设备有限公司) 2012年 10月 10日 (2012 - 10 - 10) 全文	1-12
A	CN 105757889 A (广东美的制冷设备有限公司等) 2016年 7月 13日 (2016 - 07 - 13) 全文	1-12
A	CN 103912956 A (广东美的制冷设备有限公司) 2014年 7月 9日 (2014 - 07 - 09) 全文	1-12
A	JP H01224484 A (HITACHI LTD.) 1989年 9月 7日 (1989 - 09 - 07) 全文	1-12

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2018年 2月 9日

国际检索报告邮寄日期

2018年 2月 28日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10) 62019451

受权官员

成春旺

电话号码 (86-10) 53960862

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/091127

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	104132429	A	2014年 11月 5日	无	
CN	106016625	A	2016年 10月 12日	无	
CN	106123242	A	2016年 11月 16日	无	
CN	102721120	A	2012年 10月 10日	无	
CN	105757889	A	2016年 7月 13日	无	
CN	103912956	A	2014年 7月 9日	无	
JP	H01224484	A	1989年 9月 7日	无	