



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108886334 B

(45) 授权公告日 2022. 08. 30

(21) 申请号 201680083367.1

(22) 申请日 2016.03.11

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108886334 A

(43) 申请公布日 2018.11.23

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2018.09.10

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2016/055364 2016.03.11

(87) PCT国际申请的公布数据
W02017/153001 DE 2017.09.14

(73) 专利权人 卡尔·邓格斯有限责任两合公司
地址 德国乌尔巴赫

(72) 发明人 N.奥伯默勒 D.马克斯 B.伯斯

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

专利代理师 方莉 李雪莹

(51) Int.Cl.
H02P 8/24 (2006.01)
F16K 31/04 (2006.01)
F16K 31/06 (2006.01)
H02J 7/34 (2006.01)

(56) 对比文件
DE 102011103135 A1, 2012.11.29
US 6040676 A, 2000.03.21
US 6100655 A, 2000.08.08

审查员 朱斌

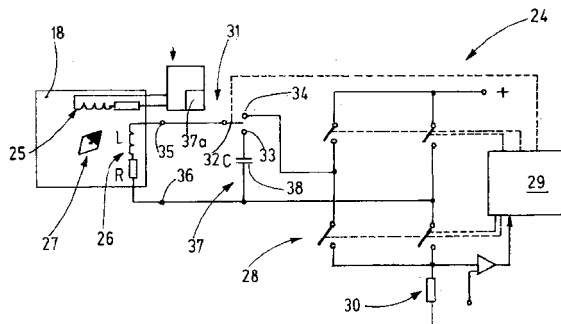
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

阀门调节驱动器

(57) 摘要

根据本发明的阀门驱动器(10)具有阻尼电路,该阻尼电路具有电容的阻尼电流回路(37),该电容的阻尼电流回路在步进马达(18)的发电机运行模式中被激活。阻尼电路与马达绕组(26)构成谐振系统LCR,其起到稳定和调控转数的作用。以发电机运行模式运转的步进马达(18)的转数被恒定地保持在限值内,即无需控制电路的调节干预。因此即便是在所述控制的无电流控制状态下,阻尼电路也能够运行并且是与外部电流供应无关地可靠的。既可以实现快速闭合也可以可靠地避免马达(18)惯性运转太久。



1. 阀门驱动器(10),其特别用于具有自闭合功能的阀门(11)或活门,其中,所述阀门驱动器具有:

- 永久励磁的步进马达(18),其具有至少两个绕组(25、26),所述绕组具有电感(L)以及欧姆电阻(R),
- 传动机构(19),通过该传动机构所述步进马达(18)能够在驱动上与阀闭合件(16)连接,以便使所述阀闭合件沿着打开方向远离阀座(15)运动,并且沿着闭合方向朝着阀座(15)运动,
- 弹簧部件(17),其与所述阀闭合件(16)连接,以便使所述阀闭合件沿着闭合方向预紧,
- 供给电路(28),其与所述绕组(25、26)连接,以便使所述绕组通电用于驱动所述步进马达(18),
- 至少一个阻尼电路(37),其具有电容的阻尼电流回路,以及
- 至少一个转换装置(31),其与所述绕组(25、26)中的一个绕组连接,绕组(26)通过所述转换装置能够选择地与所述供给电路(28)或者所述阻尼电路(37)连接,

其中,所述电容的阻尼电流回路包含具有电容(C)的电容器,其中电容的阻尼电流回路与绕组(26)并联连接,从而构成由绕组(26)的电感(L)、电容器(38)的电容(C)以及绕组(26)的内阻(R)构成的谐振回路(LCR)。

2. 根据权利要求1所述的阀门驱动器,其特征在于,设置有另一阻尼电路,其具有电容的阻尼电流回路,还设置有另一转换装置,其中所述另一转换装置与所述绕组(25、26)中的另一个绕组连接,以使所述另一个绕组(25)选择地与所述供给电路(28)或者所述阻尼电路连接。

3. 根据权利要求2所述的阀门驱动器,其特征在于,所述转换装置(31)和所述另一转换装置受控制地同步接通。

4. 根据权利要求1或2所述的阀门驱动器,其特征在于,所述转换装置(31)是具有机械触点的转换继电器。

5. 根据权利要求1或2所述的阀门驱动器,其特征在于,每个电容的阻尼电流回路都包含电容器(38),所述电容器与所述绕组(26)形成谐振回路(LCR)。

6. 根据权利要求5所述的阀门驱动器,其特征在于,所述谐振回路(LCR)具有品质因数(Q),其大于五。

7. 根据权利要求5所述的阀门驱动器,其特征在于,所述谐振回路(LCR)具有品质因数(Q),其大于十。

8. 根据权利要求5所述的阀门驱动器,其特征在于,所述谐振回路(LCR)具有品质因数(Q),其大于二十。

9. 根据权利要求1或2所述的阀门驱动器,其特征在于,所述弹簧部件(17)具有弹簧特征曲线,与所述弹簧特征曲线相应地,由所述弹簧部件(17)施加的力(F)在所述阀闭合件(16)的路程(x)的每一处都大于所述阀门驱动器(10)的起到制动作用的力之和。

10. 根据权利要求1或2所述的阀门驱动器,其特征在于,所述弹簧部件(17)具有弹簧特征曲线,与所述弹簧特征曲线相应地,由所述弹簧部件(17)施加的力(F)在所述阀闭合件(16)的路程(x)的每一处都小于由所述阻尼电路(37)在谐振点处能够最大化施加的减速矩

M。

11. 根据权利要求1或2所述的阀门驱动器,其特征在于,所述弹簧部件(17)具有呈正向上升的力-路程特征曲线。

12. 根据权利要求1或2所述的阀门驱动器,其特征在于,所述阻尼电路(37)具有累进上升的减速矩-转数特征曲线。

13. 根据权利要求1或2所述的阀门驱动器,其特征在于,所述阻尼电路(37)与所述弹簧部件(17)如此定量并彼此协调,即,马达转数(ω)在阀门(11)闭合时是打开时转数的五至十五倍。

14. 根据权利要求1或2所述的阀门驱动器,其特征在于,所述阻尼电路(37)与所述弹簧部件(17)如此定量并彼此协调,即,马达转数(ω)在阀门(11)闭合时是打开时转数的十倍。

15. 根据权利要求1或2所述的阀门驱动器,其特征在于,所述传动机构(19)具有无传动的机构,由此能够实现惯性运转,在惯性运转期间,能够逐渐消除在将所述阀闭合件置入驱动之后留存的动能。

16. 根据权利要求1或2所述的阀门驱动器,其特征在于,所述传动机构为了使所述阀闭合件(16)沿着打开方向运动而具有柔软的牵引部件。

17. 用于运行根据权利要求1所述的阀门驱动器的方法,其中:

- 通过转换装置(31)给步进马达(18)加载电流,以便打开阀门(11),
- 通过转换装置(31)给步进马达(18)加载保持电流,以便保持阀门(11),
- 通过转换装置(31)给步进马达(18)加载电流,以便闭合阀门(11),
- 在阀门(11)的快速闭合过程中通过转换装置(31)将步进马达(18)与阻尼电路(37)连接,并且使步进马达以发电机运行模式运行,以及
- 如此控制转换装置(31),即绕组(26)在转换时刻是无电流的。

18. 根据权利要求17所述的方法,其特征在于,所述步进马达(18)在所述阻尼电路(37)处在快速闭合时以这样的转数运行,使得在发电机运行模式中产生的电压具有频率(ω),该频率小于由所述绕组(26)和所述阻尼电路(37)组成的谐振回路(LCR)的谐振频率。

阀门调节驱动器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于阀门、龙头、门或活门的具有自闭合功能的阀门调节驱动器。

背景技术

[0002] 为了操作流体阀门、门、活门和类似物,例如由DE 102 48 616 A1 已知电动驱动器,其中阀闭合件的调节运动由电动马达产生。在此设置有闭合弹簧,其在断电时闭合阀门。闭合弹簧的闭合力如此定量,使得闭合力克服由摩擦和其他影响在马达和传动机构中产生的减速矩,并且在马达无电流时将阀闭合件转送到闭合位置。在气体应用中,该过程通常应当在有限的时间内、例如在大约1秒内完成。另一方面,在闭合过程中阀座和阀闭合件的过载必须能够被可靠地排除,因为过载会导致阀门损坏从而失效。因此必须限制当阀闭合件冲击时作用于阀座的动能。

[0003] 对此,由EP 2 228 573 B1 已知电动马达式的阀门驱动器,其中传动机构包含链条,通过链条克服闭合弹簧的力将阀闭合件牵引至打开位置。链条传递牵引力但不传递剪力到阀闭合件上,从而在动态的闭合过程中将减速停止的马达-传动机构-单元与冲击在阀座上的闭合件分开。当驱动器的马达不会惯性运转(nachläuft)太久时,无论如何都得出该原理的有效性。这意味着,闭合弹簧的力与链条的长度必须彼此协调。如果相同的阀门驱动器应用在具有不同的闭合力各种阀门上,该原理就会碰到极限。过久的惯性运转总是会造成间隙,该间隙在下次准备打开时必须被补偿。如果对准备时间存在要求,那么仅仅采用超程运转(Überlaufs)由此就不适宜。

[0004] 此外,为了永久励磁无刷直流马达的制动,由DE 35 31 262 A1 已知简单的短路电路。无刷直流马达通过转换继电器要么与直流电压源连接要么与短路支路连接。如果阻尼电路被激活,那么在发电机运行中惯性运转的无刷直流马达会短路,从而使无刷直流马达的动能在马达和短路回路的在技术上强制存在的欧姆电阻中转化成热量。马达骤然停止。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种阀门驱动器,其能够应用于各种尺寸的阀门或活门并且允许可靠的自闭合。

[0006] 根据本发明的阀门驱动器包括典型地具有两个或更多个绕组的永久励磁步进马达,绕组分别具有确定的电感以及确定的欧姆电阻。阀门驱动器还包括传动机构,通过该传动机构,步进马达能够在驱动上与阀闭合件连接,以便使阀闭合件沿着打开方向远离阀座运动,并且沿着闭合方向朝着阀座运动。为了实现自动化的自闭合功能,设置有闭合弹簧。闭合弹簧与传动机构直接或间接地连接,以便使联接的阀闭合件沿着闭合方向预紧并且在断电时沿着闭合方向运动。

[0007] 马达的绕组与供给电路连接,供给电路可使马达克服闭合弹簧的力沿着打开方向受监控地运动并且保持在预先给定的位置中。此外设置有阻尼电路,其具有电容的阻尼电

流回路。阻尼电流回路设计用于,使(在闭合运动时)以发电机运行模式运转的马达根据速度进行减速。为了能够在驱动与阻尼之间转换,设置有转换装置。转换装置要么使供给电路要么使阻尼电路与绕组连接。优选地,转换发生在绕组不通电的时刻。无电流状态下的转换可由控制装置引起,控制装置监控或调控马达电流。

[0008] 电容的阻尼电流回路与步进马达的绕组电感在阻尼运行期间形成谐振系统(Resonanzanordnung),谐振系统由旋转的、以发电机运行模式运转的转子激励。由此引起的电流对转子的旋转起阻尼作用。阻尼作用以非线性的方式与转子转数相关,并且当转数上升时超比例地增加。因此,阻尼电路独立地、无需外部调节干预地确保了,马达转数在闭合过程期间仅以非常小的程度与闭合弹簧的力相关,从而一方面使得不会有过高的转数以及过多的动能存在于马达和传动机构中,另一方面能够可靠地实现顺畅的闭合。

[0009] 优选地,步进马达的每个绕组都以所述方式通过转换装置与供给电路连接并且为了阻尼而与具有电容的阻尼电流回路的阻尼电路连接。因此优选地,步进马达的所有绕组都被用来进行阻尼。期望的阻尼能够以加载的相位(Phasen)数进行调整。

[0010] 优选地,转换装置同步运行,即,要么所有的绕组都与其供给电路连接要么所有的绕组都与其阻尼电路连接。优选地,转换装置是具有机械触点、例如转换继电器的转换装置。优选地,相关的转换继电器的闲置触点导向阻尼电流回路,而工作触点导向供给电路。一旦转换继电器无电流、即断电,则激活阻尼电路。因此,阻尼电路在断电时可靠地激活。

[0011] 优选地,电容的阻尼电流回路包含电容器,电容器通过转换装置与步进马达的绕组形成网(Masche),该网是谐振回路。步进马达的绕组的欧姆电阻以及铁回路的铁耗表示谐振回路的阻尼,并且确定了谐振回路品质因数。品质因数优选如此定量,即,品质因数至少大于五,优选大于十,进一步优选大于二十。由此实现谐振系统的相当陡斜的谐振曲线,这又导致了马达的极度非线性的减速矩-转数特征曲线。在阻尼过程中,这种极度非线性的特征曲线引起较好限定的马达转数。

[0012] 阻尼电路与闭合弹簧优选如此定量(bemessen)并彼此协调,即,马达转数在阀门闭合时是在阀门打开时转数的五至十五倍,优选是十倍。阻尼电路的设计可以根据阀门闭合后留存在系统中的能量进行,该能量与快速闭合速度相关。在阀闭合件座座放在阀座上之后的减速停止阶段(Auslaufphase),该能量驱动马达和传动机构。如果减速停止受限,那么为了使针对下次打开的准备时间最小化,可以针对阀门侧的传动机构输出端设置端部止端件。传动机构输出对于端部止端件的冲击具有脉冲,脉冲高度优选如此定量,即,传动机构不承受负载,如在正常运行中也不出现的负载。另一方面,闭合速度以及马达转数至少如此之高,使得视闭合路程而定在任何情况下都低于最长闭合时间。

[0013] 协调在此基本上是关于阻尼电路的调整。闭合弹簧的选择和其弹力的定量是相对不关键的。因此阀门驱动器可直接应用于各种闭合弹簧,而无需进行适配和改变。优选地,闭合转数通过在电容的阻尼电流回路中电容器尺寸的定量进行调整。

[0014] 为了使尽管马达受阻尼地运转而仍存在于马达和传动机构中的动能在阀闭合件安放在阀座上时避开阀闭合件和阀座,可以在传动机构和阀闭合件之间设置无传动的机构(Getriebelose)。该无传动机构优选由柔软的牵引部件、例如链条形成。阻尼电路导致马达和传动机构只是短暂地减速停止,该减速停止可限于用于链条的链轮的完整一转的一小部

分。这样一来可以利用较短的链条和较短的减速停止区域来工作，由此将阀门驱动器的尺寸降到最小。

[0015] 根据本发明还设置有一种用于运行阀门驱动器的方法。该方法的特殊性特别是在于通过具有谐振特性的阻尼电路对阀门驱动器的步进马达进行阻尼。由马达绕组和电容的阻尼电流回路组成的谐振系统在进行阻尼期间优选以低谐振(unterresonant)运行模式工作，即，产生的电流频率低于谐振系统的谐振频率。如此一来就实现了极度非线性的减速矩-转数特征曲线，其中减速矩在转数上升时会极其超比例地上升。

附图说明

[0016] 本发明的实施方式的细节是附图、说明书或从属权利要求的内容。其中：

[0017] 图1以极其示意性的概略图示出了具有联接的阀门的阀门驱动器；

[0018] 图2以示意性和简化的线路图示出了阀门驱动器；

[0019] 图3示出了根据图1的阀门的闭合弹簧的弹簧特征曲线；

[0020] 图4示出了用来说明阻尼电路的谐振特性的图表；以及

[0021] 图5以图表示出了由谐振电路产生的减速矩。

具体实施方式

[0022] 图1中说明了阀门驱动器10，其设置用于操作阀门11，利用阀门可以释放、阻断或也可以调控在其入口12进入并在其出口13离开的气流。对此在阀门壳体14中布置有阀座15，该阀座配设了阀闭合件16。阀闭合件布置成能够运动，以便能够根据需要闭合或释放阀座15。在根据图1的实施例中，阀闭合件平行于阀座15的开口轴运动，在此是座阀。然而阀门驱动器10能够同样应用于被称为闷、活门或类似物的其他阀门类型，并且其中，闭合件例如与开口的开口轴呈直角地运动。

[0023] 阀闭合件16配设有闭合弹簧17，闭合弹簧沿着闭合方向、即朝着阀座15预紧阀闭合件16。

[0024] 阀门驱动器10还配属有永久励磁步进马达18，永久励磁步进马达通过传动机构19与阀闭合件16连接。传动机构19是减速传动机构，其具有至少一个与马达小齿轮20啮合的齿轮21。也可以是其他彼此嵌接的齿轮相互连接，这些齿轮形成了力传递路程。这在图1中纯示意性地通过虚线表明。力传递路程可以包括旋转的传动机构元件以及特别是也包括能够线性运动的传动机构元件，例如齿杆，螺纹主轴或者如图1中示例性说明的柔软的牵引部件、例如链条22。该链条在一端与链轮23连接并且在其另一端与阀闭合件16连接。然而代替链条也可应用其他元件，例如柔性的线材、绳、带或类似物。

[0025] 链条22形成了抗拉但不抗剪的连接并且沿着剪切方向允许链轮23的运动，而阀闭合件16不会运动。它由此形成无传动的机构。代替柔软的牵引部件，无传动的机构也可通过两个传动机构件的有间隙的连接形成，例如通过位于长形孔中的带动件(Mitnehmer)形成。

[0026] 步进马达18联接在图2中截取说明的运行电路24上。如图所见，步进马达18典型地具有多个、例如两个绕组25、26，其用于建立旋转场以使永久励磁转子27旋转。对此针对每个绕组25、26都设置供给电路28，其在图2中仅针对用于绕组26的所有供给电路示例性并代表性地示出。供给电路28用于提供针对绕组26的受监控的且能改变的电流，从而以与其他

绕组25呈相位正确的关系激励该绕组,并且建立场,场确定了转子27的运动或还有位置。对此,供给电路28例如包括一具有四个被电子控制的开关的开关桥,开关例如是MOSFET晶体管、IGBT或类似物,它们受控制电路29监控地运行。控制电路也可通过电流传感器电路30检测并调控在绕组26中流动的电流。控制电路29可以同样控制针对另一个绕组的未进一步说明的逆变桥并且监控或调控其电流。

[0027] 由逆变桥供应的电流通过例如受控制电路29控制的转换装置31输送至步进马达18。转换装置例如通过转换继电器形成,其舌片32在继电器处于无电流(去除激励)的状态下与闲置触点33连接,并且在继电器处于通电(激励)的状态下与工作触点34连接。转换装置的转换优选在无电流状态下进行。例如,控制电路29借由电阻30监测马达电流,并且在通过转换装置流动的电流低于限值时才会使转换装置31转换。这种情况在马达18足够去除激励时会发生。此外可设置为,尽管存在电流,控制电路29还是可以使转换装置31转换,否则会超出最长闭合时间。

[0028] 绕组26以一端35与接触舌片连接并且通过接触舌片与逆变桥连接。绕组26以另一端36直接与逆变桥连接。该端36还与电容的阻尼电流回路37连接,该阻尼电流回路的另一端贴靠在闲置触点33上。电容的阻尼电流回路37包含至少一个电容器38并且在某些情况下还包含其他的结构元件,例如并联或串联的电容器、电阻或感应元件,并且在某些情况下还包括非线性的结构元件、例如二极管或Z-二极管。

[0029] 电容的阻尼电流回路37在去除激励的转换继电器(转换装置31)中与绕组26并联,从而构成由绕组26的电感L、电容器38的电容以及绕组26的内阻R构成的谐振回路LCR。在某些情况下与频率相关的内阻R还可以附加地代表马达的铁耗以及其他损耗。优选地,谐振回路LCR具有例如大于20的高品质Q,因为随着品质的上升谐振频率被限定地更清晰(schärfer):

$$[0030] \quad Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}。$$

[0031] 电阻R优选位于几欧姆的范围内,例如4至8Ω,电感L优选位于数个mH的范围内,例如10至20mH,电容优选位于几百nF的范围内,例如330nF。

[0032] 至此描述的阀门驱动器10在阀门11处工作方式如下:

[0033] 首先假定,阀门11应当被打开。对此,控制电路29致使联接的逆变器被激活,从而通过转换装置31为绕组25、26供应电流脉冲,电流脉冲使转子27沿着期望的方向旋转,直到在预先给定的步数之后到达阀闭合件16的期望位置。在这种状态下可以给绕组25、26继续通电,从而在步进马达18中维持不再旋转的磁场,以便将转子27保持在预先给定的位置中。

[0034] 一般来说,受监控地调节或者还有闭合阀门11同样是借助于控制电路在给绕组25、26受监控地通电的情况下通过相应地激活逆变桥来进行。出现逆转的磁场,该磁场使转子27此时逆转并且在某些情况下还又在其他位置带至静止状态。闭合弹簧17在这些动作中总是有以下功能,即,使链条22或其他牵引部件,例如绳、带或类似物保持绷紧并且朝着闭合阀门11的方向预紧。但是这不会引起闭合。与此不同的是阀门闭合时的无电流状态和快速闭合,用于将阀门11在驱动器10无电流时受监控地转送至闭合位置。后者流程如下:

[0035] 在无电流状态下,提供给控制电路29的能量不再足以维持受监控的马达运行。快

速闭合脉冲可以通过切断阀门驱动器10的供应电压而触发。在这种情况下,转换继电器断开,即,转换装置31在舌片32与闲置触点33之间生成连接。在此,控制电路29仍可完全处于运行中,从而致使转换继电器关断。替代地,转换阀门的断开、即去除激励也可直截了当地通过断开运行电压而进行。优选地,转换装置31被如此控制,即,在无电流状态下发生转换从而保护转换装置的触点。如此一来,电容的阻尼电流回路37无论如何都与绕组26连接。同时,其他阻尼电流回路与其他绕组连接。

[0036] 闭合弹簧17此时将阀闭合件16压向闭合位置并且在此通过传动机构19驱动步进马达18。步进马达以增加的转数运转并且在此在绕组25、26中产生电压。在此,在谐振回路LCR中出现振荡的电流。该过程在阀门11的全部闭合路程上展开。在此优选地,振荡的回路频率 ω 低于谐振回路LCR的谐振频率,谐振回路的谐振特征曲线在图4中说明。工作点I位于谐振特征曲线靠左的低频分支上。相应地,出现起到减速作用的电流,该电流根据图5中的图表引起减速矩M。

[0037] 根据图4,发电机电压U与(回路)频率 ω 之间的关系在工作点I处是极度非线性的。由此得出根据图5的更加非线性的减速矩曲线。可见的是,当转数发生较小的改变时,会导致由步进马达18产生的发电机电压的回路频率 ω 的相应较小的改变,而减速矩会超比例地增加或减少。这对于对阀闭合件16起到不同作用的力来说起到了极其稳定转数的作用。

[0038] 如此一来就保证了,步进马达18可以足够快速地运转,从而在最长时间内关闭阀门11,另一方面也不会运转太快,以限制系统中存在的动能。在此,该过程与图3中说明的弹簧特征曲线II略微相关。该弹簧特征曲线可更陡斜或更平缓地延伸。不过无论如何,它都不会延伸经过零点,因此即便是阀闭合件16座放在阀座15上,闭合力仍然存在。

[0039] 阀门11的运行机制以及它的驱动器10也可限于简单的打开和闭合。对此,马达18在驱动器10通电时可驶入打开位置并保持在此。为了关断、即闭合阀门,中断供电。阀门的闭合以如下方式进行,即马达18受闭合弹簧17的驱动以发电机运行模式在受谐振回路LCR的转数监控下运转至闭合位置。

[0040] 根据本发明的阀门驱动器10具有阻尼电路,该阻尼电路具有电容的阻尼电流回路37,电容的阻尼电流回路在步进马达18的发电机运行模式中被激活。阻尼电路与马达绕组26构成谐振回路LCR,其起到稳定和调控转数的作用。以发电机运行模式运转的步进马达18的转数被恒定地保持在限值内,即无需控制电路的调节干预。因此即便是在无电流的控制状态下,阻尼电路也能够运行并且与外部电流供应无关地可靠。既可以实现快速闭合也可以可靠地避免马达18惯性运转太久。因此一方面可以低于最长闭合时间,另一方面通过止挡件限制了惯性运转路程,并且作用于止挡件的冲击能被可靠地限制在允许的程度内。

[0041] 附图标记列表

[0042]	10	阀门驱动器
[0043]	11	阀门
[0044]	12	入口
[0045]	13	出口
[0046]	14	阀门壳体
[0047]	15	阀座
[0048]	16	阀闭合件

[0049]	17	闭合弹簧
[0050]	18	步进马达
[0051]	19	传动机构
[0052]	20	马达小齿轮
[0053]	21	齿轮
[0054]	22	链条
[0055]	23	链轮
[0056]	24、24a	运行电路
[0057]	25、26	绕组
[0058]	27	转子
[0059]	28	供给电路
[0060]	29	控制电路
[0061]	30	电流传感器电路、电阻
[0062]	31	转换装置
[0063]	32	舌片
[0064]	33	闲置触点
[0065]	34	工作触点
[0066]	35、36	绕组26的绕组端部
[0067]	37、37a	阻尼电路、电容的阻尼电流回路
[0068]	38	电容器
[0069]	C	电容
[0070]	L	绕组26的电感
[0071]	R	绕组26的损耗电阻、内阻
[0072]	LCR	谐振回路
[0073]	I	工作点
[0074]	U	绕组26处的发电机电压
[0075]	ω	回路频率
[0076]	F	力
[0077]	x	路程
[0078]	M	减速矩
[0079]	II	弹簧特征曲线
[0080]	S	在阀门驱动器10中起抑制作用的力之和。

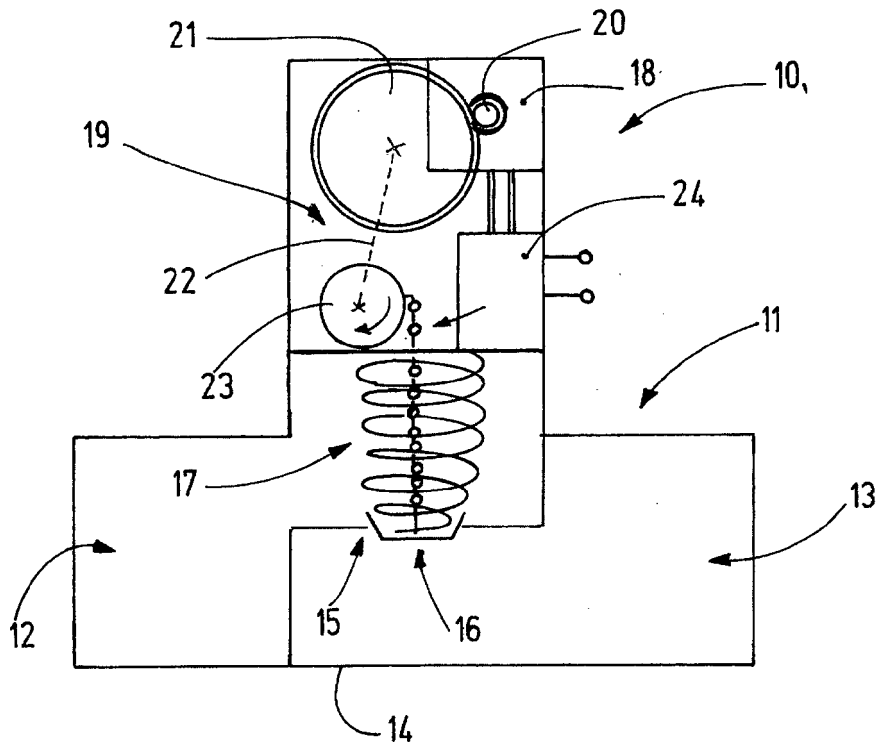


图 1

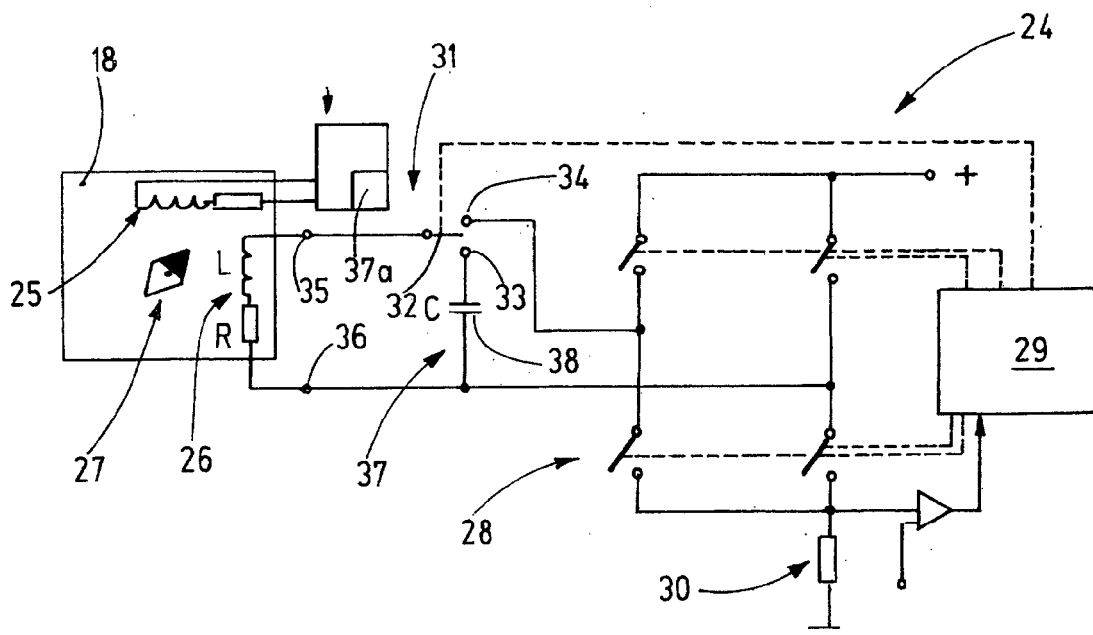


图 2

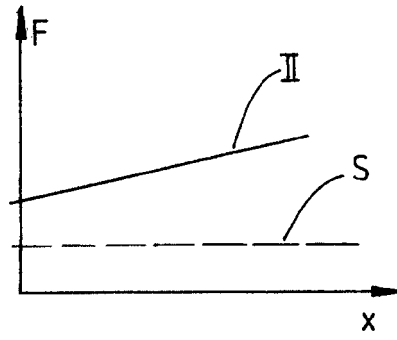


图 3

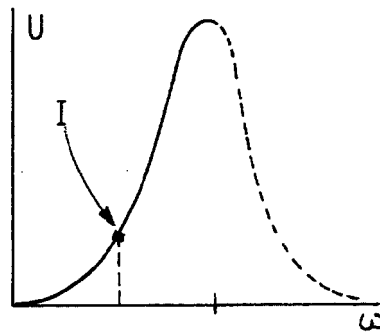


图 4

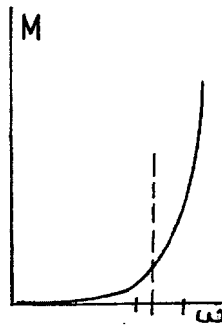


图 5