(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
2024 年 3 月 7 日 (07.03.2024)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2024/046166 A1

(51) 国际专利分类号:
G01R 31/34 (2020.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2023/114145

(22) 国际申请日: 2023 年 8 月 22 日 (22.08.2023)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202211048338.5 2022年8月30日 (30.08.2022) CN

(71) 申请人: 华为技术有限公司 (**HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.**) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。

(72) 发明人: 王萌 (**WANG, Meng**); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 孟超 (**MENG, Chao**); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 陈润昌 (**CHEN, Runchang**); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市深佳知识产权代理事务所（普通合伙） (**SHENPAT INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY**); 中国广东省深圳市罗湖区南湖街道春风路庐山大厦B座18C2、18D、18E、18E2, Guangdong 518001 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,

(54) **Title:** FAULT MEASUREMENT METHOD AND RELATED APPARATUS

(54) 发明名称: 一种故障检测方法以及相关装置

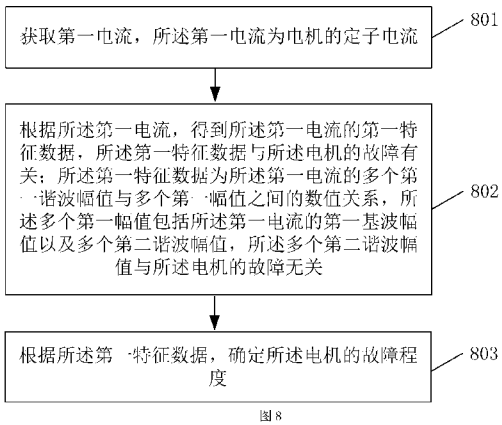

图 8

801 Acquire a first current, the first current being a stator current of a motor

802 According to the first current, obtain first feature data of the first current, the first feature data being related to a fault of the motor, the first feature data being the numerical relationship between a plurality of first harmonic amplitudes and a plurality of first amplitudes of the first current, the plurality of first amplitudes comprising a first fundamental wave amplitude and a plurality of second harmonic amplitudes of the first current, and the plurality of second harmonic amplitudes being unrelated to the fault of the motor

803 According to the first feature data, determine the degree of fault of the motor

(57) **Abstract:** A fault measurement method, the method comprising: acquiring a first current of a motor; according to the first current, obtaining first feature data of the first current, the first feature data being related to a fault of the motor, the first feature data being the numerical relationship between a plurality of first harmonic amplitudes and a plurality of first amplitudes of the first current, the plurality of first amplitudes comprising a first fundamental wave amplitude and a plurality of second harmonic amplitudes of the first current, and the plurality of second harmonic amplitudes being unrelated to the fault of the motor; and according to the first feature data, determining the degree of fault of the motor. The present application can determine the degree of potential faults of the motor on the basis of the feature data.

(57) 摘要: 一种故障检测方法，方法包括：获取电机的第一电流；根据所述第一电流，得到所述第一电流的第一特征数据，所述第一特征数据与所述电机的故障有关；所述第一特征数据为所述第一电流的多个第一谐波幅值与多个第一幅值之间的数值关系，所述多个第一幅值包括所述第一电流的第一基波幅值以及多个第二谐波幅值，所述多个第二谐波幅值与所述电机的故障无关；根据所述第一特征数据，确定所述电机的故障程度。本申请可以基于该特征数据来确定电机存在潜在故障的程度。

WO 2024/046166 A1

[见续页]

NA, RW, SC, 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, ME, 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))。

一种故障检测方法以及相关装置

本申请要求于 2022 年 08 月 30 日提交中国专利局、申请号为 202211048338.5、发明名称为“一种故障检测方法以及相关装置”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请涉及故障检测领域，尤其涉及一种故障检测的方法以及相关装置。

背景技术

电机是驱动生产过程中各种机械最常见的设备，在工业生产、交通运输、基础建设、农业发展以及日常的普通生活中都得到了大量的使用，电机用电量在总生产用电量占比 80%以上。作为一种为多行业提供动力的电气设备，其本身存在着许多潜在的故障因素，由于故障导致的停机停产会带来很大的经济损失。如果可以及时的发现电机的故障情况，在电机发生故障的早期阶段就进行检修及维护，那么就可以有效的延长电机的使用寿命并且提高整个生产体系的可靠性与稳定性。

为了保证电机的稳定运行，通过设定各类传感器来监视电机各种参数数值，如果某些参数值超过了继电器的设定值，那么继电器就会发出警报，必要时将通过电机的切断控制回路直接停止电机的运行，以防止生产事故规模的进一步扩大。

从表面上来看，电机的保护设置看似十分完善，但实际运行过程中继电器只有在电机故障发生时才会发出警报，然而，电机如果突然断电或者停止运行都将造成十分巨大的损失。因此，需要识别出电机存在的潜在故障，应理解，电机存在潜在故障并不是指电机已经发生了故障，是发生故障前显露出来的一种劣化现象。为了能够识别出电机存在的潜在故障，亟需一种能够确定电机故障程度的方法，能够识别出电机的潜在故障。

发明内容

本申请提供了一种故障检测方法，可以确定出电机存在潜在故障的程度。

本申请第一方面提供了一种故障检测方法，方法包括：获取第一电流，第一电流为电机的定子电流；根据第一电流，得到第一电流的第一特征数据，第一特征数据与电机的故障有关；第一特征数据为第一电流的多个第一谐波幅值与多个第一幅值之间的数值关系，多个第一幅值包括第一电流的第一基波幅值以及多个第二谐波幅值，多个第一谐波幅值与电机的故障有关，多个第二谐波幅值与电机的故障无关；根据第一特征数据，确定电机的故障程度。

针对于不同电机、或者同一个电机在不同的工况等运行环境下，由于工况等噪声导致的定子电流中的和故障相关的谐波分量可能会不同，也就是说，即使电机的故障程度相同，不同电机或者不同的工况下，和故障相关的谐波的大小也可能不同。为了消除不同工况或者电机的不同对于谐波电流大小的影响，本申请中，根据和故障相关的谐波电流的幅值和对定子电流分解得到的基波以及和故障无关的谐波作为特征表示来进行故障程度的确定，可以消除不同工况或者电机的不同对于谐波电流大小的影响而确定出准确的故障程度。

在一种可能的实现中，为了检测电机的故障，可以对电机运行时的相关运行参数进行分析，电机的运行参数中，定子电流是电机内部相对敏感的状态参数，且作为一种非侵入式传感信号容易获取，可以在配电柜直接采集。本申请实施例中，可以通过对定子电流的谐波成分进行分析，来对电机的故障程度进行确定。在电机出现潜在故障时，会引起电机磁场的气息的不均匀，上述现象会直接表现在定子电流上，例如：电流中会出现明显谐波成分或者是相位值的波动出现不稳定的情况，本申请中提取电机的潜在故障所引起的信号（定子电流）中的特征数据，该特征数据为定子电流中的异常成分的体现，可以基于该特征数据来确定电机存在潜在故障的程度。

在一些情况下，三相电中的一相或多相电可能会存在电流值部分或者异常的情况（存在明显的数值跳变等不正常状态），为了提高所采集的定子电流的准确性，针对于某一相电流的缺失部分或者异常部分，可以使用其他一相或者两相的相应电流值进行补全（由于三相电中不同相的电流在正常情况下仅仅是相位不同，幅值是相同的）。例如，如果采集了多相电流，可以利用电流间的相关性来进行信号预处理。例如，可以采用三相电中的多相（例如两相或者三相）中对齐相位的幅值进行融合来作为第一电流。

示例性的，融合可以为不同相的幅值相互之间的拼接，或者是求均值。

在一种可能的实现中，所述多个第一谐波幅值与所述多个第一幅值之间的数值关系，包括：第一融合结果和第二融合结果之间的第一差异程度；所述第一融合结果为所述多个第一谐波幅值的融合结果；所述第二融合结果为所述多个第一幅值的融合结果。

其中，上述与电机的潜在故障有关的多个第一谐波幅值的融合结果（例如本申请实施例中的第一融合结果）可以表示电机的潜在故障相关的能量，而多个幅值的融合结果（例如本申请实施例中的第二融合结果）可以表示总能量（例如是包括和故障相关的能量的总能量、或者是除去和故障相关的能量之外的总能量），而多个第一谐波幅值与多个第一幅值之间的数值关系，也就是电机的潜在故障相关的能量和总能量之间的数值关系，则可以表征出电机存在的潜在故障程度。

在一种可能的实现中，所述第一电流为电机在第一时间段内的定子电流，所述方法还包括：获取第二电流，所述第二电流为所述电机在正常运行或者第二时间段内的定子电流，所述第二时间段为所述第一时间段之前的时间段；所述根据所述第一特征数据，确定所述电机的故障程度，包括：根据所述第二电流，得到所述第二电流的第二特征数据，所述第二特征数据和所述第一特征数据为通过相同方式计算得到的数据；根据所述第一特征数据和所述第二特征数据之间的差异，确定所述电机的故障程度。

在一种可能的实现中，第一时间段可以为连续的时间段或者是连续的时间段内的多个时刻，第一时间段也可以为不连续的时间段或者是不连续的时间段内的多个时刻，这里并不限定。例如，第一电流可以为一个时间段内多个时刻中每个时刻的电流瞬时值。

在一种可能的实现中，不同的电机、或者相同电机在不同的运行环境中，基波或者谐波的幅值都可能是不同的，仅仅利用电机在某个时间段内的特征数据并不能准确的描述出电机的潜在故障程度。

本申请中，为了能够适配于不同的电机、或者不同的电机运行环境，可以将电机在正常运行或者是历史运行时间段内的特征数据作为基准，利用电机实时的特征数据和基准之间的比较，来确定电机的潜在故障程度，进而可以降低不同的电机、或者相同电机在不同的运行环境的差异的干扰。

在一种可能的实现中，所述第二特征数据和所述第一特征数据为通过相同方式计算得到的数据，具体的，所述多个第一谐波幅值为所述第一电流中多个第一频率的谐波的幅值；所述第二特征数据为所述第二电流中所述多个第一频率的谐波的多个第三谐波幅值与多个第二幅值之间的数值关系；所述多个第三谐波幅值为所述第二电流中所述多个第一频率的谐波的幅值，所述多个第二幅值包括所述第二电流的基波幅值以及多个与所述电机的故障无关的谐波幅值；所述第二电流为所述电机在未发生故障的定子电流、或者在第二时间段内的定子电流。

在一种可能的实现中，多个第一谐波幅值中的每个第一谐波幅值、以及对应的多个第四谐波幅值中的每个第四谐波幅值均在预设的数值范围内，每个第四谐波幅值为第一谐波幅值对应的谐波频率的一个倍频的谐波的幅值；或者，多个第一谐波幅值与对应的多个第四谐波幅值的融合结果在预设的数值范围内。

由于并不是所有的谐波都和电机存在的潜在故障有关，有一些谐波是电机正常运行时也会存在的（例如由于电机运行的工况所导致的），为了分析出电机存在的潜在故障的程度，可以识别出多个谐波中哪些谐波是和电机存在的潜在故障有关的。

然而，由于受到电机运行环境等因素，可能会存在一些谐波幅值满足上述预设条件，但却不是由于

电机的潜在故障所导致的，而是由电机运行环境所导致的，进而引起误判。为了解决这个问题，本申请实施例中，采用谐波乘积谱，能够准确的提取出非噪声的谐波成分。其原理是，噪声一般情况下只会引起单次谐波，而故障除了引起故障频率点的谐波外，在故障频率倍频位置也会引起谐波成分，通过融合，可以将和电机潜在故障相关的谐波特征进行放大，且将噪声进行去除。

也就是说，对第一电流进行处理后，可以得到第一电流的特征数据，特征数据包括第一电流的基波的幅值（例如本申请实施例中的第一基波幅值）和多个谐波的幅值（例如本申请实施例中的多个第一谐波幅值），其中，多个第一谐波幅值中的多个第一谐波幅值是和电机存在的潜在故障有关的谐波的幅值，且多个第一谐波幅值中的每个第一谐波幅值与对应的多个第四谐波幅值的融合结果（例如，融合结果可以是通过乘积运算、神经网络等方式得到的）满足预设条件，或者是多个第一谐波幅值中的每个第一谐波幅值以及对应的多个第四谐波幅值中的每个第四谐波幅值均满足预设条件，每个第四谐波幅值为第一谐波幅值对应的谐波频率的一个倍频的谐波的幅值，预设条件可以是数值大于阈值。通过上述方式，可以去除由于电机运行环境等因素所导致的误判，进而准确识别出和电机的潜在故障相关的谐波。

其中，多个第一谐波幅值中的每个第一谐波幅值与对应的多个第四谐波幅值的融合结果（例如，融合结果可以是通过乘积运算、神经网络等方式得到的）满足预设条件，每个第四谐波幅值为第一谐波幅值对应的谐波频率的一个倍频的谐波的幅值。通过上述方式，可以去除由于电机运行环境等因素所导致的误判，进而准确识别出和电机的潜在故障相关的谐波。

此外，电机上不同结构的位置存在潜在故障相关的谐波的频率是不同的，且存在对应关系（电机的结构和谐波频率），不同电机具备不同的电机结构，结构和谐波频率的对应关系也可能不同，现有技术中，针对于不同的电机，可以将该电机的结构和谐波频率之间的对应关系作为先验信息，通过分析谐波频率是否异常来确定电机的哪些结构出现异常，而不属于该对应关系中电机结构对应的频率即使数值大于一定的阈值，也认为其不是故障部件对应的谐波频率。也就是说现在技术在进行故障检测时依赖先验信息。本申请实施例中，由于不需要定位出电机的哪些部件存在故障，仅仅需要确定出哪些频率的谐波是和故障相关的，通过上述倍频谐波的数值判断方法，则可以在不依赖于先验信息的情况下，准确判断出哪些部件存在故障。

在一种可能的实现中，存在的潜在故障程度可以通过潜在故障级别表示，例如严重、中等或者轻微。

在一种可能的实现中，存在的潜在故障程度可以通过潜在故障分数，例如 0 到 100 之间的一个数值。

在一种可能的实现中，存在的潜在故障程度可以通过电极的潜在故障程度与其他电机的潜在故障程度的对比信息表示，例如电机潜在故障程度的排名。

第二方面，本申请提供了一种故障检测方法，方法包括：获取第一电流，第一电流为电机的定子电流；根据第一电流，得到第一电流的第一特征数据，第一特征数据包括第一电流对应的第一相位值在时域上的第一变化特征；第一相位值为将第一电流分解得到的复数信号中的相位；第一变化特征与第一相位值在时域上的变化幅度有关；根据第一特征数据，确定电机的故障程度。

在一种可能的实现中，特征数据包括第一电流对应的第一相位值在时域上的第一变化特征；相位值为将第一电流分解得到的复数信号中的相位。可选的，第一变化特征可以与第一相位值在时域上的变化幅度有关，例如，该变化幅度可以通过峰峰值的均值表示。

在一种可能的实现中，第一电流为电机在第一时间段内的定子电流，方法还包括：获取第二电流，第二电流为电机在正常运行或者第二时间段内的定子电流，第二时间段为第一时间段之前的时间段；根据第一特征数据，确定电机的故障程度，包括：根据第二电流，得到第二电流的第二特征数据，所述第二特征数据和所述第一特征数据为通过相同方式计算得到的数据；根据第一特征数据和第二特征数据之间的差异，确定电机的故障程度。

在一种可能的实现中，第二特征数据包括第二电流对应的第二相位值在时域上的第二变化特征；第

二相位值为将第二电流分解得到的复数信号中的相位；第二变化特征与第二相位值在时域上的变化幅度有关。

在一种可能的实现中，存在的故障程度通过故障级别、故障分数或者电极的故障程度与其他电机的故障程度的对比信息表示。

第三方面，本申请提供了一种故障检测装置，装置包括：

获取模块，用于获取第一电流，第一电流为电机的定子电流；

特征提取模块，用于根据第一电流，得到第一电流的第一特征数据，第一特征数据与电机的故障有关；第一特征数据为第一电流的多个第一谐波幅值与多个第一幅值之间的数值关系，多个第一幅值包括第一电流的第一基波幅值以及多个第二谐波幅值，多个第二谐波幅值与电机的故障无关；

故障确定模块，用于根据第一特征数据，确定电机的故障程度。

在一种可能的实现中，第一电流为电机在第一时间段内的定子电流，获取模块，还用于：

获取第二电流，第二电流为电机在正常运行或者第二时间段内的定子电流，第二时间段为第一时间段之前的时间段；

特征提取模块，还用于：

根据所述第二电流，得到所述第二电流的第二特征数据，所述第二特征数据和所述第一特征数据为通过相同方式计算得到的数据；

故障确定模块，具体用于：

根据第一特征数据和第二特征数据之间的差异，确定电机的故障程度。

在一种可能的实现中，多个第一谐波幅值与多个第一幅值之间的数值关系，包括：

第一融合结果和第二融合结果之间的第一差异程度；第一融合结果为多个第一谐波幅值的融合结果；第二融合结果为多个第一幅值的融合结果。

在一种可能的实现中，多个第一谐波幅值为第一电流中多个第一频率的谐波的幅值；

第二特征数据为第二电流的多个第三谐波幅值与多个第二幅值之间的数值关系；多个第二幅值包括第二电流的基波幅值以及多个谐波幅值；第二电流为电机在未发生故障的定子电流、或者在第二时间段内的定子电流；多个第三谐波幅值为多个第二幅值中多个第一频率的谐波的幅值。

在一种可能的实现中，多个第一谐波幅值中的每个第一谐波幅值、以及对应的多个第四谐波幅值中的每个第四谐波幅值均在预设的数值范围内，每个第四谐波幅值为第一谐波幅值对应的谐波频率的一个倍频的谐波的幅值；或者，

多个第一谐波幅值与对应的多个第四谐波幅值的融合结果在预设的数值范围内。

在一种可能的实现中，存在的故障程度通过故障级别、故障分数或者电极的故障程度与其他电机的故障程度的对比信息表示。

第四方面，本申请提供了一种故障检测装置，装置包括：

获取模块，用于获取第一电流，第一电流为电机的定子电流；

特征提取模块，用于根据第一电流，得到第一电流的第一特征数据，第一特征数据包括第一电流对应的第一相位值在时域上的第一变化特征；第一相位值为将第一电流分解得到的复数信号中的相位；第一变化特征与第一相位值在时域上的变化幅度有关；

故障确定模块，用于根据第一特征数据，确定电机的故障程度。

在一种可能的实现中，第一电流为电机在第一时间段内的定子电流，获取模块，还用于：

获取第二电流，第二电流为电机在正常运行或者第二时间段内的定子电流，第二时间段为第一时间段之前的时间段；

特征提取模块，还用于：

根据所述第二电流，得到所述第二电流的第二特征数据，所述第二特征数据和所述第一特征数据为通过相同方式计算得到的数据；

故障确定模块，具体用于：

根据第一特征数据和第二特征数据之间的差异，确定电机的故障程度。

在一种可能的实现中，第二特征数据包括第二电流对应的第二相位值在时域上的第二变化特征；第二相位值为将第二电流分解得到的复数信号中的相位；第二变化特征与第二相位值在时域上的变化幅度有关。

在一种可能的实现中，存在的故障程度通过故障级别、故障分数或者电极的故障程度与其他电机的故障程度的对比信息表示。

在一种可能的实现中，三相电中的一相或多相电可能会存在电流值部分或者异常的情况（存在明显的数值跳变等不正常状态），为了提高所采集的定子电流的准确性，针对于某一相电流的缺失部分或者异常部分，可以使用其他一相或者两相的相应电流值进行补全（由于三相电中不同相的电流在正常情况下仅仅是相位不同，幅值是相同的）。例如，如果采集了多相电流，可以利用电流间的相关性来进行信号预处理。例如，可以采用三相电中的多相（例如两相或者三相）中对齐相位的幅值进行融合来作为第一电流。

第五方面，本申请实施例提供了一种故障检测设备，可以包括存储器、处理器以及总线系统，其中，存储器用于存储程序，处理器用于执行存储器中的程序，以执行如上述第一方面及其任一可选的方法、以及如上述第二方面及其任一可选的方法。

第六方面，本申请实施例提供了一种计算机可读存储介质，计算机可读存储介质中存储有计算机程序，当其在计算机上运行时，使得计算机执行上述第一方面及其任一可选的方法、以及如上述第二方面及其任一可选的方法。

第七方面，本申请实施例提供了一种计算机程序，当其在计算机上运行时，使得计算机执行上述第一方面及其任一可选的方法、以及如上述第二方面及其任一可选的方法。

第八方面，本申请提供了一种芯片系统，该芯片系统包括处理器，用于支持执行设备或训练设备实现上述方面中所涉及的功能，例如，发送或处理上述方法中所涉及的数据；或，信息。在一种可能的设计中，芯片系统还包括存储器，存储器，用于保存执行设备或训练设备必要的程序指令和数据。该芯片系统，可以由芯片构成，也可以包括芯片和其他分立器件。

附图说明

图1和图2为本发明的应用系统框架示意；

图3为终端的一种可选的硬件结构示意图；

图4为一种服务器的结构示意图；

图5为一种故障预警示意；

图6为一种云服务的流程；

图7为本发明的应用系统框架示意；

图8为本申请实施例提供的一种故障检测方法的流程示意；

图9为本申请实施例提供的一乘积谱示意；
图10为本申请实施例提供的一个故障程度确定示意；
图11为本申请实施例提供的一种故障检测方法的流程示意；
图12为本申请实施例提供的一种故障程度的示意；
图13为本申请实施例提供的一种故障检测方法的流程示意；
图14和图15为本申请实施例提供的数据处理装置的一种结构示意图；
图16为本申请实施例提供的执行设备的一种结构示意图；
图17为本申请实施例提供的训练设备一种结构示意图；
图18为本申请实施例提供的芯片的一种结构示意图。

具体实施方式

下面结合本发明实施例中的附图对本发明实施例进行描述。本发明的实施方式部分使用的术语仅用于对本发明的具体实施例进行解释，而非旨在限定本发明。

本申请的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、第二”等是用于区别类似的对象，而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的术语在适当情况下可以互换，这仅仅是描述本申请的实施例中对相同属性的对象在描述时所采用的区分方式。此外，术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形，意图在于覆盖不排他的包含，以便包含一系列单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于那些单元，而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它单元。

本文中所用用语“基本(substantially)”、“大约(about)”及类似用语用作近似用语、而并非用作程度用语，且旨在考虑到所属领域中的普通技术人员将知的测量值或计算值的固有偏差。此外，在阐述本发明实施例时使用“可(may)”是指“可能的一个或多个实施例”。本文中所用用语“使用(use)”、“正使用(using)”、及“被使用(used)”可被视为分别与用语“利用(utilize)”、“正利用(utilizing)”、及“被利用(utilized)”同义。另外，用语“示例性(exemplary)”旨在指代实例或例示。

首先介绍本申请的应用场景，本申请可以但不限于应用在电机类的故障检测应用程序或者云侧服务器提供的云服务等，接下来分别进行介绍：

一、故障检测类应用程序

本申请实施例的产品形态可以为故障检测类应用程序。故障检测类应用程序可以运行在终端设备或者云侧的服务器上。

在一种可能的实现中，故障检测类应用程序可以实现基于电机的运行数据执行电机的故障检测任务，其中，故障检测类应用程序可以响应于输入的电机的运行数据（例如电机的定子电流）。

在一种可能的实现中，用户可以打开终端设备上安装的故障检测类应用程序，并输入电机的运行数据，故障检测类应用程序可以通过本申请实施例提供的方法对电机的运行数据进行处理，并将故障检测结果呈现给用户。

例如，故障检测结果可以为电机发生故障的程度。

在一种可能的实现中，用户可以打开终端设备上安装的故障检测类应用程序，并输入电机的运行数据，故障检测类应用程序可以将电机的运行数据发送至云侧的服务器，云侧的服务器通过本申请实施例提供的方法对电机的运行数据进行处理，并将故障检测结果回传至终端设备，终端设备可以将故障检测结果呈现给用户。

在一种可能的实现中，用户可以打开终端设备上安装的故障检测类应用程序，并输入电机的运行数据，故障检测类应用程序所在的终端设备可以预先保留有电机的运行数据对应的题目，因此用户可以不用主动输入，故障检测类应用程序可以将电机的运行数据发送至云侧的服务器，云侧的服务器通过本申请实施例提供的方法对电机的运行数据进行处理，并将故障检测结果回传至终端设备，终端设备可以将故障检测结果呈现给用户。

接下来分别从功能架构以及实现功能的产品架构介绍本申请实施例中的故障检测类应用程序。

参照图1，图1为本申请实施例中故障检测类应用程序的功能架构示意：

在一种可能的实现中，如图 1 所示，故障检测类应用程序 102 可接收输入的参数 101（例如电机的运行数据）且产生电机的运行数据的故障检测结果 103。故障检测类应用程序 102 可在(举例来说)至少一个计算机系统上执行，且包括计算机代码，所述计算机代码在由一或多个计算机执行时致使所述计算机执行用于执行本文中所描述的故障检测方法。

参照图 2，图 2 为本申请实施例中运行故障检测类应用程序的实体架构示意：

参见图 2，图 2 示出了一种系统架构示意图。该系统可以包括终端 100、以及服务器 200。其中，服务器 200 可以包括一个或者多个服务器（图 2 中以包括一个服务器作为示例进行说明），服务器 200 可以为一个或者多个终端提供故障检测服务。

其中，终端 100 上可以安装有故障检测应用程序，或者打开与故障检测相关的网页，上述应用程序和网页可以提供一个故障检测界面，终端 100 可以接收用户在故障检测界面上输入的相关参数，并将上述参数发送至服务器 200，服务器 200 可以基于接收到的参数，得到处理结果，并将处理结果返回至至终端 100。

应理解，在一些可选的实现中，终端 100 也可以由自身完成基于接收到的参数，得到数据处理结果的动作，而不需要服务器配合实现，本申请实施例并不限定。

接下来描述图 2 中终端 100 的产品形态；

本申请实施例中的终端 100 可以为手机、平板电脑、可穿戴设备、车载设备、增强现实(augmented reality，AR)/虚拟现实(virtual reality，VR)设备、笔记本电脑、超级移动个人计算机(ultra-mobile personal computer，UMPC)、上网本、个人数字助理(personal digital assistant，PDA)等，本申请实施例对此不作任何限制。

图 3 示出了终端 100 的一种可选的硬件结构示意图。

参考图 3 所示，终端 100 可以包括射频单元 110、存储器 120、输入单元 130、显示单元 140、摄像头 150（可选的）、音频电路 160（可选的）、扬声器 161（可选的）、麦克风 162（可选的）、处理器 170、外部接口 180、电源 190 等部件。本领域技术人员可以理解，图 3 仅仅是终端或多功能设备的举例，并不构成对终端或多功能设备的限定，可以包括比图示更多或更少的部件，或者组合某些部件，或者不同的部件。

输入单元 130 可用于接收输入的数字或字符信息，以及产生与该便携式多功能装置的用户设置以及功能控制有关的键信号输入。具体地，输入单元 130 可包括触摸屏 131（可选的）和/或其他输入设备 132。该触摸屏 131 可收集用户在其上或附近的触摸操作(比如用户使用手指、关节、触笔等任何适合的物体在触摸屏上或在触摸屏附近的操作)，并根据预先设定的程序驱动相应的连接装置。触摸屏可以检测用户对触摸屏的触摸动作，将该触摸动作转换为触摸信号发送给该处理器 170，并能接收该处理器 170 发来的命令并加以执行；该触摸信号至少包括触点坐标信息。该触摸屏 131 可以提供该终端 100 和用户之间的输入界面和输出界面。此外，可以采用电阻式、电容式、红外线以及表面声波等多种类型实现触摸屏。除了触摸屏 131，输入单元 130 还可以包括其他输入设备。具体地，其他输入设备 132 可以包括但不限于物理键盘、功能键(比如音量控制按键 132、开关按键 133 等)、轨迹球、鼠标、操作杆等中的一种或多种。

其中，输入设备 132 可以接收到输入的电机的运行数据等等。

该显示单元 140 可用于显示由用户输入的信息或提供给用户的信息、终端 100 的各种菜单、交互界面、文件显示和/或任意一种多媒体文件的播放。在本申请实施例中，显示单元 140 可用于显示故障检测应用程序的界面、故障检测结果等。

该存储器 120 可用于存储指令和数据，存储器 120 可主要包括存储指令区和存储数据区，存储数据区可存储各种数据，如多媒体文件、文本等；存储指令区可存储操作系统、应用、至少一个功能所需的指令等软件单元，或者他们的子集、扩展集。还可以包括非易失性随机存储器；向处理器 170 提供包括管理计算处理设备中的硬件、软件以及数据资源，支持控制软件和应用。还用于多媒体文件的存储，以及运行程序和应用的存储。

处理器 170 是终端 100 的控制中心，利用各种接口和线路连接整个终端 100 的各个部分，通过运行或执行存储在存储器 120 内的指令以及调用存储在存储器 120 内的数据，执行终端 100 的各种功能和处理数据，从而对终端设备进行整体控制。可选的，处理器 170 可包括一个或多个处理单元；优选的，处理器 170 可集成应用处理器和调制解调处理器，其中，应用处理器主要处理操作系统、用户界面和应用程序等，调制解调处理器主要处理无线通信。可以理解的是，上述调制解调处理器也可以不集成到处理器 170 中。在一些实施例中，处理器、存储器、可以在单一芯片上实现，在一些实施例中，他们也可以在独立的芯片上分别实现。处理器 170 还可以用于产生相应的操作控制信号，发给计算处理设备相应的部件，读取以及处理软件中的数据，尤其是读取和处理存储器 120 中的数据和程序，以使其中的各个功能模块执行相应的功能，从而控制相应的部件按指令的要求进行动作。

其中，存储器 120 可以用于存储故障检测方法相关的软件代码，处理器 170 可以执行芯片的故障检测方法的步骤，也可以调度其他单元（例如上述输入单元 130 以及显示单元 140）以实现相应的功能。

该射频单元 110（可选的）可用于收发信息或通话过程中信号的接收和发送，例如，将基站的下行信息接收后，给处理器 170 处理；另外，将设计上行的数据发送给基站。通常，RF 电路包括但不限于天线、至少一个放大器、收发信机、耦合器、低噪声放大器(Low Noise Amplifier，LNA)、双工器等。此外，射频单元 110 还可以通过无线通信与网络设备和其他设备通信。该无线通信可以使用任一通信标准或协议，包括但不限于全球移动通讯系统(Global System of Mobile communication，GSM)、通用分组无线服务(General Packet Radio Service，GPRS)、码分多址(Code Division Multiple Access，CDMA)、宽带码分多址(Wideband Code Division Multiple Access，WCDMA)、长期演进(Long Term Evolution，LTE)、电子邮件、短消息服务(Short Messaging Service，SMS)等。

其中，在本申请实施例中，该射频单元 110 可以将芯片的参数发送至服务器 200，并接收到服务器 200 发送的故障检测结果。

应理解，该射频单元 110 为可选的，其可以被替换为其他通信接口，例如可以是网口。

终端 100 还包括给各个部件供电的电源 190(比如电池)，优选的，电源可以通过电源管理系统与处理器 170 逻辑相连，从而通过电源管理系统实现管理充电、放电、以及功耗管理等功能。

终端 100 还包括外部接口 180，该外部接口可以是标准的 Micro USB 接口，也可以使多针连接器，可以用于连接终端 100 与其他装置进行通信，也可以用于连接充电器为终端 100 充电。

尽管未示出，终端 100 还可以包括闪光灯、无线保真(wireless fidelity，WiFi)模块、蓝牙模块、不同功能的传感器等，在此不再赘述。下文中描述的部分或全部方法均可以应用在如图 3 所示的终端 100 中。

接下来描述图 2 中服务器 200 的产品形态；

图 4 提供了一种服务器 200 的结构示意图，如图 4 所示，服务器 200 包括总线 201、处理器 202、通信接口 203 和存储器 204。处理器 202、存储器 204 和通信接口 203 之间通过总线 201 通信。

总线 201 可以是外设部件互连标准（peripheral component interconnect，PCI）总线或扩展工业标准结构（extended industry standard architecture，EISA）总线等。总线可以分为地址总线、数据总线、控制总线等。为便于表示，图 4 中仅用一条粗线表示，但并不表示仅有一根总线或一种类型的总线。

处理器 202 可以为中央处理器(central processing unit，CPU)、图形处理器(graphics processing unit，GPU)、微处理器（micro processor，MP）或者数字信号处理器（digital signal processor，DSP）等处理器中的任意一种或多种。

存储器 204 可以包括易失性存储器(volatile memory)，例如随机存取存储器(random access memory，RAM)。存储器 204 还可以包括非易失性存储器(non-volatile memory)，例如只读存储器(read-only memory，ROM)，快闪存储器，机械硬盘（hard drive drive，HDD）或固态硬盘（solid state drive，SSD）。

其中，存储器 204 可以用于存储故障检测方法相关的软件代码，处理器 202 可以执行芯片的故障检测方法的步骤，也可以调度其他单元以实现相应的功能。

应理解，上述终端 100 和服务器 200 可以为集中式或者是分布式的设备，上述终端 100 和服务器 200 中的处理器（例如处理器 170 以及处理器 202）可以为硬件电路（如专用集成电路（application specific integrated circuit，ASIC）、现场可编程门阵列（field-programmable gate array，FPGA）、通用处理器、数字信号处理器（digital signal processing，DSP）、微处理器或微控制器等等）、或这些硬件电路的组合，例如，处理器可以为具有执行指令功能的硬件系统，如 CPU、DSP 等，或者为不具有执行指令功能的硬件系统，如 ASIC、FPGA 等，或者为上述不具有执行指令功能的硬件系统以及具有执行指令功能的硬件系统的组合。

二、服务器提供的故障检测类云服务：

在一种可能的实现中，服务器可以通过应用程序编程接口（application programming interface，API）为端侧提供故障检测的服务。

其中，终端设备可以通过云端提供的 API，将相关参数（例如电机的运行数据）发送至服务器，服务器可以基于接收到的参数，得到处理结果，并将处理结果（例如电机的运行数据的故障检测结果等）返回至至终端。

关于终端以及服务器的描述可以上述实施例的描述，这里不再赘述。

如图 5 示出了使用一项云平台提供的故障检测类云服务的流程。

1.开通并购买内容审核服务。

2.用户可以下载内容审核服务对应的软件开发工具包(software development kit，SDK)，通常云平台提供多个开发版本的 SDK，供用户根据开发环境的需求选择，例如 JAVA 版本的 SDK、python 版本的 SDK、PHP 版本的 SDK、Android 版本的 SDK 等。

3.用户根据需求下载对应版本的 SDK 到本地后，将 SDK 工程导入至本地开发环境，在本地开发环境中进行配置和调试，本地开发环境还可以进行其他功能的开发，使得形成一个集合了故障检测类能力的应用。

4. 故障检测类应用在被使用的过程中，当需要进行故障检测时，可以触发故障检测的 API 调用。当应用触发故障检测功能时，发起 API 请求至云环境中的故障检测类服务的运行实例，其中，API 请求中携带电机的运行数据，由云环境中的运行实例对电机的运行数据进行处理，获得故障检测结果。

5.云环境将故障检测结果返回至应用，由此完成一次的故障检测服务调用。

关于终端以及服务器的描述可以上述实施例的描述，这里不再赘述。

本申请实施例涉及了许多关于故障检测的相关知识，为了更好地理解本申请实施例的方案，下面先对本申请实施例可能涉及的相关术语和概念进行介绍。应理解的是，相关的概念解释可能会因为本申请实施例的具体情况有所限制，但并不代表本申请仅能局限于该具体情况，在不同实施例的具体情况可能也会存在差异，具体此处不做限定。

（1）傅里叶分解

傅立叶分解也可以称之为傅里叶变换，能将某个函数表示成三角函数（正弦和/或余弦函数）或者它们的积分的线性组合。在不同的研究领域，傅立叶变换具有多种不同的变体形式，如连续傅立叶变换和离散傅立叶变换。傅里叶变换的核心是从时域到频域的变换，而这种变换是通过一组特殊的正交基来实现的。

（2）谐波和基波

谐波是指对周期性非正弦交流量进行傅里叶级数分解所得到的大于基波频率整数倍的各次分量，通常称为高次谐波，而基波是指其频率与工频(50Hz)相同的分量。

（3）电机

电动机是把电能转换成机械能的一种设备。它是利用通电线圈（也就是定子绕组）产生旋转磁场并作用于转子（如鼠笼式闭合铝框）形成磁电动力旋转扭矩。电动机按使用电源不同分为直流电动机和交流电动机，电力系统中的电动机大部分是交流电机，可以是同步电机或者是异步电机（电机定子磁场转速与转子旋转转速不保持同步速）。电动机主要由定子与转子组成，通电导线在磁场中受力运动的方向

跟电流方向和磁感线（磁场方向）方向有关。电动机工作原理是磁场对电流受力的作用，使电动机转动。

（4）交流电机

“交流电机”是用于实现机械能和交流电能相互转换的机械。由于交流电力系统的巨大发展，交流电机已成为最常用的电机。交流电机与直流电机相比，由于没有换向器（见直流电机的换向），因此结构简单，制造方便，比较牢固，容易做成高转速、高电压、大电流、大容量的电机。

（5）三相电流

三相电流是通过三根导线,每根导线作为其他两根的回路,其三个分量的相位差依次为一个周期的三分之一或120°相位角的电流。

（6）定子

定子是电动机静止不动的部分。定子由定子铁芯、定子绕组和机座三部分组成。定子的作用产生交流电，转子的作用是形成旋转磁场。

（7）峰峰值

峰峰值是指一个周期内信号最高值和最低值之间差的值，就是最大和最小之间的范围。它描述了信号值的变化范围的大小。

电机是驱动生产过程中各种机械最常见的设备，在工业生产、交通运输、基础建设、农业发展以及日常的普通生活中都得到了大量的使用，电机用电量在总生产用电量占比80%以上。作为一种为多行业提供动力的电气设备，其本身存在着许多潜在的故障因素，由于故障导致的停机停产会带来很大的经济损失。如果可以及时的发现电机的故障情况，在电机发生故障的早期阶段就进行检修及维护，那么就可以有效的延长电机的使用寿命并且提高整个生产体系的可靠性与稳定性。

为了保证电机的稳定运行，通过设定各类传感器来监视电机各种参数数值，如果某些参数值超过了继电器的设定值，那么继电器就会发出警报，必要时将通过电机的切断控制回路直接停止电机的运行，以防止生产事故规模的进一步扩大。

从表面上来看的话，电机的保护设置看似十分完善，但实际运行过程中继电器只有在电机故障发生时才会发出警报，然而，电机如果突然断电或者停止运行都将造成十分巨大的损失。

如图6所示，这种方式只能用于检测A点，即功能故障发生点之后的故障，在到达A点时设备完全失效。而不能找到P点、F点以及A点，即劣化起始点、潜在故障发生点以及功能故障点之间的部分，需要说明的是，电机存在潜在故障时并不是指电机已经发生了故障，是发生故障前显露出来的一种劣化现象。因此，亟需一种能够确定电机存在的潜在故障程度的方法，该潜在故障程度可以表征出电机的劣化程度。

接下来结合电机故障检测的应用场景，介绍一个本申请实施例的应用架构示意，参照图7，图7为以工业场景为例的架构示意，其中，可以在电机电控柜侧安装定子电流信号采集器，进行数据采集和上报；然后，边缘侧（边缘侧为可选的，例如，边缘侧可以为边缘网关）进行数据的汇聚和上报；中心侧（例如，服务器）可以根据上报的数据执行本申请实施例中的故障检测方法，并输出故障检测结果。

参照图8，图8为本申请实施例提供的一种故障检测方法的实施例的流程示意，其中，故障检测方法包括：

801、获取第一电流，所述第一电流为电机的定子电流。

在一种可能的实现中，为了检测电机的故障，可以对电机运行时的相关运行参数进行分析，电机的运行参数中，定子电流是电机内部相对敏感的状态参数，且作为一种非侵入式传感信号容易获取，可以在配电柜直接采集。本申请实施例中，可以通过对定子电流的谐波成分进行分析，来对电机的故障程度进行确定。

在一种可能的实现中，可以设置用于采集电机上定子电流的传感器，例如，定子电流信号采集器，传感器可以采集到电机上定子的定子电流。例如，可以在电机的电控柜侧安装定子电流信号采集器。

其中，电机定子的定子电流可以为三相电，定子电流可以为三相电中一相或多相的电流。例如三相电可以包括第一相电流、第二相电流和第三相电流，分别对应于三相电中的U相、V相以及W相。

其中，传感器可以按照一定的频率采集定子电流，为了保证后续的故障分析精度，采样频率可以示例性的至少为1K。

在一些情况下，三相电中的一相或多相电可能会存在电流值部分或者异常的情况（存在明显的数值跳变等不正常状态），为了提高所采集的定子电流的准确性，针对于某一相电流的缺失部分或者异常部分，可以使用其他一相或者两相的相应电流值进行补全（由于三相电中不同相的电流在正常情况下仅仅是相位不同，幅值是相同的）。例如，如果采集了多相电流，可以利用电流间的相关性来进行信号预处理。例如，可以采用三相电中的多相（例如两相或者三相）中对齐相位的幅值进行融合来作为第一电流。

示例性的，融合可以为不同相的幅值相互之间的拼接，或者是求均值。

例如，可以将三相电流进行相位对齐，对齐后，进行加权平均。即 current = \sum c_{1-3}w_i * c_i / \sum c_{1-3} w_i。其中，current 可以为第一电流，c_{1-3}代表各相电流，\sum_表示求和，w_i 代表权重，如果判断是非异常值，权值为 1，如果是异常值，权值为 0。此外，还可以对采集的电流的原始信号进行其他预处理，例如，针对于缺失的数据，可以选择数据集中出现次数最多的值来填充相应的缺失数据。针对于重复数据处理，可以提取首个数据，视为新类；分析下一条数据，比较其和已存在的类的属性，当电流、电压差值小于指定阈值，分配至其相匹配的类中，并重新计算这个类的属性。如果与当前已存在的所有的类都不匹配，创建一个新的类，并创建新属性；重复前述两个步骤，直到每条记录都被扫描计算过，正确的放置到所对应的类中。

针对于异常数据，可以给定一个正常范围带，若电压电流数据不在该带内，则视为异常数据，直接剔除。

此外，由于内部噪声的干扰，采集的原始信号可能存在噪声，可以对原始信号进行去噪处理。例如，可采用小波阈值去噪方法，首先对原始信号进行小波分解，选取合适的小波系数阈值，将阈值与每个分解尺度下的高频小波系数进行比较，若小波系数大于阈值，则保留该小波系数，否则采取适当的阈值处理。将阈值处理后的小波系数进行小波逆变换，得到去噪后的重构信号。

在一种可能的实现中，第一时间段可以为连续的时间段或者是连续的时间段内的多个时刻，第一时间段也可以为不连续的时间段或者是不连续的时间段内的多个时刻，这里并不限定。例如，第一电流可以为一个时间段内多个时刻中每个时刻的电流瞬时值。

802、根据所述第一电流，得到所述第一电流的第一特征数据，所述第一特征数据与所述电机的故障有关；所述第一特征数据为所述第一电流的多个第一谐波幅值与多个第一幅值之间的数值关系，所述多个第一幅值包括所述第一电流的第一基波幅值以及多个第二谐波幅值，所述多个第二谐波幅值与所述电机的故障无关；

803、根据所述第一特征数据，确定所述电机的故障程度。

在电机出现潜在故障时，会引起电机磁场的气息的不均匀，上述现象会直接表现在定子电流上，例如：电流中会出现明显谐波成分或者是相位值的波动出现不稳定的情况，本申请中提取电机的潜在故障所引起的信号（定子电流）中的特征数据，该特征数据为定子电流中的异常成分的体现，可以基于该特征数据来确定电机存在潜在故障的程度。

电机的潜在故障所引起的信号（定子电流）中的异常成分可以为谐波成分或者是相位值的波动（变化特征），接下来分别进行介绍：

1、特征数据为定子电流中的谐波成分。

谐波成分也就可以称之为谐波电流，谐波电流是将非正弦周期性电流函数按傅立叶级数展开时，其频率为原周期电流频率整数倍的各正弦分量的统称。

在一种可能的实现中，可以对第一电流进行傅里叶分解，得到第一电流的基波和多个谐波，电机的潜在故障可以体现在多个谐波中的一个或多个谐波上，也就是说，多个谐波中的一个或多个谐波与电机存在的潜在故障有关，电机存在的潜在故障的程度可以直接反应在多个谐波中的一个或多个谐波上。

由于并不是所有的谐波都和电机存在的潜在故障有关，有一些谐波是电机正常运行时也会存在的（例如由于电机运行的工况所导致的），为了分析出电机存在的潜在故障的程度，可以识别出多个谐波中哪些谐波是和电机存在的潜在故障有关的。

在对第一电流进行傅里叶分解后，电机上不同结构的位置存在潜在故障相关的谐波的频率可能是不同的，例如，电机的轴承存在潜在故障可能会导致 60hz 处的谐波的幅值的增大。因此，可以对电机的各个结构对应的谐波频率的谐波的幅值进行分析（可选的，也可以是对全部的谐波的幅值进行分析），若幅值满足预设条件（例如数值大于阈值或者是其他条件），则可以认为是电机的潜在故障相关的谐波的幅值。

然而，由于受到电机运行环境等因素，可能会存在一些谐波幅值满足上述预设条件，但却不是由于电机的潜在故障所导致的，而是由电机运行环境所导致的，进而引起误判。为了解决这个问题，本申请实施例中，采用谐波乘积谱，能够准确的提取出非噪声的谐波成分。其原理是，噪声一般情况下只会引起单次谐波，而故障除了引起故障频率点的谐波外，在故障频率倍频位置也会引起谐波成分，通过融合（例如乘积，也就是式（1）所描述的），可以将和电机潜在故障相关的谐波特征进行放大，且将噪声进行去除。

k l （1）

示例性的，谐波乘积谱的原理可以如图 9 所示，60Hz 和 110Hz 为和潜在故障相关的谐波的频率。

也就是说，对第一电流进行处理后，可以得到第一电流的特征数据，特征数据包括第一电流的基波的幅值（例如本申请实施例中的第一基波幅值）和多个谐波的幅值（例如本申请实施例中的多个第一谐波幅值），其中，所述多个第一谐波幅值中的多个第一谐波幅值是和电机存在的潜在故障有关的谐波的幅值，且所述多个第一谐波幅值中的每个第一谐波幅值与对应的多个第四谐波幅值的融合结果（例如，融合结果可以是通过乘积运算、神经网络等方式得到的）满足预设条件，或者是所述多个第一谐波幅值中的每个第一谐波幅值以及对应的多个第四谐波幅值中的每个第四谐波幅值均满足预设条件，每个所述第四谐波幅值为所述第一谐波幅值对应的谐波频率的一个倍频的谐波的幅值，预设条件可以是数值大于阈值。通过上述方式，可以去除由于电机运行环境等因素所导致的误判，进而准确识别出和电机的潜在故障相关的谐波。

其中，所述多个第一谐波幅值中的每个第一谐波幅值与对应的多个第四谐波幅值的融合结果（例如，融合结果可以是通过乘积运算、神经网络等方式得到的）满足预设条件，每个所述第四谐波幅值为所述第一谐波幅值对应的谐波频率的一个倍频的谐波的幅值。通过上述方式，可以去除由于电机运行环境等因素所导致的误判，进而准确识别出和电机的潜在故障相关的谐波。

此外，电机上不同结构的位置存在潜在故障相关的谐波的频率是不同的，且存在对应关系（电机的结构和谐波频率），不同电机具备不同的电机结构，结构和谐波频率的对应关系也可能不同，现有技术中，针对于不同的电机，可以将该电机的结构和谐波频率之间的对应关系作为先验信息，通过分析谐波频率是否异常来确定电机的哪些结构出现异常，而不属于该对应关系中电机结构对应的频率即使数值大于一定的阈值，也认为其不是故障部件对应的谐波频率。也就是说现在技术在进行故障检测时依赖先验信息。本申请实施例中，由于不需要定位出电机的哪些部件存在故障，仅仅需要确定出哪些频率的谐波是和故障相关的，通过上述倍频谐波的数值判断方法，则可以在不依赖于先验信息的情况下，准确判断出哪些部件存在故障。

上述方式仅仅能够识别出和电机潜在故障相关的谐波，以及定位出电机的哪些结构存在潜在故障，而为了能够量化出电机存在潜在故障的程度，可以对和潜在故障相关的谐波幅值进行分析。

在一种可能的实现中，所述特征数据可以包括多个第一幅值，所述多个第一幅值包括所述第一电流的第一基波幅值以及多个第二谐波幅值（可选的，所述多个第一幅值还可以包括多个第一谐波幅值），第二谐波幅值可以是和电机运行的工况等噪声相关，而不是由电机的故障所导致产生的，所述多个第一谐波幅值中的多个第一谐波幅值与所述电机的潜在故障有关。

其中，上述与所述电机的潜在故障有关的多个第一谐波幅值的融合结果（例如本申请实施例中的第一融合结果）可以表示电机的潜在故障相关的能量，而多个幅值的融合结果（例如本申请实施例中的第二融合结果）可以表示总能量，而所述多个第一谐波幅值与所述多个第一幅值之间的数值关系，也就是电机的潜在故障相关的能量和总能量之间的数值关系，则可以表征出所述电机存在的潜在故障程度。

针对于不同电机、或者同一个电机在不同的工况等运行环境下，由于工况等噪声导致的定子电流中

的和故障相关的谐波分量可能会不同，也就是说，即使电机的故障程度相同，不同电机或者不同的工况下，和故障相关的谐波的大小也可能不同。为了消除不同工况或者电机的不同对于谐波电流大小的影响，本申请中，将和故障相关的谐波电流的幅值和对定子电流分解得到的基波以及和故障无关的谐波之间的数值关系作为特征表示来进行故障程度的确定，可以消除不同工况或者电机的不同对于谐波电流大小的影响而确定出准确的故障程度。

在一种可能的实现中，上述数值关系可以为第一融合结果和第二融合结果之间的第一差异程度。例如，所述第一融合结果或所述第二融合结果为通过累加得到的；所述第一差异程度可以为比值。

在一种可能的实现中，不同的电机、或者相同电机在不同的运行环境中，基波或者谐波的幅值都可能是不同的，仅仅利用电机在某个时间段内的特征数据并不能准确的描述出电机的潜在故障程度。例如，电机 A 和电机 B，电机 A 所处的运行环境中的噪声较大，因此，即使谐波中和潜在故障相关的谐波的幅值较大（也就是潜在故障的程度较高），在潜在故障程度较大时，也可能由于潜在故障相关的谐波的幅值和总能量之间的差异较大，而得到潜在故障程度较小的错误结论。

本申请中，为了能够适配于不同的电机、或者不同的电机运行环境，可以将电机在正常运行或者是历史运行时间段内的特征数据作为基准，利用电机实时的特征数据和基准之间的比较，来确定电机的潜在故障程度，进而可以降低不同的电机、或者相同电机在不同的运行环境的差异的干扰。

在一种可能的实现中，所述多个第一谐波幅值为多个第一频率的谐波的幅值；可以根据第一数值关系和第二数值关系之间的第二差异程度，确定所述电机存在的潜在故障程度。所述第一数值关系为所述多个第一谐波幅值与所述多个第一幅值之间的数值关系，所述第二数值关系为第二电流的多个第三谐波幅值与多个第二幅值之间的数值关系；其中，所述多个第二幅值包括所述第二电流的基波幅值以及多个谐波幅值；所述第二电流为所述电机在未发生故障的定子电流、或者在第二时间段内的定子电流；所述多个第三谐波幅值为所述多个谐波幅值中所述多个第一频率的谐波的幅值；所述第二时间段为所述第一时间段之前的时间段。

示例性的，可以计算谐波乘积谱中相应谐波能量，占信号总能量的比值，计算方法为：hocc = \sum harm(i) 除以 \sum amp(i)；其中，\sum 表示累加，harm(i)代表频谱中相应谐波的幅值，amp(i)代表频谱中每一个谱线的幅值。可以以初始时刻 n 段数据的 hocc 均值作为基准，计算谐波占有率的差值，作为“距离”：dis_hocc = hocc - hocc_base。

可选的，参照图 10，可以取 n 段正常定子电流信号（或者历史定子电流信号）间的距离进行正态分布拟合，计算均值和标准差，计算 dis_hocc 在正常信号分布的哪个区间，以此判定故障严重程度。如在 1sigma 区间外，为轻微故障；在 2sigma 区间外，为中度故障；在 3sigma 区间外为严重故障。

2、特征数据为定子电流的相位值在时域上的变化特征。

在一种可能的实现中，所述特征数据包括所述第一电流对应的第一相位值在时域上的第一变化特征；所述相位值为将所述第一电流分解得到的复数信号中的相位。可选的，所述第一变化特征可以与所述第一相位值在时域上的变化幅度有关，例如，该变化幅度可以通过峰峰值的均值表示。

当电机驱动系统出现潜在故障时，会引起电机磁场的气息的不均匀，上述现象会直接表现在定子电流上，即定子电流中的平稳成分会出现相位变化（例如可以为相位的峰峰值出现波动）。

为了提取定子电流中的平稳成分，可以基于信号预处理方法，将定子电流信号中的平稳分量分离，再进行特征的计算和提取，具体步骤可以示例性的如下：首先进行信号筛选，对信号进行短时傅里叶变换，观察主频成分波动是否超过一定阈值（例如 5%），如若未超过，则进行下一步；信号分解：对信号进行经验模态分解(empirical mode decomposition，EMD)或者集合经验模态分解（ensemble empirical mode decomposition，EEMD)，并提取其中的平稳成分，例如可以为第一个本征模态函数（intrinsic mode function，IMF）分量，具体可以参照图 11 所示。

对上述提取的平稳成分进行处理，得到第一电流的每个时刻的瞬时相位，再求取该段信号（也就是第一电流）瞬时相位的变化幅度。

在一种可能的实现中，所述根据所述第一变化特征，确定所述电机发生故障的故障程度，包括：根据所述第一变化特征和第二变化特征之间的差异程度，确定所述电机发生故障的故障程度；所述第二变

化特征为第二电流的多个第三谐波幅值与多个第二幅值之间的数值关系；其中，所述多个第二幅值包括所述第二电流对应的第一相位值在时域上的第二变化特征；所述第二电流为所述电机在未发生故障的定子电流、或者在第二时间段内的定子电流；所述第二时间段为所述第一时间段之前的时间段。

示例性的，可以以初始时刻 n 段数据的均值（例如峰峰值的均值）作为基准，计算当前值于基准值的差值，作为“距离”，得到：dis_fi = fi - fi_base。

在一种可能的实现中，通过上述方式可以得到的距离 dis_hocc（例如上述介绍的所述第一变化特征和第二变化特征之间的差异程度、以及第一数值关系和第二数值关系之间的第二差异程度），可以用于确定潜在故障的程度。

示例性的，可以取n段正常信号或者历史信号间的距离进行正态分布拟合，计算均值和标准差，计算dis_hocc在正常信号分布的哪个区间，以此判定故障严重程度。如在1sigma区间外，为轻微故障；在2sigma区间外，为中度故障；在3sigma区间外为严重故障。

在一种可能的实现中，所述存在的潜在故障程度可以通过潜在故障级别表示，例如严重、中等或者轻微。

在一种可能的实现中，所述存在的潜在故障程度可以通过潜在故障分数，例如 0 到 100 之间的一个数值。

在一种可能的实现中，所述存在的潜在故障程度可以通过所述电极的潜在故障程度与其他电机的潜在故障程度的对比信息表示，例如电机潜在故障程度的排名。

在得到潜在故障程度后，可以利用APP等方式将电机潜在故障程度推送给用户，例如可以为相应的运维工作人员，如图12所示。

参照图 13，图 13 为本申请实施例提供的一种故障检测方法的流程示意，如图 13 所示，本申请提供的故障检测方法，包括：

1301、获取第一电流，所述第一电流为电机的定子电流；

其中，关于步骤 1301 的具体描述可以参照上述实施例中步骤 801 的描述，这里不再介绍。

1302、根据所述第一电流，得到所述第一电流的第一特征数据，所述第一特征数据包括所述第一电流对应的第一相位值在时域上的第一变化特征；所述第一相位值为将所述第一电流分解得到的复数信号中的相位；所述第一变化特征与所述第一相位值在时域上的变化幅度有关；

1303、根据所述第一特征数据，确定所述电机的故障程度。

其中，关于步骤 1302 和步骤 1303 的具体描述可以参照上述实施例中步骤 802 和步骤 803 的描述，这里不再介绍。

在一种可能的实现中，所述第一电流为电机在第一时间段内的定子电流，所述方法还包括：获取第二电流，所述第二电流为所述电机在正常运行或者第二时间段内的定子电流，所述第二时间段为所述第一时间段之前的时间段；

所述根据所述第一特征数据，确定所述电机的故障程度，包括：

根据所述第二电流，得到所述第二电流的第二特征数据，所述第二特征数据和所述第一特征数据为同类型的数据；

根据所述第一特征数据和所述第二特征数据之间的差异，确定所述电机的故障程度。

在一种可能的实现中，所述第二特征数据包括所述第二电流对应的第二相位值在时域上的第二变化特征；所述第二相位值为将所述第二电流分解得到的复数信号中的相位；所述第二变化特征与所述第二相位值在时域上的变化幅度有关。

在一种可能的实现中，所述存在的故障程度通过故障级别、故障分数或者所述电极的故障程度与其他电机的故障程度的对比信息表示。

参照图 14，图 14 为本申请实施例提供的一种故障检测装置的结构示意，如图 14 所示，本申请提供的故障检测装置 1400，包括：

获取模块 1401，用于获取第一电流，所述第一电流为电机的定子电流；

其中，关于获取模块 1401 的具体描述可以参照上述实施例中步骤 801 的描述，这里不再介绍。

特征提取模块 1402，用于根据所述第一电流，得到所述第一电流的第一特征数据，所述第一特征数据与所述电机的故障有关；所述第一特征数据为所述第一电流的多个第一谐波幅值与多个第一幅值之间的数值关系，所述多个第一幅值包括所述第一电流的第一基波幅值以及多个第二谐波幅值，所述多个第二谐波幅值与所述电机的故障无关；

其中，关于特征提取模块 1402 的具体描述可以参照上述实施例中步骤 802 的描述，这里不再介绍。

故障确定模块 1403，用于根据所述第一特征数据，确定所述电机的故障程度。

其中，关于故障确定模块 1403 的具体描述可以参照上述实施例中步骤 803 的描述，这里不再介绍。

在一种可能的实现中，所述第一电流为电机在第一时间段内的定子电流，所述获取模块，还用于：

获取第二电流，所述第二电流为所述电机在正常运行或者第二时间段内的定子电流，所述第二时间段为所述第一时间段之前的时间段；

所述特征提取模块，还用于：

根据所述第二电流，得到所述第二电流的第二特征数据，所述第二特征数据和所述第一特征数据为同类型的数据；

所述故障确定模块，具体用于：

根据所述第一特征数据和所述第二特征数据之间的差异，确定所述电机的故障程度。

在一种可能的实现中，所述多个第一谐波幅值与所述多个第一幅值之间的数值关系，包括：

第一融合结果和第二融合结果之间的第一差异程度；所述第一融合结果为所述多个第一谐波幅值的融合结果；所述第二融合结果为所述多个第一幅值的融合结果。

在一种可能的实现中，所述多个第一谐波幅值为所述第一电流中多个第一频率的谐波的幅值；

所述第二特征数据为所述第二电流的多个第三谐波幅值与多个第二幅值之间的数值关系；所述多个第二幅值包括所述第二电流的基波幅值以及多个谐波幅值；所述第二电流为所述电机在未发生故障的定子电流、或者在第二时间段内的定子电流；所述多个第三谐波幅值为所述多个第二幅值中所述多个第一频率的谐波的幅值。

在一种可能的实现中，所述多个第一谐波幅值中的每个第一谐波幅值、以及对应的多个第四谐波幅值中的每个第四谐波幅值均在预设的数值范围内，每个所述第四谐波幅值为所述第一谐波幅值对应的谐波频率的一个倍频的谐波的幅值；或者，

所述多个第一谐波幅值与对应的多个第四谐波幅值的融合结果在预设的数值范围内。

在一种可能的实现中，所述存在的故障程度通过故障级别、故障分数或者所述电极的故障程度与其他电机的故障程度的对比信息表示。

参照图 15，图 15 为本申请实施例提供的一种故障检测装置的结构示意，如图 15 所示，本申请提供的故障检测装置 1500，包括：

获取模块 1501，用于获取第一电流，所述第一电流为电机的定子电流；

其中，关于故障确定模块 1501 的具体描述可以参照上述实施例中步骤 1301 的描述，这里不再介绍。

特征提取模块 1502，用于根据所述第一电流，得到所述第一电流的第一特征数据，所述第一特征数据包括所述第一电流对应的第一相位值在时域上的第一变化特征；所述第一相位值为将所述第一电流分解得到的复数信号中的相位；所述第一变化特征与所述第一相位值在时域上的变化幅度有关；

其中，关于故障确定模块 1502 的具体描述可以参照上述实施例中步骤 1302 的描述，这里不再介绍。

故障确定模块 1503，用于根据所述第一特征数据，确定所述电机的故障程度。

其中，关于故障确定模块 1503 的具体描述可以参照上述实施例中步骤 1303 的描述，这里不再介绍。

在一种可能的实现中，所述第一电流为电机在第一时间段内的定子电流，所述获取模块，还用于：

获取第二电流，所述第二电流为所述电机在正常运行或者第二时间段内的定子电流，所述第二时间段为所述第一时间段之前的时间段；

所述特征提取模块，还用于：

根据所述第二电流，得到所述第二电流的第二特征数据，所述第二特征数据和所述第一特征数据为

同类型的数据；

所述故障确定模块，具体用于：

根据所述第一特征数据和所述第二特征数据之间的差异，确定所述电机的故障程度。

在一种可能的实现中，所述第二特征数据包括所述第二电流对应的第二相位值在时域上的第二变化特征；所述第二相位值为将所述第二电流分解得到的复数信号中的相位；所述第二变化特征与所述第二相位值在时域上的变化幅度有关。

在一种可能的实现中，所述存在的故障程度通过故障级别、故障分数或者所述电极的故障程度与其他电机的故障程度的对比信息表示。

接下来介绍本申请实施例提供的一种故障检测装置，请参阅图 16，图 16 为本申请实施例提供的执行设备的一种结构示意图。具体的，执行设备 1600 包括：接收器 1601、发射器 1602、处理器 1603 和存储器 1604(其中执行设备 1600 中的处理器 1603 的数量可以一个或多个,图 16 中以一个处理器为例)，其中，处理器 1603 可以包括应用处理器 16031 和通信处理器 16032。在本申请的一些实施例中，接收器 1601、发射器 1602、处理器 1603 和存储器 1604 可通过总线或其它方式连接。

存储器 1604 可以包括只读存储器和随机存取存储器，并向处理器 1603 提供指令和数据。存储器 1604 的一部分还可以包括非易失性随机存取存储器（non-volatile random access memory，NVRAM）。存储器 1604 存储有处理器和操作指令、可执行模块或者数据结构，或者它们的子集，或者它们的扩展集，其中，操作指令可包括各种操作指令，用于实现各种操作。

上述本申请实施例揭示的方法可以应用于处理器 1603 中，或者由处理器 1603 实现。处理器 1603 可以是一种集成电路芯片，具有信号的处理能力。在实现过程中，上述方法的各步骤可以通过处理器 1603 中的硬件的集成逻辑电路或者软件形式的指令完成。上述的处理器 1603 可以是通用处理器、数字信号处理器（digital signal processing，DSP）、微处理器或微控制器，还可进一步包括专用集成电路（application specific integrated circuit，ASIC）、现场可编程门阵列（field-programmable gate array，FPGA）或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件。该处理器 1603 可以实现或者执行本申请实施例中的公开的各方法、步骤及逻辑框图。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。结合本申请实施例所公开的方法的步骤可以直接体现为硬件译码处理器执行完成，或者用译码处理器中的硬件及软件模块组合执行完成。软件模块可以位于随机存储器，闪存、只读存储器，可编程只读存储器或者电可擦写可编程存储器、寄存器等本领域成熟的存储介质中。该存储介质位于存储器 1604，处理器 1603 读取存储器 1604 中的信息，结合其硬件完成上述实施例提供的故障检测方法的步骤。

接收器 1601 可用于接收输入的数字或字符信息，以及产生与雷达系统的相关设置以及功能控制有关的信号输入。发射器 1602 可用于通过第一接口输出数字或字符信息；发射器 1602 还可用于通过第一接口向磁盘组发送指令，以修改磁盘组中的数据。

本申请实施例还提供了一种服务器，请参阅图 17，图 17 是本申请实施例提供的服务器的一种结构示意图，服务器可因配置或性能不同而产生比较大的差异，可以包括一个或一个以上中央处理器（central processing units，CPU）1717（例如，一个或一个以上处理器）和存储器 1732，一个或一个以上存储应用程序 1742 或数据 1744 的存储介质 1730（例如一个或一个以上海量存储设备）。其中，存储器 1732 和存储介质 1730 可以是短暂存储或持久存储。存储在存储介质 1730 的程序可以包括一个或一个以上模块（图示没标出），每个模块可以包括对训练设备中的一系列指令操作。更进一步地，中央处理器 1717 可以设置为与存储介质 1730 通信，在服务器 1700 上执行存储介质 1730 中的一系列指令操作。

服务器 1700 还可以包括一个或一个以上电源 1726，一个或一个以上有线或无线网络接口 1750，一个或一个以上输入输出接口 1758，和/或，一个或一个以上操作系统 1741，例如 Windows ServerTM，Mac OS XTM，UnixTM，LinuxTM，FreeBSDTM 等等。

本申请实施例中，中央处理器 1717，用于执行上述实施例中描述的数据处理方法。

本申请实施例中还提供一种包括计算机程序产品，当其在计算机上运行时，使得计算机执行上述实

施例中描述的故障检测方法。

本申请实施例中还提供一种计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质中存储有用于进行信号处理的程序，当其在计算机上运行时，使得计算机执行如上述实施例中描述的故障检测方法。

本申请实施例提供的故障检测装置具体可以为芯片，芯片包括：处理单元和通信单元，该处理单元例如可以是处理器，该通信单元例如可以是输入/输出接口、管脚或电路等。该处理单元可执行存储单元存储的计算机执行指令，以使执行设备内的芯片执行上述实施例描述的图像增强方法，或者，以使训练设备内的芯片执行上述实施例描述的图像增强方法。可选地，该存储单元为该芯片内的存储单元，如寄存器、缓存等，该存储单元还可以是该无线接入设备端内的位于该芯片外部的存储单元，如只读存储器（read-only memory，ROM)或可存储静态信息和指令的其他类型的静态存储设备，随机存取存储器（random access memory，RAM)等。

具体的，请参阅图 18，图 18 为本申请实施例提供的芯片的一种结构示意图，该芯片可以表现为神经网络处理器 NPU180，NPU 180 作为协处理器挂载到主 CPU（Host CPU）上，由 Host CPU 分配任务。NPU 的核心部分为运算电路 1803，通过控制器 1804 控制运算电路 1803 提取存储器中的矩阵数据并进行乘法运算。

在一些实现中，运算电路 1803 内部包括多个处理单元（Process Engine，PE)。在一些实现中，运算电路 1803 是二维脉动阵列。运算电路 1803 还可以是一维脉动阵列或者能够执行例如乘法和加法这样的数学运算的其它电子线路。在一些实现中，运算电路 1803 是通用的矩阵处理器。

举例来说，假设有输入矩阵 A，权重矩阵 B，输出矩阵 C。运算电路从权重存储器 1802 中取矩阵 B 相应的数据，并缓存在运算电路中每一个 PE 上。运算电路从输入存储器 1801 中取矩阵 A 数据与矩阵 B 进行矩阵运算，得到的矩阵的部分结果或最终结果，保存在累加器（accumulator）1808 中。

统一存储器 1806 用于存放输入数据以及输出数据。权重数据直接通过存储单元访问控制器（direct memory access controller，DMAC）1805，DMAC 被搬运到权重存储器 1802 中。输入数据也通过 DMAC 被搬运到统一存储器 1806 中。

BIU 为 Bus Interface Unit 即，总线接口单元 1810，用于 AXI 总线与 DMAC 和取指存储器（Instruction Fetch Buffer，IFB）1809 的交互。

总线接口单元 1810（Bus Interface Unit，简称 BIU)，用于取指存储器 1809 从外部存储器获取指令，还用于存储单元访问控制器 1805 从外部存储器获取输入矩阵 A 或者权重矩阵 B 的原数据。

DMAC 主要用于将外部存储器 DDR 中的输入数据搬运到统一存储器 1806 或将权重数据搬运到权重存储器 1802 中或将输入数据数据搬运到输入存储器 1801 中。

向量计算单元 1807 包括多个运算处理单元，在需要的情况下，对运算电路的输出做进一步处理，如向量乘，向量加，指数运算，对数运算，大小比较等等。主要用于神经网络中非卷积/全连接层网络计算，如 Batch Normalization(批归一化)，像素级求和，对特征平面进行上采样等。

在一些实现中，向量计算单元 1807 能将经处理的输出的向量存储到统一存储器 1806。例如，向量计算单元 1807 可以将线性函数和/或非线性函数应用到运算电路 1803 的输出，例如对卷积层提取的特征平面进行线性插值，再例如累加值的向量，用以生成激活值。在一些实现中，向量计算单元 1807 生成归一化的值、像素级求和的值，或二者均有。在一些实现中，处理过的输出的向量能够用作到运算电路 1803 的激活输入，例如用于在神经网络中的后续层中的使用。

控制器 1804 连接的取指存储器（instruction fetch buffer）1809，用于存储控制器 1804 使用的指令；

统一存储器 1806，输入存储器 1801，权重存储器 1802 以及取指存储器 1809 均为 On-Chip 存储器。外部存储器私有于该 NPU 硬件架构。

其中，上述任一处提到的处理器，可以是一个通用中央处理器，微处理器，ASIC，或一个或多个用于控制上述实施例中描述的故障检测方法相关步骤的程序执行的集成电路。

另外需说明的是，以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，其中该作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的，作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元，即可以位于一

个地方，或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部模块来实现本实施例方案的目的。另外，本申请提供的装置实施例附图中，模块之间的连接关系表示它们之间具有通信连接，具体可以实现为一条或多条通信总线或信号线。

通过以上的实施方式的描述，所属领域的技术人员可以清楚地了解到本申请可借助软件加必需的通用硬件的方式来实现，当然也可以通过专用硬件包括专用集成电路、专用 CPU、专用存储器、专用元器件等来实现。一般情况下，凡由计算机程序完成的功能都可以很容易地用相应的硬件来实现，而且，用来实现同一功能的具体硬件结构也可以是多种多样的，例如模拟电路、数字电路或专用电路等。但是，对本申请而言更多情况下软件程序实现是更佳的实施方式。基于这样的理解，本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品存储在可读取的存储介质中，如计算机的软盘、U 盘、移动硬盘、ROM、RAM、磁碟或者光盘等，包括若干指令用以使得一台计算机设备（可以是个人计算机，训练设备，或者网络设备等）执行本申请各个实施例该的方法。

在上述实施例中，可以全部或部分地通过软件、硬件、固件或者其任意组合来实现。当使用软件实现时，可以全部或部分地以计算机程序产品的形式实现。

该计算机程序产品包括一个或多个计算机指令。在计算机上加载和执行该计算机程序指令时，全部或部分地产生按照本申请实施例该的流程或功能。该计算机可以是通用计算机、专用计算机、计算机网络、或者其他可编程装置。该计算机指令可以存储在计算机可读存储介质中，或者从一个计算机可读存储介质向另一计算机可读存储介质传输，例如，该计算机指令可以从一个网站站点、计算机、训练设备或数据中心通过有线（例如同轴电缆、光纤、数字用户线（DSL））或无线（例如红外、无线、微波等）方式向另一个网站站点、计算机、训练设备或数据中心进行传输。该计算机可读存储介质可以是计算机能够存储的任何可用介质或者是包含一个或多个可用介质集成的训练设备、数据中心等数据存储设备。该可用介质可以是磁性介质，（例如，软盘、硬盘、磁带）、光介质（例如，DVD）、或者半导体介质（例如固态硬盘（Solid State Disk，SSD））等。

权 利 要 求

1. 一种故障检测方法，其特征在于，所述方法包括：

获取第一电流，所述第一电流为电机的定子电流；

根据所述第一电流，得到所述第一电流的第一特征数据，所述第一特征数据与所述电机的故障有关；所述第一特征数据为所述第一电流的多个第一谐波幅值与多个第一幅值之间的数值关系，所述多个第一幅值包括所述第一电流的第一基波幅值以及多个第二谐波幅值，所述多个第二谐波幅值与所述电机的故障无关；

根据所述第一特征数据，确定所述电机的故障程度。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述第一电流为电机在第一时间段内的定子电流，所述方法还包括：

获取第二电流，所述第二电流为所述电机在正常运行或者第二时间段内的定子电流，所述第二时间段为所述第一时间段之前的时间段；

所述根据所述第一特征数据，确定所述电机的故障程度，包括：

根据所述第二电流，得到所述第二电流的第二特征数据，所述第二特征数据和所述第一特征数据为通过相同方式计算得到的数据；

根据所述第一特征数据和所述第二特征数据之间的差异，确定所述电机的故障程度。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，所述多个第一幅值还包括所述多个第一谐波幅值。

4. 根据权利要求 1 至 3 任一所述的方法，其特征在于，所述多个第一谐波幅值与所述多个第一幅值之间的数值关系，包括：

第一融合结果和第二融合结果之间的第一差异程度；所述第一融合结果为所述多个第一谐波幅值的融合结果；所述第二融合结果为所述多个第一幅值的融合结果。

5. 根据权利要求 1 至 4 任一所述的方法，其特征在于，所述多个第一谐波幅值为所述第一电流中多个第一频率的谐波的幅值；

所述第二特征数据为所述第二电流中所述多个第一频率的谐波的多个第三谐波幅值与多个第二幅值之间的数值关系；所述多个第三谐波幅值为所述第二电流中所述多个第一频率的谐波的幅值，所述多个第二幅值包括所述第二电流的基波幅值以及多个与所述电机的故障无关的谐波幅值；所述第二电流为所述电机在未发生故障的定子电流、或者在第二时间段内的定子电流。

6. 根据权利要求 1 至 5 任一所述的方法，其特征在于，

所述多个第一谐波幅值中的每个第一谐波幅值、以及对应的多个第四谐波幅值中的每个第四谐波幅值均在预设的数值范围内，每个所述第四谐波幅值为所述第一谐波幅值对应的谐波频率的一个倍频的谐波的幅值；或者，

所述多个第一谐波幅值与对应的多个第四谐波幅值的融合结果在预设的数值范围内。

7. 根据权利要求 1 至 6 任一所述的方法，其特征在于，所述存在的故障程度通过故障级别、故障分数或者所述电极的故障程度与其他电机的故障程度的对比信息表示。

8. 一种故障检测方法，其特征在于，所述方法包括：

获取第一电流，所述第一电流为电机的定子电流；

根据所述第一电流，得到所述第一电流的第一特征数据，所述第一特征数据包括所述第一电流对应

的第一相位值在时域上的第一变化特征；所述第一相位值为将所述第一电流分解得到的复数信号中的相位；所述第一变化特征与所述第一相位值在时域上的变化幅度有关；

根据所述第一特征数据，确定所述电机的故障程度。

9. 根据权利要求 8 所述的方法，其特征在于，所述第一电流为电机在第一时间段内的定子电流，所述方法还包括：

获取第二电流，所述第二电流为所述电机在正常运行或者第二时间段内的定子电流，所述第二时间段为所述第一时间段之前的时间段；

所述根据所述第一特征数据，确定所述电机的故障程度，包括：

根据所述第二电流，得到所述第二电流的第二特征数据，所述第二特征数据和所述第一特征数据为通过相同方式计算得到的数据；

根据所述第一特征数据和所述第二特征数据之间的差异，确定所述电机的故障程度。

10. 根据权利要求 8 或 9 所述的方法，其特征在于，所述第二特征数据包括所述第二电流对应的第二相位值在时域上的第二变化特征；所述第二相位值为将所述第二电流分解得到的复数信号中的相位；所述第二变化特征与所述第二相位值在时域上的变化幅度有关。

11. 一种故障检测装置，其特征在于，所述装置包括：

获取模块，用于获取第一电流，所述第一电流为电机的定子电流；

特征提取模块，用于根据所述第一电流，得到所述第一电流的第一特征数据，所述第一特征数据与所述电机的故障有关；所述第一特征数据为所述第一电流的多个第一谐波幅值与多个第一幅值之间的数值关系，所述多个第一幅值包括所述第一电流的第一基波幅值以及多个第二谐波幅值，所述多个第二谐波幅值与所述电机的故障无关；

故障确定模块，用于根据所述第一特征数据，确定所述电机的故障程度。

12. 根据权利要求 11 所述的装置，其特征在于，所述第一电流为电机在第一时间段内的定子电流，所述获取模块，还用于：

获取第二电流，所述第二电流为所述电机在正常运行或者第二时间段内的定子电流，所述第二时间段为所述第一时间段之前的时间段；

所述特征提取模块，还用于：

根据所述第二电流，得到所述第二电流的第二特征数据，所述第二特征数据和所述第一特征数据为通过相同方式计算得到的数据；

所述故障确定模块，具体用于：

根据所述第一特征数据和所述第二特征数据之间的差异，确定所述电机的故障程度。

13. 根据权利要求 11 或 12 所述的装置，其特征在于，所述多个第一谐波幅值与所述多个第一幅值之间的数值关系，包括：

第一融合结果和第二融合结果之间的第一差异程度；所述第一融合结果为所述多个第一谐波幅值的融合结果；所述第二融合结果为所述多个第一幅值的融合结果。

14. 根据权利要求 11 至 13 任一所述的装置，其特征在于，所述多个第一谐波幅值为所述第一电流中多个第一频率的谐波的幅值；

所述第二特征数据为所述第二电流中所述多个第一频率的谐波的多个第三谐波幅值与多个第二幅值之间的数值关系；所述多个第三谐波幅值为所述第二电流中所述多个第一频率的谐波的幅值，所述多个第二幅值包括所述第二电流的基波幅值以及多个与所述电机的故障无关的谐波的幅值；所述第二电流

为所述电机在未发生故障的定子电流、或者在第二时间段内的定子电流。

15. 根据权利要求 11 至 14 任一所述的装置，其特征在于，

所述多个第一谐波幅值中的每个第一谐波幅值、以及对应的多个第四谐波幅值中的每个第四谐波幅值均在预设的数值范围内，每个所述第四谐波幅值为所述第一谐波幅值对应的谐波频率的一个倍频的谐波的幅值；或者，

所述多个第一谐波幅值与对应的多个第四谐波幅值的融合结果在预设的数值范围内。

16. 根据权利要求 11 至 15 任一所述的装置，其特征在于，所述存在的故障程度通过故障级别、故障分数或者所述电极的故障程度与其他电机的故障程度的对比信息表示。

17. 一种故障检测装置，其特征在于，所述装置包括：

获取模块，用于获取第一电流，所述第一电流为电机的定子电流；

特征提取模块，用于根据所述第一电流，得到所述第一电流的第一特征数据，所述第一特征数据包括所述第一电流对应的第一相位值在时域上的第一变化特征；所述第一相位值为将所述第一电流分解得到的复数信号中的相位；所述第一变化特征与所述第一相位值在时域上的变化幅度有关；

故障确定模块，用于根据所述第一特征数据，确定所述电机的故障程度。

18. 根据权利要求 17 所述的装置，其特征在于，所述第一电流为电机在第一时间段内的定子电流，所述获取模块，还用于：

获取第二电流，所述第二电流为所述电机在正常运行或者第二时间段内的定子电流，所述第二时间段为所述第一时间段之前的时间段；

所述特征提取模块，还用于：

根据所述第二电流，得到所述第二电流的第二特征数据，所述第二特征数据和所述第一特征数据为通过相同方式计算得到的数据；

所述故障确定模块，具体用于：

根据所述第一特征数据和所述第二特征数据之间的差异，确定所述电机的故障程度。

19. 根据权利要求 17 或 18 所述的装置，其特征在于，所述第二特征数据包括所述第二电流对应的第二相位值在时域上的第二变化特征；所述第二相位值为将所述第二电流分解得到的复数信号中的相位；所述第二变化特征与所述第二相位值在时域上的变化幅度有关。

20. 根据权利要求 17 至 19 任一所述的装置，其特征在于，所述存在的故障程度通过故障级别、故障分数或者所述电极的故障程度与其他电机的故障程度的对比信息表示。

21. 一种故障检测装置，其特征在于，包括：一个或多个处理器和存储器；其中，所述存储器中存储有计算机可读指令；

所述一个或多个处理器读取所述计算机可读指令，以使所述计算机设备实现如权利要求 1 至 10 任一所述的方法。

22. 一种计算机可读存储介质，其特征在于，包括计算机可读指令，当所述计算机可读指令在计算机设备上运行时，使得所述计算机设备执行权利要求 1 至 10 任一项所述的方法。

23. 一种计算机程序产品，其特征在于，包括计算机可读指令，当所述计算机可读指令在计算机设备上运行时，使得所述计算机设备执行如权利要求 1 至 10 任一所述的方法。

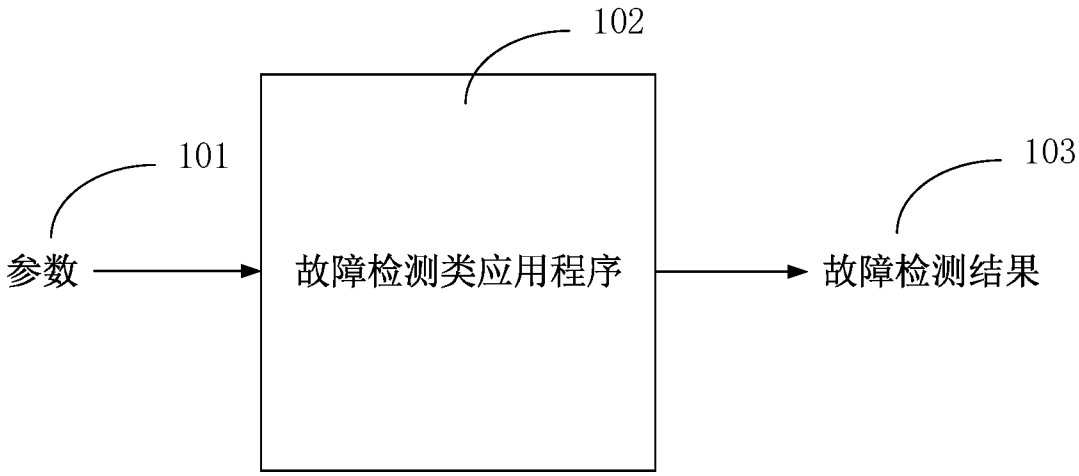

图 1

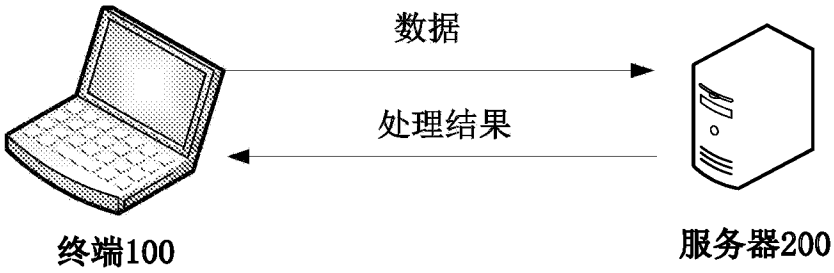

图 2

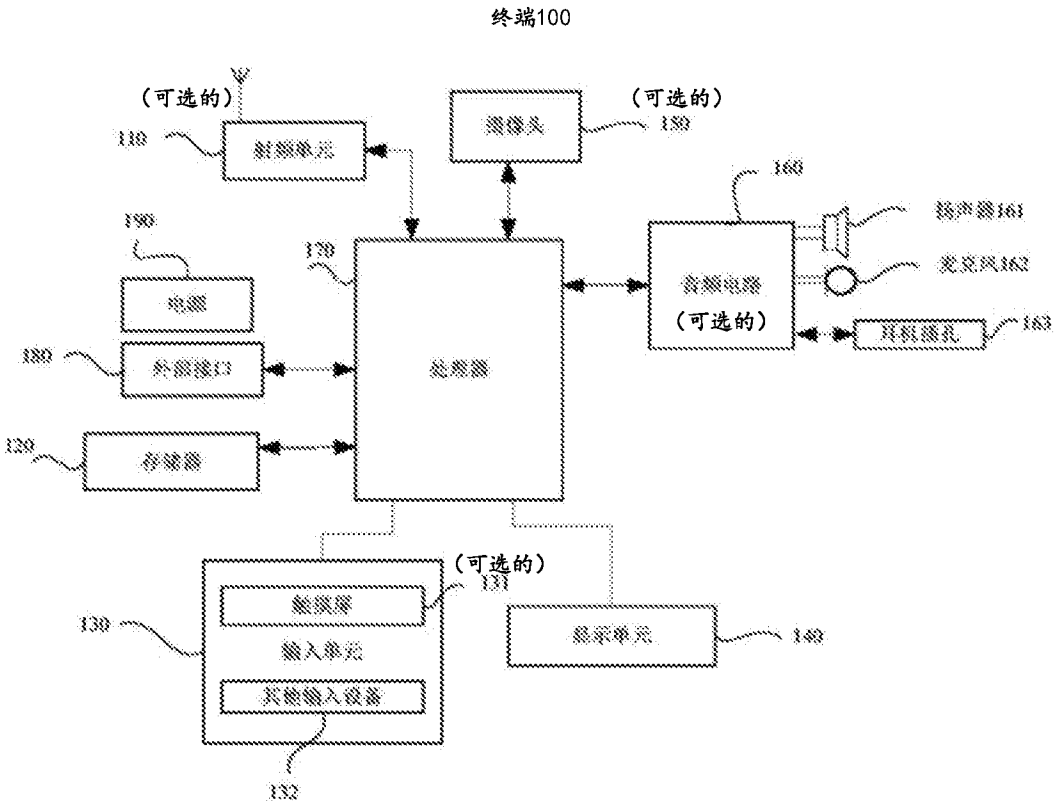
终端100
（可选的）
（可选的）
（可选的）
（可选的）
（可选的）

图 3

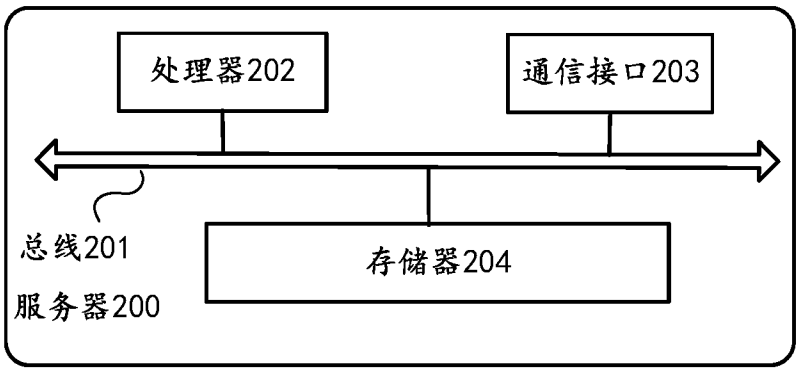
处理器202
通信接口203
总线201
存储器204
服务器200

图 4

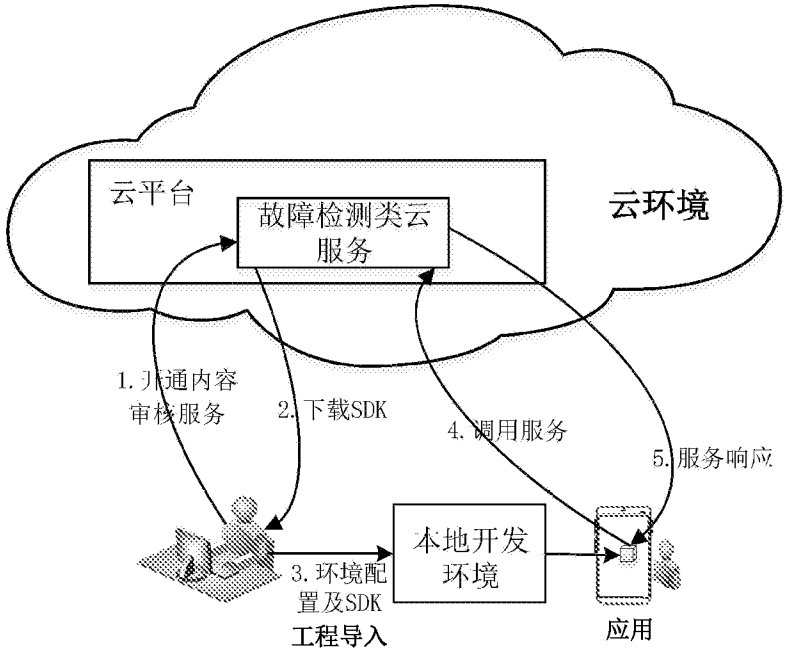
云平台
故障检测类云服务
云环境
1.开通内容审核服务
2.下载SDK
4.调用服务
5.服务响应
本地开发环境
3.环境配置及SDK
工程导入
应用

图 5

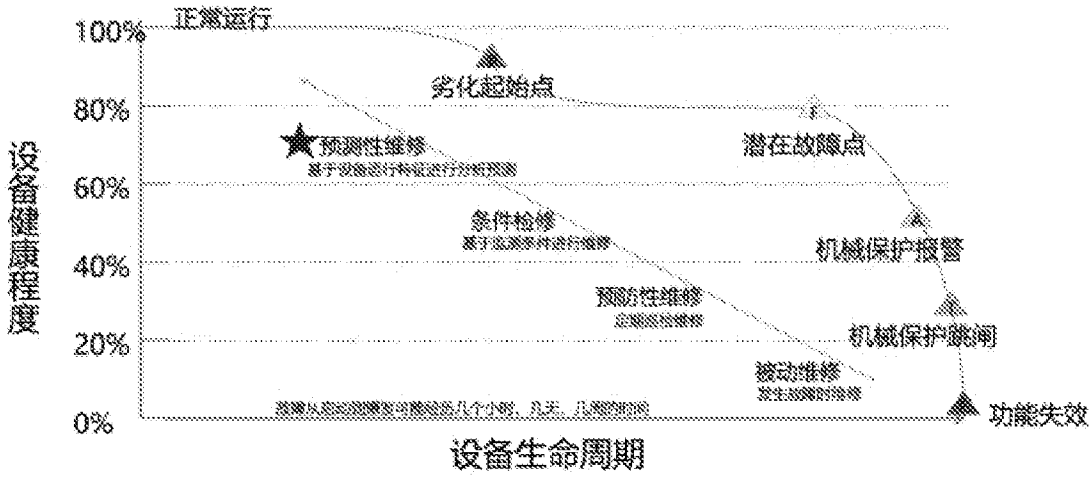
100%
80%
60%
40%
20%
0%
设备健康程度
正常运行
劣化起始点
预测性维修
潜在故障点
条件检修
机械保护报警
预防性维修
机械保护跳闸
被动维修
功能失效
设备生命周期

图 6

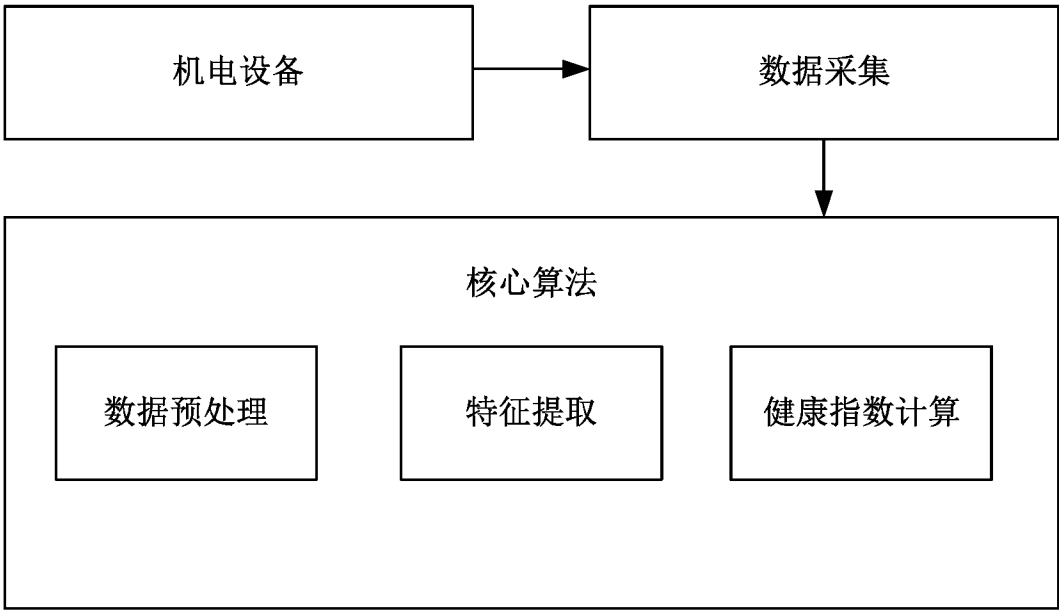

图 7

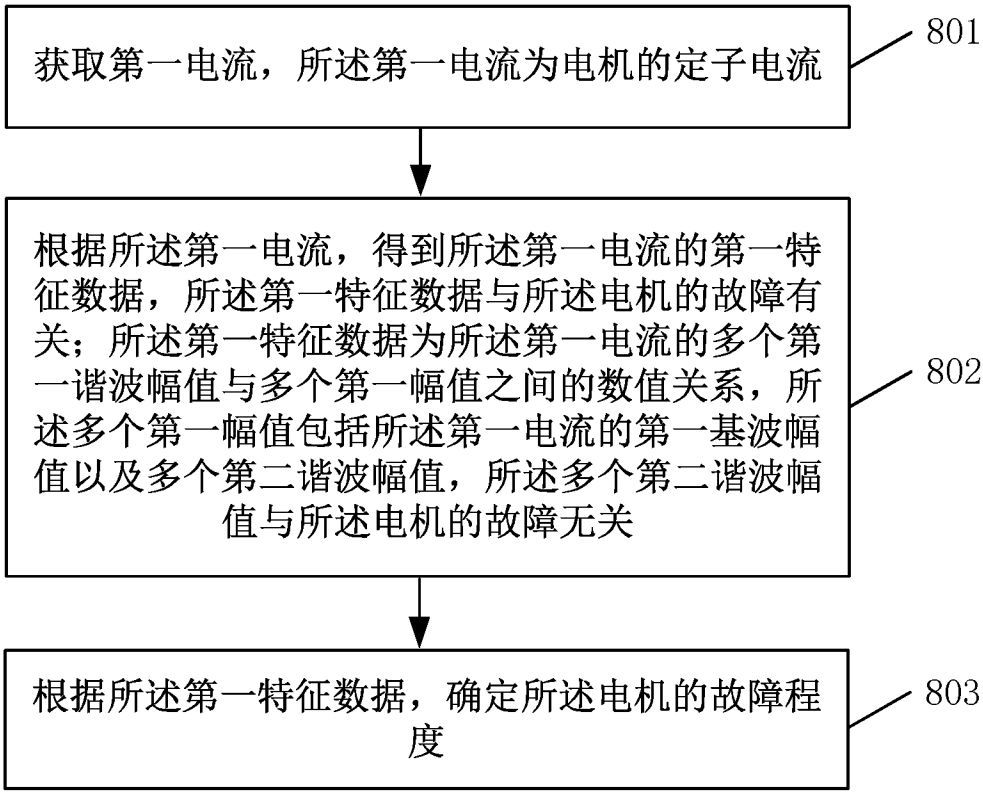
获取第一电流，所述第一电流为电机的定子电流
801
根据所述第一电流，得到所述第一电流的第一特征数据，所述第一特征数据与所述电机的故障有关；所述第一特征数据为所述第一电流的多个第一谐波幅值与多个第一幅值之间的数值关系，所述多个第一幅值包括所述第一电流的第一基波幅值以及多个第二谐波幅值，所述多个第二谐波幅值与所述电机的故障无关
802
根据所述第一特征数据，确定所述电机的故障程度
803

图 8

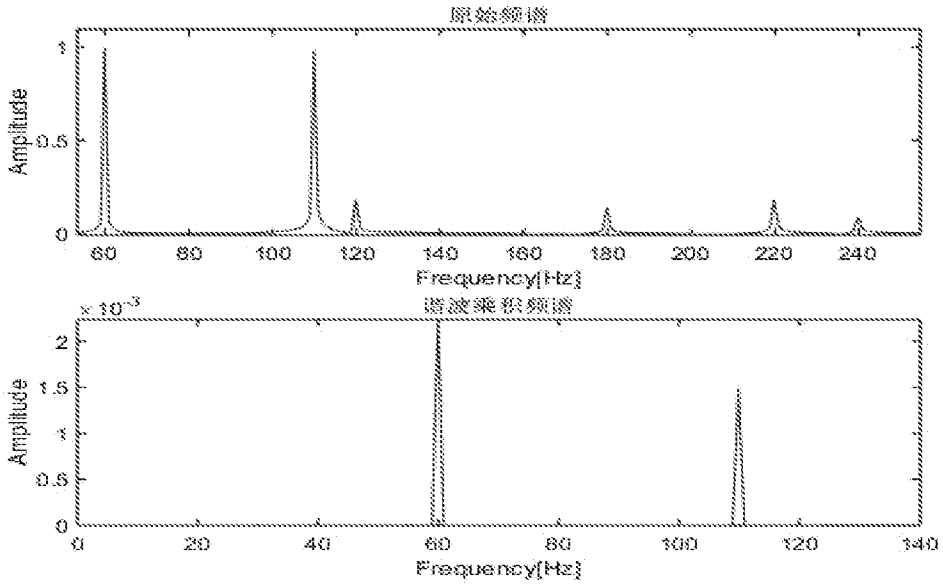
原始频谱
Amplitude
Frequency[Hz]
包络乘积频谱
Amplitude
Frequency[Hz]

图 9

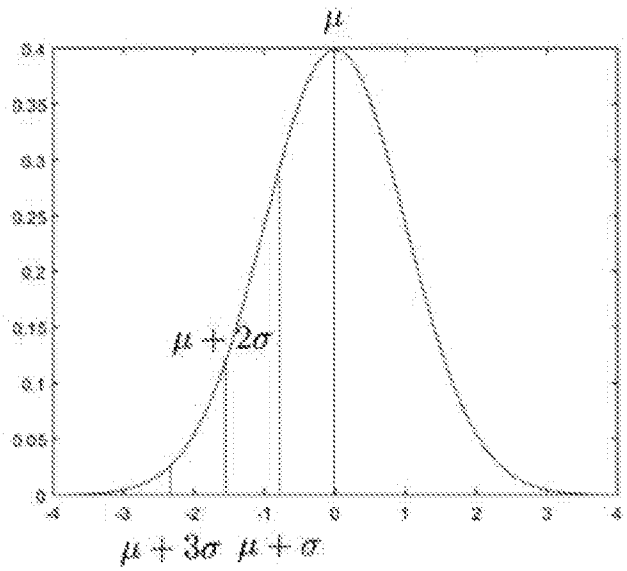
μ
μ+2σ
μ+3σ
μ+σ

图 10

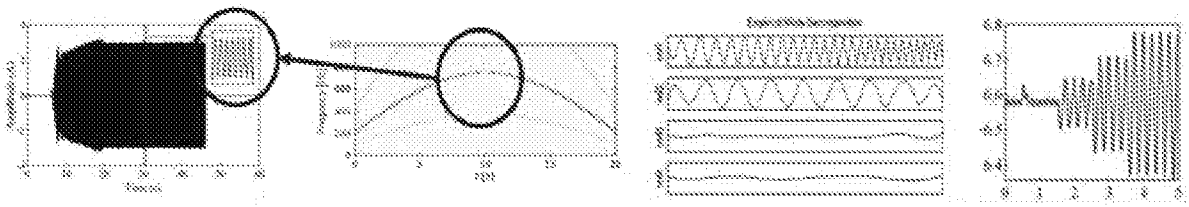
原始电流信号
时频分析
EMD分解
瞬时相位

图 11

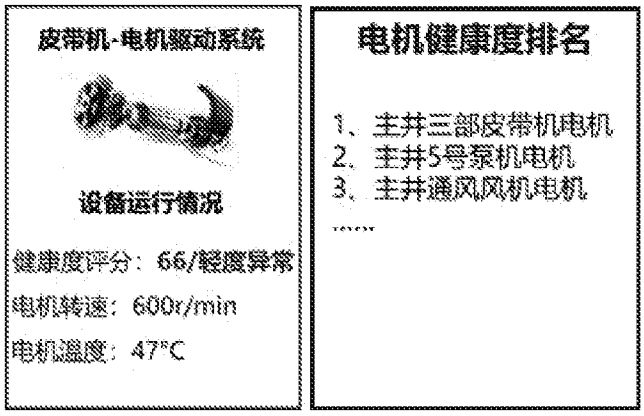
皮带机-电机驱动系统
设备运行情况
健康度评分：66/轻度异常
电机转速：600r/min
电机温度：47°C
电机健康度排名
1、主井三部皮带机电机
2、主井5号泵机电机
3、主井通风风机电机
.....

图 12

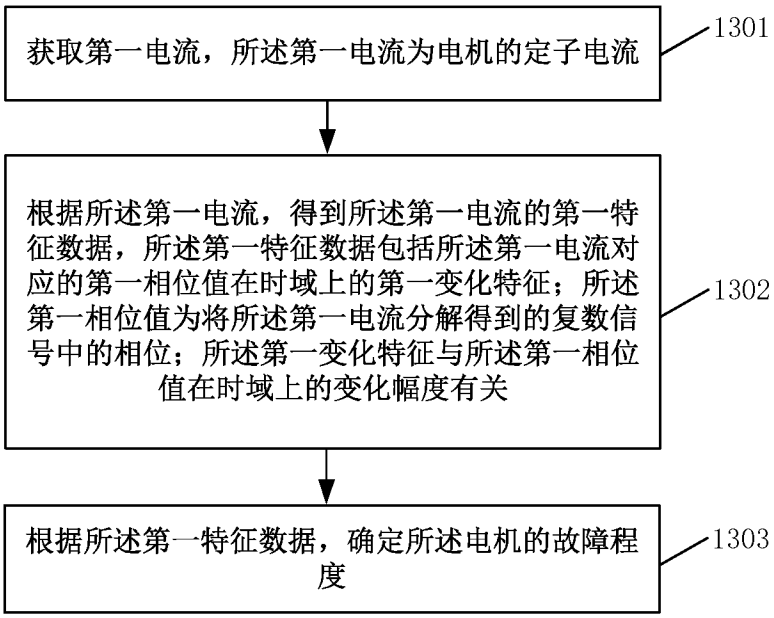
获取第一电流，所述第一电流为电机的定子电流
1301
根据所述第一电流，得到所述第一电流的第一特征数据，所述第一特征数据包括所述第一电流对应的第一相位值在时域上的第一变化特征；所述第一相位值为将所述第一电流分解得到的复数信号中的相位；所述第一变化特征与所述第一相位值在时域上的变化幅度有关
1302
根据所述第一特征数据，确定所述电机的故障程度
1303

图 13

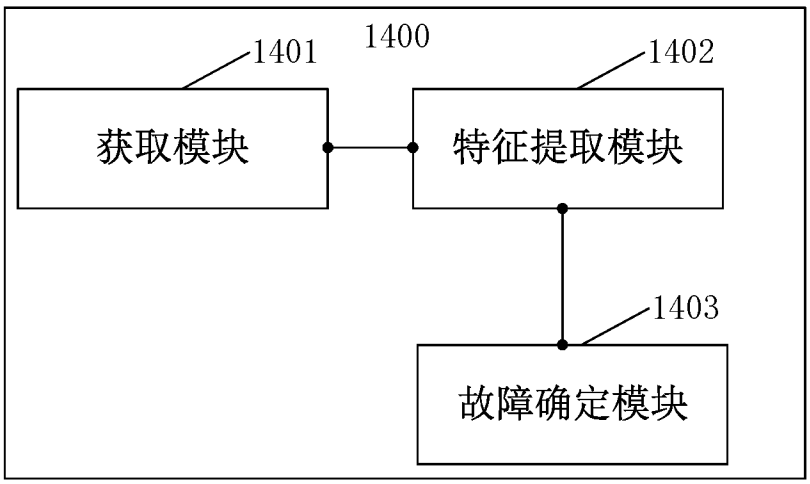
1400
1401
1402
获取模块
特征提取模块
1403
故障确定模块

图 14

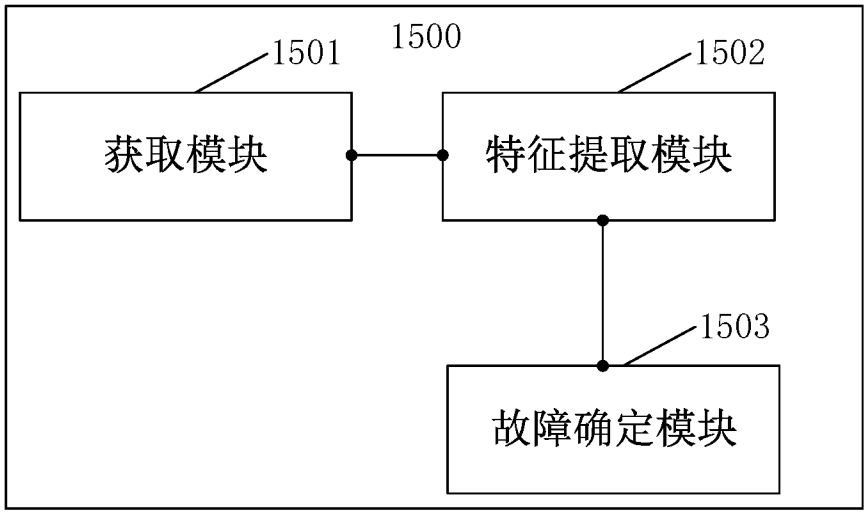
1500
1501
1502
获取模块
特征提取模块
1503
故障确定模块

图 15

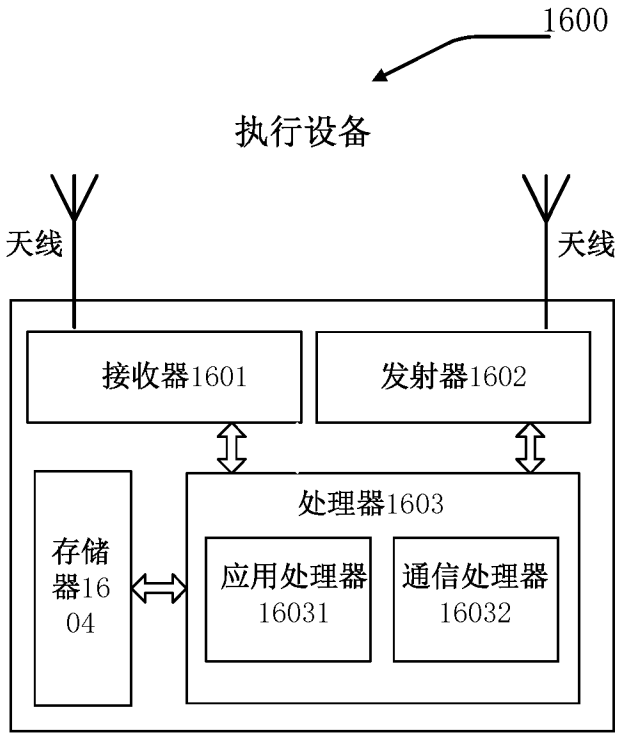
1600
执行设备
天线
天线
接收器1601
发射器1602
处理器1603
存储器1604
应用处理器16031
通信处理器16032

图 16

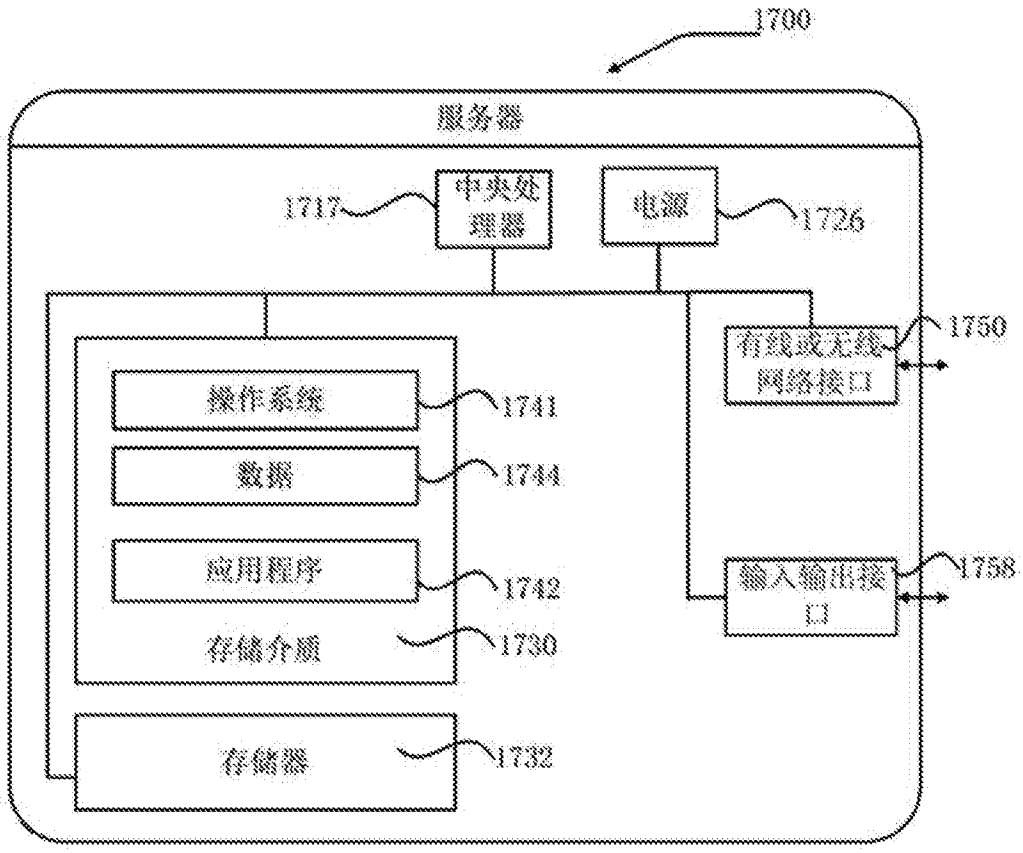
1700
服务器
1717
中央处理器
电源
1726
有线或无线网络接口
1750
操作系统
1741
数据
1744
应用程序
1742
存储介质
1730
输入输出接口
1758
存储器
1732

图 17

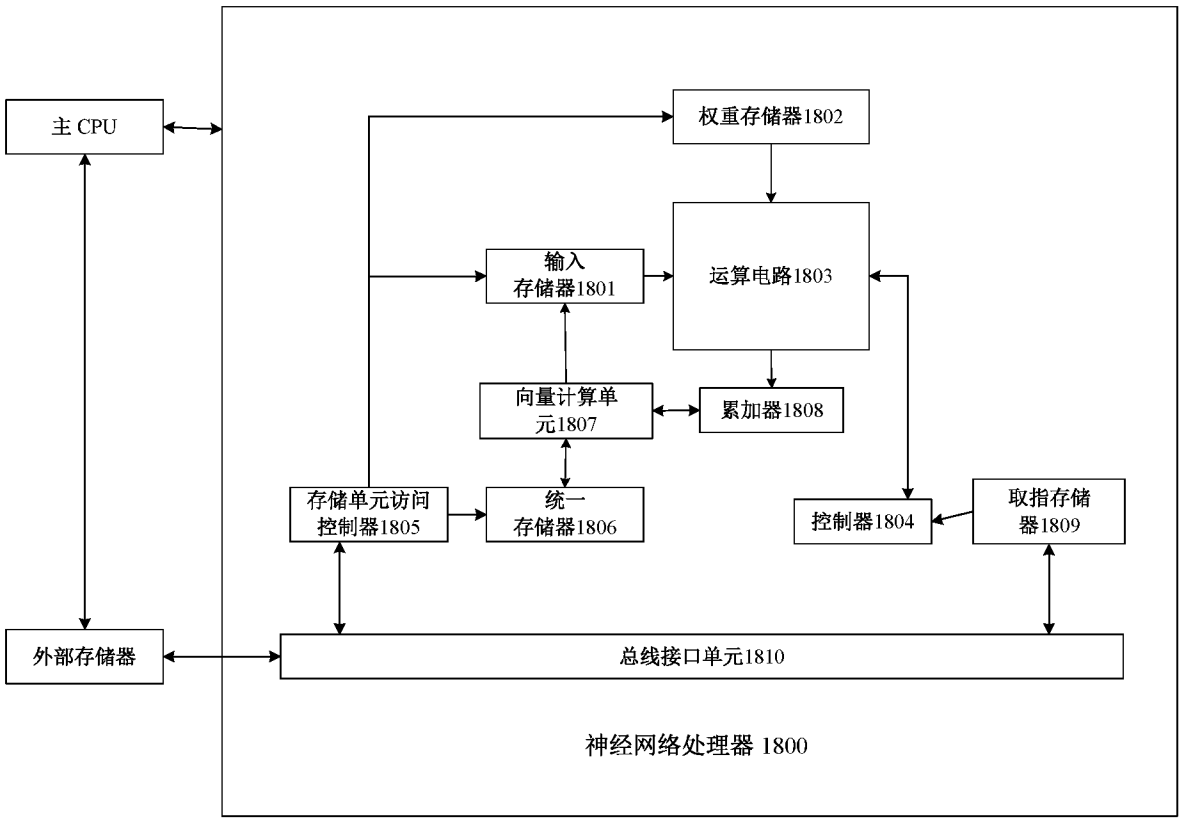
主 CPU
权重存储器1802
输入
存储器1801
运算电路1803
向量计算单
元1807
累加器1808
存储单元访问
控制器1805
统一
存储器1806
控制器1804
取指存储
器1809
外部存储器
总线接口单元1810
神经网络处理器 1800

图 18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2023/114145

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R31/34(2020.01)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: G01R

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; CNTXT; CJFD; CNKI; ENTXTC; WPABS; ENTXT; IEEE: 华为, 王萌, 孟超, 陈润昌, 定子, 电流, 故障, 程度, 得分, 等级, 分数, 谐波, 幅值, 幅度, 复数, 相位, 变化, stator, current, fault?, failure, level, harmonic, amplitude, complex, phase, chang+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 103926533 A (HOHAI UNIVERSITY) 16 July 2014 (2014-07-16) description, paragraphs [0031]-[0035] and [0090]	1-3, 5, 7, 11, 12, 14, 16, 21-23
A	CN 113484606 A (DONGFANG HITACHI (CD) ELECTRIC CONTROL EQUIPMENTS CO., LTD.) 08 October 2021 (2021-10-08) entire document	1-23
A	CN 114487911 A (SANY AUTOMOBILE HOISTING MACHINERY CO., LTD.) 13 May 2022 (2022-05-13) entire document	1-23
A	US 2016266208 A1 (ROLLS ROYCE PLC.) 15 September 2016 (2016-09-15) entire document	1-23

☐ 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
"D" document cited by the applicant in the international application
"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
28 September 2023	**10 November 2023**

Name and mailing address of the ISA/CN	Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) **China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2023/114145

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 103926533 A	16 July 2014	None	
CN 113484606 A	08 October 2021	None	
CN 114487911 A	13 May 2022	None	
US 2016266208 A1	15 September 2016	None	

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2023/114145

A. 主题的分类

G01R31/34(2020.01)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：G01R

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;CNTXT;CJFD;CNKI;ENTXTC;WPABS;ENTXT;IEEE:华为，王萌，孟超，陈润昌，定子，电流，故障，程度，得分，等级，分数，谐波，幅值，幅度，复数，相位，变化，stator，current，fault?，failure，level，harmonic，amplitude，complex，phase，chang+

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 103926533 A (河海大学) 2014年7月16日 (2014 - 07 - 16) 说明书第[0031]-[0035]、[0090]段	1-3、5、7、11、12、14、16、21-23
A	CN 113484606 A (东方日立（成都）电控设备有限公司) 2021年10月8日 (2021 - 10 - 08) 全文	1-23
A	CN 114487911 A (三一汽车起重机械有限公司) 2022年5月13日 (2022 - 05 - 13) 全文	1-23
A	US 2016266208 A1 (ROLLS ROYCE PLC) 2016年9月15日 (2016 - 09 - 15) 全文	1-23

☐ 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
2023年9月28日	2023年11月10日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	受权官员 王倪颖 电话号码 (+86) 0512-88997254

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2023/114145

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 103926533 A	2014年7月16日	无	
CN 113484606 A	2021年10月8日	无	
CN 114487911 A	2022年5月13日	无	
US 2016266208 A1	2016年9月15日	无	