



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111752733 B

(45) 授权公告日 2024. 03. 08

(21) 申请号 202010223367.5

(22) 申请日 2020.03.26

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111752733 A

(43) 申请公布日 2020.10.09

(30) 优先权数据
102019108268.4 2019.03.29 DE

(73) 专利权人 费斯托股份有限两合公司
地址 德国埃斯林根

(72) 发明人 D·克劳斯 T·施特雷彻特
W·高赫尔

(74) 专利代理机构 北京世峰知识产权代理有限公司 11713
专利代理师 卓霖 许向彤

(51) Int.Cl.

G06F 11/07 (2006.01)

G06N 20/00 (2019.01)

G01D 18/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 107271839 A, 2017.10.20

US 2016062815 A1, 2016.03.03

WO 2015104691 A2, 2015.07.16

审查员 刘凤娇

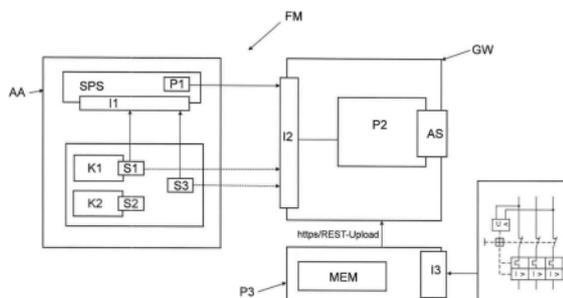
权利要求书3页 说明书10页 附图6页

(54) 发明名称

气动系统中的异常检测

(57) 摘要

本发明涉及气动系统(AA)中的错误检测和定位,尤其涉及错误检测模块(FM),该模块包括:读入接口(I1),用于读入来自自动化设备(AA)的数字信号;第一处理器单元(P1),被设计为执行检测算法(S2),以基于读入的信号组来计算自动化设备(AA)的异常分数;第二处理器单元(P2),被设计为在用第一处理器单元(P1)计算出的异常分数指示异常的情况下,执行用于定位错误的机器定位方法(S34),其中,机器定位方法(S34)在训练阶段已经被训练,以便针对计算出的异常分数,基于自动化设备(AA)的检测的回路图,计算与自动化设备的各个部件(K)相关的可能的错误原因的概率并提供该概率作为结果。



1. 一种错误检测模块 (FM), 用于检测和评估自动化设备 (AA) 中的异常, 包括:
 - 读入接口 (I1), 所述读入接口用于读入来自所述自动化设备 (AA) 的数字信号, 其中, 所述数字信号包括来自至少两个不同的数字传感器的至少两个数字信号和用于阀的切换命令的数字信号;
 - 第一处理器单元 (P1), 所述第一处理器单元被设计为执行检测算法 (S2), 以基于读入的来自所述自动化设备的数字信号来计算所述自动化设备 (AA) 的异常分数;
 - 第二处理器单元 (P2), 所述第二处理器单元被设计为在用所述第一处理器单元 (P1) 计算出的异常分数指示异常的情况下, 执行用于定位错误的机器定位方法 (S34), 其中, 所述机器定位方法 (S34) 在训练阶段已经被训练, 以便针对计算出的异常分数, 基于所述自动化设备 (AA) 的检测的回路图, 计算与所述自动化设备的各个部件相关的可能的错误原因的概率并提供该概率作为结果。
2. 根据权利要求1所述的错误检测模块 (FM), 其中, 所述第一处理器单元 (P1) 实现在与所述第二处理器单元 (P2) 不同的设备上。
3. 根据权利要求1所述的错误检测模块 (FM), 其中, 所述第一处理器单元 (P1) 实现在控制单元上。
4. 根据权利要求1-3中的任一项所述的错误检测模块 (FM), 其中, 所述第二处理器单元 (P2) 或被设计为生成错误定位模型的另一处理器单元 (P3) 包括回路图读入接口 (I3), 用于以数字形式读入所述自动化设备 (AA) 的回路图。
5. 根据权利要求4所述的错误检测模块 (FM), 其包括配置接口 (Config-UI) 作为用于配置和/或训练所述错误定位模型的前端。
6. 根据权利要求1-3中的任一项所述的错误检测模块 (FM), 其中, 所述自动化设备 (AA) 包括具有气动驱动器的气动系统, 其中, 多个驱动器和/或致动器连接到阀且多个阀布置在阀组上, 并且多个阀组连接到供应单元。
7. 根据权利要求1所述的错误检测模块 (FM), 其中, 所述自动化设备为气动自动化设备。
8. 根据权利要求7所述的错误检测模块 (FM), 其中, 所述数字信号表示所述气动自动化设备的汽缸上的两个最终位置开关的时间点和阀切换时间点。
9. 根据权利要求8所述的错误检测模块 (FM), 其中, 根据所述至少两个数字信号和用于阀的切换命令的数字信号计算出四个时间间隔:
 - 所述汽缸延伸期间的反应时间;
 - 所述汽缸延伸期间的行进时间;
 - 所述汽缸缩回期间的反应时间;
 - 所述汽缸缩回期间的行进时间。
10. 一种用于检测和评估自动化设备 (AA) 中的异常的方法, 包括以下方法步骤:
 - 通过读入接口 (I1) 读入 (S1) 所述自动化设备 (AA) 的数字信号, 其中, 所述数字信号包括来自至少两个不同的数字传感器的至少两个数字信号和用于阀的切换命令的数字信号;
 - 执行检测算法 (S2), 以基于读入的自动化设备的数字信号计算所述自动化设备的异常分数;
 - 如果计算出的异常分数指示异常, 则: 触发机器定位方法 (S34) 以定位错误, 其中, 所

述机器定位方法 (S34) 在训练阶段已经被训练,以便针对计算出的异常分数,基于所述自动化设备 (AA) 的检测的回路图,计算与所述自动化设备的各个部件相关的可能的错误原因的概率并提供该概率作为结果。

11. 根据权利要求10所述的方法,其中,用于计算所述异常分数的所述检测算法 (S2) 是模式识别算法,或者通过访问存储有经训练的检测模型的存储器来实现。

12. 根据权利要求10-11中的任一项所述的方法,其中,所述机器定位方法 (S34) 计算 (S4) 与部件的各个子部件相关的可能的错误原因的概率。

13. 根据权利要求10所述的方法,其中,所述自动化设备为气动自动化设备。

14. 根据权利要求13所述的方法,其中,所述数字信号表示所述气动自动化设备的汽缸上的两个最终位置开关的时间点和阀切换时间点。

15. 根据权利要求14所述的方法,其中,根据所述至少两个数字信号和用于阀的切换命令的数字信号计算出四个时间间隔:

- 所述汽缸延伸期间的反应时间;
- 所述汽缸延伸期间的行进时间;
- 所述汽缸缩回期间的反应时间;
- 所述汽缸缩回期间的行进时间。

16. 根据权利要求14所述的方法,其中,读入两个最终位置开关的信号,所述信号包括阀切换时间点信号和/或压力信号和/或流量信号。

17. 根据权利要求15所述的方法,其中,在计算所述汽缸的延伸和缩回期间的反应时间和行进时间之后,所述检测算法 (S2) 执行以下处理步骤:

- 特征提取;
- Z分数归一化;
- 主成分分析;
- 使用K均值的分类;
- 逻辑函数;和/或
- 平滑。

18. 根据权利要求10、11和13-17中的任一项所述的方法,其中,所述检测算法 (S2) 作为结果包括异常分数和传感器相关值。

19. 根据权利要求10、11和13-17中的任一项所述的方法,其中,所述机器定位方法 (S34) 包括决策树方法,其中,所述决策树基于检测的回路图来计算或者包括贝叶斯网络方法。

20. 根据权利要求10、11和13-17中的任一项所述的方法,其中,所述机器定位方法 (S34) 从检测的回路图提取基于读入信号的数据集之间的数据关系。

21. 根据权利要求10、11和13-17中的任一项所述的方法,其中,所述机器定位方法 (S34) 的结果包括所有部件和/或部件的所有子部件的错误概率值,并且其中,所述方法还执行以下处理步骤:

- 汇总所有错误概率值;
- 访问存储器,在所述存储器中存储有规则系统,用于定位与所述自动化设备 (AA) 的各个部件和/或子部件有关的错误。

22. 一种用于检测和评估自动化设备(AA)中的异常的错误检测系统,包括:

-根据涉及错误检测模块的权利要求1-9中的任一项所述的错误检测模块(FM);

-网关(GW)和

-基于云的服务器(SV),通过web接口连接到所述错误检测模块(FM)。

23. 根据权利要求22所述的错误检测系统,其中,所述自动化设备为气动自动化设备。

24. 一种计算机程序产品,包括计算机程序,其中,当所述计算机程序在计算机上执行时,该计算机程序执行根据前述方法权利要求10-21中任一项所述的方法的所有方法步骤。

气动系统中的异常检测

技术领域

[0001] 本发明涉及气动自动化设备中(例如,在包括致动器和传感器的生产设备中)的技术错误检测和定位,尤其涉及错误检测模块、错误检测系统、方法和计算机程序。

背景技术

[0002] 对不同类型的自动化设备中的部件或现场设备提出了基本高质量、稳健性和可用性要求。过程中现场设备的故障或失灵会导致极高的成本,特别是在由此导致制造中断的情况下。因此,在现场设备中部署了高度的技术复杂性,以便显著降低失灵风险或以便能够独立地识别和报告缺陷。功能以冗余方式重复地集成到现场设备中,永久地在内部监测和验证测量结果。防止现场设备故障的要求随着应用领域(例如,在核电厂中)而增加。因此,在现场设备的监测过程中,需要确保所涉及的设备以无错误的方式工作,并且尽可能以最及时的方式甚至在任何中断之前就检测到任何故障。

[0003] 这种监测和分析任务使用预测性维护领域的方法,该方法分析来自现场设备的大量传感器数据。这些方法通常基于预测性维护算法。这些算法的质量与来自连续地被观察的系统的可用传感器数据量相关。但是,如果只有非常少量的传感器数据可用,则这些方法通常无法产生令人满意的结果。

[0004] 此外,机器学习和神经网络方法在自动决策支持领域中是已知的。

[0005] 但是,如果要对仅具有最小的传感器系统的设备(例如只有两个最终位置传感器的气动系统)进行错误监测,则不能采用已知的方法。但是,仍然需要对这些设备进行错误监测。

发明内容

[0006] 由此出发,本发明的技术目的是提供一种方法,通过该方法可以提供与自动化设备、特别是气动自动化设备的部件的缺陷有关的说明。因此,可以改善监测并从整体上使自动化设备更可靠。至少在部件级别提供缺陷与有关的说明。

[0007] 该目的通过一种用于检测和评估自动化设备、特别是气动自动化设备中的异常的错误检测模块来实现,该错误检测模块包括:

[0008] -读入接口,例如数字OPC-UA接口,用于从自动化设备读入数字信号;特别地,可以只有三个数字信号可用(两个最终位置开关的时间信号和阀切换命令的时间点);

[0009] -第一处理器单元,其被设计为执行检测算法,以基于该组读入信号来计算自动化设备的异常分数;

[0010] -第二处理器单元,该第二处理器单元被设计为在由第一处理器单元计算出的异常分数指示异常的情况下,执行用于定位错误的机器定位方法,以便针对异常分数,计算和提供与自动化设备的各个部件有关的可能的错误原因的结果概率。在一种有利的改进方案中,甚至可以关于部件的子部件提供结果,并且因此以更详细的方式提供结果。

[0011] 本发明具有以下技术优点,即可以关于自动化设备的部件直接定位错误,并且还

可以在仅安装少量传感器、特别是仅安装两个最终位置传感器时定位错误。因此,仅基于三个数字信号值(即在汽缸上两个最终位置开关的时间点和阀切换信号的时间点)即可进行错误定位(阀切换信号表示控制器是否用命令“SWITCH NOW”指示阀的技术过程,因此也可以定义为阀切换命令)。

[0012] 为了配置或训练机器定位方法,可以设计另外的(例如第三)处理器单元。该另外的处理器单元包括:

[0013] -回路图读入接口,用于读入自动化设备的回路图;这用于训练将要生成的错误定位模型的目的,优选地是一次读入数字化回路图。

[0014] 在本发明的优选实施例中,第一处理器单元(可以分配给检测算法的功能)在除第二处理器单元之外的设备上实现(具有用于定位具有增加的异常分数的错误的机器定位方法的功能),并且特别是在控制单元上形成。因此,用于错误检测和定位的系统可以非常灵活地适应于相应的硬件,因此计算密集型过程可以转移到高能力的硬件(例如云服务器)。

[0015] 在本发明的替代的另一优选实施例中,错误检测模块包括配置接口,该配置接口作为用于配置和训练模型的前端。因此,例如,系统的用户或操作员可以快速轻松地配置决策树的结构。

[0016] 在错误检测模块的另一优选实施例中,其也适用于包括特定架构或典型结构的自动化设备。该气动系统包括一个至多个气动驱动器,每个气动驱动器连接至至少一个阀,其中,多个阀可布置在一个阀组上和/或多个阀组可连接至一个供应单元。多个驱动器也可以同时连接到一个阀。该架构在电子回路图中表示,该回路图由系统读入并用于计算目的。在其他示例性实施例中,可以使用不同的架构作为基础。因为机器定位方法考虑了相应的回路图,并且在这样做时自动识别活动模式和与模式的偏差,并可以通过检测的回路逻辑的推断来定位可能的错误,所以这成为可能。

[0017] 在另一方面,本发明涉及一种用于检测和评估自动化设备、特别是气动系统中的异常的错误检测系统,包括:

[0018] -如上所述的错误检测模块;

[0019] -网关(到互联网,例如边缘计算机),和

[0020] -基于云的服务器,该服务器通过web接口连接到错误检测模块。可以将第一处理器单元和第二处理器单元作为分布式系统部署(实现和设置)在不同单元(控制器、网关和/或服务器)上。它也可以在同一单元上形成。

[0021] 上面已经关于设备(错误检测模块、系统)描述了该目的的实现。本文提到的特征、优点或替代实施例也将转移到其他要求保护的主体,反之亦然。换句话说,该方法和计算机程序也可以利用结合模块或系统描述和/或要求保护的主体来开发。在这样做时,方法的对应功能特征通过系统或产品的对应物理模块,尤其是硬件模块或微处理器模块来体现,反之亦然。

[0022] 在另一方面,本发明涉及一种用于检测和评估自动化设备、特别是气动自动化设备中的异常的方法,包括以下方法步骤:

[0023] -通过读入接口读入(优选地,两个)数字信号,这些数字信号来自(气动)驱动器和来自自动化设备的阀的数字切换命令;信号的发出器或发送器也被称为“传感器”;

[0024] -基于该组读入信号执行用于计算自动化设备的异常分数的检测算法;在一种有

利的改进方案中,不仅总体地针对整个自动化设备计算异常分数,而且针对其各个驱动器以逐件和专用的方式计算异常分数。因此,可以显著改善并且以更详细的方式提供重要性。

[0025] -如果计算出的异常分数指示异常并且特别是超过可预先配置的极限值:触发用于定位错误的机器定位方法,其中,机器定位方法已在训练阶段进行了训练,以便针对计算出的异常分数,基于自动化设备的检测的回路图,计算与自动化设备的各个部件或部件的子部件(组成部分)有关的可能的错误原因的概率并将其作为结果而提供。

[0026] 在试运转期间以一种有利的方式在训练阶段从文件读入回路图,以便配置数据相关性和相依性。替代地,回路图也可以在错误检测模块上本地地编程,或者可以手动输入。

[0027] 在本发明的一种有利的改进方案中,机器学习方法(或第二处理器单元)可以被设计为不仅输出具有设备的每个部件的计算出的错误概率的结果,而且还可以以更详细的形式进行输出,即相应部件的每个子部件进行输出。因此,可以以更细粒度和特定的方式针对部件的组成部分或元件提供结果。

[0028] 在优选实施例中,模式识别算法被用作用于计算异常分数的检测算法。替代地,可以通过访问存储器来计算异常分数,经训练的检测模型被存储在该存储器中。可以通过自动分类方法,特别是通过k均值算法来创建模型。为此,提供了训练阶段,其中,可以创建其他配置,并在其中使模型进行学习。该模型用于在两个类别之间进行分类或区分,即,第一类别具有气动系统正常反应模式,而第二类别具有偏离或异常反应模式。应该注意的是,检测算法优选地补偿在自动化设备的操作期间出现的实时信号或实时数据。因此,检测算法优选地与设备的当前状态有关。

[0029] 在本发明的另一优选实施例中,来自至少两个不同的数字传感器的信号和用于阀的切换信号被读入,并因此表示气动系统的汽缸(夹紧装置)上的两个最终位置开关的时间点和阀切换时间点。根据这三个数字信号,计算以下四个时间间隔:

[0030] -汽缸延伸期间的反应时间(从切换时间点/阀中的切换点到离开当前最终位置的时间间隔);

[0031] -汽缸延伸期间的行进时间(从离开一个最终位置到到达另一最终位置的时间间隔);

[0032] -汽缸缩回期间的反应时间(从切换时间点/阀中的切换点到离开当前最终位置的时间间隔);

[0033] -汽缸缩回期间的行进时间。

[0034] 该方面的优点在于,仅基于三个数字信号(或二进制信号,开/关),就可以得出四个说明,这对错误检测以及可选地对错误定位有重大影响。因此,错误检测也可以应用于尚未配备大量传感器的系统的现有系统。

[0035] 在本发明的一个有利的改进方案中,除了足以执行检测算法和执行错误定位的最小传感器系统(具有三个数字信号)之外,还可以在阀中形成附加传感器,该传感器检测阀是否以及何时已切换。该信号可以描述为阀切换时间点。该附加数字信号提供了附加时间指示,从中可以获取更多详细信息。如果例如“现在切换阀”和“阀已切换”之间的时间是恒定的,但是如果还检测到反应时间已变化,则该变化不是由于阀引起的。因此,定位方法将指示错误或原因的另一可能来源。

[0036] 在本发明的另一有利的实施形式中,除了最小的传感器系统之外,还可以在每个

阀的两个工作连接上形成压力传感器系统。该压力传感器系统被实施在例如申请人的运动终端(称为VTEM)中,并且可以相应地被使用,以提供更多信息来计算异常分数和进行错误定位,并且从而提供更详细的定位结果。因此,在本发明的该实施例中,压力信号因此也被考虑作为用于计算异常分数和用于错误定位的信号。

[0037] 在本发明的另一有利的实施形式中,除了最小的传感器系统之外,压力系统和/或流量传感器系统可以监测多个阀组,以便同样地提供用于计算异常分数和用于错误定位的其他信息,并且从而提供更详细的定位结果。

[0038] 在本发明的另一优选实施例中,在计算汽缸延伸和缩回期间的反应时间和行进时间之后,检测算法执行以下处理步骤中的至少一个:

[0039] -特征提取;此步骤可减少数据量。因此,可以更快地执行该方法。

[0040] -Z分数归一化;此步骤用于标准化,并且与随机变量的转换有关。因此,可以提高泛化能力和可比性。优点在于将物理尺寸缩放为经平衡的标准化尺寸;

[0041] -主成分分析(PCA);此步骤用于构造和简化通过传感器检测到的大量数据集,因为多个统计变量可以通过较少数量的最有意义的线性组合(主成分)来近似。因此可以减少计算时间。

[0042] -分类,特别是使用K-均值或类似方法;

[0043] -逻辑函数,其中K均值的结果映射到“0”和“1”之间的值,并且因此异常分数被标准化为区间 $[0, \dots, 1]$ 中的值;和/或

[0044] -平滑;仅在处理结束时才对受损的传感器数据进行平滑。因此,可以调节灵敏度和特异性。

[0045] 在本发明的另一优选实施例中,检测算法作为方法的中间结果输出在值范围 $[0, \dots, 1]$ 和传感器相关性值中的异常分数。通过这种中间结果,可以在后续步骤中应用机器定位方法。

[0046] 在本发明的另一优选实施例中,机器定位方法基于决策树,其中,基于检测的回路图来计算决策树。回路图可以从例如Eplan、FluidDraw的文件、或从自动化ML文件或类似格式的文件(例如,基于XML)读入。替代地,可以使用其他机器学习方法。特别地,可以在上游训练阶段中学习用于定位错误的人工神经网络。

[0047] 在本发明的另一优选实施例中,机器定位方法从检测的回路图和读入的信号中提取数据集之间的数据关系,其中,数据关系用于定位错误。

[0048] 在该方法的一种有利的改进方案中,机器定位方法的结果包括优选对于气动设备的所有部件,或者替代地,对于被选择为相关的部件和/或一个部件内的子部件的错误概率值。此外,在其他改进方案中,可以执行以下处理步骤:

[0049] -汇总所有部件的所有错误概率值;

[0050] -访问存储器,在该存储器中存储规则系统,其用于定位与自动化设备的各个部件有关的错误。

[0051] 机器定位方法包括两个用于错误定位的阶段。第一阶段计算错误位于自动化设备的哪个部件中。因此,在第一阶段中,在部件级别实现错误定位。结果可以例如如下读入:“夹紧装置X卡住”或“阀Y有缺陷”。第二阶段计算错误可能位于部件中的精确位置。因此,在第二阶段中,在子部件级别实现错误定位。结果可以例如如下读入:“汽缸上的摩擦”、“汽缸

室A处的泄漏”、“软管B具有泄漏”，“限流器D堵塞”等。

[0052] 因此,在机器定位方法中,首先确定优选地所有部件(夹紧装置部件)的概率。在本发明的一个有利的替代实施例中,仅对于被确定为相关的(例如,在配置阶段中)部件确定概率,以便减少计算资源并能够可能更快地提供结果。随后,由此得出在所识别的夹紧装置中是否发生错误或者阀的所有夹紧装置是否都受到影响。如果是后者,则通过访问规则系统可以得出阀上存在问题的结论。如果阀组的所有阀都有异常,则系统或规则指示问题在阀组级别。因此,通过访问规则系统,总是可以以更细粒度的方式将错误定位限制到设备的特定部件。

[0053] 该目的还通过一种包括计算机程序代码的计算机程序来实现,当计算机程序在计算机上执行时,该计算机程序用于执行以上更详细地描述的方法的所有方法步骤。就此而言,也可以将计算机程序存储在计算机可读介质上。

[0054] 该目的还通过包括计算机程序代码的计算机程序产品来实现,当计算机程序在计算机上执行时,该计算机程序用于执行以上更详细地描述的方法的所有方法步骤。可以将计算机程序产品设计为例如存储的可执行文件,可选地包括其他部件(例如库、驱动程序等),或者设计为包括已安装的计算机程序的电子单元(微处理器、计算机)。

[0055] 在本申请中使用的术语在下文中更详细地解释。

[0056] 机器定位方法是专门用计算机实现的方法。机器定位方法用于预测发生在设备特定部件中的错误。为此,可以构建决策树,其中表示有模型。该模型可以存储在存储器中。决策树用于操作时间,以便将对象(在这种情况下:设备的各个部件,例如阀、阀组、压缩空气源、电源等)分配给错误类别。这样,可以分配概率。

[0057] 例如,可以应用贝叶斯网络或其他决策逻辑。基本上,通过观察与操作时间相关的气动系统的三个数字信号,可以指示出基于部件和基于子部件的错误源的概率。如果要管理大量变量的常见概率分布,则对于显式表示(通过指示每种状态组合的概率),会很快遇到资源限制(等待时间、处理器能力等)。例如,在20个二进制变量的情况下,即20个变量每个都具有两个状态,则必须指定 $2^{20}=1048576$ 个单独的值。通过利用要被建模的域的变量之间的(条件)相依性,通常可以将需要被指示的值数量减少到可管理的大小。贝叶斯网络代表了这种方法。贝叶斯随机变量网络由两部分组成:

[0058] 1. 有向无环图,其节点对应于随机变量,并且变量之间的条件相依性利用其边缘被编码;

[0059] 2. 由与变量关联的表确定的概率。

[0060] 决策树在训练或学习阶段构建,然后在使用时以自上而下的方式运行通过它,以用于预测或错误定位的目的。神经网络或朴素贝叶斯分类器、k最近邻方法或支持向量机可用作机器定位方法的替代技术。

[0061] 检测算法是计算机实现的方法,用于根据检测的信号组合对表示气动系统状态(正常/异常)的数据集进行分组或分类。为此,例如可以应用k均值算法。k均值算法的目的是将数据集划分为k个(特别是此处为2个)分区,以使与聚类质心的平方偏差之和最小。在本发明的扩展实施例中,还可以应用k中值算法或k均值++算法或类似的分类算法。

[0062] 读入接口是数字接口。其用于读入数字数据,并且尤其可以根据OPC统一架构(OPC-UA)协议进行操作。OPC-UA是一种确保互操作性的工业机对机通信协议。同样可以读

入来自现场总线的数据,例如Profinet。

[0063] 信号是数字信号(开/关),可以直接由处理器单元以数字形式对其进行进一步处理。优选直接使用数字传感器。对于数字传感器,电信号直接以数字方式转换(传感器内部的A/D转换)。后续的计算(例如误差补偿)可以在微处理器中进行。替代地,也可以设置模拟传感器,其模拟信号在外部或单独的A/D转换器中被转换成数字信号。然后,数字信号可用作数值,并且可以通过任何数字协议(例如USB、CANopen或Profibus)输出。在进一步传输期间,数字压力信号不受干扰影响,干扰影响可能导致精度下降。

[0064] 错误检测模块是电子模块,其可以分布到多个部件,并设计有避免错误和对气动设备的部件进行错误定位的功能。特别地,可以在自动化设备的装置上本地实现的错误检测模块可以访问集中地执行,并且尤其是基于云的计算。错误检测模块被布置成如果维护软件及时识别出自动化设备的部件的可能故障,则实现控制措施和/或诊断措施。因此可以独立于一般的维护时间来识别可能很快导致设备停机的有缺陷的组成部分,并且可以在实际发生损坏之前对其进行更换。这允许实现在日常维护或与时间有关的预防性维护方面节省成本,因为可以只有在实际需要时才进行工作。在本发明的范围内,优选地,分析与设备的操作并行进行,以避免停工期。

[0065] 网关(节点)是基于计算机的单元,可以设计为靠近现场的边缘计算机,并具有到服务器的基于云的接口(web接口)。网关计算异常分数并作为错误定位的一部分对其进行进一步处理。可以将结果传递到服务器和/或在现场级别(例如可编程逻辑控制器)。

[0066] 部件是现场设备,因此是自动化技术领域中与生产过程直接相关的技术设备。在自动化技术中,术语“现场”表示控制柜或控制室外部的区域。因此,现场设备在工厂和过程自动化中可以是制动器(控制元件、阀等)和传感器(测量换能器)。这些部件主要通过现场总线连接到控制和管理系统。可以将部件设计为具有传感器,以便检测、生成或汇总传感器数据,以便可以以评估的方式将数据用于调节、控制和进一步处理。这些部件是自动化设备的一部分,该自动化设备可以包括装置(例如工业机器人)。

[0067] 控制设备是电子模块,其用于控制(开环控制)和/或调节(闭环控制)具有一组现场设备的机器或自动化设备,并以数字方式被编程。特别地,它们可以是可编程逻辑控制器。在最简单的情况下,控制设备具有输入、输出、操作系统(固件)和接口,可通过该接口加载用户程序。用户程序确定如何根据输入切换输出。操作系统确保发送器的当前状态始终对用户程序可用。基于该信息,用户程序可以切换输出,以使机器或自动化设备以所需的方式工作。通过传感器和制动器,控制设备连接到自动化设备及其现场设备。

[0068] 在下面的附图详细描述中,将借助于附图讨论将被理解为非限制性的示例性实施例及其特征和其他优点。

附图说明

[0069] 在下面的对附图的详细描述中,将借助于附图讨论将被理解为非限制性的示例性实施例及其特征和其他优点。在附图中:

[0070] 图1示出了包括错误检测模块的本发明的错误检测系统的概览;

[0071] 图2示出了错误检测模块的实施例,其是图1中图示的替代方案;

[0072] 图3示出了包括基于云的服务器和其他组成部分的错误检测模块的另一示意图;

- [0073] 图4示出了错误检测模块的替代示意性图示设计；
- [0074] 图5示出了根据本发明优选实施例的错误检测方法的方法步骤的流程图，以及
- [0075] 图6示出了根据本发明优选实施例的包括其他组成部分的错误检测系统的示意图。

具体实施方式

[0076] 本发明在技术上用于监测气动系统，其作为包括各种现场设备（在下文中也称为部件）的自动化系统或设备的示例，该现场设备通过控制设备（例如可编程逻辑控制器）来控制。特别地，应及时识别错误，并且优选是在各个部件发生故障或在设备中引起错误之前的某个时间点识别错误。为此，将使用错误检测模块，下文将相对于图1更详细地解释该错误检测模块。

[0077] 本发明具有的优点是，尽管只有很少的测量数据可用并且可以用最少的传感器系统来类似地操作，但是对于复杂、多部件的、优选气动的自动化设备的早期错误检测成为可能。特别地，尽管仅使用两个数字传感器和一个切换命令，尤其是用于检测一个汽缸上的两个最终位置传感器的时间点和用于检测阀切换时间点的传感器，但仍可以提供错误定位的结果。这样做的优点是，在这样的设备中也可以进行异常检测，在这些设备中，只有致动器才装备有传感器系统（例如最终位置传感器）。此处提出的方法基于这样的模型，其中，至少考虑了这些信号。可选地，还考虑其他信号，例如压力信号和/或流量信号或阀内部的传感器的其他信号，这些信号在压力源和/或阀中进行检测。借助于检测算法，现在例如可以自动地并且实时地检测与气动设备的正确或典型的反应行为的偏差或变化，实时例如为“阀切换”与“离开最终位置1”之间的时间和行进时间（最终位置1至最终位置2）。此外，原则上测量和得知在发送控制命令到阀的物理切换之间的时间。在一种有利的改进方案中，可以形成附加的阀内部传感器，该传感器检测阀是否已被切换。这同样适用于阀的返回运动。在“良好”操作期间（即在无错误操作期间）获得测量变量和源于测量变量的模式。错误图像示出了根据本发明的用于异常检测和错误定位的特征模式。此外，气动系统的回路图可在数字气动回路图中使用，该数字回路图可以例如从Fluid Draw或Eplan或自动化ML文件读入，并用于构造决策逻辑。如果借助于检测算法检测到与良好模式的偏差，则可以在第二步骤中通过应用机器定位方法来提供错误定位。为此，可以使用包括实现的决策逻辑的逻辑电路，例如，使用决策树或贝叶斯网络或其他机器学习方法。

[0078] 在这种情况下提出的解决方案的背景是：由阀、软管系统和夹紧装置组成的张紧或夹紧系统（例如，汽车制造、车身制造）的时间行为随着磨损的增加而变化。创建测试布置，以识别对气动系统执行的操纵是否以及如何影响时间行为。已经针对性地对气动系统进行了变化和操纵。这包括在夹紧装置和阀处的摩擦和泄漏，以及杠杆臂长度的变化、阀和夹紧装置之间的软管长度以及供应压力的变化。关闭时间和延迟时间已在汽缸打开和关闭时被记录。作为申请人进行的测试的结果，可以说夹紧装置的摩擦、泄漏和供应压力的变化影响了延迟和关闭时间，这些延迟和关闭时间可以从最终位置开关信号得出。测试布置的结果影响错误定位模型的配置，其中，在第一阶段，错误相对于设备的各个部件进行定位，并且在第二阶段，错误相对于部件的各个子部件进行定位。可以明确地识别存在哪种类型的失灵。因此，可以基于（三个）数字信号来包含错误并且特别是定位错误。

[0079] 图1示意性地示出了错误检测模块FM。它在自动化设备AA的一侧包括(优选为气动的)部件,例如阀组或阀盘,其中,阀组又包括多个阀,这些阀具有夹紧装置/汽缸单元和/或还包括气动致动器(例如气动驱动器等)和传感器以及压力源。此外,提供了控制器,该控制器可以设计为可编程逻辑控制器,该可编程逻辑控制器也可以称为PLC。部件被设计成具有传感器,传感器用于检测数字信号或到阀的切换命令。第一部件包括用于检测三个数字信号的至少一个传感器单元S1,第二部件又包括用于检测至少三个信号的传感器单元S2,等等。

[0080] 如图1所示,另外的传感器S3还可以将信号(例如压力信号)发送到可编程逻辑控制器。控制器通过读入接口I1接收数字信号,并且此外被设计为具有第一处理器单元P1,该第一处理器单元P1用于基于检测或读入的信号来执行检测算法。该检测算法用于基于检测或读入的信号组来计算自动化设备AA的异常分数。可以通过数据接口(例如,OPC-UA)将计算出的异常分数传送到IoT网关GW。所计算出的异常分数和/或检测的信号通过第二接口I2传送到第二处理器单元P2,如果使用第一处理器单元计算出的异常分数指示异常,则第二处理器单元P2可以设计成执行机器定位方法S34(下面将参考图5对其进行更详细的描述)来定位错误,以便针对异常分数,计算并提供与自动化设备AA的各个部件有关的可能的错误原因的结果概率。

[0081] 在图1所示的示例中,第一处理器单元P1在与第二处理器单元P2不同的设备上实现。第一处理器单元P1可以形成在控制单元上,而第二处理器单元P2可以例如形成在网关节点GW(或简称网关)上。为了执行机器定位方法,第二处理器单元P2访问存储器MEM,该存储器MEM中存储有经训练的模型。第二处理器单元P2通过回路图读入接口I3接收气动设备AA的回路图。回路图以数字形式提供,并且包含与设备AA的结构有关且与功能有关的信息(尤其是阀的切换时间点等)。

[0082] 在图1所示的示例性实施例中,提供了单独的网关GW,该网关GW一方面用作具有部件的设备AA与可编程逻辑控制器之间的中介并且另一方面用作服务器SV。网关GW可以例如被实现在设备AA的上级管理系统中和/或可以分配给设备AA(例如在与设备相同的安全域中)。第三处理器单元P3可以形成在服务器SV上,以便能够执行例如基于云的服务器上的机器定位方法。

[0083] 如图1中示意性所示,从根本上来说,第一处理器单元P1可以将本地计算的异常分数类似地作为中间结果发送给第二处理器单元P2(实线箭头)。替代地或附加地,检测的信号也可以被传送到第二处理器单元P2。这可以直接从传感器和/或从部件(均在图1中用虚线表示)和/或从控制器实现。

[0084] 图2示出了替代实施例,其中,网关GW包括第二处理器单元P2和第一处理器单元P1。部件将其三个数字信号发送到控制器,然后控制器通过网络连接(第二接口I2)将信号发送到第二处理器单元P2。替代地,部件可以将本地检测的信号直接发送到第二处理器单元P2(无需通过控制器进行旁路)。甚至可行的是,传感器本身可以被设计成具有另外的网络接口,以便传送数据。

[0085] 图3示出了使用基于云的服务器SV的示例性实施例。然后在气动设备AA的部件上检测传感器数据。现在,第一处理器单元P1既可以在控制器中本地形成,也可以在分配给设备并可以设计为边缘计算机的IoT网关节点GW中的一个上形成。网关GW通过基于互联网协

议的数据连接(例如,https等)与服务器SV交换数据,在服务器SV上形成有被设计为执行机器定位方法的第二处理器单元P2。经学习的模型可以保存在服务器SV的存储器MEM中。因此,可以使用服务器的更高的计算资源(和存储器资源)来定位错误和计算结果。

[0086] 如上述示例预期所示,错误检测模块FM的功能还可以对于以下两个方面以分布式方式实现:

[0087] 1. 检测算法S2和

[0088] 2. 机器定位方法S34。

[0089] 换句话说,第一处理器单元P1和第二处理器单元P2可以在不同的基于计算机的实体上实现。还可以设计另外的处理器单元,其用于配置模型或基于训练数据来训练定位方法。训练数据可以包括良好情况(设备的无错误操作)下信号组合的模式。

[0090] 如图4所示,优选的是,检测算法S2在生成的数据附近、优选在控制器中尽可能本地地执行,并且机器定位方法S34可以在提供足够资源的实体上执行,优选在服务器SV上执行。然后,可以在网关GW上安装仅一个用于机器定位方法S34的模型检查的客户端,并且因此可以在服务器SV上执行计算密集型过程,并且仅将结果输出到可配置实体,尤其是输出到网关GW,并且可选地输出到设备AA的部件和/或到控制器。可以通过输出接口AS来实现输出。

[0091] 图5示出了错误检测方法的流程图。在开始之后,在步骤S1中读入数字信号。在步骤S2中,对读入的信号或以读入的信号执行检测算法。它计算异常分数和传感器相关值作为中间结果。因此,中间结果表示设备AA中是否存在异常。取决于该结果,该方法分支到不同的计算情况,如图5所示。如果不存在异常,则设备似乎“一如既往”地工作—即以无错误的方式工作。该方法可以通过EXIT结束或重新启动。否则(当检测到异常或偏差时),在步骤S34中执行已经在训练阶段中经训练的机器定位方法,以便针对分别计算的异常分数,基于自动化设备AA的数字地或手动检测的回路图来计算可能的错误原因的概率。机器定位方法可以包括两个阶段。在第一步骤S3中,在部件级别计算错误的定位(例如,夹紧装置X或阀Y中的错误),并且在第二步骤S4中,在子部件级别计算错误的定位。在第二步骤S4中,分析可以定位出部件中被识别为有缺陷的错误的错误的位置。可以将机器定位方法实现为算法,该算法的执行考虑了检测的回路图的信息(回路的设计、架构和结构以及切换时间点)。如上所述,算法的功能也可以在其他设备或服务器SV上实现。

[0092] 图6是错误检测系统的另一结构架构图,该错误检测系统包括第一处理器单元P1,该第一处理器单元P1在这种情况下在处理器上实现,并且包括在通过数据连接与网关GW交换数据的服务器SV上实现的第二处理器单元P2。此外,可以提供配置接口Config-UI,通过该配置接口可以配置机器定位方法,尤其是可以配置算法S3、S4。配置接口Contis-UI优选地是基于云的,或者也可以作为计算机程序本地地提供。配置接口Config-UI可以包括用户接口元素,例如仪表盘。在这种情况下,还可以安装经学习的模型(例如,构建的决策树)的版本,该模型具有训练母版作为用于配置模型的学习阶段或生成决策树的应用,并具有分数母版作为根据其他选项来计算异常分数的应用。可以在服务器SV(例如工业PC)上安装一套用于错误检测和定位的应用。特别地,实现了经训练的模型的运行时环境(例如,Java运行时环境),其与配置接口Config-UI同步并且优选地通过https/REST-Upload请求与网关GW交互。读入的信号然后通过网关GW发送到服务器,用于错误检测和定位的目的。

[0093] 在一个示例性实施例中,可以提供在图6中被限定为第三处理器单元P3的另一处理器单元,并且该另一处理器单元用于生成用于机器定位方法S34的模型。用户具有通过配置接口Config-UI调整设置的选项。用于生成模型的功能也可以在服务器SV上实现。

[0094] 在该示例性实施例中,可以将IoT网关节点GW设计为具有用于机器定位方法的客户端。客户端/网关可以定位在设备附近的现场。网关GW可以具有浏览功能,该浏览功能可以用于逐页浏览和检查由控制器传送的异常分数。此外,网关节点GW可以具有用于在其上提供的算法的代理,该代理可以在云中(例如,在服务器SV上)操作;以及可以具有用于具有其他应用和作为PC应用的程序的自动化套件的代理。自动化套件的功能与云的功能相同。此外,网关GW可以具有循环缓冲器,以用于中间存储在其上形成的数据;以及经训练模型的精简版(用于执行机器定位方法),以用于持久性、配置、许可证管理以及协同机器定位方法的其他功能。从根本上来说,取决于配置,网关GW可以在其上还安装有其他程序,这些程序尤其还可以在后台运行并且可以提供特定服务。用户交互优选地仅间接地发生,例如,通过信号、管道以及尤其是(网络)套接字。

[0095] 在一个测试中,在很长一段时间内连续地操作6个气动夹紧装置直到发生磨损为止,与正常操作相比,其运行时间延长,或者与正常操作相比,循环时间减少。在发生故障前2周,在所有夹紧装置的数据中都可以看到磨损的迹象。根据本发明,可以通过机器定位方法或经训练的模型来检测故障和诱发的错误情况,并且可以进行自动的过程监测。

[0096] 最后,要注意的是,本发明的描述和示例性实施例从根本上应被理解为相对于本发明的特定物理实施方式是非限制性的。可以在根据本发明的主题中以不同的组合提供结合本发明的各个实施例解释和说明的所有特征,以便同时实现其有利效果。

[0097] 本发明的保护范围由所附权利要求书确定,并且不受说明书中解释的或附图中示出的特征的限制。

[0098] 对于本领域技术人员而言,特别明显的是,本发明不仅可以用于气动设备,而且可以用于其他液压设备或其他流体技术系统或电主轴。此外,错误检测模块的组成部分可以分布在多个物理产品上。

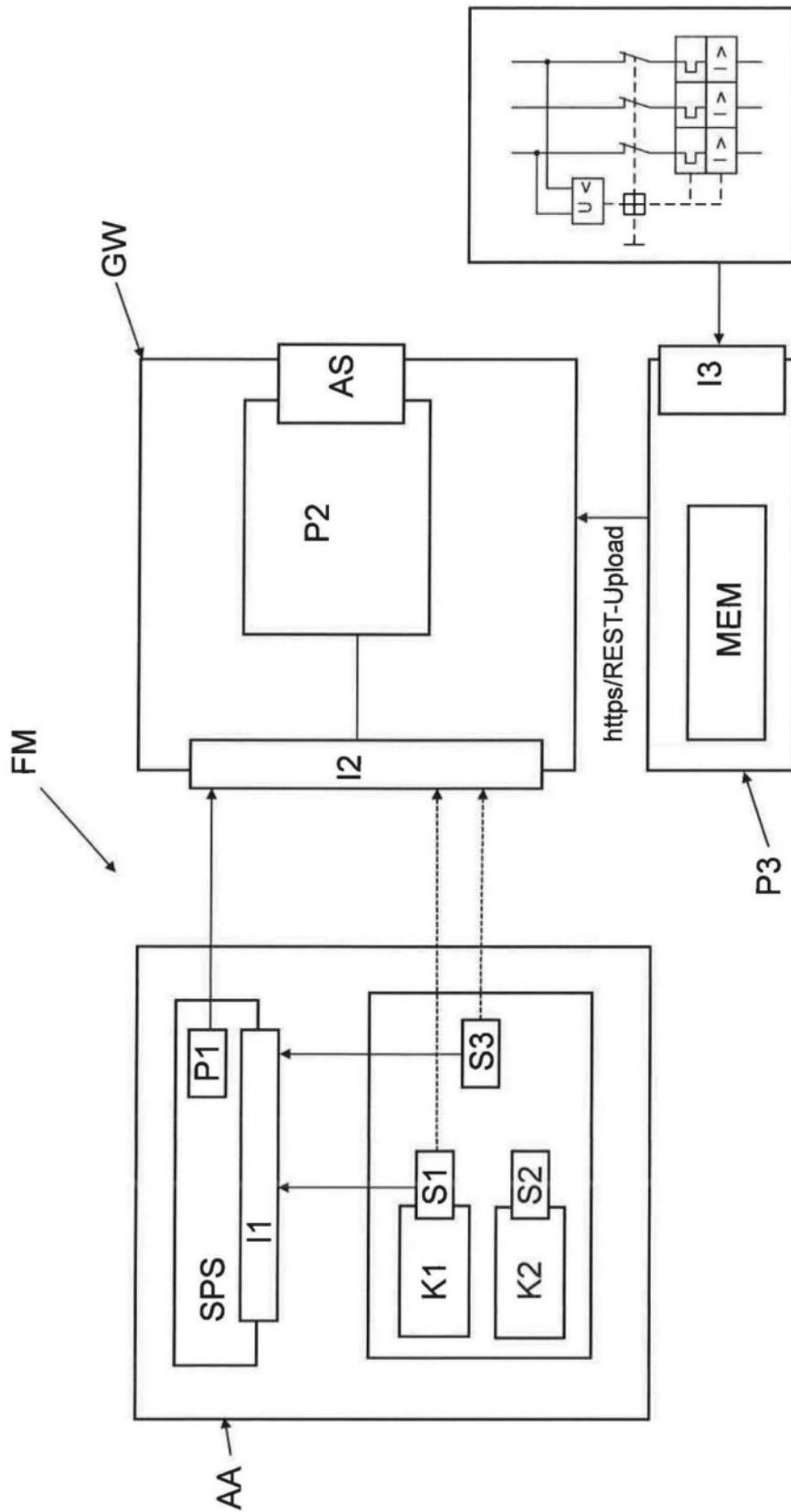


图1

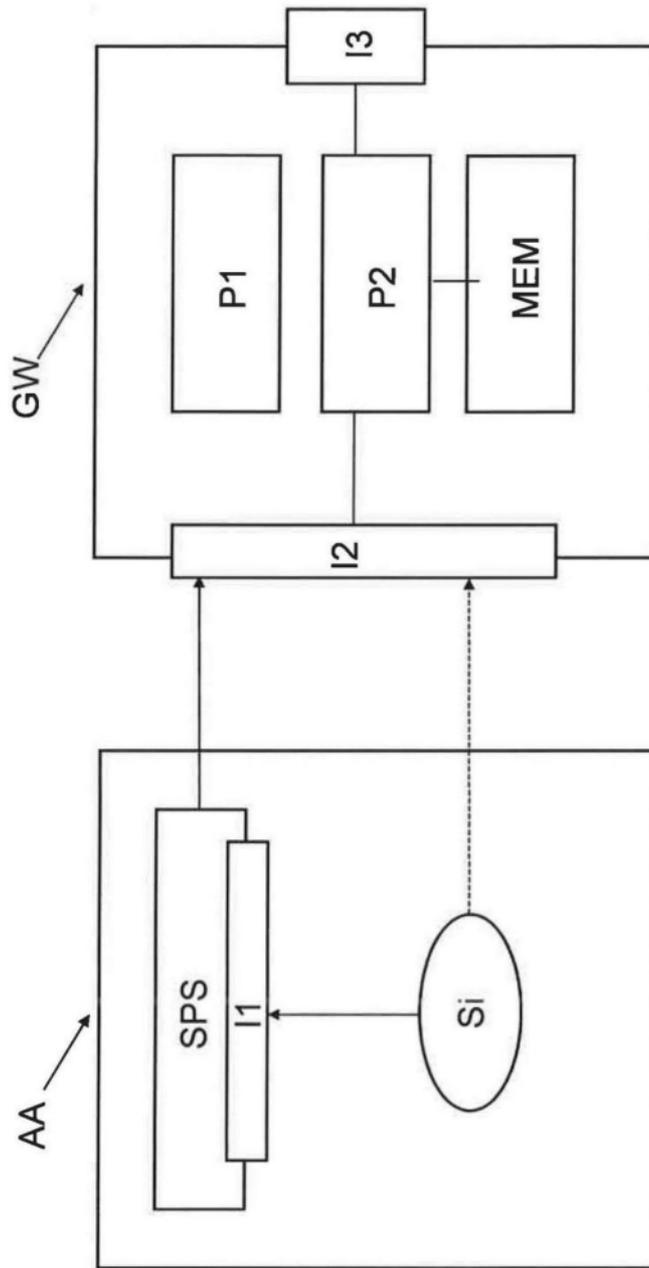


图2

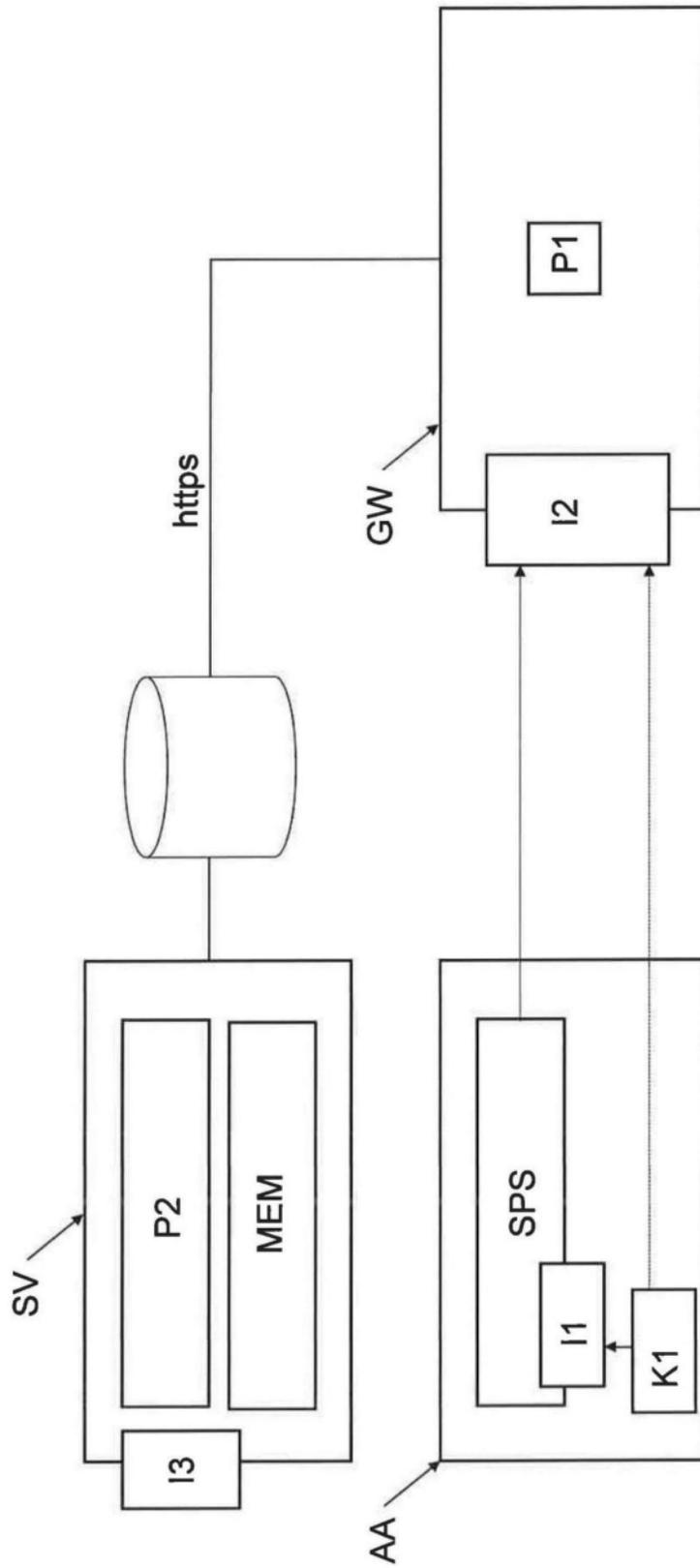


图3

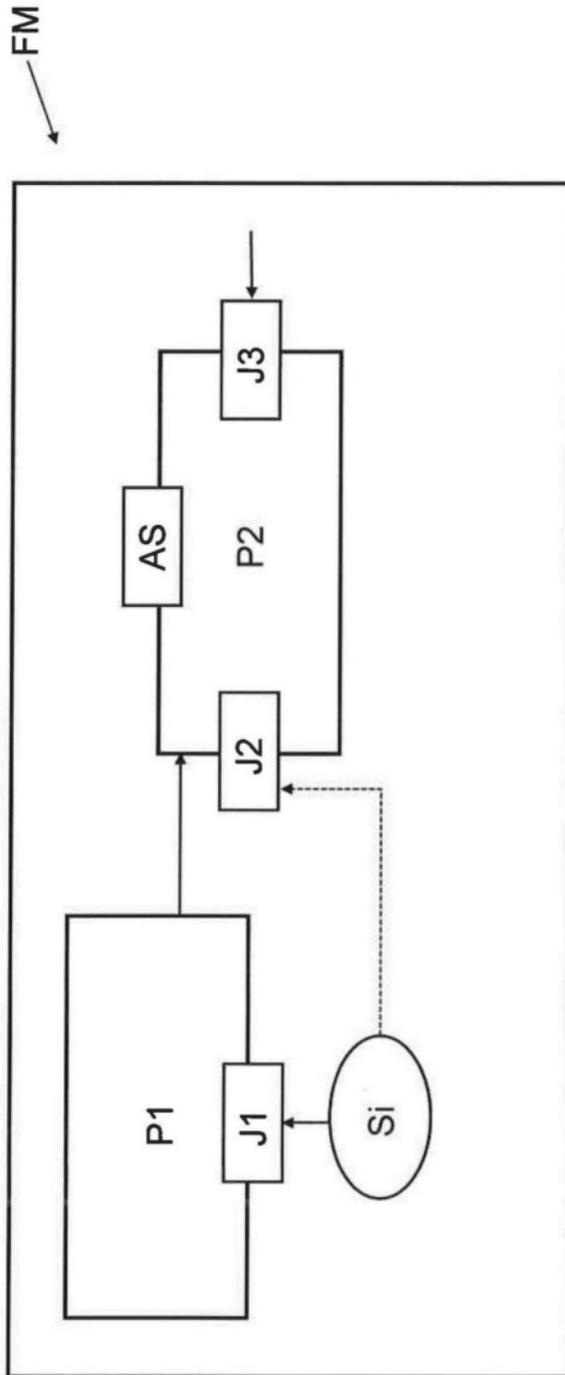


图4

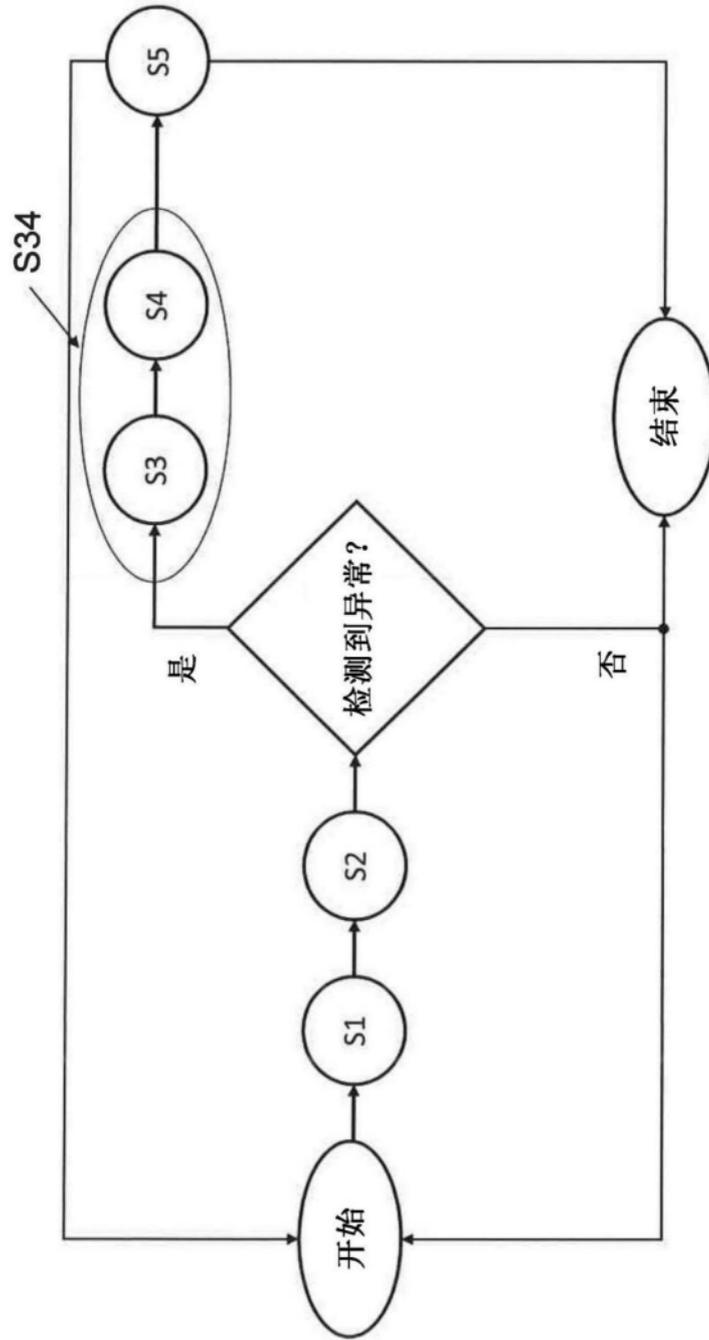


图5

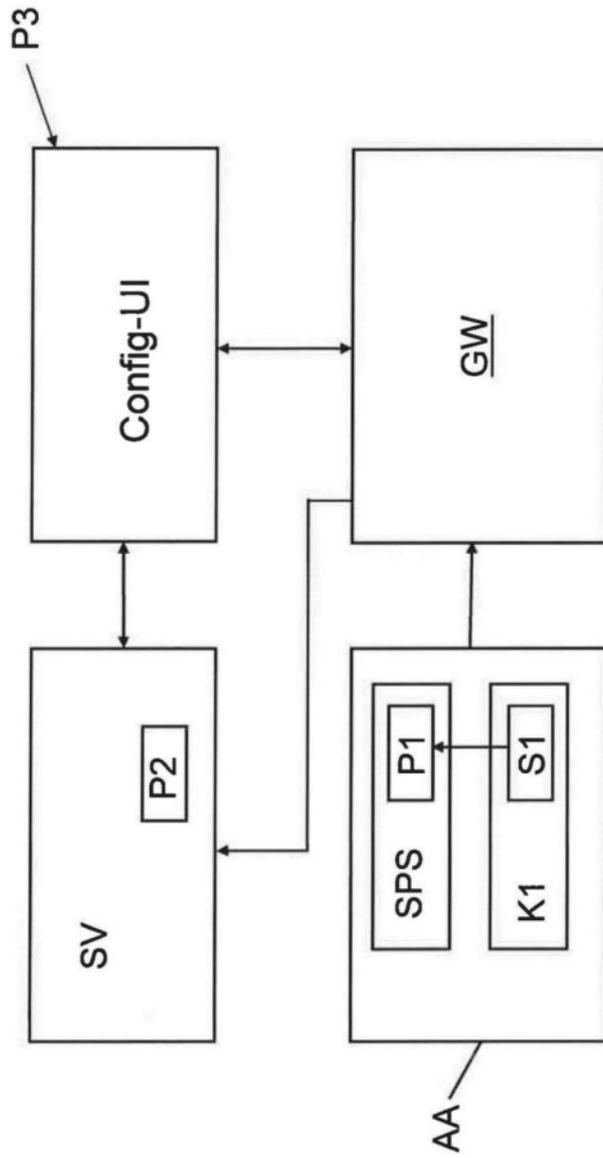


图6