

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610126791.8

[51] Int. Cl.

H02P 7/06 (2006.01)

B60T 13/74 (2006.01)

[43] 公开日 2007年3月7日

[11] 公开号 CN 1925308A

[22] 申请日 2006.9.1

[21] 申请号 200610126791.8

[30] 优先权

[32] 2005.9.2 [33] FR [31] 0508994

[71] 申请人 梅西耶-布加蒂公司

地址 法国韦利济-维拉库布莱

[72] 发明人 J·蒂博 F·尼尔利齐

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 刘佳

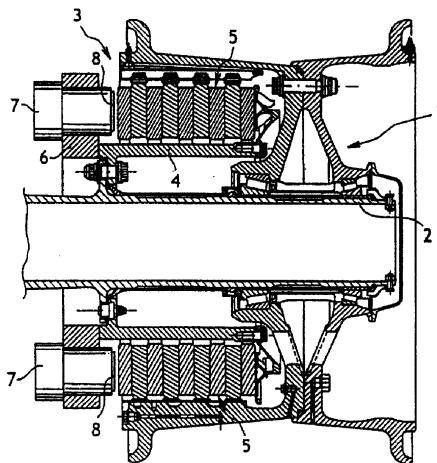
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

[54] 发明名称

管理特别用于飞行器的机电制动执行器的方法

[57] 摘要

本发明涉及一种管理机电制动执行器(7)的方法,包括适用于移动面向一叠圆盘的推进器(8)以将制动力选择性地施加到该叠圆盘的电动机,该方法包括以将工作域选为呈现具有基本沿电流/速度平面中绘出的恒定功率曲线(14)延伸的部分的边界(15)的方式,使执行器在电流/速度平面内的给定工作域(D')内工作的步骤。



1. 一种管理机电制动执行器(7)的方法,所述机电制动执行器包括适用于移动面向一叠圆盘的推进器(8)以将制动力选择性地施加到该叠圆盘的电动机,所述电动机在给定电流(i_q)下以旋转速度($\bar{\Omega}$)运转,

所述方法包括使所述执行器在由所述电动机的旋转速度($\bar{\Omega}$)及其电流(i_q)限定的工作点工作,其中所述工作点位于电流/速度平面内限定的给定工作域(D')内;

所述方法的特征在于:选择所述工作域(D')以呈现具有基本沿所述电流/速度平面中绘出的恒定功率曲线(14)延伸的部分的边界(15)。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,使用伺服控制,所述伺服控制包括接收基准电流(\bar{i})的电流环路,所述方法包括以使对应于饱和的基准电流(\bar{i}_{sat})和旋转速度(Ω)的工作点保持在所述工作域(D')内的方式使所述基准电流(\bar{i}_{sat})饱和的步骤。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,实现伺服控制,所述伺服控制包括接收基准速度($\bar{\Omega}$)的速度环路,所述方法包括使基准速度饱和以使对应于饱和的基准速度($\bar{\Omega}_{sat}$)和电流(i_q)的工作点保持在所述工作域(D')内的步骤。

4. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,实现伺服控制,所述伺服控制包括接收基准位置($\bar{\theta}$)的位置环路,所述方法包括使基准位置饱和以使对应于饱和的基准位置($\bar{\theta}_{sat}$)的导数($\bar{\tau}_{sat}$)和电流(i_q)的工作点保持在所述工作域(D')内的步骤。

5. 如权利要求2到4中的任一项所述的方法,其特征在于,所述执行器由传递功率的电源(20)供电,并且其中,将所述基准乘以一系数G,如果功率大于或等于所述最大允许功率(P_{max}),则G为零。

6. 如权利要求5所述的方法,其特征在于,所述电源(20)被安排成以基本恒定的电压(V)传递电源电流(I),并且其中,测量电源电流(I)并将其与对应于所述最大允许功率(P_{max})的最大电流(I_{max})进行比较。

管理特别用于飞行器的机电制动执行器的方法

技术领域

本发明涉及管理特别用于飞行器的机电制动执行器的方法。

背景技术

已知有用于管理机电制动执行器的方法，该制动执行器包括适用于移动面向一叠圆盘的推进器以将制动力选择性地施加到该叠圆盘上的电动机。

作为这种制动器的一个例子，图 1 是安装在飞行器的起落架的轴 2 上并承载轮缘 1（用于容纳未示出的轮胎）的用于飞行器的机电制动器 3 的截面图。这种制动器 3 包括固定到轴 2 的扭管 4 及在扭管 4 和轮缘 1 之间延伸的一叠圆盘 5。该叠圆盘 5 包括被强制与缘 1 一起旋转的第一圆盘（称为“转子”圆盘），及与第一圆盘交替排列并被强制与扭管 4 一起旋转，以使它们不与缘一起旋转的第二圆盘（称为“定子”圆盘）。面向该叠圆盘的是固定到扭管 4 并承载机电执行器 7 的环 6，每个执行器包括适用于移动面向该叠圆盘 5 的推进器以按选择性的方式向其施加制动力的电动机（未示出）。

如图 2 所示，图 2 是在电流/速度平面中绘出执行器 7 之一的电动机的工作范围或域的曲线图，所述工作域 D 以常规方式包括首先由第一直线 10（向下倾斜），其次由第二直线 11（垂直线）定义的边界，该第一直线 10 的斜率取决于电动机的性能和尺寸，且高度由为电动机选择的电源电压确定，该第二直线由电动机工作时不应超过的最大电流（尤其是出于保护与电动机相关联的功率部件）确定。

对于制动执行器典型的工作点首先位于速度轴和第一直线 10 的交点附近，如工作点 12，它对应于推进器 8 以高速接近圆盘 5 时的阶段；其次位于电流轴和第二直线 11 的交点附近，如工作点 13，它对应于推进器 8 将力施加到圆盘 5 时的状态。

一般而言，在飞行器上，可用功率是有限的，并且重要的是确保执行器不消耗大于最大允许功率 P_{\max} 的功率以避免触发飞行器的断路器类型的电保护装置。

因此，这种限制导致限定了这样的工作域 D，该工作域在电流/速度平面上完

全在对应于最大允许功率 P_{\max} 的恒定功率曲线 14 下延伸。

这种局限导致执行器的性能未充分利用。

发明内容

本发明的一个目的是提供一种使机电制动执行器的性能能够提升同时确保消耗的功率不超过最大允许功率的控制方法。

为了达到这个目的，本发明提供了一种管理机电制动执行器的方法，该制动执行器包括适用于移动面向一叠圆盘的推进器，以将制动力选择性地施加到该叠圆盘上的电动机，该方法包括使电动机在电流/速度平面内的给定工作域内工作的步骤，根据本发明，选择该工作域以呈现具有基本沿该电流/速度平面上绘出的恒定功率曲线延伸的部分的边界。

通过选择对应于最大允许功率 P_{\max} （或略低一些的功率）的曲线作为恒定功率曲线，以这种方式定义的域使电动机能够在对应于高于现有技术的速度或电流的工作点工作，同时确保电动机不消耗大于最大允许功率的功率。

附图说明

参考附图中的各图，根据下文给出的描述，能更好地理解本发明，附图中，除上述的图 1 和 2 外：

图 3 是示出本发明的一个实现的类似于图 2 的图；

图 4 是示出本发明的一个特定实现中执行器之一的电动机的伺服控制的框图，包括位置饱和，速度饱和和电流饱和；

图 5 是示出图 4 的框图的细节的图，它示出了速度饱和；

图 6 是示出图 4 的框图的细节的图，它示出了电流饱和；

图 7 是示出图 5 和 10 中示出的饱和所涉及的阈值的变化的曲线图；

图 8 是示出图 5、6 和 10 中示出的饱和所涉及的系数的变化的曲线图；

图 9 是示出图 6 中示出的饱和所涉及的系数的变化的曲线图；以及

图 10 是示出图 4 的框图的细节的视图，它示出了位置饱和。

具体实施方式

参考图 3，本发明在于使机电执行器 7 在大于域 D（以点划线绘制）的工作域 D' 中工作。域 D' 由第一直线 10' 和第二直线 11' 限定，第一直线 10' 对应于以大于限

定图 2 的第一直线 10 的电压的电压馈电的发动机，而第二直线 11' 对应于大于由图 2 的第二直线 11 限定的最大电流的最大电流。此外，根据本发明，域 D' 也由沿对应于功率 P_{\max} （同样在图 2 中可见）的恒定功率曲线 14 延伸的边界部分 15 限定。

该新的工作域 D' 使执行器 7 能够在能获得更好的性能的工作点工作。因此，执行器 7 能在工作点 12' 工作，即以大于与工作点 12 相关联的速度的速度工作，或者它能在工作点 13' 工作，即以大于与工作点 13 相关联的扭矩的扭矩工作。然而，域 D' 仍然完全位于对应于 P_{\max} 的恒定功率曲线 14 之下，使得在工作域 D' 内操作执行器将由执行器 7 消耗的功率限于不大于最大功率 P_{\max} 的功率。

关于上述的本发明的原理，以下是本发明的一个特定实现的详细描述。

参考图 4，机电执行器 7 以常规的方式由反相器 20 供电，反相器 20 生成用于装配到执行器 7 的三相电动机的三相交流电 (AC)。反相器 20 由适用于以基本恒定的电压 V 传递电流 I 的电源 21 供电，并且该反相器是通过生成用于反相器的控制信号 \underline{c} ，以使执行器 7 的电动机能达到对应于基准角位置 $\bar{\theta}$ 的角位置，在用于电动机的基准角位置 $\bar{\theta}$ （对应于面向一叠圆盘的推动器的位置）的基础上伺服控制的。

这里所述的伺服控制包括互相交错的位置环路、速度环路和电流环路。

由制动计算机（未示出）生成的基准角位置 $\bar{\theta}$ 最初被施加到位置饱和电路 22（下文参考图 10 更详细描述），该位置饱和电路被安排成将基准角位置 $\bar{\theta}$ 的最大斜率（即基准角位置作为时间的函数的最大变化）限于确定的最大值。这种饱和滤除了基准角位置中可能需要以高功率工作的突然上升。

位置饱和电路 22 的输出 $\bar{\theta}_{sat}$ 形成了加法电路 23 的正输入，加法电路 23 的负输入由执行器 7 的电动机的角位置的测量值 θ 形成，因此形成了位置环路。

加法电路 23 的输出，即误差 $\varepsilon_{\theta} = \bar{\theta}_{sat} - \theta$ 形成了第一比例积分微分 (PID) 控制器 24 的输入，其输出为电动机给出了基准旋转速度 $\bar{\Omega}$ （它也与推进器的基准位移速度成正比）。基准速度 $\bar{\Omega}$ 服从速度饱和电路 25（以下参考图 5 详细描述），速度饱和电路 25 被安排成限制基准速度 $\bar{\Omega}$ 以使执行器的工作点不离开域 D'。速度饱和电路 25 的输出 $\bar{\Omega}_{sat}$ 形成加法电路 26 的正输入，而加法电路 26 的负输入由执行器 7 的电动机的旋转速度的测量值 Ω 形成，由此形成了速度环路。

加法电路 26 的输出，即误差 $\varepsilon_{\Omega} = \bar{\Omega}_{sat} - \Omega$ 形成了第二 PID 控制器 27 的输入，其输出形成了基准电流 \bar{i} 。基准电流 \bar{i} 服从电流饱和电路 28（以下参考图 6 详细描述），电流饱和电路 28 被安排成限制基准电流 \bar{i} 以使执行器的工作点不离开域 D'。电流饱和电路 28 的输出 \bar{i}_{sat} 形成了加法电路 29 的正输入，而加法电路 29 的负输入

由反相器 20 向执行器 7 的电动机传递的电流的测量值 i_q 形成，由此形成了电流环路。值 i_q 以常规的方式从由反相器 20 生成的三相电流的瞬时振幅来估算。

最后，加法电路 29 的输出，即误差 $\varepsilon_i = \bar{i}_{sat} - i$ ，形成了第三 PID 控制器 30 的输入，其输出是控制信号 c 。

参考图 5，速度饱和电路 25 首先包括第一限制器 40，它限制基准速度 $\bar{\Omega}$ 以使对应于该基准速度的工作点 $(\bar{\Omega}, i_q)$ 保持在工作域 D' 内。定义取决于电流 i_q 的阈值 F 如下：由服从电流 i_q 且以速度 Ω 旋转的执行器 7 的电动机消耗的功率表示如下：

$$P = k_1 \cdot \Omega \cdot i_q + k_2 \cdot i_q^2$$

其中第一项表示由执行器的电动机产生的机械功率，而第二项表示由于焦耳效应而引起的损耗。因此，恒定功率电流曲线 14 有以下方程式：

$$P_{max} = k_1 \cdot \Omega \cdot i_q + k_2 \cdot i_q^2$$

其中 P_{max} 是事先设定的参数。

对于给定电流 i_q ，足以将基准速度 $\bar{\Omega}$ 限于如下选择的阈值 F：

$$F = \frac{P_{max} - k_2 \cdot i_q^2}{k_1 \cdot i_q} \quad \text{对于 } i_q \leq \sqrt{P_{max}/k_2}, \text{ 否则为 } 0。$$

在图 7 中绘出阈值 F。阈值 F 沿着恒定功率曲线 P_{max} 到它与横坐标轴相交的点，然后它保持零值。在图 7 中，能看到第一限制器 40 的效应，对于给定电流 i_q ，第一限制器 40 使基准速度 $\bar{\Omega}$ 成为在阈值曲线 F 上所取的与域 D'（图 7 中以虚线绘制）的边界 15 重合的值 $\bar{\Omega}'$ ，以使工作点在域 D' 内。

然而，在操作中，因为各种原因（磨损，热，...），可能会发生用于确定阈值 F 的参数（实质上是扭矩常数 k_1 和电阻值 k_2 ）变化的情况。结果，虽然限制器 40 正确地工作，但功率可能偶然超过功率 P_{max} 。

为了防止这种超过，速度饱和电路 25 包括将系数 G 应用于第一限制器 40 的输出 $\bar{\Omega}'$ 的安全限制器 41，其中系数 G 取决于馈入反相器 20 的电源电流 I，如下：由反相器 20 消耗的功率是 $P = V \cdot I$ 。因为电源电压 V 是基本恒定的，因此由反相器 20 消耗的功率基本随电源电流 I 变化。因此，功率 P_{max} 对应于电流 I_{max} ，使得 $P_{max} = V \cdot I_{max}$ 。在这些情况下，如图 8 所示，以以下方式选择系数 G：只要电源电流 I 小于阈值电流 I_s （例如，电流 I_{max} 的 90%），系数 G 就等于 1，然后当电源电流 I 达到电流 I_{max} 时，系数 G 线性减小到 0。

因此，速度饱和电路 25 的输出等于 $\bar{\Omega}_{sat} = G \cdot \bar{\Omega}'$ 。因此，如果反相器 20 的电源电流 I 接近电流 I_{max} ，则基准速度服从趋向于 0 的系数，以使推进器减速，然后所

消耗的功率降低，由此使电源电流 I 远离电流 I_{\max} 。因此，消耗的功率绝不会超过最大功率 P_{\max} 。

参考图 6，电流饱和电路 28 包括将基准电流 \bar{i} 限于图 9 所示并取决于速度 Ω 的阈值 F^1 的第一限制器 42，在这个例子中将所述阈值选为用于速度饱和电路 25 的第一限制器 40 的阈值 F 的倒数（在图形上，通过在心里交换横坐标轴和纵坐标轴，能看到阈值 F^1 与图 7 的阈值 F 一样）。

图 9 示出饱和效应，对于给定速度 Ω ，使基准电流 \bar{i} 成为位于阈值曲线 F^1 上且与工作域 D' （图 9 中以虚线绘出）的边界 15 重合的值 \bar{i}' ，以使工作点 (Ω, \bar{i}) 进入域 D' 内。

饱和电路 28 还包括与速度饱和电路 25 的安全限制器 41 完全相同的安全限制器 43。

最后，参考图 10，位置饱和电路 23 首先包括估算基准位置 $\bar{\theta}$ 的时间导数 $\bar{\tau}$ 的微分器 44。然后将时间导数 $\bar{\tau}$ （具有角速度的维度）施加到与饱和电路 25 的第一限制器 40 完全相同的第一限制器 45 上，由此利用了阈值 F 并输出值 $\bar{\tau}'$ 。该值服从与安全限制器 41 和 43 完全相同的安全限制器 46，以获得饱和时间导数 $\bar{\tau}_{sat}$ ，该饱和时间导数 $\bar{\tau}_{sat}$ 由时间积分器 47 处理以提供基准饱和位置 $\bar{\theta}_{sat}$ ，因而工作点 $(\bar{\tau}_{sat}, i_q)$ 位于工作域 D' 内。

本发明不限于以上描述，而是相反，覆盖了由所附权利要求书定义的范围内的任何变体。

特别地，尽管在电流速度平面的第一象限内描述了执行器的工作和本发明的实现，但很明显，本发明能延及所述平面的其它三个象限。因此，每个象限呈现出基本位于恒定的功率曲线上的边界的一部分。

尽管所示的伺服控制利用了位置饱和、速度饱和和电流饱和，但只用这些饱和中的两个，或者甚至只用一个来实现本发明也是可能的。所有这些都用于将执行器的工作点保持在域 D' 内。自然地，实现的饱和的数量越大，工作点越过域 D' 的边界的风险越小。然而，增加饱和的数量使伺服控制不稳定，因为每个饱和向伺服控制环路引入延迟。因此，所用的饱和的数量取决于减小工作点离开工作域 D' 的风险和确保伺服控制稳定的折衷。

尽管示出的饱和电路各自包括其阈值借助电流或测得速度的连续函数来确定的第一限制器，该函数是在给定工作域的情况下完全拟合电流/速度平面中的恒定功率曲线的函数，但构造不完全拟合恒定功率曲线的边界，例如呈现阶梯形的边界

也是可能的。

如果没有功率偶尔瞬时地超过最大允许功率的危险，则饱和电路不必有安全限制器。在这一方面，一种用于降低这种超过的风险的技术在于向执行器的工作域提供不沿对应于最大允许功率 P_{\max} 的恒定功率曲线延伸，而是沿对应于略小的功率值 $\alpha \cdot P_{\max}$ 的恒定功率曲线延伸的边界，其中 α 小于 1（例如，90%）。

尽管该描述涉及对于执行器的位置伺服控制，但本发明同样适用于力伺服控制。

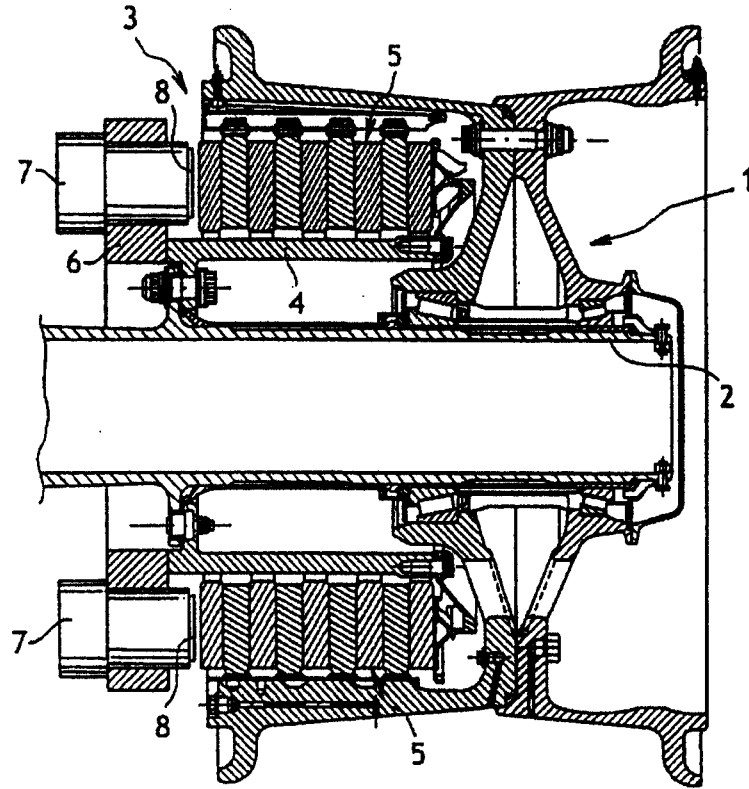


图 1

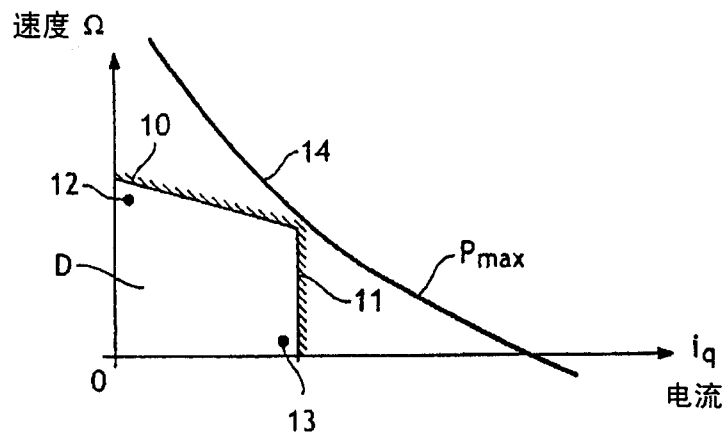


图 2

现有技术

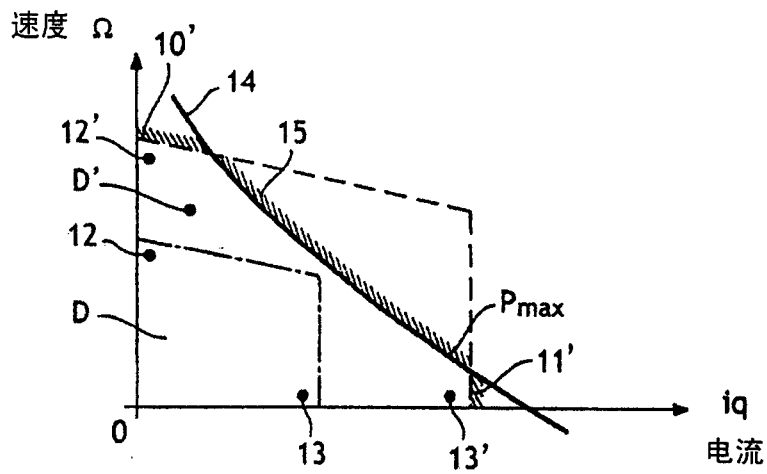


图 3

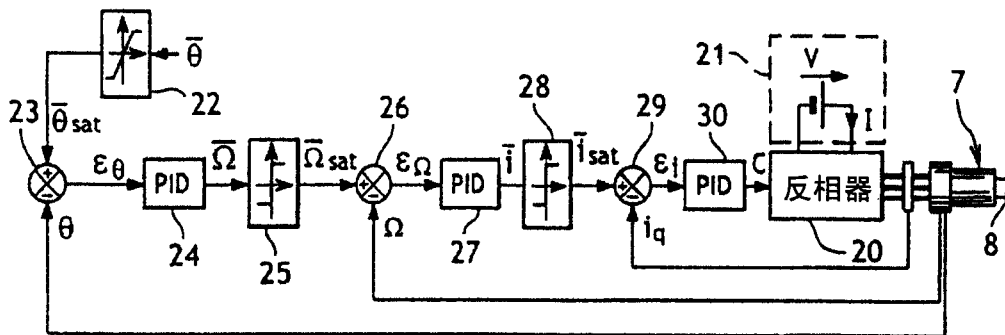
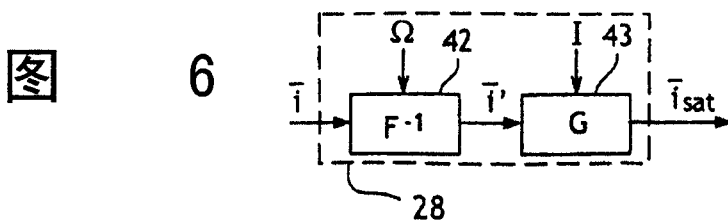
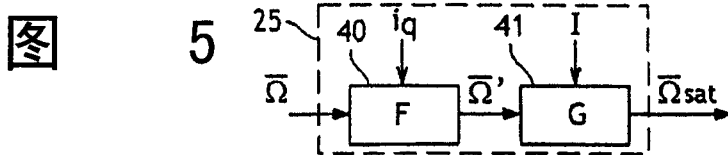


图 4



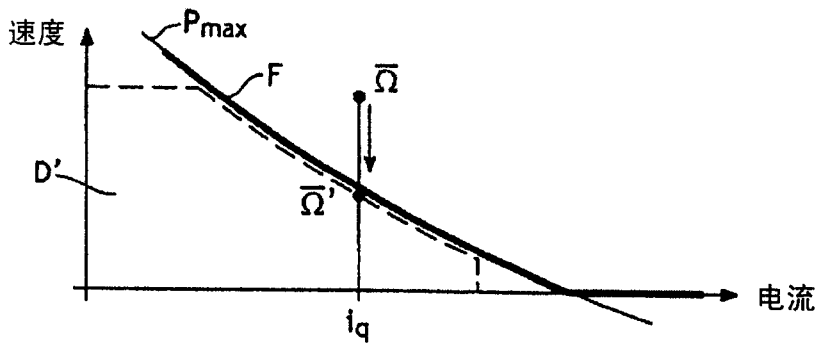


图 7

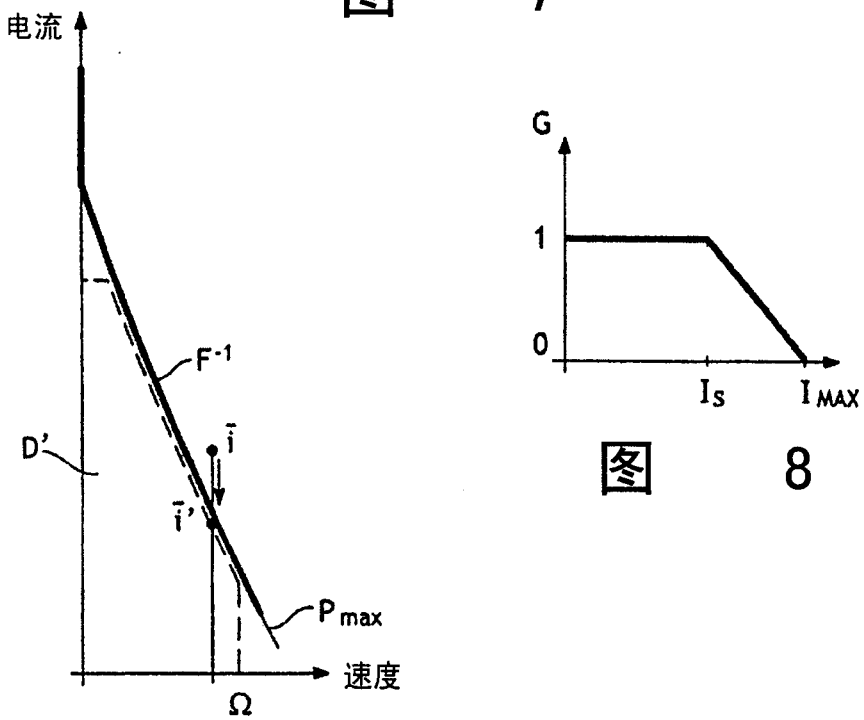


图 8

图 9

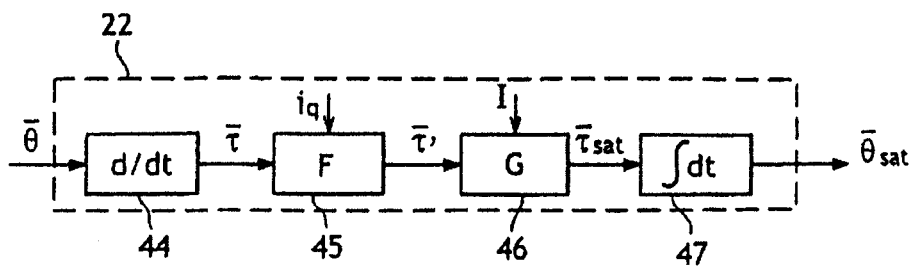


图 10