(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101835665 B
(45)授权公告日 2013.01.09

(21)申请号 200880113043.3
(22)申请日 2008.10.23
(30)优先权数据
102007051078.2 2007.10.24 DE
102008052847.1 2008.10.23 DE
(85)PCT申请进入国家阶段日
2010.04.23
(86)PCT申请的申请数据
PCT/EP2008/064358 2008.10.23
(87)PCT申请的公布数据
WO2009/053430 DE 2009.04.30
(73)专利权人 大陆-特韦斯贸易合伙股份公司及两合公司
地址 德国法兰克福
(72)发明人 C·马龙 M·舒曼 F·阿塔拉 H-A·施奈德
(74)专利代理机构 北京市中咨律师事务所 11247
代理人 吴鹏 马江立
(51)Int.Cl.
B60T 13/74(2006.01)
B60T 17/22(2006.01)
(56)对比文件
DE 10261969 A1,2004.02.26, 全文.
US 6394235 B1,2002.05.28, 全文.
US 5417624 A,1995.05.23, 全文.
DE 10228115 A1,2004.01.22, 全文.
CN 1898110 A,2007.01.17, 全文.
审查员 赖俊科

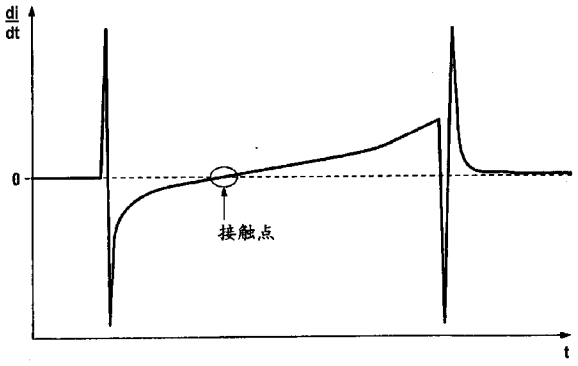
权利要求书 3 页 说明书 14 页 附图 5 页

(54)发明名称

驻车制动器及其运行方法

(57)摘要

本发明涉及一种具有致动器(5)的驻车制动器，其中致动器(5)由一能在两个方向上运行的直流电机(28)驱动，直流电机通过致动器(5)的自锁式传动机构(24)使至少一个制动块以朝向转动件或背离转动件的方式运动，从而作用或释放驻车制动器。还设有一控制单元(10)用以控制或调节直流电机的运动，其中驻车制动器设计成当作用或释放驻车制动器时通常越过制动块在转动件上的接触点。为了提高在制动作用时对制动作用力的设定和/或在释放驻车制动器时对制动间隙的设定的准确性和可靠性，控制单元(10)通过形成在制动作用时直流电机(28)耗用的电流对时间的第一导数来确定接触点。本发明还涉及用于运行这种驻车制动器的相应方法。



CN 101835665 B

1. 一种用于运行具有致动器 (5) 的驻车制动器的方法，其中所述致动器 (5) 由一能在两个方向上运行的直流电机 (28) 驱动，所述直流电机通过所述致动器 (5) 的自锁式传动机构 (24) 使至少一个制动块以朝向转动件或背离转动件的方式运动，从而作用或释放所述驻车制动器，其中设有一控制单元 (10) 用以控制或调节所述直流电机 (28) 的运动，其中当作用或释放所述驻车制动器时通常越过所述制动块刚好贴靠在所述转动件上的接触点，其特征在于，

为了确定所述接触点，通过所述控制单元 (10) 形成在制动作用时由所述直流电机 (28) 耗用的电流对时间的第一导数。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，通过所述控制单元 (10) 将所述接触点确定为制动块定位点，在该制动块定位点处由所述直流电机 (28) 耗用的电流对时间的导数变成大于零，其中仅当电流的导数此前为负数时才将第一导数的该值识别为接触点。

3. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，包括下列步骤：

- 确定一用于第一导数 (di/dt) 的正的导数阈值 (i_{p0})；

- 以预定的、规则的间隔检查所述直流电机 (28) 的制动作用运动，以确定所述直流电机 (28) 耗用的电流的第一导数 (di/dt) 是否大于或等于所述导数阈值 (i_{p0})；

- 如果所述第一导数大于或等于所述导数阈值 (i_{p0})，将当前的制动块位置标记为潜在的接触点并起动计数器，只要第一导数 (di/dt) 大于或等于所述导数阈值 (i_{p0})，便在所述直流电机 (28) 的进一步制动作用运动中为计数器增加一预先确定的增量值，或者一旦在所述直流电机 (28) 的进一步制动作用运动中所述第一导数 (di/dt) 再次下降到低于所述导数阈值 (i_{p0})，便将计数器重置为零；

- 检查所述计数器是否超过一预定的计数器阈值 ($n_{vorgabe}$)；以及

- 如果所述计数器超过所述预定的计数器阈值 ($n_{vorgabe}$)，则将相应标记的潜在接触点确定为实际接触点。

4. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的方法，其特征在于，为了控制或调节所述直流电机 (28) 的运动从而以期望的、预定的制动作用力进行所述驻车制动器的制动作用，通过所述控制单元 (10) 确定所述直流电机 (28) 为此而耗用的最大电流值，所述制动作用通过所述直流电机 (28) 的相应运动执行，在达到最大电流值后结束所述直流电机 (28) 的运动。

5. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，在对所述直流电机 (28) 进行控制或调节从而作用和 / 或释放驻车制动器时，通过所述控制单元 (10) 考虑一液压前压，该液压前压在制动作用的情况下当前作用在活塞上或者在释放的情况下曾经在先前制动作用时作用在活塞上。

6. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，在进行作用和 / 或释放时通过所述控制单元 (10) 借助于一电机模型持续地求出所述直流电机 (28) 经过的致动行程。

7. 根据权利要求 5 所述的方法，其特征在于，通过所述控制单元 (10) 在考虑液压前压的情况下根据所求出的接触点或所求出的在达到预定的最大电流值时的位置来对借助于电机模型求出的活塞位置进行校准。

8. 根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，通过所述控制单元 (10) 由在所求出的接触点与在达到预定的最大电流值时的致动位置之间的致动行程求出所经过的制动作用行程，然后将所述所经过的制动作用行程与一对应于期望的制动作用力的标准制动作用行程

进行比较，其中，当所述所经过的制动作用行程明显偏离所述标准制动作用行程时，激活所述控制单元 (10) 的后作用功能。

9. 根据权利要求 8 所述的方法，其特征在于，所述后作用功能包括行程调节，其中所述后作用紧接在制动作用过程结束后执行。

10. 根据权利要求 8 所述的方法，其特征在于，通过所述控制单元 (10) 使用“敲击功能”来进行所述后作用，其中所述后作用紧接在制动作用过程结束后执行。

11. 根据权利要求 5 所述的方法，其特征在于，为了释放所述驻车制动器，通过所述控制单元 (10) 在释放方向上控制螺母的运动，其中在计算用于控制螺母运动的理论运动行程时考虑在上一次制动作用中在考虑液压前压的情况下求出的接触点以及预定的制动间隙。

12. 一种具有致动器 (5) 的驻车制动器，其中所述致动器 (5) 由一能在两个方向上运行的直流电机 (28) 驱动，所述直流电机通过所述致动器 (5) 的自锁式传动机构 (24) 使至少一个制动块以朝向转动件或背离转动件的方式运动，从而作用或释放所述驻车制动器，其中设有一控制单元 (10) 用以控制或调节所述直流电机 (28) 的运动，其中所述驻车制动器设计成当作用或释放所述驻车制动器时通常越过所述制动块刚好贴靠在所述转动件上的接触点，其特征在于，

所述控制单元 (10) 通过形成在制动作用时由所述直流电机 (28) 耗用的电流对时间的第一导数来确定所述接触点。

13. 根据权利要求 12 所述的驻车制动器，其特征在于，所述控制单元 (10) 将所述接触点确定为制动块定位点，在该制动块定位点处由所述直流电机 (28) 耗用的电流对时间的导数变成大于零，其中仅当电流的导数此前为负数时才将第一导数的该值识别为接触点。

14. 根据权利要求 12 至 13 中任一项所述的驻车制动器，其特征在于，为了控制或调节所述直流电机 (28) 的运动从而以期望的、预定的制动作用力进行所述驻车制动器的制动作用，所述控制单元 (10) 确定所述直流电机 (28) 为此而耗用的最大电流值，通过所述直流电机 (28) 的相应运动来执行所述制动作用，在达到最大电流值后结束所述直流电机 (28) 的运动。

15. 根据权利要求 12 所述的驻车制动器，其特征在于，在对所述直流电机 (28) 进行控制或调节从而作用和 / 或释放驻车制动器时，所述控制单元 (10) 考虑一液压前压，该液压前压在制动作用的情况下当前作用在活塞上或者在释放的情况下曾经在先前制动作用时作用在活塞上。

16. 根据权利要求 12 所述的驻车制动器，其特征在于，在进行作用和 / 或释放时所述控制单元 (10) 借助于一电机模型持续地求出所述直流电机 (28) 经过的致动行程。

17. 根据权利要求 15 所述的驻车制动器，其特征在于，所述控制单元 (10) 在考虑液压前压的情况下根据所求出的接触点或所求出的在达到预定的最大电流值时的位置来对借助于电机模型求出的活塞位置进行校准。

18. 根据权利要求 16 所述的驻车制动器，其特征在于，所述控制单元 (10) 由在所求出的接触点与在达到预定的最大电流值时的致动位置之间的致动行程求出所经过的制动作用行程，然后将所述所经过的制动作用行程与一对应于期望的制动作用力的标准制动作用行程进行比较，其中，当所述所经过的制动作用行程明显偏离所述标准制动作用行程时，能

激活所述控制单元 (10) 的后作用功能。

19. 根据权利要求 18 所述的驻车制动器，其特征在于，所述后作用功能包括行程调节，其中所述控制单元 (10) 紧接在制动作用过程结束后执行所述后作用。

20. 根据权利要求 18 所述的驻车制动器，其特征在于，所述控制单元 (10) 使用“敲击功能”来进行所述后作用，其中所述控制单元 (10) 紧接在制动作用过程结束后执行所述后作用。

21. 根据权利要求 15 所述的驻车制动器，其特征在于，为了释放所述驻车制动器，所述控制单元 (10) 在释放方向上控制螺母的运动，其中所述控制单元 (10) 在计算用于控制螺母运动的理论运动行程时考虑在上一次制动作用中在考虑液压前压的情况下求出的接触点以及预定的制动间隙。

驻车制动器及其运行方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种具有致动器的驻车制动器，其中所述致动器由一能在两个方向上运行的直流电机驱动，所述直流电机通过所述致动器的自锁式传动机构使至少一个制动块/制动作用件以朝向转动件或背离转动件的方式运动，从而作用或释放所述驻车制动器，其中设有一控制单元用以控制或调节所述直流电机的运动，其中所述驻车制动器设计成当作用或释放所述驻车制动器时通常越过所述制动块在所述转动件上的接触点/作用点。本发明还涉及一种用于运行这种类型的驻车制动器的方法。

背景技术

[0002] 例如由DE 102 61 969 A1已知一种可电致动的驻车制动器。该驻车制动器具有一电机，该电机可通过一电子控制单元(ECU)控制。车辆制动器具有一制动器活塞，该制动器活塞作用在至少一个摩擦衬片上并能从停止位置移入致动位置，在该致动位置中所述制动器活塞将摩擦衬片施加到车辆制动器的转动件上，该转动件可抗转动地连接到机动车的车轮上。制动器活塞可通过一由电机驱动的传动单元的作用在制动器活塞上的部件来致动。制动器活塞可以移动成，使摩擦衬片刚好贴靠在构造为制动盘的转动件上。在与一参照值进行比较后，可由到该位置的电机步进(Motorschritte)数确定制动衬片的磨损。如果已经达到制动衬片的临界磨损，警告车辆驾驶员。此外，制动衬片的测量磨损包含在作用在制动器活塞上的部件朝向止息位置的移动行程中。

[0003] 形式为盘式制动器或鼓式制动器的电驻车制动器的基本任务是：借助于电驱动的摩擦制动机构、根据法律和/或用户指定的要求可靠地驻停机动车。具有这种电驻车制动器的机动车的驾驶员必须能够依赖这种“线控制动”制动系统的功能可靠性。

[0004] 一主要的用户要求是：在每次作用时都与环境影响或其它周围条件无关地至少设定一预定的作用力(例如18.5kN)。该要求考虑了所有与车辆和制造商相关的致动器(因素)，特别是最大预期坡度、制动盘的直径、衬片的摩擦系数等。还必须保证，当电驻车制动器被释放时设定足够大的制动间隙，从而在机动车的其它操作中制动器不会过热。

[0005] 驻车制动器的现有控制/调节系统的一个主要问题是，如文献DE 10228 115 B4所述，由于成本原因制动作用力不是直接测量的，而是由其它参数间接确定的。

[0006] 为了能准确、可靠地设定所需的作用力和制动间隙，需要准确地知道活塞和/或制动块的位置。如下文中更准确地描述的，通常借助于一电机模型来确定位置，该电机模型的一些常数不能准确获知、而是包括近似值，因此在受这些(近似值的)误差影响的位置确定中存在误差，该误差会对驻车制动器的准确、可靠地设定产生不利影响。

[0007] 在致动器运动中的固定点是所谓的“接触点”，即制动衬片刚好贴靠制动盘的点。该点在驻车制动器的作用和释放过程中通常被超越。该点因此可用于确定位置，因为从该点起能够以确定的方式设定所需的制动间隙和期望的作用力。上述根据现有技术的方法不适于准确确定作用点，或者当驻车制动器系统的力测量失败时不能使用该方法。

发明内容

[0008] 因此本发明的目的是：实现一种驻车制动器以及提出一种用于运行这种驻车制动器的方法，从而能够在制动作用时更准确地设定期望的制动作用力和/或在释放驻车制动器时更准确地设定制动间隙。

[0009] 本发明的目的通过如下的方法来实现，其中为了确定所述接触点，通过所述控制单元形成在制动作用时由所述直流电机耗用的电流对时间的第一导数。

[0010] 根据本发明的方法基于在接触点处制动作用力对制动作用行程的导数变成大于零。此外考虑通过电机转速而使所述力的时间导数与行程导数相关联。此外利用以下知识：所述力与直流电机耗用的电流近似成比例。由此得出，对根据本发明的导数的观察能给出关于接触点的信息。

[0011] 特别是，基于上述假设和简化可以得出：可以将接触点确定为制动块定位点，在该制动块定位点处由所述直流电机耗用的电流对时间的导数变成大于零。优选地仅当电流的导数此前为负数时才将第一导数的该值识别为接触点。此条件实现了将在接触点附近观察的电流曲线与在直流电机开始运动时的电流曲线区别开。

[0012] 通过控制单元对接触点的可靠、稳健的识别可借助于一优选的方法来进行，该方法即使在非常规的电流分布中也可以应用，该方法具有如下步骤：

[0013] - 确定一用于第一导数的正的导数阈值；

[0014] - 以所述直流电机的制动作用运动的预定的、优选规则的间隔检查：由所述直流电机耗用的电流的第一导数是否大于或等于所述导数阈值；

[0015] - 如果所述第一导数大于或等于所述导数阈值，将当前的制动块位置标记为潜在的接触点并起动计数器，只要第一导数大于或等于所述导数阈值，便在所述直流电机的进一步制动作用运动中为计数器增加一预先确定的增量值，或者一旦在所述直流电机的进一步制动作用运动中所述第一导数再次下降到低于所述导数阈值，便将计数器重置为零；

[0016] - 检查所述计数器是否超过一预定的计数器阈值；以及

[0017] - 如果所述计数器超过所述预定的计数器阈值，则将相应标记的潜在接触点确定为用于相应的驻车制动器制动作用的实际接触点。

[0018] 在一种优选示例实施方式中，为了控制或调节所述直流电机的运动从而以期望的、预定的制动作用力进行所述驻车制动器的制动作用，通过所述控制单元确定所述直流电机耗用的最大电流值，所述制动作用通过所述直流电机的相应运动执行，在达到最大电流值后结束所述直流电机的引起所述驻车制动器的制动作用的运动。

[0019] 此外较有利的是：在对所述直流电机的运动进行控制或调节从而作用和/或释放驻车制动器时，通过所述控制单元考虑一液压前压/入口压力 (Vordruck)，该液压前压在制动作用的情况下当前作用在活塞上或者在释放的情况下曾经在先前制动作用时作用在活塞上。

[0020] 因此根据本发明的方法是有利的，因为在系统中存在的液压前压附加地与设定的制动作用力相叠加，从而使液压前压与设定的制动作用力的合力形成一最终的制动作用力，该最终的制动作用力导致机械部件的磨损高于设定的制动作用力。关于释放，特别是在接触点识别中应考虑液压前压。因此，通过根据本发明地在作用或释放驻车制动器时考虑存在于系统中的液压前压，可进一步提高制动作用力和/或制动间隙设定的准确性。

[0021] 同样优选地，在进行制动作用和 / 或释放时通过所述控制单元借助于一电机模型持续地求出所述直流电机经过的致动行程。在此，直流电机的致动行程还对应于螺母在由电机驱动的主轴上经过的行程、或活塞经过的行程。基于此一种较有利的方式为，如下所述，例如在根据接触点校准活塞位置时非常简单地考虑液压前压。

[0022] 在一种优选的示例实施方式中，通过控制单元首先求出在制动作用期间越过的接触点或当达到最大电流值时的位置，并在考虑液压前压的情况下根据所求出的接触点或所求出的在达到预定的最大电流值时的位置来对借助于电机模型求出的活塞位置进行校准。在此情况下，优选根据接触点进行校准，而例如当不能求出接触点时根据在达到最大电流时的位置进行校准。

[0023] 如上所述，在实现制动作用力时必须还考虑作用在活塞上的液压前压，该液压前压与设定的制动作用力相叠加。如下所述，借助于液压前压能够根据接触点或根据制动作用过程的终点位置对仅利用电机模型（示例见下文）求出的活塞位置进行校准。这是一种特别简单的位置校准的可能方案，其实现了在作用或释放（制动器）时对致动器运动的准确控制或调节。

[0024] 在另一优选示例实施方式中，通过所述控制单元由在所求出的接触点与在达到所述预定的最大电流值时的致动位置之间的致动行程求出所经过的制动作用行程，然后将所述所经过的制动作用行程与一对应于期望的制动作用力的标准制动作用行程进行比较，其中，当所述所经过的制动作用行程明显偏离所述标准制动作用行程时，即当所经过的制动作用行程明显小于标准制动作用行程时，激活所述控制单元的后作用功能 (Nachspannfunktion)。例如，当所经过的制动作用行程与标准制动作用行程偏差大于 50％时，即当所经过的制动作用行程明显小于标准制动作用行程的 50％时，可以触发制动后作用。

[0025] 该示例实施方式基于 :即使在达到切断 / 最大电流值并结束制动作用过程之后也不能提供关于实际达到的制动作用力的任何信息。假定已知接触点、即制动衬片刚好贴靠在制动盘上的点，可通过比较从接触点到达到最大电流值所经过的行程（所经过的制动作用行程）与基于标准制动钳特征曲线求出的标准制动作用行程，来检查是否对于所有可能性都有效地设定所需制动作用力。标准制动作用行程在这里由驻车制动器的用于期望的制动作用力的标准制动钳特征曲线得到。在这里，标准制动钳特征曲线是制动作用力与驻车制动器部件的变形（或者活塞行程）之间的关系，其由所述部件的刚度得出。

[0026] 在一种特别优选的示例实施方式中，所述后作用功能包括行程调节，其中所述后作用优选紧接在制动作用过程结束后执行。这种方式是有利的，因为由试验得知 :再起动致动器所需的电流明显高于在上一次制动作用时所使用的电流。基于此实现了一种后作用原则，在该原则下不会达到在上述制动作用中定义的切断电流值或最大电流值。

[0027] 在另一示例实施方式中，通过控制单元使用“敲击功能 (Knock-Funktion)”来进行所述后作用，其中在本示例实施方式中所述后作用优选紧接在制动作用过程结束后执行。“敲击功能”在制动作用中是一种较有利的措施，在该措施中优选根据致动器温度、所提供的电压和在制动作用过程结束时达到的切断电流对致动器施加一定数量的转矩脉冲 (Drehmomentimpulsen)，从而设定更高的制动作用力。这种“敲击功能”的一个示例将在下文中进行说明。

[0028] 在根据本发明的方法的另一种较有利的示例实施方式中，为了释放所述驻车制动器，通过所述控制单元在释放方向上控制螺母的运动，其中在计算用于控制螺母运动的理论运动行程时考虑在上一次制动作用中在考虑液压前压的情况下求出的接触点以及预定的制动间隙。因此简化了理论运动行程的确定，并通过使用求出的接触点而使该理论运动行程较为准确，因为以此方式避免了误差的累积。

[0029] 上述目的还借助于一种驻车制动器实现，在该驻车制动器中，控制单元通过形成在制动作用时由所述直流电机耗用的电流对时间的第一导数来确定接触点。根据本发明的驻车制动器具有上文中关于根据本发明的方法所述的优点。根据本发明的驻车制动器的优选示例实施方式对应于上述针对根据本发明的方法说明的示例实施方式。

[0030] 由下列对根据本发明的驻车制动器或者根据本发明的用于运行这种驻车制动器的方法的示例实施方式的说明、参照附图可得到本发明的其它特征、优点和应用可能。所有说明和 / 或图示的特征本身或者以任意的组合构成本发明的主题，而与在权利要求中的总结或其引用关系无关。

附图说明

[0031] 在附图中示意性地示出了：

[0032] 图 1 以线路图的形式示出根据本发明的驻车制动器的第一部分部件；

[0033] 图 2 以从侧向观察的透视图示出根据图 1 的本发明驻车制动器的第二部分部件；

[0034] 图 3 以从侧向观察的透视图（局部分解视图）示出根据图 1 的本发明驻车制动器的电机和传动级；

[0035] 图 4 示出在制动作用时、为得到 16kN 的作用力需实现的最大电流值（待设定的电流以 A（安培）为单位）关于环境温度（单位℃）和直流电机的输入电压的特性曲线族，其中没有考虑液压前压；

[0036] 图 5 示出一图表，该图表示出在作用力 $F_{caliper} \geqslant 0$ 时 $F_{caliper}$ 与活塞行程 x_{piston} 的平方关系；以及

[0037] 图 6 示出一图表，由该图表可见在制动作用时电机电流 i 对时间 t 的导数 (di/dt) 随时间 t 变化的曲线。

具体实施方式

[0038] 1. 对根据本发明的驻车制动器的说明

[0039] 在图 1 所示的根据本发明的机动车驻车制动器中，为每个车轮设有一致动器 5，这些致动器 5 分别通过一控制 / 调节线路 7 连接到控制单元 10。图 1 还示出控制单元 10 通过一个（必要时通过多个）控制 / 调节线路 12 连接到驻车制动器的致动开关 14，机动车驾驶员可以利用该致动开关 14 激活驻车制动器的制动作用或释放。控制单元 10 具有一供电装置 15，并通过线路 16 连接到各致动器 5，线路 16 将各致动器 5 的温度传递到控制单元 10。

[0040] 图 2 和 3 示出，每个致动器 5 设有一位于可液压致动的制动器活塞 20 中的主轴，在该主轴上一不能转动的螺母随着主轴的旋转运动而在轴向方向上运动，当在制动作用中与制动器活塞接触时该螺母向制动衬片 22、进而向制动盘（未示出）施加作用力。系统的

刚度还通过制动钳 23 形成。

[0041] 由一电刷式直流电机 28 经一双级蜗轮蜗杆传动机构 24 来驱动该主轴，该蜗轮蜗杆传动机构 24 具有第一传动级 25 和第二传动级 26，该直流电机 28 可以在两个方向上运行。所产生的作用力由一轴向轴承支撑。通过蜗轮蜗杆传动机构的第二级 26 实现驻车制动功能所需的自锁。自锁包括：一旦由直流电机 28 施加了作用力，则该作用力即使在不通电时也得以保持。

[0042] 为了设定所需的制动作用力，测量电机电流并通过连接到 H 桥（电路）（未示出）的控制单元 10 将施加到电机上的电压固定在所需的方向上。由于成本原因不直接测量制动作用力。对于电机 28 的电机位置和转速也是如此（不直接测量）。

[0043] 可选地，可以借助经转换的轮速传感器对电机的旋转运动进行测量。这一点通过产生由传感器检测的转数脉冲来实现。然而不提供方向识别，而是电机运动检测必须基于对电机的驱控来独立地求得转动方向。由于不能由此而考虑到所有情况，例如尽管施加正电压并存在正电流电机仍在负方向上运动的情况，所以在此示例实施方式中也不能实现无错误的位置检测。

[0044] 在下面说明的根据本发明的方法的示例实施方式中，下列符号用于驻车制动器的部件和物理变量：

[0045] 电机 28

[0046] 电机常数 (Motorkonstante)：k_t

[0047] 电机绕组（包括馈线）的电阻：R_{mot}

[0048] 电机（包括馈线）的电感：L_{mot}

[0049] 电机常数的温度相关系数：c_{kt}

[0050] 惯性矩（估计的）：θ

[0051] 名义电流：i_{nom}

[0052] 名义电压：u_{nom}

[0053] 名义转速：n_{nom}

[0054] 名义转矩：M_{nom}

[0055] 传动机构 24

[0056] 第一级 25 的传动比：$\ddot{u}_1$

[0057] 第二级 26 的传动比：$\ddot{u}_2$

[0058] 导程 / 效率：p

[0059] 致动器 5

[0060] 总传动比：$\ddot{u}$

[0061] 总效率：η

[0062] 恒定摩擦力矩：M_{R0}

[0063] 制动钳刚度：C

[0064] 活塞

[0065] 有效直径：d

[0066] 有效面积：A_{eff}

[0067] 控制单元 10 用于驱控致动器的核心部件是一执行下列功能的行程控制器：

[0068] - 在可能范围内调节位置；

[0069] - 当达到预定电流限值（最大电流值）时切断；以及

[0070] - 当达到静止状态时切断。

[0071] 在本发明的一示例实施方式中，行程控制器给定下列用于驱控与直流电机 28 相连接的 H 桥的变量：

[0072] - 脉宽调制（-1 ＝释放方向，0 ＝制动模式，+1 ＝制动作用方向）；

[0073] -H 桥赋能 (Enable)。

[0074] 在一优选的示例实施方式中，控制单元 10 的行程控制器配置成仅能够接通和切断电压，而不能设定电压的中间值。因此提供了所谓的三点控制器。通过在经过活塞或制动块的期望位置时转换到制动模式，来设定该期望位置。由此产生的控制偏差是可接受的。这种形式的实际三点控制在驻车制动器的释放和再作用过程中使用。

[0075] 此外，控制器还必须在达到控制量限值时（即，当达到最大电流值或最小电流值时）实现切断。为此监测电流（是否）越过预先确定的电流限值。但确保在切断条件中忽略直流电机 28 的高起动电流，因为该起动电流原则上高于预定的最大限值。为此，仅在接通行程控制器后运行一段预定时间（例如 50 ～ 150ms）后，才开始对（是否）达到电流限值进行监测。在达到预定的最大电流值时的切断在制动作用过程中这样实现，将一致动器 5 不能达到的理论值给定为位置理论值。

[0076] 控制单元 10 的行程控制器还必须在达到静止状态（不运动状态）时被切断。在这种情况下没有达到控制目标或控制量界限。这种情况在制动作用过程中总是在例如所提供的电压不足以达到预定的最大电流值时出现。这里，对静止状态的识别特别关键，原因是对运动的存在仅进行估计而不进行监测。因此可能出现没有识别出致动器 5 的静止状态的情况。为了避免这种情况，例如可以使用损耗功率作为切断标准。因为该损耗功率不是直接测量的，所以例如可以由用于相应过程的电流平方来确定。或者可以监测简单的电流积分（电流绝对值的积分），其优点是，还能识别出并切断以低电流工作的、较长的过程。

[0077] 2、对电机模型的说明

[0078] 以下考虑基于：直流电机的运动可借助于已知的“直流电机”模型来描述。其特点是：借助于软件实现的电机模型利用采样值工作并且是时间离散的。在示例实施方式中使用 T_0 ＝ 10ms 的采样时间的情况下，不再能足够快地对电流进行采样以获取电机的电感对性能的影响。因此，在时间离散的电机模型中电感被忽略。电机模型因此被简化为下面的表达式：

[0079] $u(k \cdot T_0) = R_{mot} \cdot i(k \cdot T_0) + \omega(k \cdot T_0) \cdot k_t$ （关系式

[0080] 1）

[0081] 其中 u 表示电压；ω 表示直流电机的转速；而 $k \cdot T_0$ 表示当前采样值。

[0082] 由此关系式，通过简单的转换可求出当前的电机转速，并通过对转速进行积分来持续地求出电机位置（致动位置）和 / 或致动行程：

[0083] $$\omega(k \cdot T_0) = \frac{u(k \cdot T_0) - R_{mot} \cdot i(k \cdot T_0)}{k_t}$$ （关系式 1a 和 1b）

[0084] $$\varphi(k \cdot T_0) = \varphi((k-1) \cdot T_0) + \omega(k \cdot T_0) \cdot T_0$$

[0085] 3、根据本发明的驻车制动器的功能性

[0086] 在根据本发明的驻车制动器进行制动作用时，通过 H 桥在制动作用方向上驱动电机，也就是说例如施加正电压。在电机起动后，电流迅速下降到一最小值，即所谓的空转电流 (Leerlaufstrom)，同时建立最大转速。在衬片贴靠在制动盘上之后，即在经过了制动间隙之后，力增大并且电流升高。这时致动器一直被直流电机驱动，直到建立或越过最大电流值。然后实现与该相应电流对应的制动作用力。

[0087] 在释放驻车制动器时，在相反的方向上运行直流电机，例如通过施加一负电压来进行该操作。如下所述，控制单元在释放驻车制动器时执行一控制过程以设定释放行程。

[0088] 4、根据本发明的驻车制动器的制动作用

[0089] 对于在制动作用时的上述过程，必须预先确定用于期望的制动作用力的最大电流值。该电流值尤其与温度和所提供的电压相关。温度影响电机电阻、电机常数和润滑特性乃至效率。随着温度的升高，电机电阻增大，而电机常数却下降。润滑剂（油脂）的特性随着温度的降低而变差，其原因是润滑剂变稠。相反地，在非常高的温度下油脂的流动性过强而导致其特性也变差。在这方面，油脂的特性在与驻车制动器相关的温度范围内基本不变。

[0090] 最简单地，可通过对致动器特性进行实验测量并将相应的最大电流值存储在特征曲线族中来求出最大电流值。这种特征曲线族在图 4 中示出。图 4 示出了实现 16kN 的制动作用力所需的最大电流值与环境温度和电机输入电压的关系。然而，通过测量技术获得的特征曲线族是在没有考虑液压前压的情况下记录的。

[0091] 在本发明的第一示例实施方式中，针对作用在致动器活塞上的确定液压前压来确定一图 4 所示的特征曲线族，在根据本发明的驻车制动器的控制单元中提供这种为确定与液压前压、环境温度以及输入电压相关的最大电流值而产生的特征曲线族。对于位于在特征曲线族上存在的值之间的液压前压，可通过插值得到相应的最大电流值。

[0092] 为了不必费时地针对致动器的每个新状态重新在考虑液压前压的情况下记录特征曲线族，下面提出一种方法，利用该方法可通过算法确定切断 / 最大电流值。

[0093] 与最大电流值 i_{max} 相关的期望制动作用力 F_{epb} 在效率恒定的情况下基本上由所达到的制动作用力与在运动结束时设定的电流之间的下列关系式得出：

[0094] $$F_{epb} = \frac{(i_{max} \cdot k_t - M_{R0}) \cdot \eta \cdot \ddot{u} \cdot 2 \cdot \pi}{p}$$ （关系式 2）

[0095] 所设定的期望制动作用力因此与致动器的几何数据（主轴节距和传动比 ü）、电机常数 k_t、总效率 η 和应考虑的恒定摩擦（力矩）M_{R0} 相关。因此，所设定的最大力与最大电流值之间的关系是线性的。

[0096] 虽然致动器的几何数据是已知的并且假定其不变，但是电机常数与温度相关。致动器的效率和恒定摩擦（力矩）根据温度（润滑剂）变化，而且根据磨损变化，即，它们例如根据驻车制动器的致动次数变化。

[0097] 如果在系统中，在具有有效面积 A_{eff} 的活塞上作用有液压前压 P_{hyd}，则该前压与根据（关系式 2）设定的制动作用力相叠加。其如下所示：

[0098] $$F_{epb} = \frac{(i_{max} \cdot k_t - M_R) \cdot \eta \cdot \ddot{u} \cdot 2 \cdot \pi}{p} + p_{hyd} \cdot A_{eff}$$ （关系式 3）

[0099] 基于 i_{max} 对（关系式 3）进行变换得到根据本发明的下列关系，其中考虑了液压前压：

[0100] $$i_{max}=\frac{(F_{epb}-p_V\cdot A_{eff})\cdot p_{Sp}}{\eta\cdot\ddot{u}\cdot\pi\cdot k_t}+\frac{M_R}{k_t}=(F_{epb}-p_v\cdot A_{eff})\cdot m(\eta)+b(\eta)$$ （关系式 4）

[0101] 在（关系式 4）中，最大电流值由两个分量组成。第一分量表示在恒定磨擦（力矩）为零的边界条件下的实际力。第二分量考虑的是实际致使电机转动所需的电流分量。这两个分量不仅与磨损相关，而且通过电机常数而与温度相关。

[0102] 当计算最大电流值时，必须考虑到第一分量决不能小于零。这意味着以下关系必须总成立：

[0103] $F_{epd} \geqslant p_v \cdot A_{eff}$ （关系式 5）

[0104] 因此小于瞬时存在的液压前压（踏板压力）的力需求必须被相应地提升，并在用于计算 i_{max} 的相应特征曲线族中提供。

[0105] 初始未知的来自关系式 4 的参数 m（η）和 b（η）在本发明的示例实施方式中可通过相应的试验预先确定。

[0106] 在另一示例实施方式中，b（η）可由在作用过程中确定的作为良好的估计值的空转电流 $i_{leerlauf}$ 代替，因为 b（η）表示使电机运动所需的电流分量。由此得到：

[0107] $i_{max} = (F_{epb}-p_v \cdot A_{eff}) \cdot m(\eta)+i_{leerlauf}$ （关系式 6）

[0108] 在另一示例实施方式中，形成力的分量的参数 m（η）可表示为与 $i_{leerlauf}$ 相关：$(m(\eta) = m(i_{leerlauf}))$。

[0109] 为了考虑到最大电流值与温度的关系，考虑一校正分量 $i_{korr}(T)$，该校正分量针对给定的温度范围 T1 至 T4（致动器温度）例如具有在下表中列出的值（单位 A）：

[0110]

	T1	T2	T3	T4
i_{korr} (A)	4	2	0	2

[0111] 这里，特征曲线族被分为下列区域：

[0112] • T1 :-40℃ < T < -20℃

[0113] • T2 :-20℃ < T < 0℃

[0114] • T3 :0℃ < T < 80℃

[0115] • T4 :80℃ < T < 100℃

[0116] 或者，还可以执行一校正，其中附加于温度相关性还考虑直流电机上的电压（电压范围从 U1 至 U4）：

[0117]

i_{korr} (A)	T1	T2	T3	T4
U1	6	3	2	4
U2	5	2	1	3
U3	4.5	1	0	2
U4	3.5	0	-1	1

[0118] 这里特征曲线族被分为下列区域：

[0119] • T1 :-40℃ < T < -20℃ U1 :8V < u < 10V

[0120] • T2 :-20℃ < T < 0℃ U2 :10V < u < 12V

[0121] • T3 :0℃ < T < 80℃ U3 :12V < u < 14V

[0122] • T4 :80℃ < T < 100℃ U4 :14V < u < 16V

[0123] 由以上模型得出，校正值零适用于名义状态 / 标称状态，即 u = 13V 并且在室温下的状态。这两个表还可包含明显更多的参照点。在给定的参照点之间进行线性插值。

[0124] 为了确定正确的校正值，必须已知致动器温度。如果由于成本原因而不能直接在致动器上进行温度测量，则特别是对于范围 T1 至 T3 可以使用环境温度代替致动器温度。如果致动器温度高于测量的环境温度，则其仅使设定的制动作用力过大。而这一点在车辆安全性方面是可接受的。

[0125] 范围 T4 不能通过测量环境温度来求得。然而，范围 T4 的温度仅在致动器本身受热非常严重（疯狂的驾驶员）或者由于制动系统很热而从外界对其加热时出现。然而，这些情况可由温度模型涵盖。因此，范围 T4 通过组合环境温度测量和两个温度模型（致动器的自加热 (Selbstaufheizung) 和制动系统的加热）来实现。

[0126] 由上述对温度校正和必要时还有的电压校正的考虑得到用于确定切断电流的下列关系式：

[0127] $i_{max} = (F_{epb} - p_v \cdot A_{eff}) \cdot m(\eta) + i_{leerlauf} + i_{korr}(T, \text{必要时还有 } u)$ （关系式 7）

[0128] 在另一示例实施方式中，通过参数 m(η) 和 / 或 i_{korr} 与致动器此前发生的致动次数 n 之间的关系，可相关地配置 / 估算磨损。这意味着：

[0129] $m(\eta) = g(n)$; $i_{korr} = f(T, \text{必要时还有 } u, n)$ （关系式 9）

[0130] 由于即使在制动作用过程结束时或终结后也不能明确知道实际施加的力，所以可以在一优选示例实施方式中，确定在制动作用时经过的制动作用行程 x_{clamp}，即从接触点起的致动行程，以检查达到的制动作用力是否足够以及是否与预定值对应。如果驻车制动器的制动钳特征曲线恰好对应于“标准制动钳特征曲线”，则可以由该“标准制动钳特征曲线”、基于期望的制动作用力求得一标准制动作用行程。在比较实际经过的制动作用行程与标准制动作用行程的情况下，能够估计达到的制动作用力是否与期望的制动作用力相对应。在一特别优选的示例实施方式中，如果设定的制动作用行程明显小于标准行程，则由控制单元激活一后作用功能。

[0131] 该后作用优选在未完全切断 H 桥的情况下紧接在制动作用过程后执行，其原因是由试验已知再次起动致动器所需的电流明显高于上一次作用。紧接在制动作用过程后实施后作用功能的优点是，不会再次出现非常高的接通电流。

[0132] 用于后作用的一种可能实施方式是：借助行程控制器使驻车制动器进一步作用。在此基于在制动作用过程结束时的位置。行程控制器从该位置起应用一位置理论值，该位置理论值的值比在制动作用过程结束时的位置增大 dx。假定在该增大 dx 的位置处制动块被作用以相应更大的力。在后作用时，行程控制器试图在制动作用方向上调到一增大 dx 的值。这里，不是使用用于实际制动作用过程的限值（最大电流值），而是预定另一（“弱化的 (aufgeweichter)”）电流限值，该另一电流限值被监测。该另一电流限值表征这样一状态，其中致动器处于其物理可能性的终点，即致动器不越过绝对最大电流值。或者在达到增大 dx 的行程时或者在没达到该行程而达到另一电流限值时，后作用被控制单元停止。

[0133] 实现后作用功能的另一可能方案是所谓的“敲击功能”。后作用的这种特定变例可根据致动器温度、所提供的电压和在制动作用过程结束时达到的切断电流来执行。在此情况下，对致动器作用一定数量的转矩脉冲，从而建立较高的制动作用力。为了产生转矩脉冲，在一段规定的时间内接通 H 桥。然后等待预定时间（例如 150ms）。如果在此接通阶段中在经过一最小时间（例如 50ms）后越过最大预定电流（另一电流限值或最大电流值），则停止该转矩脉冲并再等待一确定的预定时间。例如，可施加以下数量的转矩脉冲（也称为“敲击”）：

[0134] $$n_{Knocks} = trunc\left(\frac{|T|}{10°C} + 1\right)$$（关系式 10）

[0135] 脉冲 n_{Knocks} 的时长均为 150ms，各脉冲之间间隔 300ms。

[0136] “敲击功能”还可类似地在“通常”的制动作用过程中、特别是在制动作用过程结束时进行。因此，“敲击功能”的应用不限于后作用。

[0137] 为了确定最大电流值，如上所述地考虑当前空转电流。空转电流在经过制动间隙时测量。可使用在制动作用时的电流的最小绝对值作为空转电流，从而实现对空转电流的测量。因此，不必专门考虑起动电流，并且即使不存在制动间隙也能求得结果。在此情况下电流的最小值也可用作等效值 / 替代值，其中，对于空转电流以此方式得到的值应被限定为最大值。

[0138] 为了确定用于计算最大电流值的温度，必须由测量的致动器温度选择或计算出最终用于计算最大电流值的温度。特别是，当在机动车的两侧上使用驻车制动器时存在两个致动器，在这两个致动器上进行温度测量。如果在两个致动器上的测量不存在可识别的错误，则有利地选择在两个温度中会导致更高的切断电流的温度用以计算切断电流。如果两个温度测量之一存在可识别的错误，则使用完好测量的测量值来确定最大电流值。如果两个温度测量都存在可识别的错误，则使用“最差情况”温度、例如 -40℃来计算最大电流值。

[0139] 代替使用电流限值以设定期望的制动作用力，可以通过一预先求得的制动作用行程来设定期望的制动作用力。在此情况下，可使用在下文中关于驻车制动器的释放所讨论的制动作用力与活塞行程或制动钳和衬片的变形之间的关系。这种关系由系统的刚度得出，主要由制动卡夹件 (Bremsfaust)（与材料和几何结构相关）和制动衬片的刚度形成。然而，该刚度在达到接触点时才开始起作用。因此，使用本发明的此示例实施方式的先决条件是可靠地识别接触点，该识别与在下文中在“驻车制动器的释放”部分中说明的接触点识别类似地、在考虑液压前压的情况下进行。与下文的方法类似，还可以进行位置校准用以校准在制动作用力与活塞行程之间的特征曲线关系。

[0140] 在确定为（建立）确定的期望制动作用力而使致动器经过的行程时，还需要考虑：致动器的刚度会例如由于制动衬片的状态（磨损、温度、制动盘的温度）而发生变化。为了考虑这些变化，或者可以利用“最差情况特征曲线”工作，其基于安全性考虑而涵盖了上述变化。然而，这种“最差情况特征曲线”致使致动器的机械负荷提高。或者，可以针对不同的变化情况来求出不同的特征曲线，并将该特征曲线存储在控制单元内（例如快速变化的制动盘温度模型、在偶尔的测量中慢速变化的用于制动器致动数量或磨损的模型）。可根据相应的变化来选择相应有效的特征曲线，并将该特征曲线用于求出致动器应经过的行程。

[0141] 原则上，制动作用原则“最大电流值限值”和“制动作用行程限值”也可以相结合。例如，可选择一原则作为主原则，而利用另一原则进行检查。因此合适的是，在根据“最大电流值限值”进行制动作用后检查：经过的行程是否在“制动作用行程限值”原则的范围内。必要时也可以激活控制单元的后作用功能（如上所述）。

[0142] 此外，可能由于传感器失效而需要使用另外的制动（作用）原则。例如，如果温度传感器失效，则在传感器被修复前可以替代地使用“制动作用行程限值”原则或以“最差情况温度”工作的“最大电流值限值”原则。

[0143] 5、根据本发明的驻车制动器的释放

[0144] 为了释放驻车制动器，仅通过致动器控制地在释放方向上经过一特定的运动行程或释放行程$\varphi_{total_release}$。这里，理论运动行程由到接触点（没有前压）的当前距离φ_{clamp}和预定的制动间隙φ_{airgap_set}（在此为活塞的最大制动间隙，其由活塞中的驱动螺母位置确定）求出。

[0145] 因此执行下列总行程：

[0146] $$\varphi_{total_release} = \varphi_{clamp} + \varphi_{airgap_set}\varphi_{airgap_set} > 0$$（关系式 11）

[0147] 在一优选的示例实施方式中，控制单元还具有所谓的“脱离功能 / 接合功能”。借助于脱离功能，规定对前面定义的制动间隙加上一扩展的制动间隙$\varphi_{total_release}+\varphi_{erw}$，其由行程控制器设定。借助于接合功能，通过控制单元进行控制从而返回到最初设定的制动间隙$\varphi_{total_release}$。借助于接合 / 脱离功能，例如在制动器在无制动要求的情况下受到可识别的加热时，能够实现驻车制动器的可靠脱离。在此情况下，控制设备具有应急功能(Notfunktion)，该功能提供了由具有扩展制动间隙的“脱离位置”进行的制动作用，从而能够可靠地识别接触点。

[0148] 一般地，例如当使用上述电机模型（关系式 1）来确定位置时不能准确获知制动块的位置或致动器活塞的位置，这是因为所述模型包含简化，也不能准确获知各电机参数。由于不准确性和简化引起的误差在确定位置的过程中累积，并且在不利的情况下在多个制动作用过程中迅速导致偏差，因此不再能确保可靠地设定仅基于位置调节的制动间隙。因此，在本发明的一优选示例实施方式中，在每次（制动）时都对通过模型求得的活塞或制动块的位置进行校准。这里的校准是指对当前使用电机模型求得的位置值进行校正。

[0149] 为了校准位置而使用制动钳刚度模型，该模型基于特征曲线或者是参数式的。假定：如果行程大于或等于零则制动作用力与经过的行程具有平方关系；如果行程小于零则无需施加力。另外假定：在接触点仅存在由液压前压引起的力，则可导出下面的参数式关系，该参数式关系可用于校准位置（P_{piston}：活塞上的压力）：

[0150] $$x_{cp}=\sqrt{\frac{A_{eff}\cdot p_{piston}}{c}}$$ （关系式 12）

[0151] 因此，当接触点已知时，可利用在（关系式 12）中给出的关系根据接触点校准位置，其中将已知的接触点与计算出的位置值 x_{cp} 相比较。

[0152] 下面基于图 5 所示的图表再次说明在制动作用力与由致动器经过的行程之间的关系。虚线表示接触点的情况，在该接触点处所经过的行程 x_{cp} 对应于液压前压 F_{hydr}。特征曲线的其它位置可借助于此关系相应地校准。

[0153] 或者也可以根据所经过的行程的其中设定最大电流值、即期望的制动作用力的点来进行校准。该点同样可通过电机模型根据期望的制动作用力得到。

[0154] 如果不能提供前压，也还是需要进行位置校准。在此情况下，在另一示例实施方式中，为前压使用一固定的预定值（例如 40 巴）。同样，当预定制动间隙行程φ_{airgap_set}时必须设定一略大的值，从而即使在实际前压明显高于该假定值时也不会导致制动器滑磨。

[0155] 在另一优选示例实施方式中，可以根据可能存在的斜坡坡度 (Hangneigung) 来选择所使用的前压。或者也可以根据制动钳特征曲线来确定所使用的前压。在特征曲线以平方关系延伸时，可例如使用对应于一半运动行程的前压。因此，在最大压力为 200 巴的情况下，例如可使用约 50 巴的前压。

[0156] 进行位置校准的先决条件是知道实际接触点，实际接触点在驻车制动器的运行过程中移动并且在根据本发明的、不带力测量装置的驻车制动器中不能直接测量。

[0157] 通过基于以下认识的理论思考：在接触点处制动作用力对制动作用行程的导数变成大于零，得到如下关系作为确定接触点的标准：

[0158] $$\frac{di}{dt}>0$$

[0159] 由上述关系可靠地在技术上实施接触点的识别，考虑下列干扰性的边界条件：

[0160] - 带噪声的 (verrauscht) 信号（电流 i 和电压 u）

[0161] - 所有变量 (R_{mot}、k_t、M_{RO}) 的温度相关性

[0162] - 叠加的动态影响（起动行为）

[0163] - 基于磨损的质变 (qualitativ **verändert**) 的制动行为

[0164] - 系统影响（例如由于“相邻致动器”的起动或切断）

[0165] 为了在技术上实施接触点识别，以采样时间 T_0 周期性地检测电压和电流（见电机模型（关系式 1））。然后将检测到的值随后对时间微分 / 求导。对此已证实平方逼近 (quadratische Approximation) 是一种稳健的方法，其中特别有利的是应用三阶逼近过滤器 (Approximationsfilter dritterOrdung)，其中恰使用三个测量值来形成一抛物线。

[0166] 电流的时间导数在图 6 所示的图中示出。在该图中可见，接触点由电流对时间的导数的过零点表征。然而，当制动间隙较大时却可以给定电流的第一导数的扩充阶段，在此阶段所述导数在零附近。为了实现与起动行为明确分界，在出现负导数后才进行通过观测 di/dt 对接触点的识别。

[0167] 为可靠、稳健地识别接触点而发展出以下方法。首先，针对所考虑的变量 (di/dt)

确定一（正的）限值 i_{p0}（导数阈值）。该限值是一接近零的、（与其余值 di/dt 相比）较小的正值。如果 di/dt 越过该限值，则将当前位置存储为潜在的接触点并起动一计数器。只要所考虑的变量大于该限值 i_{p0}，计数器便对每一新的测量值一直向上计数，即计数器增加一增量值。如果变量降低到低于该限值，则该计数器被重置为零。恰好当计数器达到一预定值 $n_{vorgabe}$（计数器阈值）时，认为该潜在的接触点是实际接触点。由此确保将如下的位置选择为接触点：在该位置后所考虑的变量最少比预定限值大 $n_{vorgabe}$ 次。此方法已在实践中得到证明，并且即使在非常规的电流分布的情况下也能提供合适的值。

[0168] 没有对得到的接触点的可信性进行检查，因为该位置当然应当直接根据所得到的接触点来校准，因此不存在用于比较的（合适）变量。

[0169] 当存在液压前压时使用类似的方法。然而，根据实际制动钳刚度可能需要降低限值 $n_{vorgabe}$，因为在高前压下，在实现基于零前压条件的 $n_{vorgabe}$ 个测量值之前运动便已结束。因此提出 $n_{vorgabe}$ 与前压 p_0 的下列关系：

[0170] $$n_{vorgabe}(p_0) = 10 - trunc\left(\frac{p_0}{40\ bar}\right)$$

[0171] 上述接触点识别算法还适用于求得另外的校准点。这通过为另外的校准点以不同的方式选择限值 i_{p0} 来实现。因此可以尝试测量制动钳特征曲线的较稳定的、即线性的部分，以对根据求得的运动行程设定的制动作用力进行可信性检查。在此，提高用于求出校准点的限值 i_{p0}。必要时，必须设定另一（较小的）$n_{vorgabe}$ 用以求出在力较大时得到的校准点。

[0172] 通过计算从制动作用过程开始时到找到新的接触点之间的行程差求得在当前制动作用过程之前设定的制动间隙，从而求得制动间隙。在制动作用之后这样测量先前设定的制动间隙。如果测量的制动间隙小于应当设定的制动间隙，则可能存在错误的设定。为了避免此类错误、即在下一次释放时设定过小的制动间隙，对于下一个释放过程使制动间隙的理论值增大一固定的（绝对）值。相反地，如果测量的制动间隙明显大于该预定值，则可以对下一次释放减小理论值。出于安全性的考虑合适的是，使制动间隙以较大的步幅增大，但以明显较小的步幅减少。

[0173] 在控制单元的硬复位之后，其中控制单元不是以常规方式关闭的，致动器的状态未知。特别是，不存在可供驱控参照的校准位置。由于此原因，在正常运行驻车制动器之前，必须进行致动器的初始化操作。当致动驻车制动器的作用部件时开始进行初始化操作。在进行制动作用时以如下方式执行初始化：使在制动作用中达到常规的最大电流值。然而，在该制动作用中不进行接触点识别。然后，暂时地、即在下一次确定接触点前将致动器的位置设定为标准特征曲线的标准值。这里假定，直接利用切断标准来设定理论制动作用力。由此提供一位置值，该位置值确保在下一次脱开 / 释放时可靠地设定制动间隙。

[0174] 如果机动车的驾驶员希望在控制单元的硬复位之后释放驻车制动器，仍然首先在制动作用方向上开始初始化操作，直到达到常规的最大电流值。随后的初始化过程以类似于上述过程的方式进行。然后释放驻车制动器并且可靠地设定制动间隙。

[0175] 由于不同的磨损、模型误差或与致动器相关的条件，可能导致在两个设置在一个机动车内的致动器之间出现明显的、即机动车驾驶员能感觉到的不同步。这例如会发生在左右制动间隙设定得差别很大以及在下一次制动作用中一个致动器到达其接触点明显早

于另一致动器时。两个接触点的设定之间的时间差是致动器不同步性的量度。如果此时间差大于一容许限值，则在另一示例实施方式中，通过相应地改变制动间隙理论值来重新建立同步性能。出于安全性原因，使明显“较快”的致动器的制动间隙理论值增大。优选这种适配以很小的步幅（每次致动）来执行，用以补偿接触点识别的差异。此外，使对两个致动器的制动间隙理论值的校正有利地单独累积，从而在达到同步时在两侧同时减少该校正，直至较小的制动间隙对应于标准制动间隙。

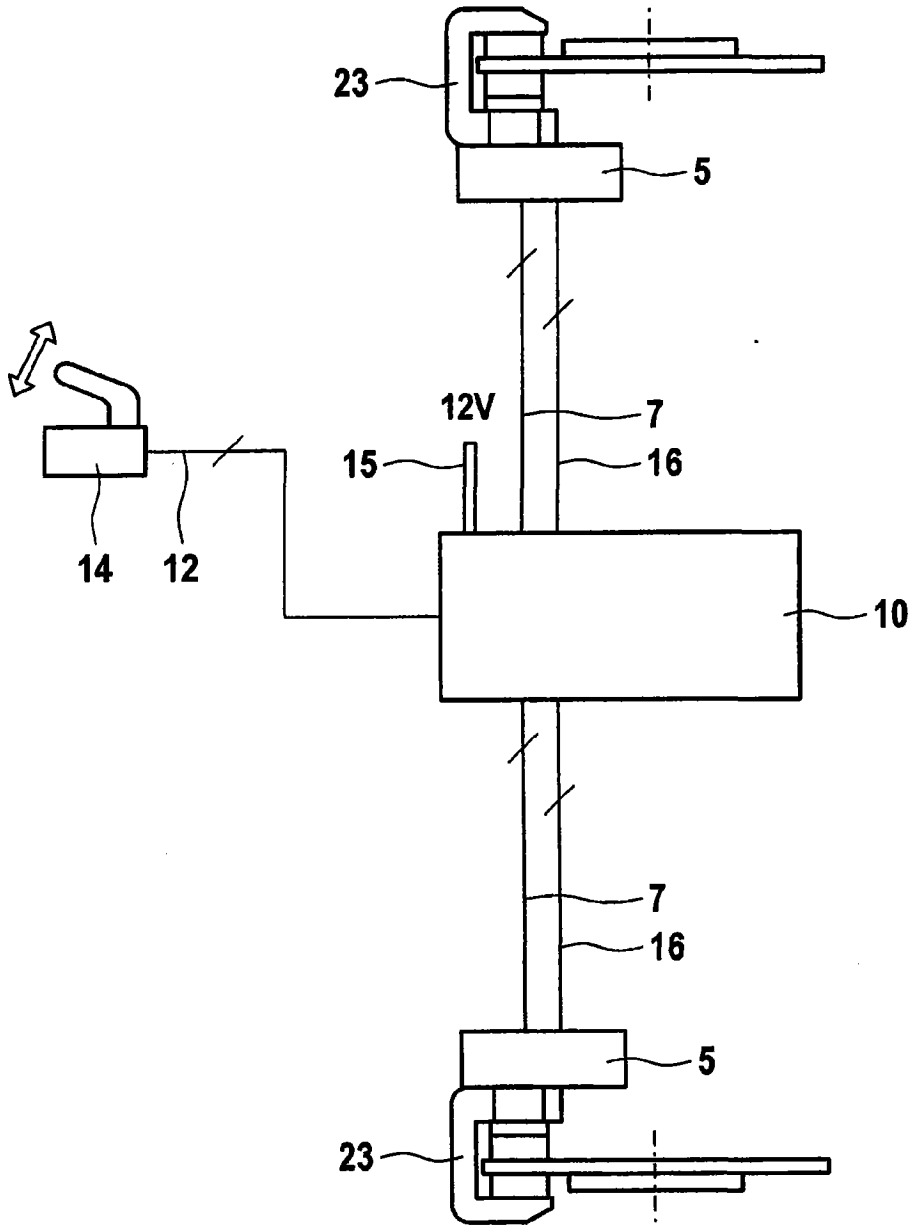


图 1

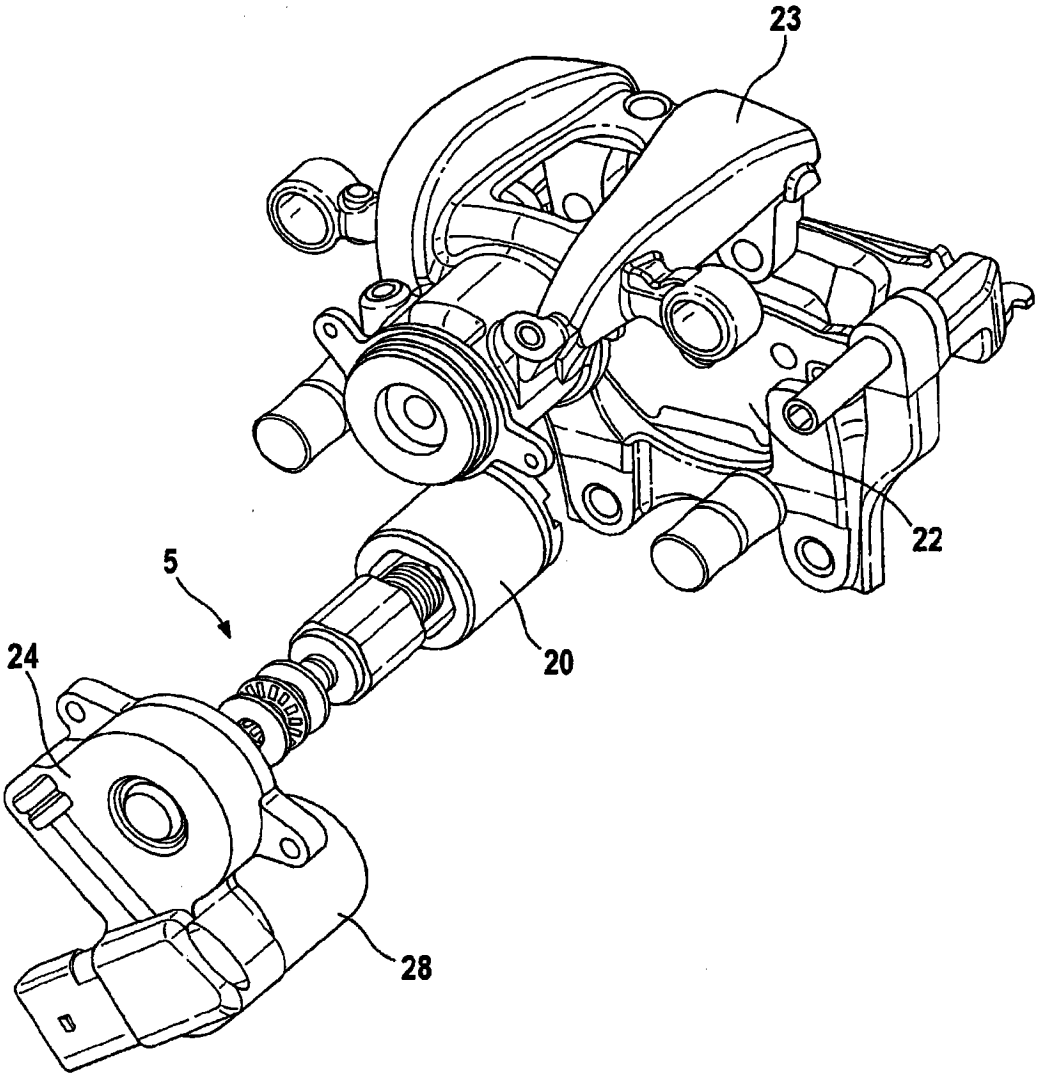


图 2

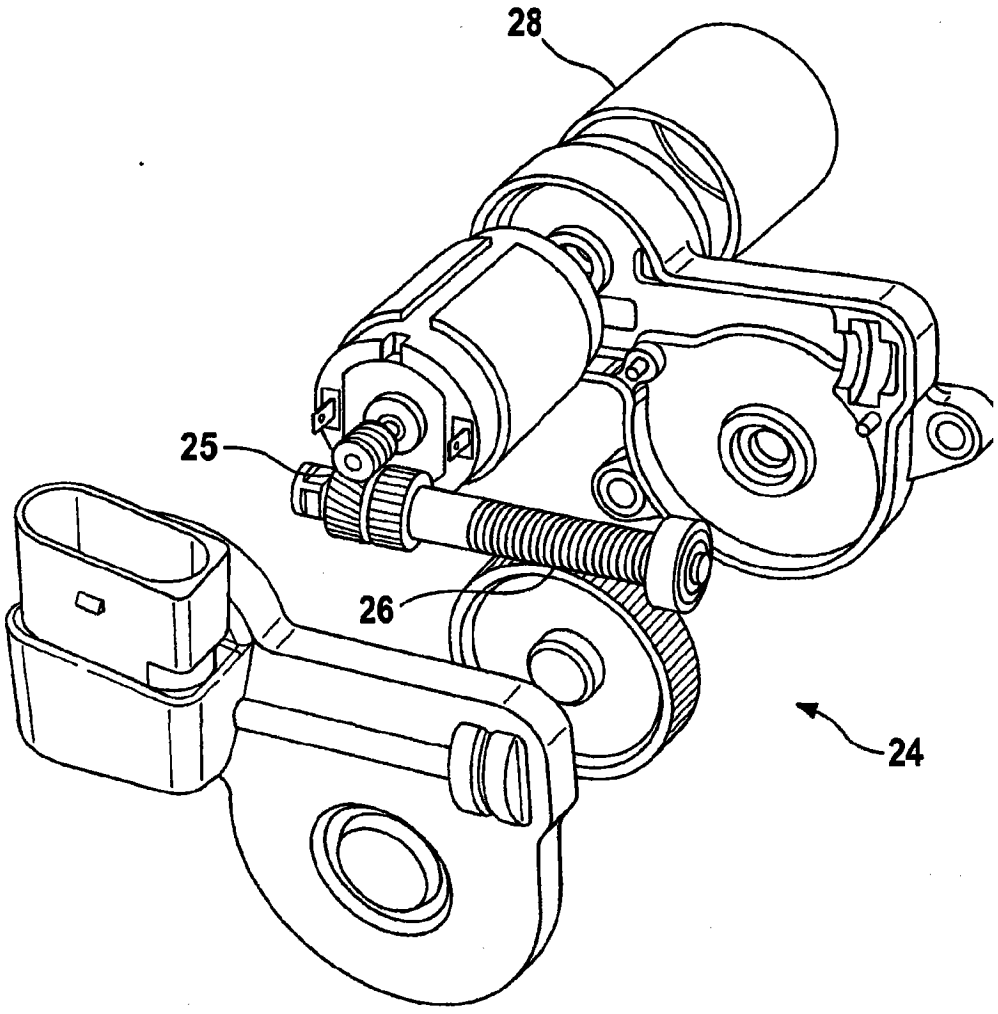


图 3

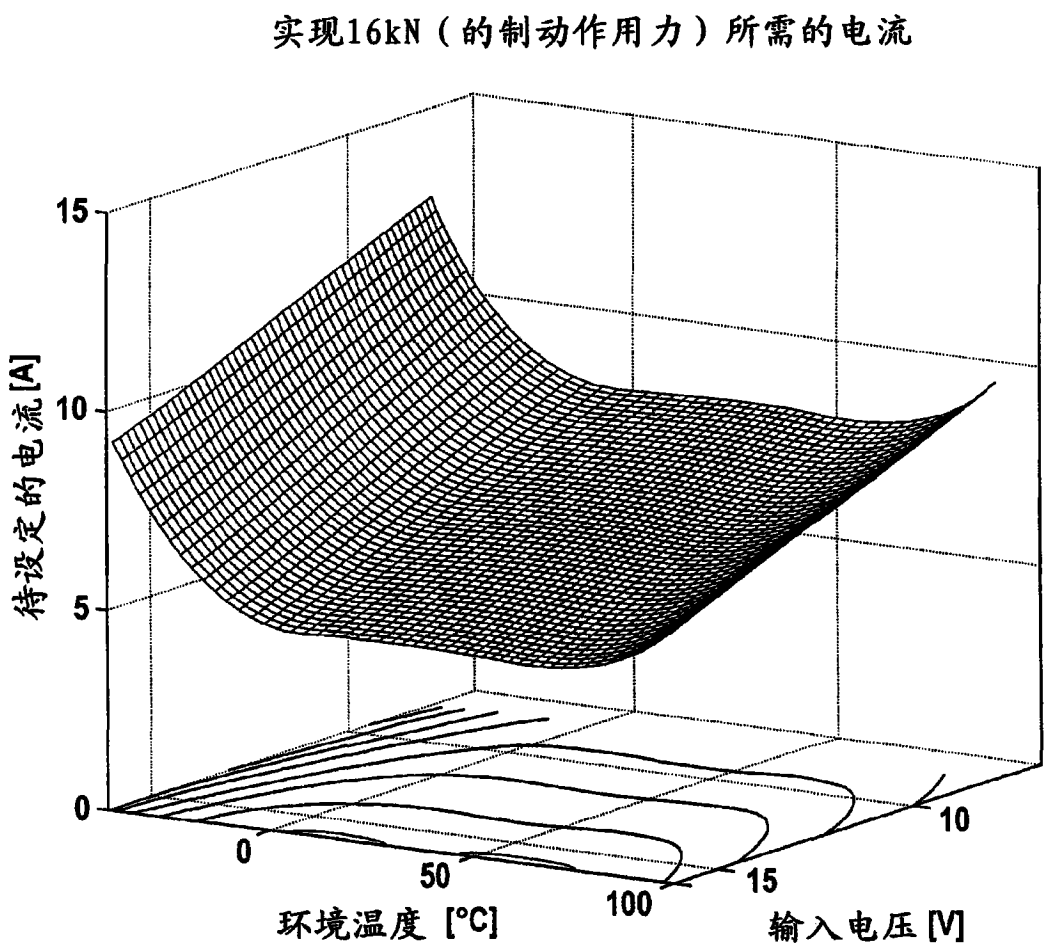

实现16kN（的制动作用力）所需的电流
15
10
5
0
待设定的电流[A]
0
50
100
环境温度 [°C]
10
15
输入电压 [V]

图 4

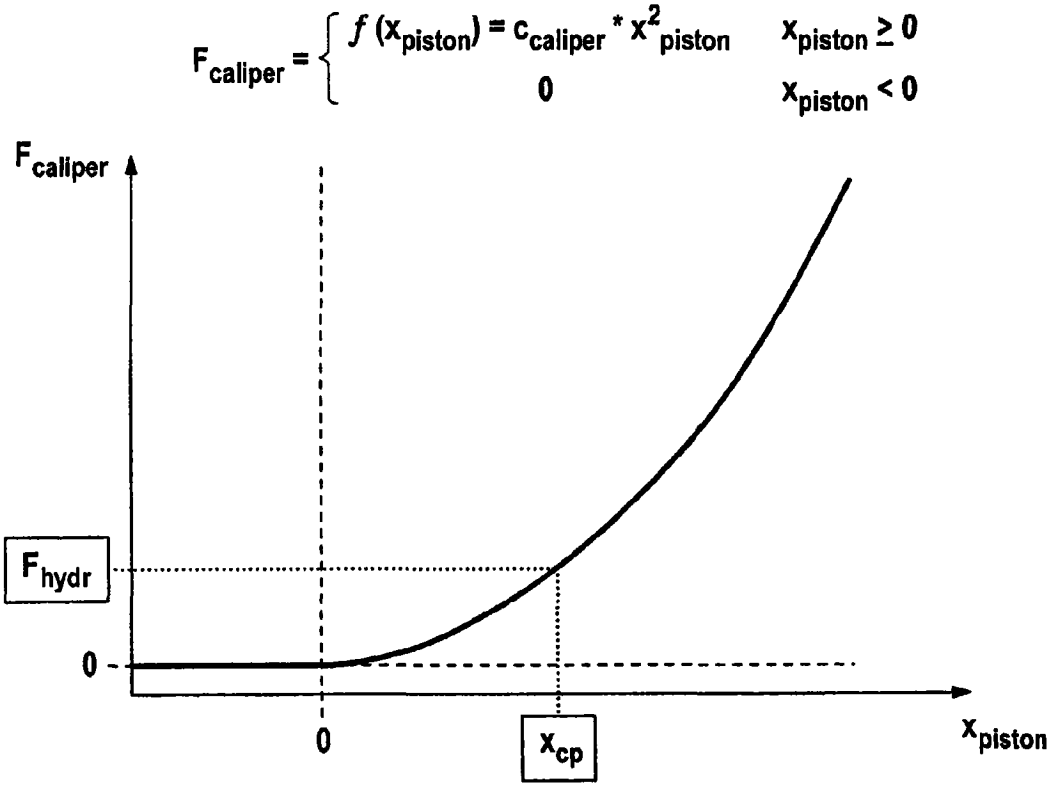

$F_{caliper} = \begin{cases} f(x_{piston}) = c_{caliper} * x^2_{piston} & x_{piston} \geq 0 \\ 0 & x_{piston} < 0 \end{cases}$
$F_{caliper}$
F_{hydr}
0
0
x_{cp}
x_{piston}

图 5

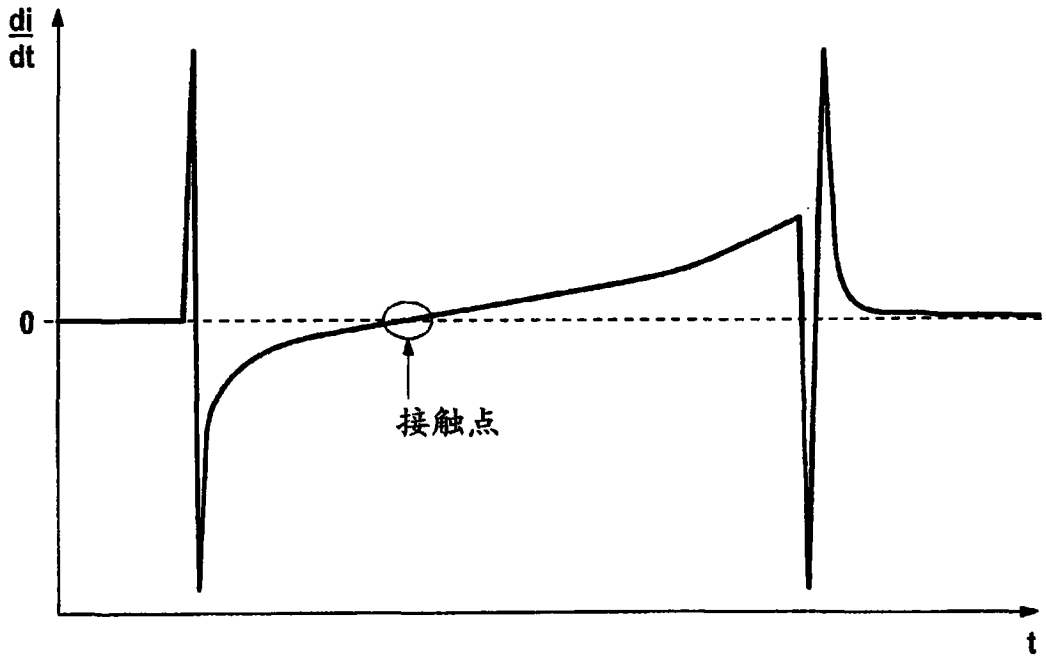

di/dt
0
接触点
t

图 6