



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110139733 B

(45) 授权公告日 2023. 01. 03

(21) 申请号 201780080460.1

(22) 申请日 2017.12.27

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110139733 A

(43) 申请公布日 2019.08.16

(30) 优先权数据  
2016-253970 2016.12.27 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2019.06.25

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/JP2017/046908 2017.12.27

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02018/124182 JA 2018.07.05

(73) 专利权人 川崎重工业株式会社

地址 日本兵库县

(72) 发明人 田口哲也 北村伸二 川井淳  
兼田哲男

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

专利代理师 刘晓岑 王培超

(51) Int.Cl.  
B25J 19/06 (2006.01)  
G01M 13/02 (2019.01)

审查员 张文君

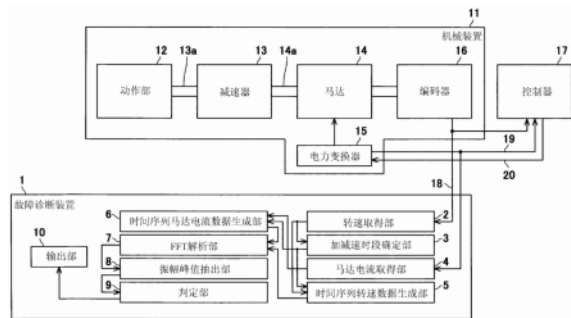
权利要求书2页 说明书9页 附图8页

(54) 发明名称

减速器的故障诊断装置、故障诊断方法及具备上述故障诊断装置的机械装置

(57) 摘要

一种减速器的故障诊断装置、故障诊断方法及具备上述故障诊断装置的机械装置。本发明的减速器的故障诊断装置是以将马达的旋转动力减速而传递至机械装置的动作部(12)的方式将设置于由达(14)驱动的机械装置(11)的减速器(13)的故障诊断装置(1),其构成为,确定机械装置的动作进行加减速的加减速时段,基于该加减速时段中的与马达的转速的变化相对的马达电流的频谱的变化,判定减速器是否存在故障的征兆。



1. 一种减速器的故障诊断装置,该减速器设置于由马达驱动的机械装置,以便将所述马达的旋转动力减速后传递至所述机械装置的动作部,

其中,所述减速器的故障诊断装置构成为:

确定所述机械装置的动作进行加减速的加减速时段,基于该加减速时段中的与所述马达的转速的变化相对的所述马达的负载电流或者和该负载电流具有相关关系的电流值的频谱的变化中的与所述减速器的固有频率对应的确定的频率区域的电流振幅的峰值,判定所述减速器是否存在故障的征兆,以下,将所述马达的负载电流或者和该负载电流具有相关关系的电流值称为马达电流,

所述的减速器的故障诊断装置包括:

转速取得部,取得所述马达的转速;

加减速时段确定部,基于由所述转速取得部取得的马达的转速,确定所述加减速时段;

马达电流取得部,取得所述马达电流;

时间序列转速数据生成部,对在所述加减速时段中由所述转速取得部取得的所述马达的转速依次取样,从而生成一组时间序列转速数据;

时间序列马达电流数据生成部,对在所述加减速时段中由所述马达电流取得部取得的所述马达电流依次取样,从而生成一组时间序列马达电流数据;

FFT解析部,使所述一组时间序列马达电流数据与所述一组时间序列转速数据分别对应而进行频率解析,生成与所述一组时间序列转速数据分别对应的一组所述马达电流数据的频谱;

振幅峰值抽出部,将一组所述马达电流数据的频谱中的、与所述减速器的规定的固有频率对应的规定的频率区域内的马达电流的振幅的峰值抽出;以及

判定部,将所抽出的所述马达电流的振幅的峰值和规定的振幅阈值进行比较,基于其结果而判定所述减速器是否存在故障的征兆,

所述振幅阈值是与表示所述减速器的磨损量的允许限度的允许磨损量阈值对应的允许振幅阈值。

2. 根据权利要求1所述的减速器的故障诊断装置,其中,

构成为当所述马达电流在规定值以上的情况下,进行所述判定。

3. 根据权利要求1所述的减速器的故障诊断装置,其中,

所述减速器构成为,输出轴在所述机械装置的动作范围内仅在不足一圈的旋转范围内旋转。

4. 根据权利要求1所述的减速器的故障诊断装置,其中,

所述加减速时段为加速时段。

5. 根据权利要求1所述的减速器的故障诊断装置,其中,

所述加减速时段为减速时段。

6. 一种机械装置,其中,

具备权利要求1~5中任一项所述的减速器的故障诊断装置。

7. 一种减速器的故障诊断方法,该减速器设置于由马达驱动的机械装置,以便将所述马达的旋转动力减速后传递至所述机械装置的动作部,

其中,所述减速器的故障诊断方法包括:

确定所述机械装置的动作进行加减速的加减速时段的步骤(a);和

基于该加减速时段中的与所述马达的转速的变化相对的所述马达的负载电流或者和该负载电流具有相关关系的电流值的频谱的变化中的与所述减速器的固有频率对应的确定的频率区域的电流振幅的峰值,判定所述减速器是否存在故障的征兆的步骤(b),以下,将所述马达的负载电流或者和该负载电流具有相关关系的电流值称为马达电流,

所述步骤(a)包括:

取得所述马达的转速的转速取得步骤;和

基于由转速取得步骤取得的所述马达的转速,确定所述加减速时段的加减速时段确定步骤,

所述步骤(b)包括:

取得所述马达电流的马达电流取得步骤;

对在所述加减速时段中由所述转速取得步骤取得的所述马达的转速依次取样,从而生成一组时间序列转速数据的时间序列转速数据生成步骤;

对在所述加减速时段中由所述马达电流取得步骤取得的所述马达电流依次取样,从而生成一组时间序列马达电流数据的时间序列马达电流生成步骤;

使所述一组时间序列马达电流数据与所述一组时间序列转速数据分别对应而进行频率解析,从而生成与所述一组时间序列转速数据分别对应的一组所述马达电流数据的频谱的FFT解析步骤;

将一组所述马达电流数据的频谱中的、与所述减速器的规定的固有频率对应的规定的频率区域内的马达电流的振幅的峰值抽出的振幅峰值抽出步骤;以及

将所抽出的所述马达电流的振幅的峰值和规定的振幅阈值进行比较,基于其结果而判定所述减速器是否存在故障的征兆的判定步骤,

所述振幅阈值是与表示所述减速器的磨损量的允许限度的允许磨损量阈值对应的允许振幅阈值。

8. 根据权利要求7所述的减速器的故障诊断方法,其中,  
在所述马达电流为规定值以上的情况下,进行所述判定。

9. 根据权利要求7所述的减速器的故障诊断方法,其中,  
所述减速器构成为,输出轴在所述机械装置的动作范围内且在不足一圈的旋转范围内旋转。

10. 根据权利要求7~9中任一项所述的减速器的故障诊断方法,其中,  
所述加减速时段为加速时段。

11. 根据权利要求7~9中任一项所述的减速器的故障诊断方法,其中,  
所述加减速时段为减速时段。

## 减速器的故障诊断装置、故障诊断及具备上述故障诊断装置的机械装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及减速器的故障诊断装置、故障诊断及具备上述故障诊断装置的机械装置。

### 背景技术

[0002] 作为工业用的机器人的故障的主要因素中的一个而存在减速器的故障。作为这样的减速器的异常诊断装置,例如已知有如下装置:基于扭矩指令和速度反馈,推断与减速器有关的干扰推断值,并基于从该干扰推断值的频率成分抽出的确定频谱的振幅来诊断减速器的异常(例如,参照专利文献1)。

[0003] 专利文献1:日本特开2008-032477号公报

[0004] 然而,在上述异常诊断装置中,需要使借助马达进行旋转运动的被驱动部件以恒定速度旋转。但是,在机器人的各种动作中未必存在等速时间。因此,在上述异常诊断方法中,例如需要在机器人开始作业前,使机器人执行存在等速时间那样的规定的动作来进行异常诊断。

[0005] 但是,从作业效率的观点出发,优选在机器人的作业中进行异常(故障)诊断。即,在上述以往的异常(故障)诊断装置中,存在无法在机器人的作业中进行异常(故障)诊断的问题。另外,这并不限定于机器人,而是设置有减速器的机械装置全体所共有的问题。

### 发明内容

[0006] 本发明是为了解决这样的问题而提出的,其目的在于提供一种能够在设置有减速器的机械装置的作业中进行故障诊断的减速器的故障诊断装置、故障诊断及具备上述故障诊断装置的机械装置。

[0007] 为了解决上述课题,本发明的一个方面(aspect)所涉及的减速器的故障诊断装置是设置于由马达驱动的机械装置、以便将上述马达的旋转动力减速后传递至上述机械装置的动作部的减速器的故障诊断装置,其构成为,确定上述机械装置的动作进行加减速的加减速时段,基于该加减速时段中的与上述马达的转速的变化相对的上述马达的负载电流或者和该负载电流具有相关关系的电流值(以下,称为马达电流)的频谱的变化,判定上述减速器是否存在故障的征兆。这里,“将上述马达的旋转动力减速”包括将从马达直接向减速器输入的旋转动力减速、以及将从马达间接向减速器输入的旋转动力减速的双方。另外,“传递至上述机械装置的动作部”包含直接传递至机械装置的动作部、以及间接传递至机械装置的动作部的双方。另外,“马达的转速”包含马达的实际的转速、和与该实际的转速具有相关关系的物理量(例如,减速器的输出轴的转速、由马达驱动的机械装置的动作部中的旋转轴的转速等)。

[0008] 根据该结构,能够确定出机械装置的动作进行加减速的加减速时段。在加减速时段中,在与马达的转速的变化相对的马达电流的频谱的变化中,与减速器的固有频率对应

的确定的频率区域的电流振幅因减速器的共振而增大并表现出峰值。该峰值与减速器的故障的征兆具有相关性。因此,基于与马达的转速的变化相对的马达电流的频谱的变化,能够判定减速器是否存在故障的征兆。因此,能够在设置有减速器的机械装置的作业中进行故障诊断。

[0009] 上述减速器的故障诊断装置也可以包括:转速取得部,取得上述马达的转速;加减速时段确定部,基于由上述转速取得部取得的马达的转速而确定上述加减速时段;马达电流取得部,取得上述马达电流;时间序列转速数据生成部,对在上述加减速时段中由上述转速取得部取得的上述马达的转速依次取样,从而生成一组时间序列转速数据;时间序列马达电流数据生成部,对在上述加减速时段中由上述马达电流取得部取得的上述马达电流依次取样,从而生成一组时间序列马达电流数据;FFT解析部,使上述一组时间序列马达电流数据与上述一组时间序列转速数据分别对应而进行频率解析,生成与上述一组时间序列转速数据分别对应的一组上述马达电流数据的频谱;振幅峰值抽出部,将一组上述马达电流数据的频谱中的与上述减速器的规定的固有频率对应的规定的频率区域内的马达电流的振幅的峰值抽出;以及判定部,将所抽出的上述马达电流的振幅的峰值与规定的振幅阈值进行比较,基于其结果而判定上述减速器是否存在故障的征兆。

[0010] 根据该结构,可将能够在设置有减速器的机械装置的作业中进行故障诊断的故障诊断装置适当地具体化。

[0011] 也可以是,上述振幅阈值是与表示上述减速器的磨损量的允许限度的允许磨损量阈值对应的允许振幅阈值。

[0012] 根据该结构,实质上减速器的磨损量成为故障的指标,因此能够确切地判定是否存在减速器的故障的征兆。

[0013] 也可以是,构成为当上述马达电流在规定值以上的情况下,进行上述判定。

[0014] 根据该结构,在减速器的负载较大的情况下判定故障的征兆的有无。在减速器的负载较大的情况下,齿轮牢牢地啮合,因此能够更加明确地显现出基于减速器的共振产生的确定的频率区域的电流振幅的峰值。因此,能够更加确切地判定故障的征兆的有无。

[0015] 也可以是,上述减速器构成为,输出轴在上述机械装置的动作范围内且仅在不足一圈的旋转范围内旋转。

[0016] 根据该结构,对于这种减速器而言,能够在设置有减速器的机械装置的作业中进行故障的诊断。

[0017] 也可以是,上述加减速时段为加速时段。

[0018] 根据该结构,在机械装置的动作中的加速时段判定故障的征兆的有无。在加速时段中,齿轮牢牢地啮合,因此更加明确地显现出基于减速器的共振产生的确定的频率区域的电流振幅的峰值。因此,能够更加确切地判定故障的征兆的有无。

[0019] 也可以是,上述加减速时段为减速时段。

[0020] 另外,本发明的另一方式(aspect)所涉及的机械装置具备上述任一个的减速器的故障诊断装置。

[0021] 根据该结构,能够在该机械装置的作业中进行故障诊断。

[0022] 另外,本发明的又一方式(aspect)所涉及的减速器的故障诊断方法是设置于由马达驱动的机械装置、以便将上述马达的旋转动力减速后传递至上述机械装置的动作部的减

速器的故障诊断方法,包括:确定上述机械装置的动作进行加减速的加减速时段的步骤(a);和基于该加减速时段中的与上述马达的转速的变化相对的上述马达的负载电流或者和该负载电流具有相关关系的电流值(以下,称为马达电流)的频谱的变化,判定上述减速器是否存在故障的征兆的步骤(b)。

[0023] 根据该结构,能够在设置有减速器的机械装置的作业中进行故障诊断。

[0024] 本发明起到如下效果:提供能够在设置有减速器的机械装置的作业中进行故障诊断的减速器的故障诊断装置、故障诊断及具备上述故障诊断装置的机械装置。

## 附图说明

[0025] 图1是表示本发明的实施方式1所涉及的减速器的故障诊断装置的结构的功能框图。

[0026] 图2是示意地表示与马达的转速的变化相对的马达电流的频谱的变化的图。

[0027] 图3是表示图1的故障诊断装置的动作的流程图。

[0028] 图4A是与图4B-4E一同表示耐久试验中的减速器的润滑脂的铁粉的浓度与和减速器的固有频率对应的确定频率区域的马达电流的振幅的峰值的相关关系的图。

[0029] 图4B是与图4A、4C-4E一同表示耐久试验中的减速器的润滑脂的铁粉的浓度与和减速器的固有频率对应的确定频率区域的马达电流的振幅的峰值的相关关系的图。

[0030] 图4C是与图4A、4B、4D、4E一同表示耐久试验中的减速器的润滑脂的铁粉的浓度与和减速器的固有频率对应的确定频率区域的马达电流的振幅的峰值的相关关系的图。

[0031] 图4D是与图4A-4C、4E一同表示耐久试验中的减速器的润滑脂的铁粉的浓度与和减速器的固有频率对应的确定频率区域的马达电流的振幅的峰值的相关关系的图。

[0032] 图4E是与图4A-4D一同表示耐久试验中的减速器的润滑脂的铁粉的浓度与和减速器的固有频率对应的确定频率区域的马达电流的振幅的峰值的相关关系的图。

[0033] 图5是耐久试验中的减速器的润滑脂的铁粉浓度与和减速器的固有频率对应的确定频率区域的马达电流的振幅的峰值的相关关系的图。

## 具体实施方式

[0034] (作为本发明的基础的见解)

[0035] 本发明人等为了能够在设置有减速器的机械装置的作业中进行故障诊断而进行了深刻研究。

[0036] 在该研究中,本发明人等将找出专门用于减速器的故障诊断的状况作为第1前提。另外,例如对于工业用机器人的减速器而言,其输出轴在机器人的动作范围内且仅在不足一圈的旋转范围内旋转。因此,将针对这种减速器也找出有效的故障诊断的状况作为第2前提。并且,例如工业用机器人由马达驱动,通过控制马达电流而控制其动作,因此若将马达电流作为解析故障与否的基础数据来使用,则能够省略对解析的基础数据进行检测的传感器。因此,将使用马达电流作为解析故障与否的基础数据的状况作为第3前提。这里,“马达电流”是控制上的概念,包括马达的负载电流、和与该负载电流具有相关关系的电流值(例如,从控制器向马达的驱动电路(电力变换器)输出的电流指令值)。

[0037] 在上述第1~第3前提下反复试验的结果是,本发明人等发现了如下事实:在具有

输出轴在机器人的动作范围内且仅在不足一圈的旋转范围内旋转的减速器的工业用机器人中,在与马达的转速的变化相对的马达电流的频谱的变化(参照图2)中,与减速器的固有频率对应的确定的频率区域的电流振幅因减速器的共振而增大并表现出明确的峰值(参照图4A-4E)。

[0038] 另外,通过实验而调查了与减速器的润滑脂中的铁粉的浓度(以下,称为润滑脂的铁粉浓度)的变化相对的和减速器的固有频率对应的确定频率区域的马达电流的振幅的变化(参照图4A-4E)。减速器的润滑脂的铁粉浓度与减速器的劣化(故障的征兆)具有关系。其结果是,发现了在减速器的润滑脂的铁粉浓度与和减速器的固有频率对应的确定频率区域的马达电流的振幅的峰值之间存在相关关系(参照图5)。换言之,本发明人等发现了上述确定频率区域的马达电流的振幅的峰值与减速器的故障的征兆具有相关性。

[0039] 根据这些见解,基于与马达的转速的变化相对的马达电流的频谱的变化,能够判定减速器是否存在故障的征兆。

[0040] 此外,当然也能够将以上的见解应用于具有工业用机器人以外的减速器的机械装置。另外,当然也能够应用于输出轴在机械装置的动作范围内旋转一圈以上的减速器。

[0041] 本发明人等基于以上的见解而想到了本发明。以下,参照附图对将本发明具体化而成的实施方式进行了说明。此外,以下包含全部的图在内,对于相同或者相当的要素标注相同的参照附图标记,并省略其重复的说明。

[0042] (实施方式1)

[0043] [结构]

[0044] 图1是表示本发明的实施方式1所涉及的减速器的故障诊断装置的结构的功能框图。

[0045] 参照图1,减速器的故障诊断装置(以下,简称为故障诊断装置)1是以使马达14的旋转动力减速后传递至机械装置11的动作部12的方式设置于由马达14驱动的机械装置11的减速器13的故障诊断装置1,其构成为确定机械装置11的动作进行加减速的加减速时段(以下,简称为加减速时段),基于该加减速时段内的与马达14的转速的变化相对的马达14的马达电流的频谱的变化,判定减速器13是否存在故障的征兆。以下,对其进行具体的说明。

[0046] 首先,对作为故障诊断装置1的诊断对象的减速器13以及具备该减速器13的机械装置11进行说明。

[0047] 机械装置11包括:动作部12、驱动动作部12的马达14、将马达14的旋转动力减速而传递至动作部12的减速器13、检测马达14的旋转位置的编码器16、以及控制向马达14供给的电力(这里为电流)而控制马达14的旋转的电力变换器15。

[0048] 机械装置11只要包括动作部12即可。作为机械装置11,典型而言举出工业用机器人。作为机械装置11,除此以外还例示出机床等。

[0049] 减速器13只要将马达14的旋转动力减速后传递至动作部12即可。减速器13例如通过减速机构(未图示)将输入轴的旋转动力减速,并将减速后的旋转动力输出至输出轴13a。作为输入轴,在图1中例示出马达14的旋转轴14a,但例如也可以是其他的动作部的输出轴。另外,作为减速机构,典型而言例示出齿轮减速机构,但也可以是除此以外的减速机构。

[0050] 马达14为伺服马达,也可以是无刷马达、直流马达。但是,也可以是感应电动机等

其他的马达。在使用伺服马达的情况下,兼用编码器16来进行动作部12的位置控制。马达14的设置场所可以是机械装置11的静止部,也可以是动作部。在工业用机器人的情况下,马达14除了驱动第1关节外,也设置用于在各关节中驱动比各关节靠前的臂部件,因此在第1关节以外的关节中,马达14设置于动作部。在第1关节中,马达14设置于静止部。

[0051] 编码器16设置于马达14的旋转轴14a。编码器16只要对马达14的旋转角(旋转位置)进行检测即可。此外,在马达14由感应电动机等构成,且未进行动作部12的位置控制的情况下,例如代替编码器16地使用转速检测器。

[0052] 电力变换器15向马达14供给被控制电压或者电流(在图1中被控制电流)的电力,从而驱动马达14。电力变换器15是公知的,因此省略其具体的说明。在图1中,电力变换器15具备电流传感器(未图示),对向马达14供给的电流(马达14的负载电流)进行检测,并将该检测出的电流19输出至控制器17。电流传感器也可以设置于电力变换器15的外部。

[0053] 控制器17基于从编码器16输入的马达14的旋转角和从电力变换器15的电流传感器输入的马达电流19,生成电流指令值20并将其输出至电力变换器15。电力变换器15将基于电流指令值20而产生的电流的电力输出至马达14。这样,控制器17对马达14的旋转角以及扭矩进行反馈控制。

[0054] 接下来,对故障诊断装置1进行说明。

[0055] 故障诊断装置1由运算装置构成。作为运算装置,例如除了个人计算机、微型控制器等基于程序(软件)而执行动作的装置外,也例示出逻辑电路、电子电路等硬件。这里,故障诊断装置1由基于程序执行动作的运算器构成。故障诊断装置1(运算器)具有运算部和存储部,运算部读出并执行储存于存储部的规定的故障诊断程序,从而进行规定的故障诊断。故障诊断装置1包括转速取得部2、加减速时段确定部3、马达电流取得部4、时间序列转速数据生成部5、时间序列马达电流数据生成部6、FFT解析部7、振幅峰值抽出部8、判定部9、以及输出部10。

[0056] 功能部2-9是通过执行上述规定的故障诊断程序而实现的功能部,实际上上述运算器作为功能部2-9执行动作。

[0057] 转速取得部2基于从编码器16输入的马达14的旋转角而取得马达14的转速(而且,暂时保存)。此外,在代替编码器16地设置转速检测器的情况下,基于从转速检测器输入的转速而取得马达14的转速。

[0058] 加减速时段确定部3基于由转速取得部2取得的马达的转速而确定加减速时段。

[0059] 这里,马达电流取得部4取得从控制器17输入的电流指令值20来作为马达电流(而且,暂时保存)。此外,也可以将从电力变换器15的电流传感器(未图示)输入的马达电流19作为“马达电流”来取得。此外,电流指令值是与相对于马达的负载电流的当前值的偏差对应的指令信号,得到不逊色于马达的负载电流的结果。

[0060] 时间序列转速数据生成部5对在加减速时段中由转速取得部2取得的马达的转速依次取样,从而生成一组时间序列转速数据。

[0061] 时间序列马达电流数据生成部6对在加减速时段中由马达电流取得部4取得的马达电流依次取样,从而生成一组时间序列马达电流数据。

[0062] 这里,对转速数据以及马达电流数据的提取(抽出)和取样进行说明。转速取得部2以及马达电流取得部4分别将马达转速以及马达电流作为时间序列的数据而取得。针对该

时间序列的数据,需要进行加减速时段的部分的提取和取样,但可以先进行其中一个。另外,对于取样而言,定义马达的一圈中的取样点数,并且以即使马达的转速变化也进行所定义的点数的取样的方式,决定与马达的转速对应的取样频率。

[0063] FFT解析部7使一组时间序列马达电流数据分别对应于一组时间序列转速数据并进行频率解析,生成分别对应于一组时间序列转速数据的一组马达电流数据的频谱。该频率解析(以下,存在称为三维频率解析的情况)例如通过FFT(高速傅立叶变换)来进行。

[0064] 图2是示意(概念性)地表示与马达的转速的变化相对的马达电流的频谱的变化的图,以三维的方式显示了频率解析。在图2中,X轴表示转速(rpm),Y轴表示频率(Hz),Z轴表示马达电流的振幅(A)。在X轴上,配置有一组时间序列转速数据21。参照附图标记R表示各个转速数据。而且,与一组时间序列转速数据21对应地,存在一组马达电流数据的频谱22。参照附图标记S表示各个马达电流数据的频谱。在图2中,为了简化,仅示出一次转速(基本转速)以及二次转速。参照附图标记f表示频率,f<sub>0</sub>表示减速器13的固有频率(共振频率)。频率在 $(f_0 - \Delta f) \leq f \leq (f_0 + \Delta f)$ 的范围表示规定的频率区域f<sub>r</sub>。在该规定的频率区域f<sub>r</sub>中,马达电流数据的频谱S中的电流的振幅因减速器13的共振而增大并表现出峰值24。

[0065] 此外,实际上在X轴上配置有多个转速数据R,存在与之对应的多个马达电流数据的频谱S。另外,在故障诊断时,从时间序列的转速数据提取与加减速时段相当的数据,因此有可能也存在如下情况:转速数据21仅位于X轴上的一部分区域,且仅存在与之对应的马达电流数据的频谱22。

[0066] 参照图1以及图2,振幅峰值抽出部8将一组马达电流数据的频谱S中的与减速器13的规定的固有频率f<sub>0</sub>对应的规定的频率区域f<sub>r</sub>内的马达电流的振幅的峰值抽出。规定的固有频率f<sub>0</sub>预先通过实验、模拟、计算等来决定,存储于故障诊断装置1的存储部(未图示)。

[0067] 判定部9将所抽出的马达电流的振幅的峰值24与规定的振幅阈值进行比较,基于其结果来判定减速器13是否存在故障的征兆。具体而言,若马达电流的振幅的峰值24在规定的振幅阈值以上,则判定为减速器13存在故障的征兆,若马达电流的振幅的峰值24不足规定的振幅阈值,则判定为减速器13不存在故障的征兆。该振幅阈值通过实验、模拟等来决定。振幅阈值与表示和减速器13的劣化(故障的征兆)相关的物理量(参数)的允许限度的允许限度阈值对应地被决定。在本实施方式中,与减速器的润滑脂的铁粉浓度的允许限度阈值对应地被决定。

[0068] 输出部10输出判定部9的判定结果。输出部10例如由显示判定结果的显示器或警报器、将判定结果向外部外送的发送器、打印判定结果的打印机等构成。

[0069] [动作]

[0070] 接下来,对如以上那样构成的故障诊断装置1的动作进行说明。此外,故障诊断装置1的动作也是本实施方式1所涉及的故障诊断方法。

[0071] 图3是表示图1的故障诊断装置的动作的流程图。参照图1~图4E,首先使机械装置11执行动作。在该状态下,故障诊断装置1取得时间(周期)(步骤S1)。

[0072] 另外,转速取得部2取得马达14的转速(步骤S2)。

[0073] 另外,马达电流取得部4取得马达14的马达电流(步骤S3)。

[0074] 这里,步骤S1(时间取得)、步骤S2(转速取得)、步骤S3(马达电流取得)也可以相互调换顺序。

[0075] 接着,加减速时段确定部3基于由转速取得部2取得的马达的转速而确定加减速时段(步骤S4)。

[0076] 接着,时间序列转速数据生成部5对在加减速时段中由转速取得部2取得的马达的转速依次取样,从而生成一组时间序列转速数据。另外,时间序列马达电流数据生成部6对在加减速时段中由马达电流取得部4取得的马达电流依次取样,从而生成一组时间序列马达电流数据。(步骤S5)。

[0077] 这里,故障诊断装置1预先决定取样频率。另外,定义马达的一圈中的取样点数。

[0078] 接着,FFT解析部7使一组时间序列马达电流数据分别对应于一组时间序列转速数据而进行频率解析,生成与一组时间序列转速数据21分别对应的一组马达电流数据的频谱22(步骤S6)。

[0079] 接着,振幅峰值抽出部8将一组马达电流数据的频谱22中的与减速器13的规定的固有频率 $f_0$ 对应的规定的频率区域 $f_r$ 内的马达电流的振幅的峰值24抽出。

[0080] 接着,判定部9将所抽出的马达电流的振幅的峰值24与规定的振幅阈值进行比较,基于其结果而判定减速器13是否存在故障的征兆。具体而言,若马达电流的振幅的峰值24在规定的振幅阈值以上,则判定为减速器13存在故障的征兆,若马达电流的振幅的峰值24不足规定的振幅阈值,则判定为减速器13不存在故障的征兆。

[0081] [作用效果]

[0082] 如以上说明的那样,根据本实施方式,能够确定出机械装置11的动作进行加减速的加减速时段。在加减速时段中,在与马达14的转速数据R的变化相对的马达电流数据的频谱S的变化中,与减速器13的固有频率 $f_0$ 对应的确定的频率区域 $f_r$ 的电流振幅因减速器13的共振而增大并表现出峰值24。该峰值24和减速器13的故障的征兆相关。因此,基于与马达14的转速数据R的变化相对的马达电流数据的频谱S的变化,能够判定减速器13是否存在故障的征兆。因此,能够在设置有减速器13的机械装置11的作业中进行故障诊断。

[0083] [变形例1]

[0084] 在变形例1中,故障诊断装置1构成为,当马达电流在规定值以上的情况下,判定减速器13是否存在故障的征兆。规定值是通过实验、模拟等决定的。判定马达电流是否在规定值以上的时机只要在图3中处于取得马达电流的步骤S3和判定故障的征兆的有无的步骤S8之间即可,可以是任意的时机。

[0085] 根据本变形例1,在减速器13的负载较大的情况下判定故障的征兆的有无。在减速器13的负载较大的情况下,齿轮牢牢地啮合,因此更明确地显现出基于减速器13的共振产生的确定的频率区域 $f_r$ 的电流振幅的峰值24。因此,能够更确切地判定故障的征兆的有无。

[0086] [变形例2]

[0087] 在变形例2中,加减速时段为加速时段。

[0088] 根据本变形例2,在机械装置11执行动作的加速时段判定故障的征兆的有无。在加速时段中,齿轮牢牢地啮合,因此更加明确地显现出基于减速器的共振产生的确定的频率区域 $f_r$ 的电流振幅的峰值24。因此,能够更加确切地判定故障的征兆的有无。

[0089] (实施方式2)

[0090] 本发明的实施方式2所涉及的机械装置11具备实施方式1、变形例1、以及变形例2中的任一个的减速器13的故障诊断装置1。

[0091] 根据本实施方式2,能够在机械装置11的作业中进行故障诊断。

[0092] (实施例)

[0093] 本发明人等为了确认本发明的故障诊断装置以及故障诊断方法的有效性,实施了工业用机器人的减速器的耐久试验。耐久试验的对象为第2关节的减速器。而且,在耐久试验的过程中,调查了与封入于减速器的润滑脂的铁粉浓度的变化相对的和减速器的固有频率对应的确定频率区域的马达电流的振幅的变化。作为工业用机器人,使用了6轴多关节机器人。耐久试验是通过使机器人采取对第2关节的减速器以及马达施加较大负载的姿势而进行的。即,使机器人采取机器人臂几乎伸展为水平状态的姿势。

[0094] 而且,确认了第2关节的减速器的磨损状态。磨损状态的确认是通过定期地从减速器的封入润滑脂确认其铁粉浓度来进行的。另外,与磨损状态的确认相配合地,针对驱动减速器的马达的电流指令值,进行上述的三维频率解析(参照图2)。

[0095] 图4A-4E是表示上述的耐久试验中的减速器的润滑脂的铁粉浓度与和减速器的固有频率对应的确定频率区域的马达电流的振幅的峰值的相关关系的图。图4A-4E分别是铁粉浓度为0.008wt%的图,铁粉浓度为0.057wt%的图,铁粉浓度为0.104wt%的图,铁粉浓度为0.176wt%的图,以及铁粉浓度为0.290wt%的图。随着从图4A朝向图4E而进行耐久性试验。在图4A-4E中,X轴表示马达的转速(rpm),Y轴表示频率,图像的灰度表示马达电流的振幅(A)。图像越浓(黑),马达电流的振幅就越大,图像越淡(白),马达电流的振幅就越小。

[0096] 参照图4A-4E,可知在14Hz附近出现马达电流的振幅较大的区域,并且耐久试验越深入,马达电流的振幅就越大(图像越浓)。即,可知马达电流的振幅表现出峰值。另外,可知耐久试验越深入,润滑脂的铁粉浓度就越增大。

[0097] 因此,根据该试验结果,确认出在与马达的转速的变化相对的马达电流的频谱的变化中,与减速器的固有频率对应的确定的频率区域的电流振幅增大而表现出明确的峰值。

[0098] 另外,还确认出在加减速时段中的加速时段内,确定的频率区域的电流振幅表现出明确的峰值。

[0099] 并且,还确认出马达的负载电流越大,则确定的频率区域的电流振幅越表现出明确的峰值。

[0100] 图5是表示上述的耐久试验中的减速器的润滑脂的铁粉浓度与和减速器的固有频率对应的确定频率区域的马达电流的振幅的峰值的相关关系的图。在图5中,横轴表示铁粉浓度,纵轴表示马达电流的振幅的峰值。由图5可知,在减速器的润滑脂的铁粉浓度与和减速器的固有频率对应的确定频率区域的马达电流的振幅的峰值之间存在相关关系。换言之,可知确定频率区域的马达电流的振幅的峰值与减速器的故障的征兆具有相关性。

[0101] 根据上述耐久试验的结果,证实出能够基于与马达的转速的变化相对的马达电流的频谱的变化,判定减速器是否存在故障的征兆。

[0102] 根据上述说明,对于本领域技术人员来说,本发明的多种改进、其他的实施方式是显而易见的。因此,上述说明应当仅仅作为例示来解释,是以将执行本发明的最佳方式教授给本领域技术人员的目的而提供的。能够不脱离本发明的精神地对其构造以及/或者功能的细节实质进行变更。

[0103] 工业上的利用可能性

[0104] 本发明的减速器的故障诊断装置等作为能够在设置有减速器的机械装置的作业中进行故障诊断的减速器的故障诊断装置等是有用的。

[0105] 附图标记的说明

[0106] 1...故障诊断装置;2...转速取得部;3...加减速时段确定部;4...马达电流取得部;5...时间序列转速数据生成部;6...时间序列马达电流数据生成部;7...FFT解析部;8...振幅峰值抽出部;9...判定部;10...输出部;11...机械部;12...动作部;13...减速器;13a...输出轴;14...马达;14a...旋转轴;15...电力变换器;16...编码器;17...控制器;18...旋转角;19...电流;20...电流指令值;21...一组时间序列转速数据;22...一组时间序列马达电流数据的频谱。

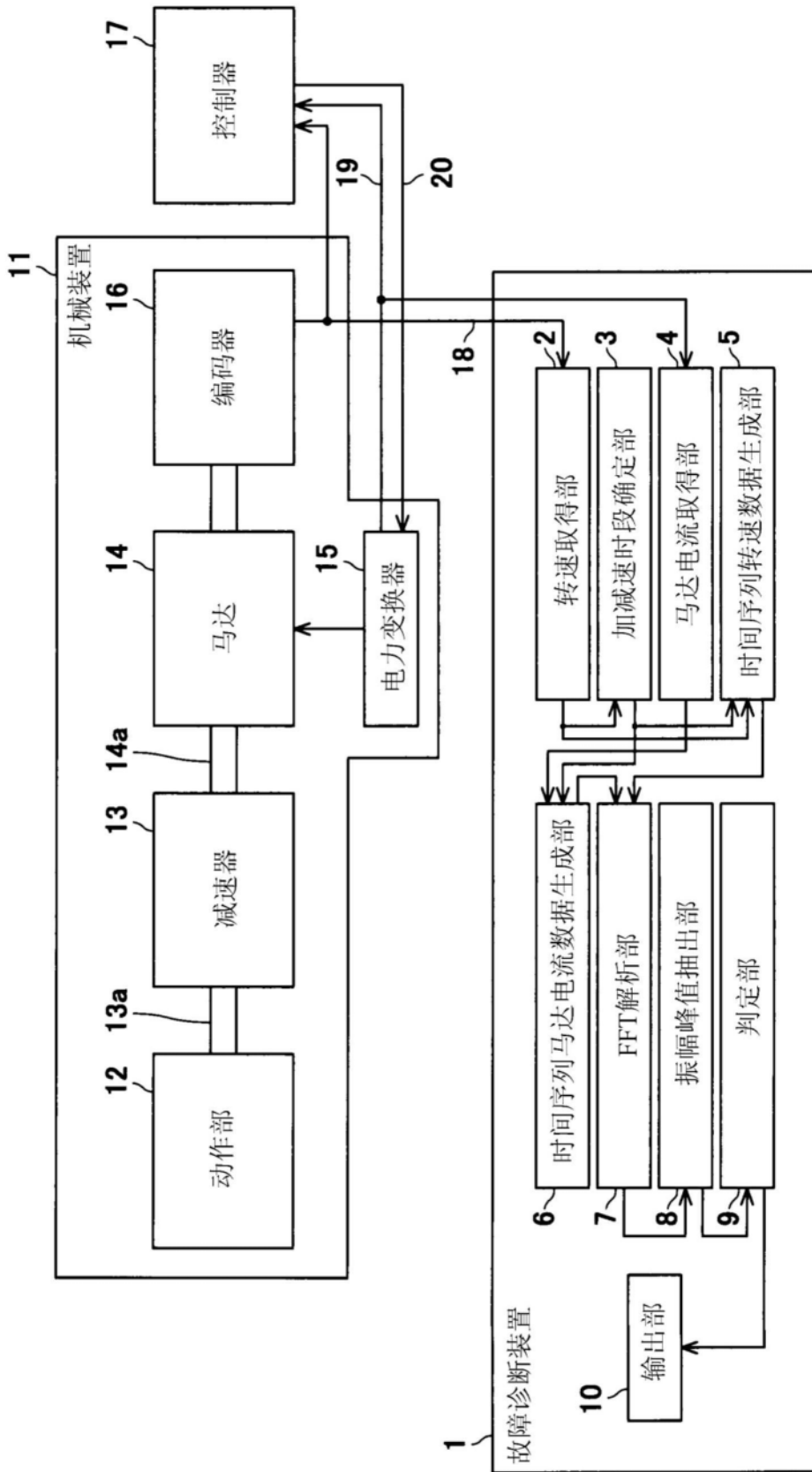


图1

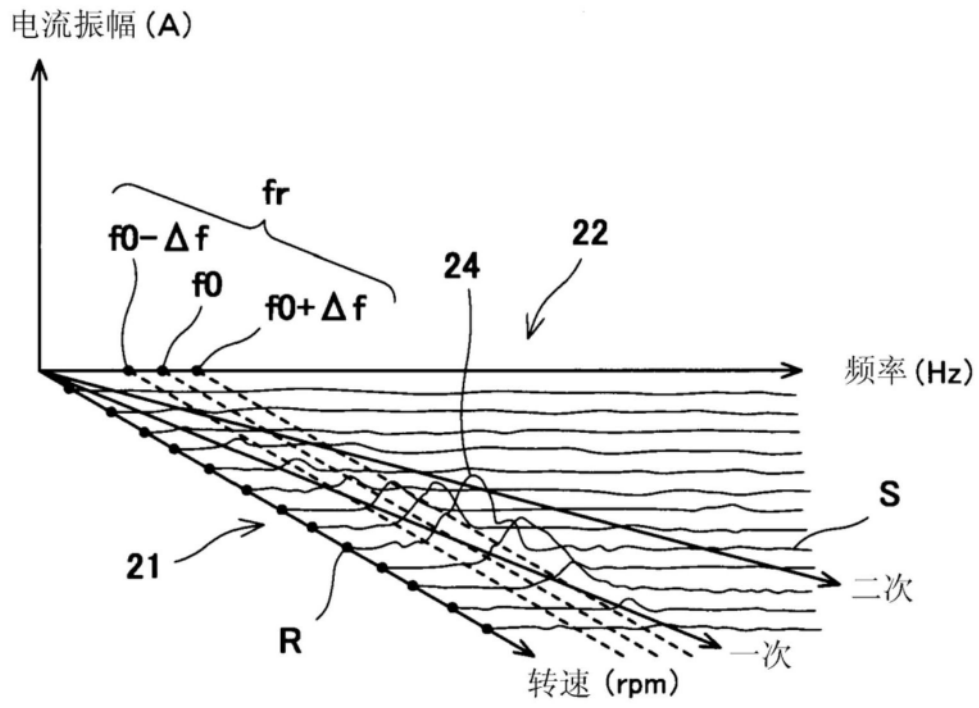


图2

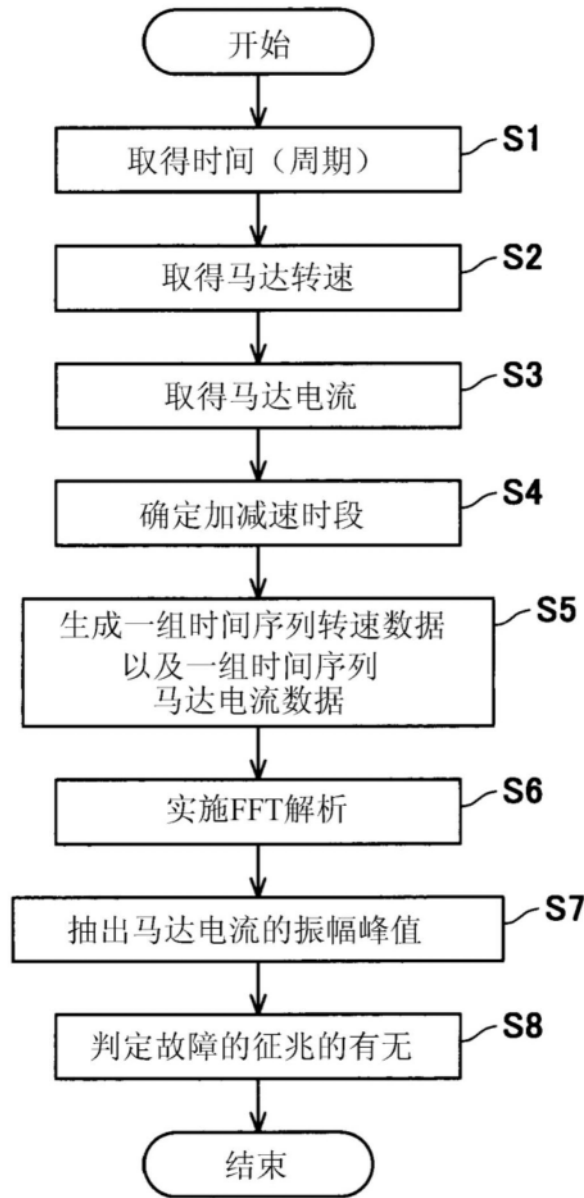


图3

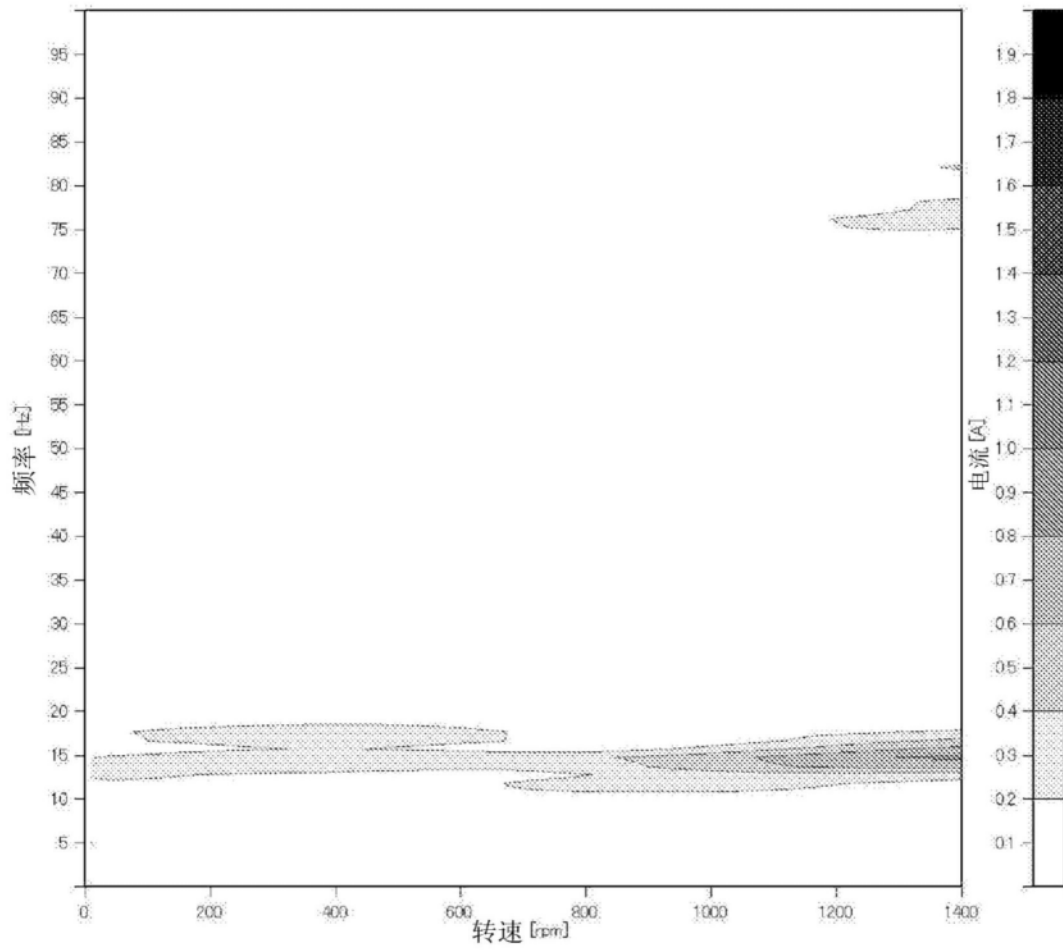


图4A

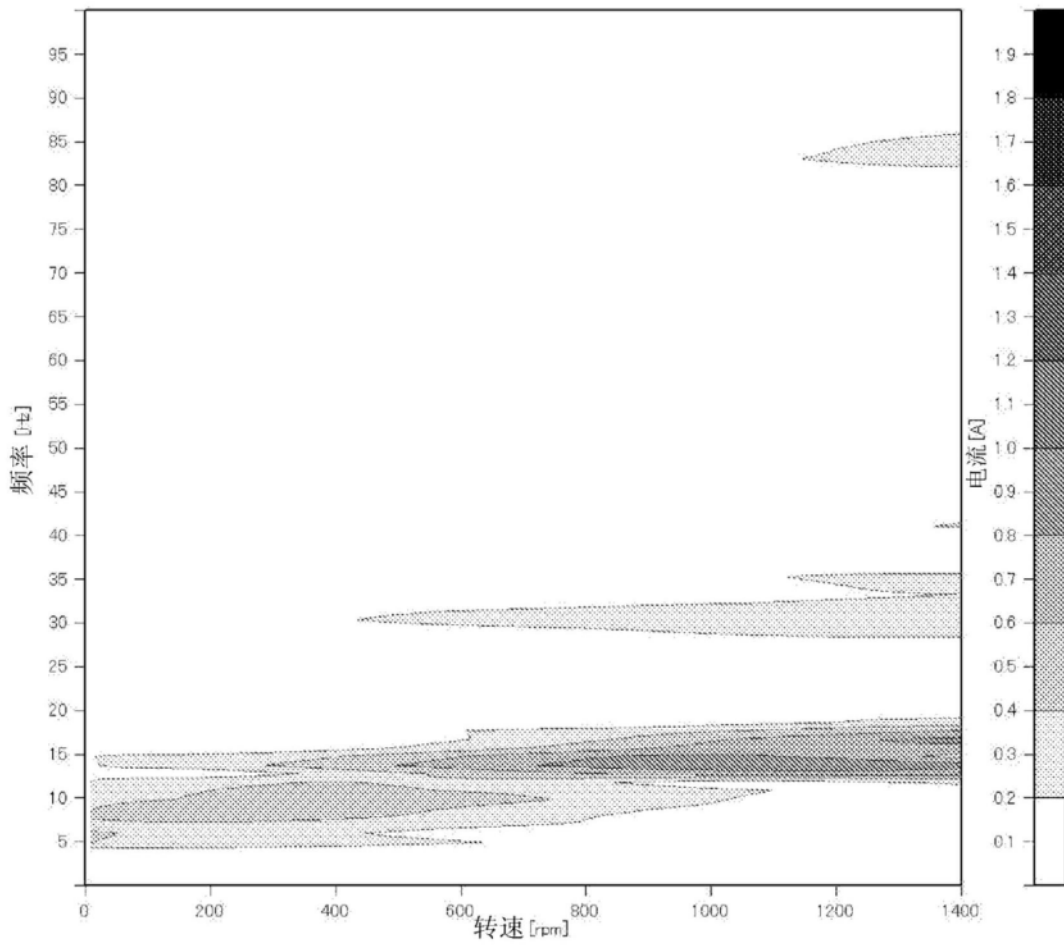


图4B

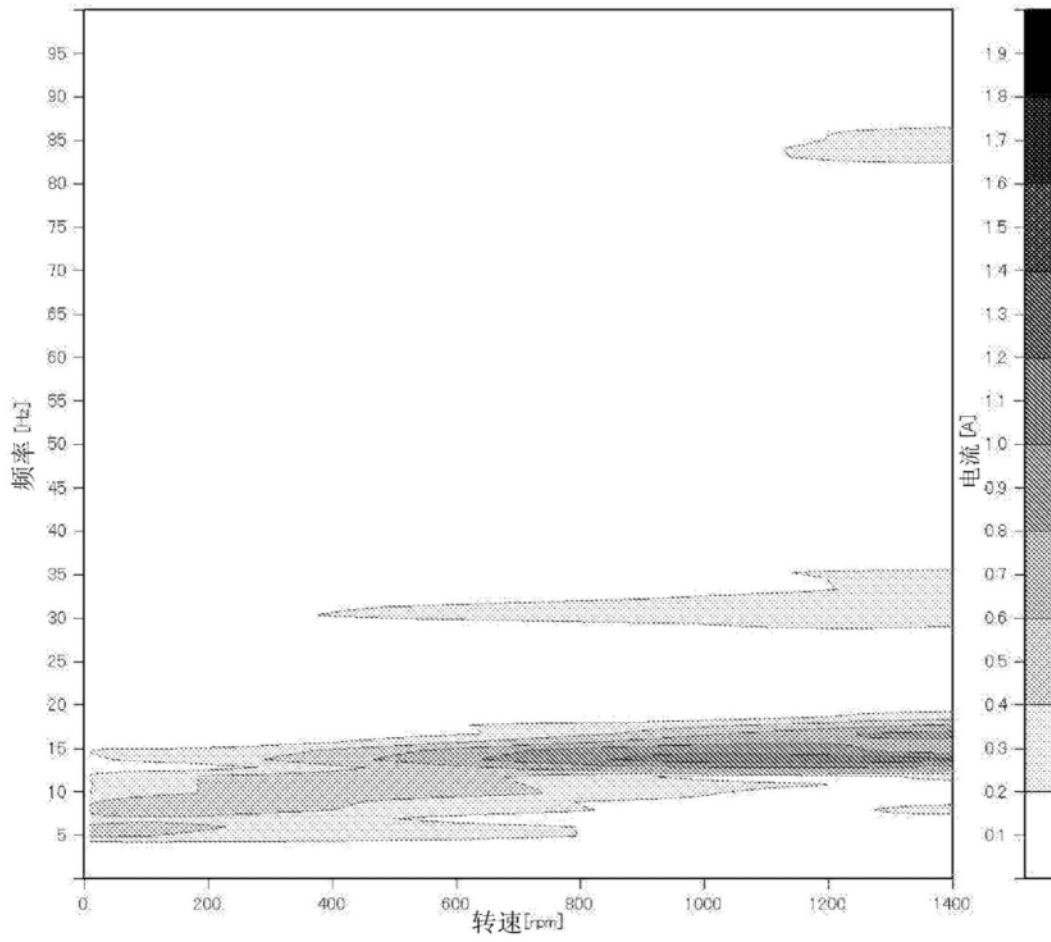


图4C

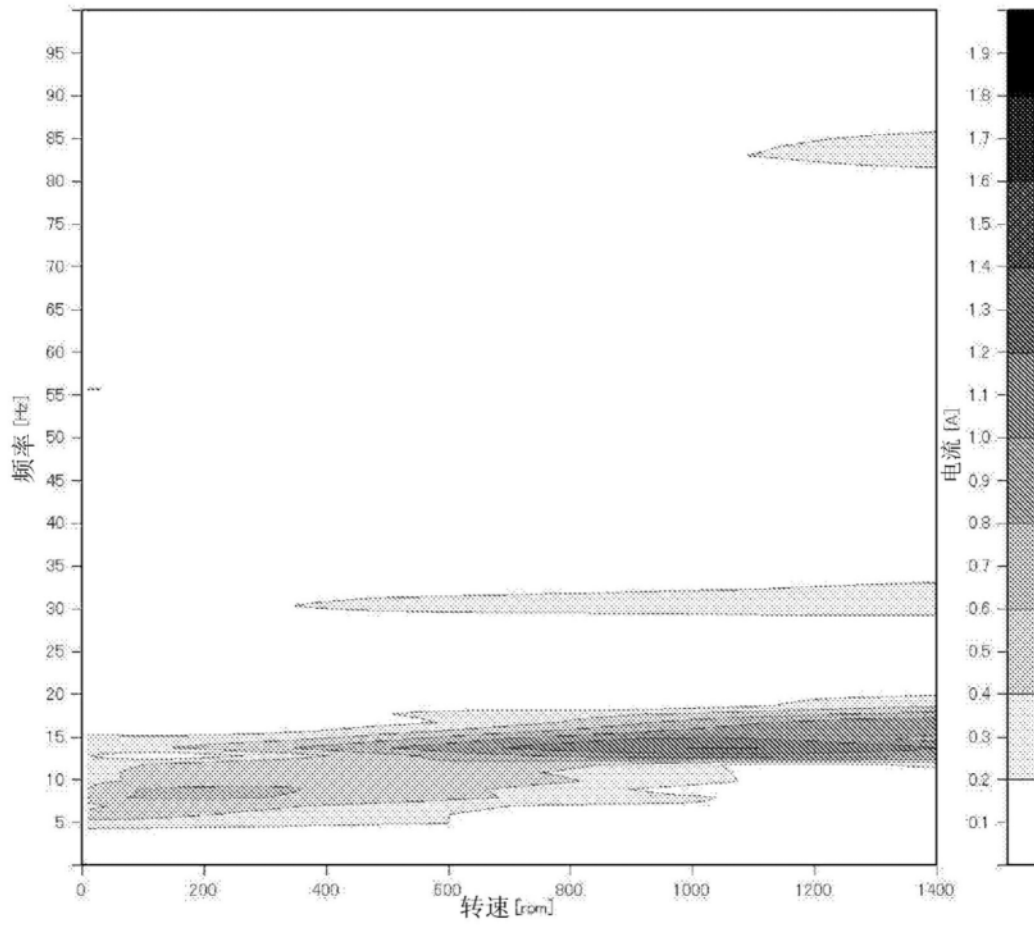


图4D

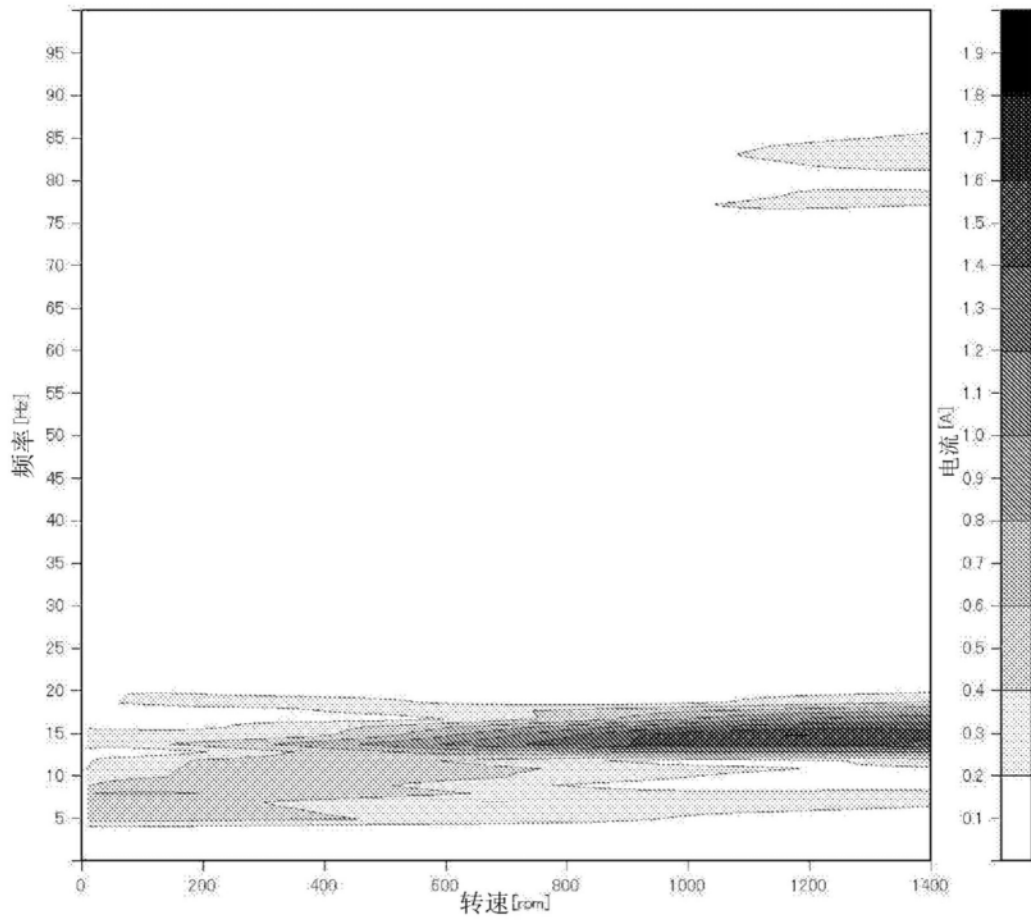


图4E

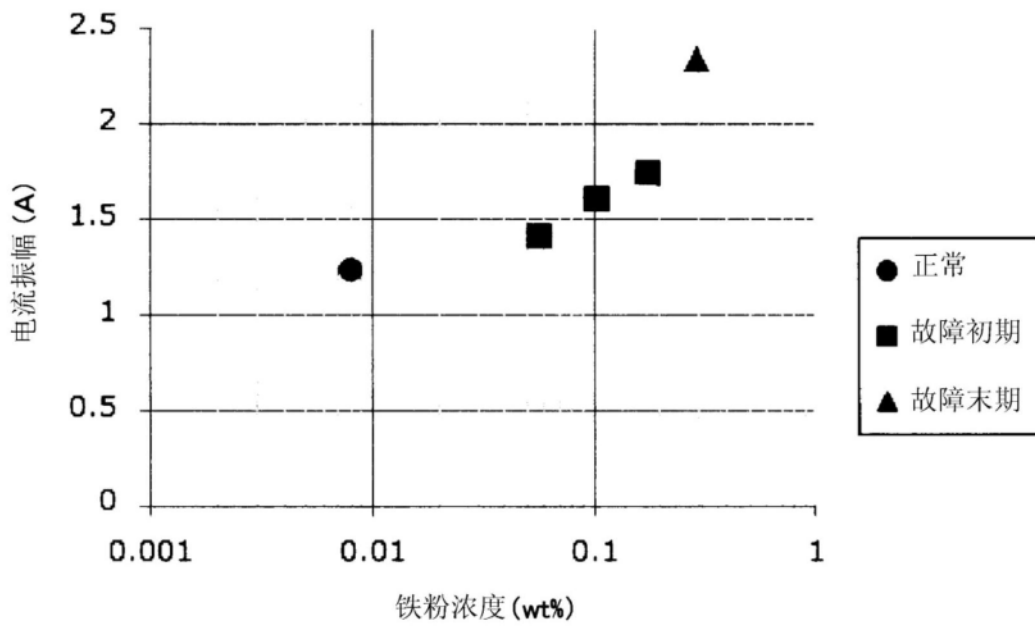


图5