(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 101137942 B
(45)授权公告日 2010.05.19

(21)申请号 200680007405.1

(22)申请日 2006.03.01

(30)优先权数据
A401/2005 2005.03.09 AT

(85)PCT申请进入国家阶段日
2007.09.07

(86)PCT申请的申请数据
PCT/AT2006/000087 2006.03.01

(87)PCT申请的公布数据
WO2006/094320 DE 2006.09.14

(73)专利权人 弗伦茨·埃伦莱特纳
地址 奥地利托马斯罗伊特

(72)发明人 弗伦茨·埃伦莱特纳

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所 11038
代理人 谢志刚

(51)Int.Cl.
*G05B 19/404*(2006.01)
*B25J 9/16*(2006.01)

(56)对比文件
WO 01/76829 A1,2001.10.18, 全文.
JP 特开平 7-276273 A,1995.10.24, 全文.
CN 87217516 U,1988.11.30, 全文.
WO 99/28095 A1,1999.06.10, 全文.
GRIFFIS M ET AL.Kinestatic control:a novel theory for simultaneouslyregulating force and displacement.TRANSACTIONS OF THE ASME.JOURNAL OF MECHANICAL DESIGN113 4.1991,113(4),508-515.
BRUYNINCKX.The 321-HEXA:a fully-parallel manipulator with closed-formposition and velocity kinematics. ROBOTICS AND AUTOMATION3.1997,32657-2662.

审查员 高霖

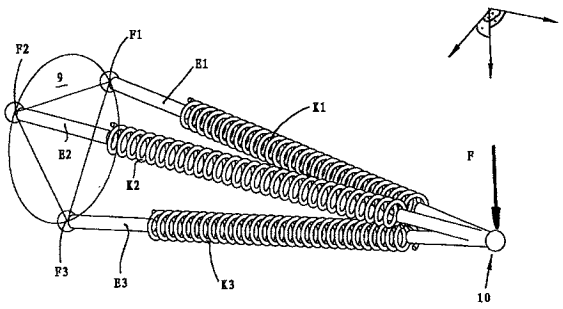
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 7 页

(54)发明名称

用于确定构件的弹性形变的方法

(57)摘要

本发明涉及一种用于确定在负载下构件特别是平行运动装置的弹性形变的方法。所述方法的特征在于:1)确定在所述固定平台(9)和所述可移动平台(10)上的铰接点的几何尺寸,确定所述致动器(K1,K2,K3)的等效弹簧常数和所述轴承的等效弹簧常数;m)确定所述致动器的理论长度;n)由此出发确定所有铰接点在空间中的理论位置;o)由这些几何位置和负载(F)来确定所述作用在各致动器上的力;p)由这些力和等效弹簧特征曲线来确定实际的几何图形和因此确定所述可移动平台的实际位置;并且将这个实际位置与所述计算出来的理论位置进行比较,并可能地通过操作相应的致动器使其相互一致。




CN 101137942 B

1. 用于确定和必要时校正在负载下在一个平行运动装置的固定的和可移动的平台之间的弹性形变的方法，其特征在于以下步骤：

a) 确定和存储在固定平台和可移动平台上的铰接点的几何尺寸；并且确定和存储在基座、可移动平台中的支承的等效弹簧常数，致动器的等效弹簧常数和支承件的等效弹簧常数，

b) 根据致动器的驱动装置的调节来确定所述致动器的当前的理论的长度，

c) 由此确定所有铰接点或所有致动器在空间中的理论的位置，

d) 根据这些几何尺寸和负载确定作用在各个致动器、关节和支承件上的力，所述负载或者是已知的或者通过在所述致动器和 / 或可移动平台上的传感器来确定，

e) 根据这些力和在基座、可移动平台中的支承的等效弹簧常数、致动器的等效弹簧常数和支承件的等效弹簧常数的等效弹簧特征曲线，确定支承件的实际的当前的位置以及致动器的长度和位置，由此确定实际的当前的几何图形以及因此确定所述可移动平台的当前的实际的位置，并且

将实际的位置与事先计算的理论的位置进行比较，并且必要时通过操作相应的致动器使其相互一致。

2. 按照权利要求 1 所述的方法，其特征在于，代替步骤 a)，确定和存储在固定平台、可移动平台和中间平台上的铰接点的几何尺寸；并且确定和存储在基座、可移动平台和中间平台中的支承的等效弹簧常数，致动器的等效弹簧常数和支承件的等效弹簧常数。

3. 用于确定在负载下在一构件的固定表面和与所述固定表面间隔距离的点、或者与所述固定表面间隔距离的表面之间的弹性形变的方法，其特征在于：

这样地设计一 3-2-1 等效运动机构作为等效杆件系统，即：所述等效杆件系统的固定平台几何上构成所述固定表面，并且所述等效杆件系统的可移动平台构成被观察的点或被观察的表面，

随后在实际的构件中，通过实际负载、力或者通过实际负载、力和力矩以及测量由此引起的实际形变在各方向上得出各形变分量，所述各形变分量随后在等效杆件系统中给各杆件、支承件、作用点配设等效弹簧常数，使得所述等效杆件系统的可移动平台进行与所述实际构件的点或平面的运动相同的运动；或者借助于有限元方法实现所述构件的形变的计算；并且使所述等效杆件系统服从按权利要求 1 所述的方法。

# 用于确定构件的弹性形变的方法

## 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于确定和必要时校正在负载下特别是平行运动装置的固定或可移动的构件的弹性形变的方法。

## 背景技术

[0002] 在本申请中，“构件”指的是：相应被考察的机械产品。在此，由于本发明的多种可用性，因此不同的对象，如：起重机、在野外或在工业制造中的输送装置、这些产品的一部分、升降机、吊臂、刀具导向装置，以及甚至建筑物如：桥梁或者在工艺流程中的锅炉、反应堆等等，车辆和诸如此类更多的被视为“构件”。

[0003] 确定构件在静态和/或动态负载下的弹性形变是多种应用的前提条件。这一方面可以因此保障所述构件的安全性，也可以确定所述构件的例如在一对象的自动装配中的位置精度，必要时还可以确定所述构件的运动轨迹以及类似更多的。

[0004] 例如EP 1 491 287 A涉及此问题，它描述了一种传感器自动定中心的可能性。这种定中心是所述自动加工的一个中心问题，如果例如一个测量装置或一个加工装置必须相对于一个对象定中心地安装。解决方案为：与装置匹配地设置三个标尺，并且所述标尺的当前的示值被用于计算所述当前位置。这种解决方案对于一个特殊的、保持相同的检测是有意义并且可行的，但是在变化的前提条件下，例如在不同的地点上提升和下降不同的负载、如其在起重机中持续的情况中一样，就完全的失效了。

[0005] US 2003/0220756 A解决了另一问题：为了校准平行运动装置例如一个刀具架的移动，所述刀具架的预定的移动在笛卡尔坐标系中逐步地实施，并且在此点对点地确定所述刀具架的致动器的每个位置并必要时确定其速度，并且考虑到可能的容差和误差。根据借助于雅可比行列式和在所述致动器的参数和所述笛卡尔坐标之间的线性关系的合理的评价，可能的是：说明一种对所述致动器的控制，通过所述控制来实施预定的移动。

[0006] 自然，这种关系只对测试情况有效，并且根本没有考虑到例如在刀具（锋利的-钝的刀具；坚硬的-软的原材料等等）上的不同的力。

[0007] 平行运动的装置是那些基于以下知识的装置，即：一个刚性体在空间上具有六个自由度，并且因此可能的是：这样的一个刚性体的位置在空间上通过六个相互独立的并在其长度上可变的间隔物来确定，所述间隔物大多数为杆件、在有些应用情况下也可能是绳索或类似物通常称为致动器(Aktuatoren)，当这些致动器一端在空间（固定平台）内固定地，并且另一端在待移动的物体（可移动平台）上铰链式地作用时。

[0008] 这种平行运动装置具有大的优点，即：所述在单个致动器的移动过程中出现的容差不累加，因为没有运动再次作用于另一运动上，如在传统的结构情况中的那样，由此也可以极大地提高有效负载与支承负载的比例。

[0009] 缺点和多年来对这种装置的投入使用的巨大限制为：所述致动器的必需的长度变化的计算和所述长度变化的时间过程的计算，为了以期望的方式移动大多数被称为可移动平台的刚性体，所述长度变化是必需的。

[0010] 由于这种原因，这种类型的平行运动装置长期以来只能被用于轮胎试验台和飞机模拟器中，而例如机床上的刀具支架、起重机的和类似物、几乎所有其它的移动的产品的结构是这样的，即：一个滑板沿着轴线移动，在这个滑板上安放另外一个滑板，所述另一个滑板在一个垂直于第一滑板的方向上移动，并且直到最后到达挖掘机铲斗或车床的刀具等，在其上固定这一滑板。从这一例子人们也看出，在哪些应用领域中，可以使用绳索代替杆件。

[0011] 根据在 2003 年 9 月 14 日，在台湾、台北举行的机器人学和自动化国际会议上公布的由 F.Thomas，E.Ottaviano，L.Ros 和 M.Ceccarelli 所著的“Coordinate-free Formulation of a 3-2-1 Wire-basedTracking Device using Cayley Menger Determinants”得知一种平行运动装置，在其中，所述致动器的三个作用在所述可移动平台的一个共同点中，并且另外两个作用在一个另外的共同点中，由此各称为“3-2-1 运动机构”起源于此。通过所述致动器的这种结构，可以从根本上简化前面提到的复杂的计算。但是这种安置的一个更大的缺点是：在实际中，只有通过极端昂贵的方式才可能使得三个杆件（或者，如在公开文本中所述，也仅仅是绳索）作用在一个点中，因此迄今为止也只有理论家将注意力集中在所述平行运动装置的这种特殊情况上。

[0012] 在本申请人的还没有被公开的奥地利专利申请 A 1694/2004，A1695/2004，A 1702/2004 和 A 1919/2004 中，只描述一种可能性，即：通过所谓的“伪三重点”或“伪双重点”代替这种类型的多次关节，这一方面允许从根本上简化这种关节的构造，并且另一方面得到了所述 3-2-1 运动机构的几何上的优点和特别是它的数学上的可行性。本申请的内容引用这些出版物的内容和那些与之相应的 PCT 专利申请的内容。

[0013] 这允许所述平行运动机构也被应用于车床、起重机等等之中。现在为了充分利用所述平行运动机构的优点，并且特别是实现所述平行运动机构的精度和其灵活的结构方式，值得期待的是：测量平行运动装置的当前的弹性形变，并且通过相应操作所述致动器来补偿，由此可以提高所述移动的精度和 / 或减少所述装置的质量。在此由于前面所阐述的现有技术的局限，没有人真正从事此事，因为计算能力对此最多只够考虑到所述杆件的长度变化，而不能考虑到所述支承的位置变化，所述位置变化有着同样的并且常常甚至更大的数量级。

[0014] 发明者在强化的工作中确定了所述 3-2-1 运动机构的实践可能性，即：这允许非常快速并精确地计算出所述致动器的作用点的位置和位置变化，当使用一个相应的等效运动机构时，计算允许及时地考虑由于载荷造成的弹性形变。在此发明者可以确定，在这种关系中和为了这种目的，允许所述等效运动机构被构造成这样的产品，所述产品与平行运动装置或杆件系统没有关系，并且所述产品的形变到目前为止，如果情况确定如此可以仅仅利用有限元方法来计算。

## 发明内容

[0015] 因此本发明的特殊目的和任务是：给出一种开始所述的方法，以这种方法，可以特别快速地进行当前形变的计算，以至于可以以尽可能短的延迟进行补偿，使得在作为刀具架或作为起重机时不会出现刀具误差、及商品或机器的损坏，或者是在作为起重机使用时不会产生人员的危险。

[0016] 本发明的一个普遍的目标是：对于任意的产品，甚至那些不符合平行运动的产品，如：管子、焊接结构、外壳、连接结构 (Kuppeln)、起重机吊臂，等等（通常：构件），给出所述 3-2-1 运动机构类型的一种等效运动机构，所述等效运动机构允许快速地确定在负载下的整体的弹性形变。所述概念“整体的”在此意味着以下事实，即：由所述等效运动机构只引起所述可移动平台相对于所述固定平台的形变或位置变化，而不是位于其间的区域的形变。

[0017] 根据本发明的特殊的目的，在一个 3-2-1 运动机构中这样地实现，即：

[0018] a) 确定和存储在固定平台和可移动平台上或者必要时在中间平台上的铰接点的几何尺寸；并且确定和存储在基座、可移动平台和必要时中间平台（致动器的铰接点）中的支承的等效弹簧常数，致动器的等效弹簧常数和支承件的等效弹簧常数，

[0019] b) 根据致动器的驱动装置的调节来确定所述致动器的当前的理论的长度，

[0020] c) 由此确定所有铰接点或所有致动器在空间中对于这些值的理论的位置，

[0021] d) 根据这些几何尺寸和负载确定作用在各个致动器、关节和支承件上的力，所述负载或者是已知的或者通过在所述致动器和 / 或可移动平台上的传感器来确定，

[0022] e) 根据这些力和所述等效弹簧特征曲线，确定支承件的实际的当前的位置以及致动器的长度和位置，由此确定实际的当前的几何图形以及因此确定所述可移动平台的当前的实际的位置，并且

[0023] f) 将实际的位置与事先计算的理论的位置进行比较，并且必要时通过操作相应的致动器使其相互一致。

[0024] 在现有技术的平行运动装置上，虽然已经运用了计算机处理性能，但计算仍然不能足够快地进行，以便可以应用于实际中；只有通过使用所谓的 3-2-1 运动机构和特别是通过所述 3-2-1 运动机构以所谓的伪双关节和伪三关节的形式实现，才首次能够考虑到所述形变。

[0025] 总的任务的解决方案除了上面的步骤之外还提供等效运动机构，这在本发明的知识范围内对本领域的技术人员而言没有困难。在此对于被观察的应用情况，所预期的载荷在选择等效杆件系统时被虑进去，作为对称性用于进一步的简化。

[0026] 为了得到必需的等效弹簧常数，可以在实际构件中，通过相应的实际负载和所述实际形变的测量来得出各个分量，所述分量接着在等效杆件系统上配设给各个杆件、支承件、作用点，以便在所述“可移动平台”的区域内得到一个一致的图形。也可以例如借助于有限元计算所述构件的形变，来代替对实际形变的测量。在此考虑到：只需要执行一次这种计算，并且其与在所述构件的负载下所得到的结果的随后使用无关，因此所述大计算量在这里不会带来不利的效果。此外在此还考虑到：这涉及到形变的计算，所述形变（至少对于其中的每一个）比所述构件的尺寸或其工作位移小若干数量级。

[0027] 所述概念“可移动平台”在其通常的含义中简单地指的是构件的、应该被计算的位置变化的几何区域，并且优选地也指在实际构件中的坚固的或者看起来坚硬的部分如：所述起重机吊臂的末端，所述刀具的刀刃 (TCP-Tool Center Point，刀具中心点），一个电线杆的绝缘子的悬挂点，一测量装置的测量探针的针尖，用于电火花腐蚀的电线的支架等等。与此相比较地，所述“固定平台”通常是一基础，所述基础在所给出的任务的范畴中被看作为“固定的”，不依赖于实际的与地面相关的情形，并且因此是适当的定义的一个问题。

[0028] 根据所述（或者一些）支承件的、带有或不带形变的应用领域，从所述实际构

件的研究结果出发导出本发明的 3-2-1- 等效运动机构连同等效弹簧常数。此后在所述 3-2-1- 等效运动机构上计算地使用所述实际力。计算出来的形变（在固定和可移动平台之间的位置变化）以直接的或容易向后推算的方式给出在实际构件中的位置变化，并且因此使得所必需的校正成为可能，或者提供所期望的知识。

## 附图说明

[0029] 接下来根据图示进一步地阐述本发明。在此示出：

[0030] 图 1 一个具有一由管子构成的可移动平台的实际的平行运动机构，

[0031] 图 2 具有脱开的可移动平台的 3-2-1- 等效运动机构，

[0032] 图 3 带有示意性画出的等效弹簧的 3-2-1- 等效运动机构，并且

[0033] 图 4 至 7 示出一等效运动机构的构造的详图。

## 具体实施方式

[0034] 在图 1 中，仅示意性地示出了一个平行运动装置 1 的透视图。所述平行运动装置包括一个固定平台 2，所述固定平台可以例如是基座或者也可以是一个滑板或一个底盘，在其上可转动地支承实际的平行运动机构 3 或构成所述平行运动机构的杆件和致动器被。所述杆件和致动器的另一端 - 接下来简短地概括为术语“致动器”- 承载一个可移动平台 4。该可移动平台 4 在所示出的实施例中具有一个与之固定相连的管子 5，在所述管子的自由端示意性地画出一个刀具架 6，所述刀具架的尖端代表所述刀具中心点 TCP 7。

[0035] 由于所述装置 1 的可调节的致动器虽然在作用半径的范围内可以将所述 TCP 7 置于任意一个位置上，但是在此不能影响到所述 TCP 7 的方向，因此在刀具架 6 中通常设置其它的未示出的调节机构，所述调节机构至少允许在一定限度内使所述 TCP 7 的方向与所述期望方向协调一致。

[0036] 所述实际的平行运动机构 3 是根据开始所述的 3-2-1 原则构建的，也就是说：三个致动器 A1，A2 和 A3 在所述可移动平台 4 上具有一个共同的作用点，亦即三重点 TP；并且另外两个致动器，亦即致动器 A4 和 A5 作用于在图 1 中被管子 5 遮盖住的双重点 DP，而所述致动器 A6 只独自作用于单重点 EP。

[0037] 在示出的实施例中，致动器 A3，A5 和 A6 显示为长度可变的致动器，致动器 A1，A2 和 A4 则作为长度固定的杆件。这些仅仅只是在图例中如此，而决不是必须这样，也可以是不同的，或者还可以多于三个的致动器设计为长度可变的，这也可以影响到所述刀具架 6 的结构。正如已经提到过的，通常只有长度可变的杆件被称为致动器，但是这在说明书和权例要求书中，由于其对本发明本身没有意义，所以为了更好的可读性并不如此操作，而是普遍地将所有杆件都称为致动器，而不考虑是否在严格的意义上涉及那些固定的长度或者致动器。

[0038] 所述可移动平台 4 在其在空间中相对于所述固定平台 2 的位置通过致动器 A1 至 A6 的长度和这六个杆件在所述固定平台 2 和所述可移动平台 4 上的底点 (Fusspunkt) 的位置明确地确定，并且因此所述 TCP 7 的位置也被确定，因为 TCP 7 借助于所述管子 5 被视为所述可移动平台 4 的组成部分。

[0039] 正如从所述可移动平台 4 的形状和几何尺寸中显而易见的是：这个可移动平台由

于作用在所述 TCP 7 上的力而变形，因此所述可移动平台如所述平行运动机构 3 一样不被视为是刚性的，而是弹性形变的产品。

[0040] 在一系列的应用领域中，目前必需的是：以很高的精度识别或保持所述 TCP 7 的安装位置和在时间上观察的所述 TCP 7 的运动轨迹。即使人们看起来非常粗地并因此坚硬地构建所述致动器和所述可移动平台 4，出现了在支承件中的移动性问题和在所述长度可变的致动器中的其驱动的刚性问题。

[0041] 为此产生了：一个像带有固定在其上的管子 5 和刀具架及直至 TCP 7 的刀具 6 的可移动平台 4 一样的产品，即使是先进的计算机也很难并且只是缓慢地测出它的形变。

[0042] 人们可以根据本发明来回避这种困难，因为人们通过在图 2 中显示的、3-2-1 平行运动机构的双重模型来替代所述固定平台 4，一个固定的杆件系统 14 用于实际的可移动平台 4，并且一个可调节的 3-2-1 杆件系统 15 用于所述管子 5、连同刀具架 6 和直到 TCP 7 的刀具。所述长度可变的致动器 E1，E2 和 E3 在所述可调节的杆件系统 15 中作为用于在刀具架 6 中包含的调节机构的替代物。根据图 2 所示的这些杆件系统 3，14，15 现在根据本发明所述通过在图 3 中示意的等效弹簧力进行补充或替代，其中在所示出的例子中，所述在所述固定平台 2 上的支承件中出现的形变也借助于示意地画出的等效弹簧力被考虑到。

[0043] 例如对于所述平行运动机构 3 的在固定平台 2 上的底点，等效弹簧力可以通过简单的实验而确定，对于在杆件系统 14 和 15 脱开的可移动平台 4、连同管子 5 的等效弹簧力可以或者通过有限元方法进行计算来得到，或者可以同样通过一个实验来得到，也就是说：通过实际的凭经验的测量来得到在各个方向上的刚性，并且这些分量接着被分配给各个等效杆件。

[0044] 这些大量的测量或计算在所述装置的安装和调试之前就被执行，并且因此不受时间偏差的影响；还可能的是：所述必需的计算在另外的计算设备中被执行，并且以后被用于操纵所述装置。

[0045] 通过在模型中已知的相应于图 3 的几何，在长度可变的致动器的已知状态中始终可能的是：非常快地确定所述 TCP 7 的理论位置。当目前已知所述作用于其上的力时，这在刀具架中通过应变片或压电传感器无疑是可能的，那么在根据图 3 所示的等效运动机构和作用于其上的力的知识范围内，可以轻易且快速地确定所述支承点的位移和所述致动器的长度变化，并且计算出所述 TCP 7 的实际位置和方向。将这一结果和前面提到的且事先得出的没有负载的结果进行比较，可以通过相应地调节所述长度可调的致动器的长度使所述实际位置与所述理论位置协调一致。

[0046] 图 4 至图 7 示出了一个基本上圆锥形的物体 8，所述物体的基面 9 被假设为空间固定的，并且力 F 作用在所述物体的尖端 10 上。在这个力 F 的作用下，并且由于所述基面 9 的固定，导致所述圆锥形物体 8 的形变，所述形变的大小和方向依赖于所述物体的几何和构成该物体的材料。所述由于这种形变所产生的尖端 10 的位移目前或者可以测量或者例如借助于有限元方法来确定。

[0047] 根据所述力的不同的方向确定所述尖端 10 的位移，在所述测试力相互垂直设置时，三次实验或计算就足够了，并且必要时当所述尖端不被视为一个点，而是考虑一个小的视为刚性的端部区域 12 时，力矩在此刚性端部区域的方向上的作用在合适的设置和选择下再次通过三次测量或计算可以得出，但是在描述模型构成的当前的情况下没有被考虑

到。

[0048] 由于对所述尖端 10 的位置的限制和力例如力 F 的作用的原因，可能的是：在图 5 中所示出的由三个等效杆件 E1，E2，E3 构成的等效杆件系统 11 被当作锥形物体 8 的模型。在此重要的是：所述等效杆件 E1，E2，E3 的理想地假想的端点在所述基面 9 的一侧上固定地但是无扭矩地可摆动地固定，并且在所述尖端 10 中，同样地、但相互铰接地汇聚于一点。

[0049] 这个等效杆件系统 11 的结构的选择根据被熟知材料力学的专家们所熟悉的观点来实现。例如，当待等效的物体 8 具有一个对称平面或对称轴时，那么有利的是：所述等效杆件系统也具有这样的对称性。当所期待的力在某一方向上明显比在其它方向上更大时，那么有利的是：这个力基本上被一个等效杆件所吸收，或者所述等效杆件这样设置，即：它们对称地延伸向表面，在所述表面中这种最大的或最常见的力导致了一种形变。但是要注意的是：也就是当没有注意到这种观点，并且所述杆件基于其它的观点制造时，这种杆件是可使用的，即使通常所述计算量会比较大，因为不同的、基于上面所述的观点进一步的简化在此不可能被使用。

[0050] 现在，正如纯粹的图示化地，图 6 示出了：所述等效杆件 E1，E2，E3，考虑到等效弹簧常数 K1，K2，K3，形成了一个等效产品，所述等效产品与所述原始的物体 8 一起具有一共性：在固定的基面 9 中，也就是说在所述等效杆件 E1，E2，E3 的固定的底点 F1，F2，F3 上，所述尖端 10 在所述力 F 下正好与在所述实际物体 8 的尖端 10（因此用同样的附图标记表示）一样地运动。那么这个目标可以实现，从所述已知的力 F 和所述已知的位移出发可以算出所述等效弹簧常数 K1，K2，K3，所述等效弹簧常数以总和的形式，并且在考虑到所选择的等效杆件系统 11 的几何尺寸下精确地得出所述位移。

[0051] 因为现在所述等效杆件系统 11，对于考虑在其它方向上的形变，在图 6 中仅仅示意性地表示为垂直坐标系，也以同样的方式推导出了配设的等效弹簧常数，所述等效弹簧常数总是仅仅在每个被观察的杆件的方向上描述它的伸长或压缩，因此通常是这样的，即：对于每一个杆件在不同的方向上得到不同的等效弹簧常数。

[0052] 在不同的情况下，例如当在某一方向上的形变很重要，并且在其它方向上没有或者只有很小的意义时，因此人们可以这样应付，即：人们选择这样的等效弹簧常数，所述等效弹簧常数为在所述重要方向上的形变提供一个正确的图形；人们也可以，当不同的等效弹簧常数相互间偏差不是很大时，并且必须考虑到在多个方向上的形变时，选择均值；人们还可以使用其它的可能性：

[0053] 第一种可能性基于：改变几何形状 (Geometrie)，这里特别是在所述基面 9 上另外设置所述等效杆件 E1，E2，E3 的底点 F1，F2 和 F3，并且因此重新进行所述等效弹簧常数 K1，K2，K3 在所述三个方向上的配设。根据结果减少对于每一个杆件的三个等效弹簧常数的差别，或者增加这种差别，人们可以很快地得出，必须在哪个方向上和以怎样的大小改变，以便达到一个满意的结果。这种迭加的接近于技术上可能最好的结果特别地不但在材料力学的领域内而且在机械制造的领域内，以及在高层建筑和地下建筑工程领域内也是普遍的，并且因此在本发明的知识范围内，对本领域的技术人员是没有困难的。

[0054] 另外一种可能性在于：如在图 7 中示出的，每个所述底点 F1，F2，F3 都配设一个支承刚度，这意味着：所述底点 F1，F2，F3 在模型中不再是位置固定的，而是依赖于所述合成的力和所述合成力矩（当考虑到这样的力矩时）在所述基面内并且垂直于所述基面移动。

因为所述等效杆件 E1，E2，E3 在所述底点 F1，F2，F3 中的悬挂球形地且无扭矩地实现，所述底点的合成位移总是沿作用在那里的杆件的当前的方向，并且通过所述底点的位移导致所述等效杆件系统 11 的状态的改变，在此也可能是一种迭加的过程，并且因此可能也导致了被观察的杆件的方向的改变。但大多数情况下，这种改变很小，以至于不必逐步地逼近。

[0055] 根据本发明所述的方法，用于描绘一个实际的、形式为一等效杆件系统 11 的物体 8 根据一非常简单的应用情况来描述，借助图 1 至 3 所述的应用实例，正如在上面简短地阐述的那样，考虑到一个视为可移动平台的尖端区域 12 的位置被省略了，所述尖端区域虽然可以毫无困难地在实际物体 8 中被定义出来；所述仅仅用于阐述在等效杆件系统 11 中画出的区域 13 理解为作为一插图或者作为等效尖端区域 13，因为所述在图 5 中示出的模型只能够将所述尖端 10（理想的）的位置描绘成一个可能具有所述尖端 10 的可移动平台的方向或者正好一个尖端区域 12。如果其要这样实现考虑一个等效杆件系统，如图 2 的等效杆件系统 15 一样。

[0056] 正如由所描绘的主题和所阐述的方法所得知的那样，所述运动的装置 1 的尺寸没有意义，根据本发明的方法，同样可以被应用在一个码头起重机或一个在微米范围内工作的机床上。本发明不仅可以用来特别精确地控制所述 TCP 7 的移动和方向，而且显然可以将本发明所述的方法用于进一步减少所述平行运动装置的质量，并且提高所述 TCP 7 的移动速度，以及修正所述由于由此较软的构造和较高的惯性力、TCP 7 与其轨迹的较大的偏差。显然还可以选择这两种对策的中间形式，所述中间形式对于本领域的技术人员而言在本发明的知识范围内的任意应用领域的范围内可以是简单的。

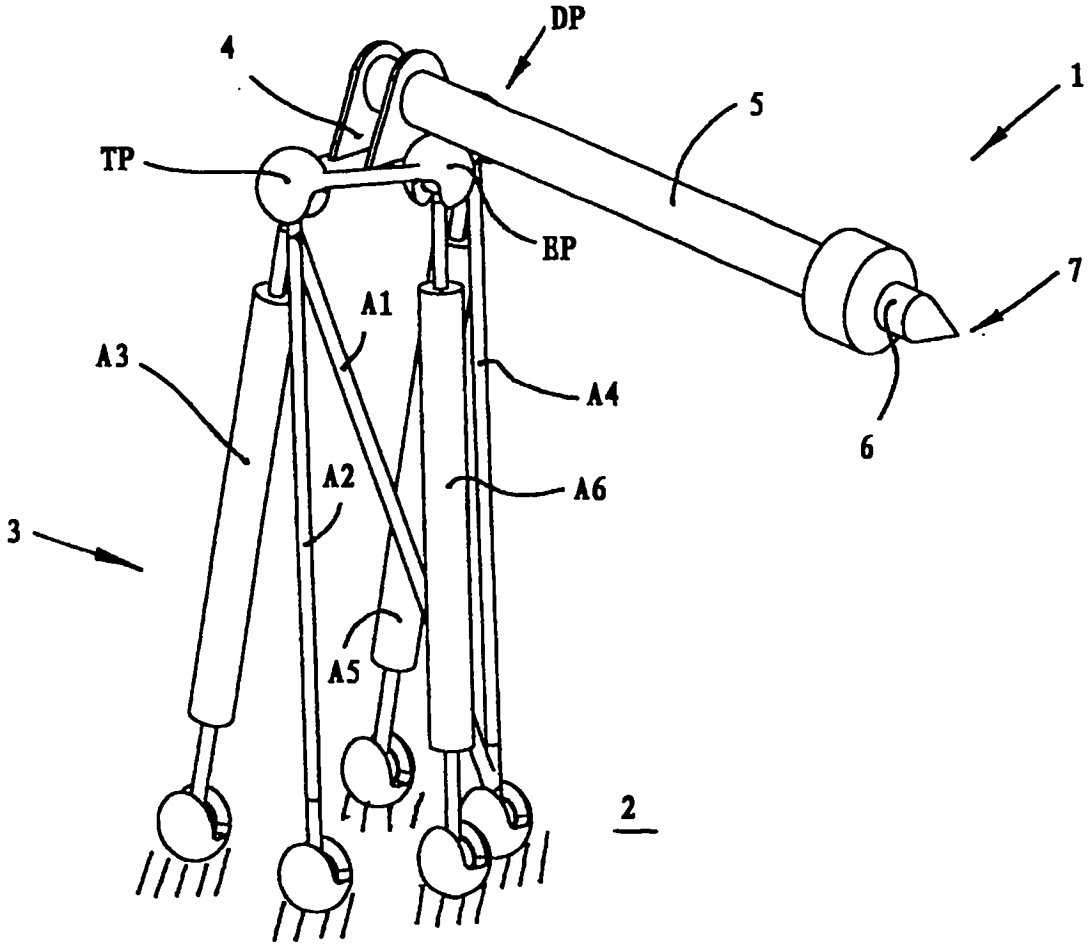



图 1

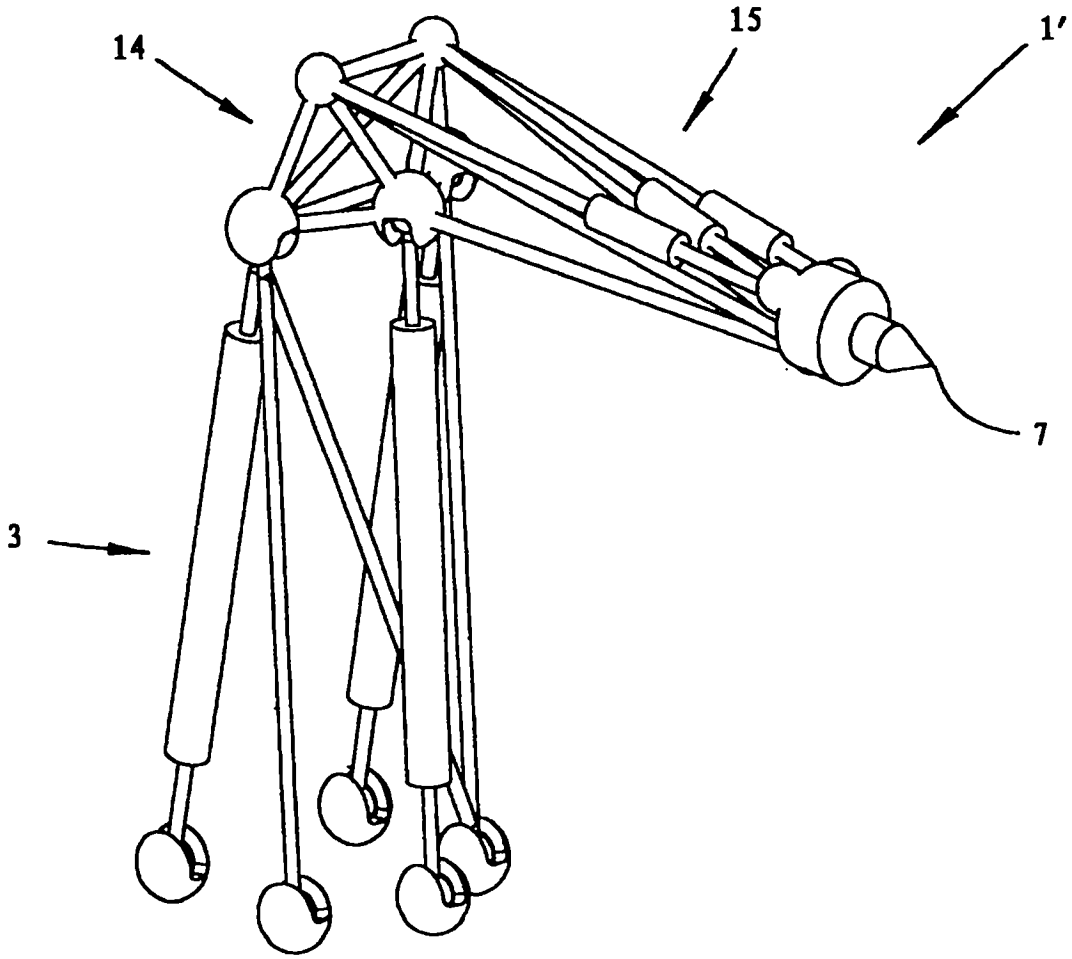



图 2

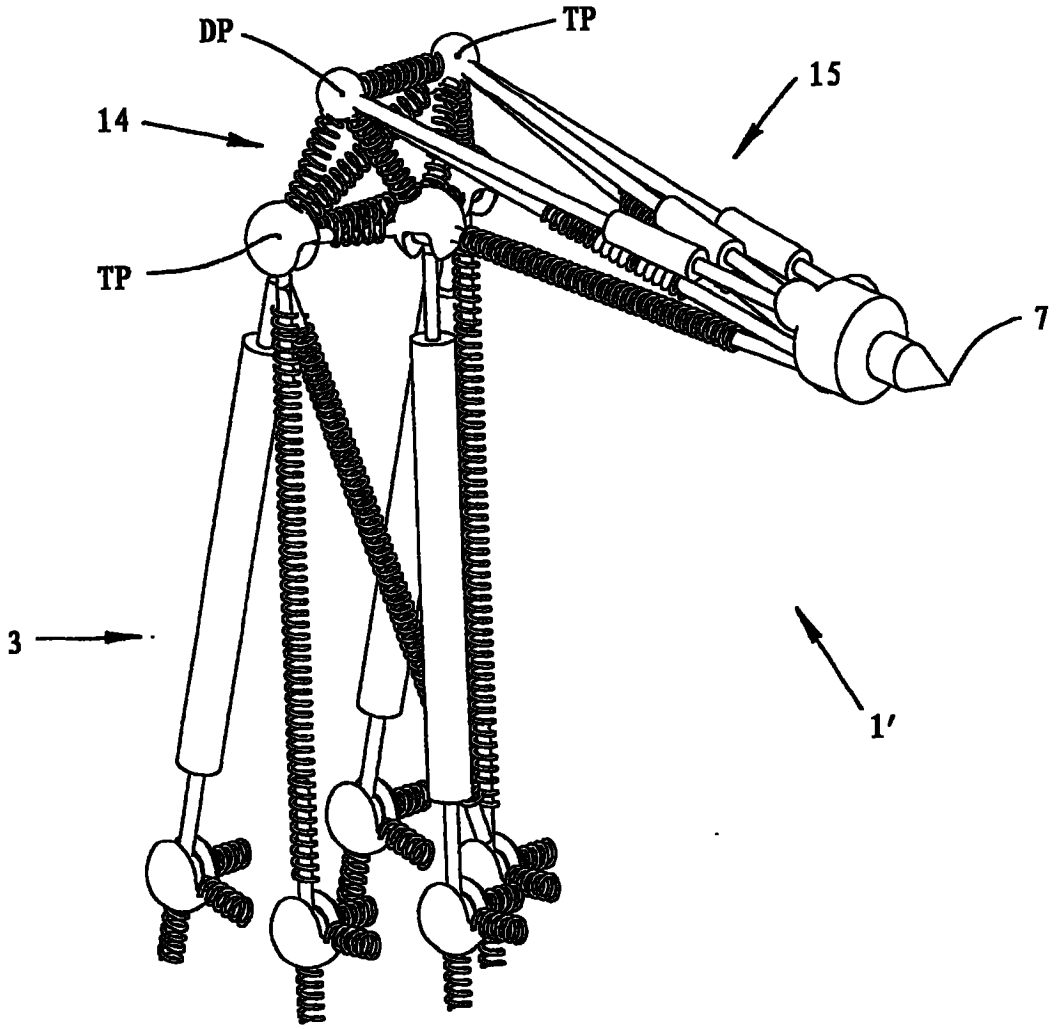



图 3

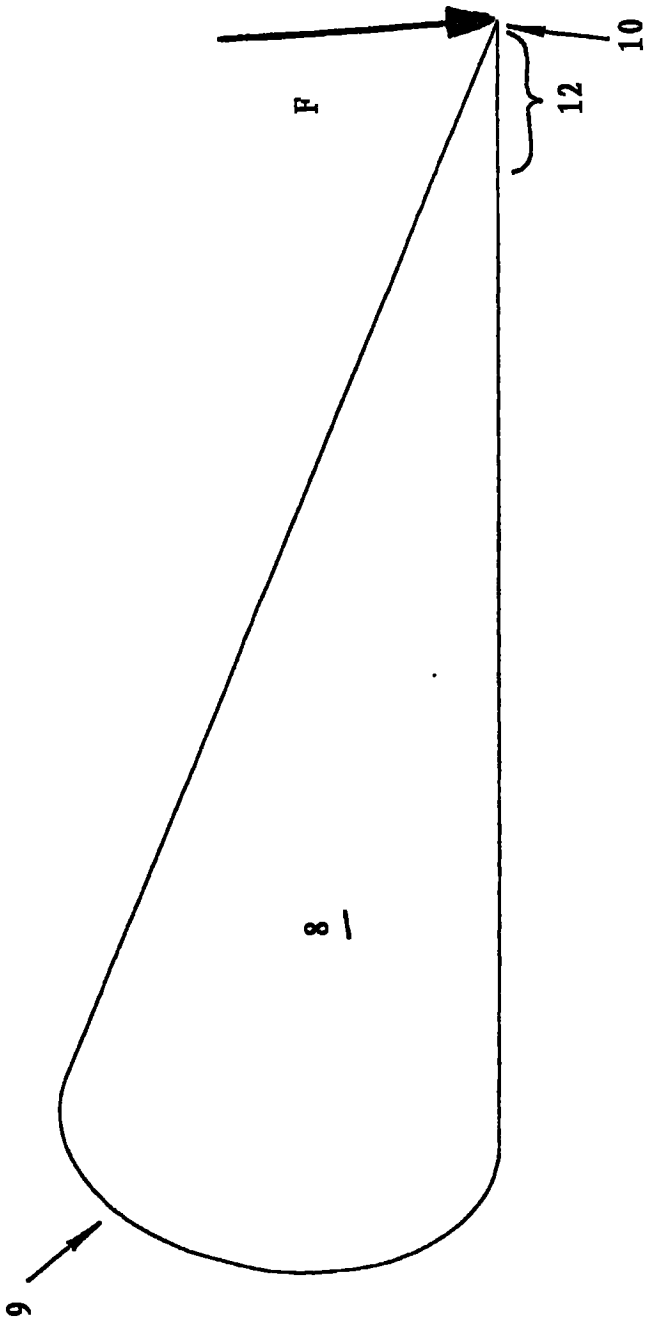



图 4

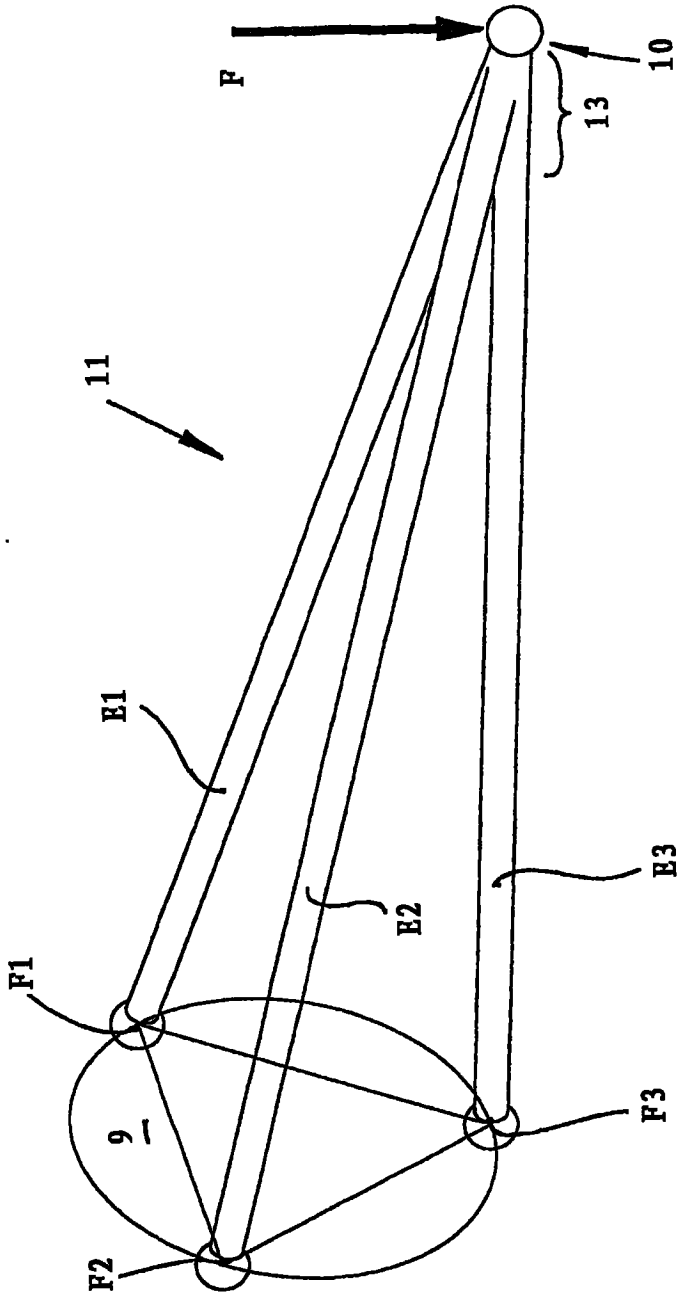



图 5

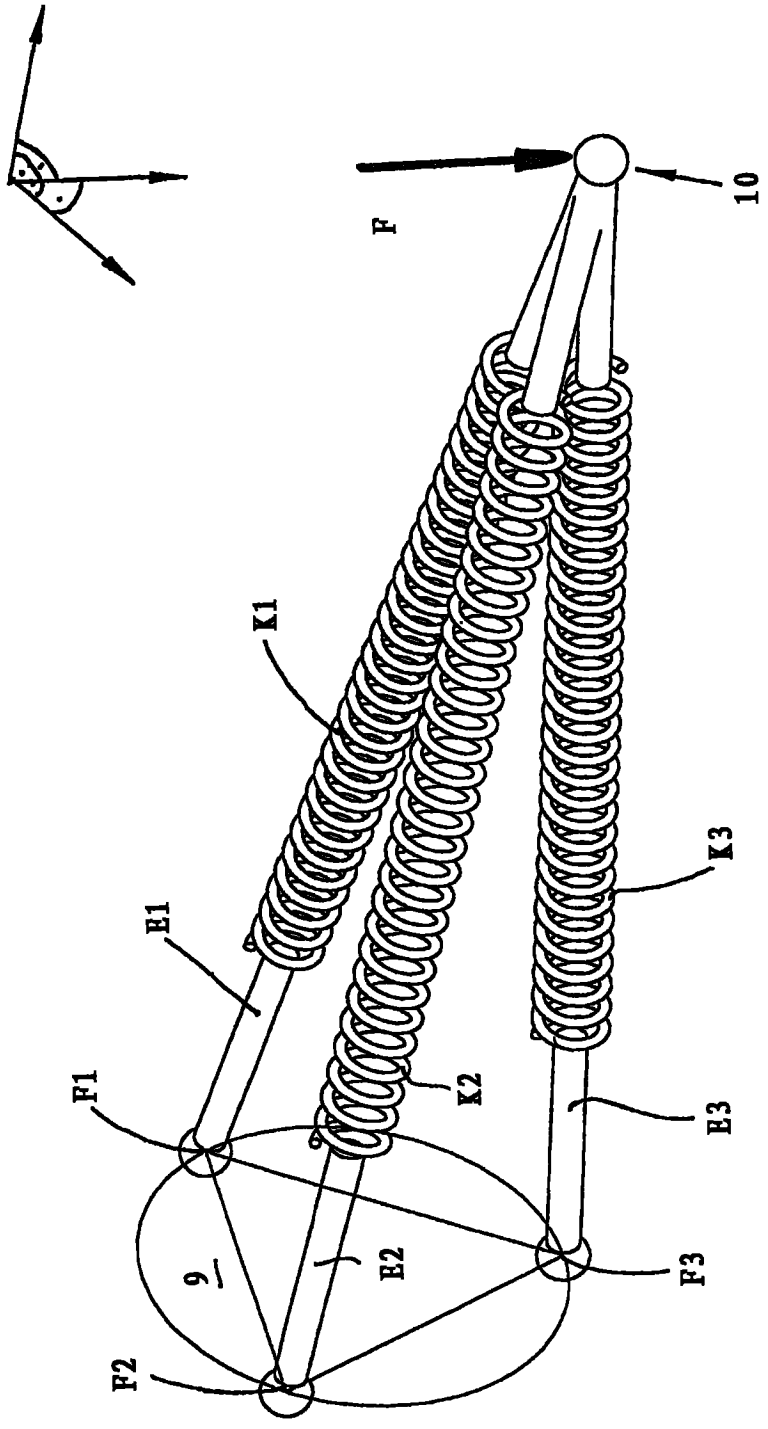



图 6

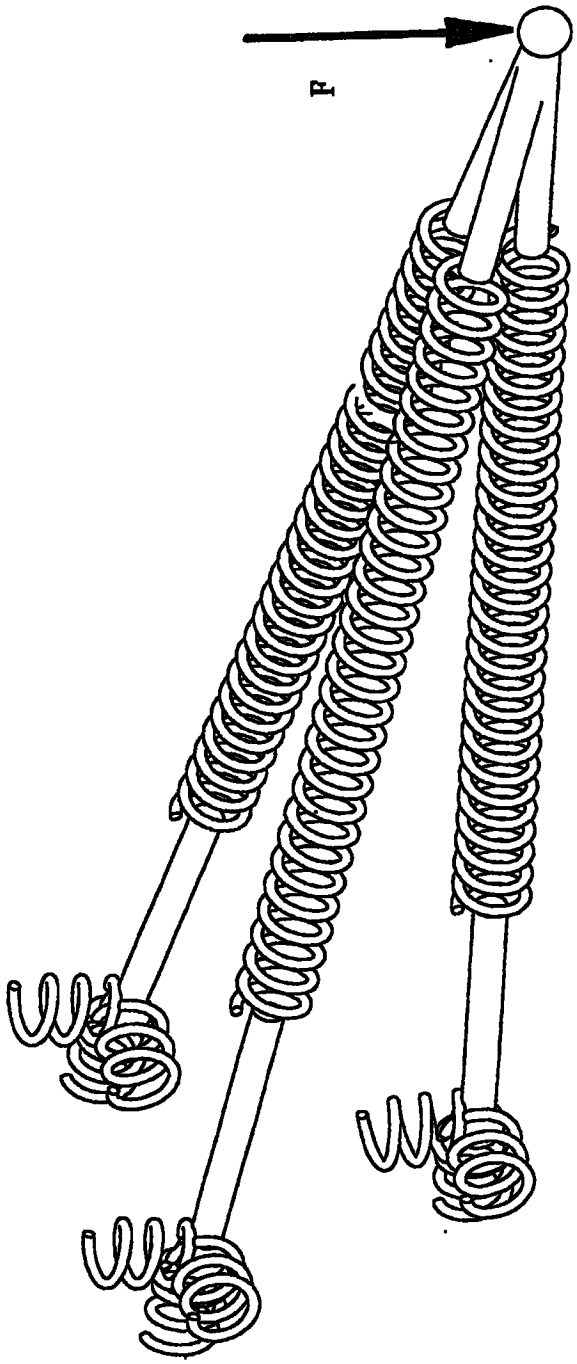



图 7