

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 9/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710105286.X

[43] 公开日 2007年10月10日

[11] 公开号 CN 101050753A

[22] 申请日 2004.12.20

[21] 申请号 200710105286.X

分案原申请号 200410101685.5

[30] 优先权

[32] 2003.12.23 [33] DE [31] 10361443.5

[71] 申请人 沃伊特涡轮两合公司

地址 德国海登海姆

[72] 发明人 马丁·蒂尔舍尔

安德烈亚斯·巴斯特克

[74] 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限责任公司

代理人 余刚 吴贵明

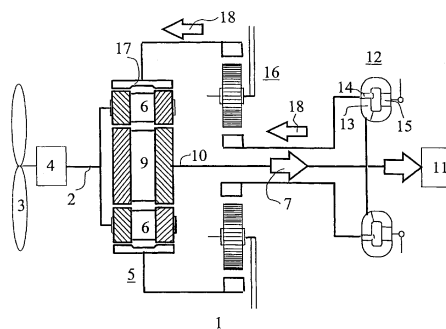
权利要求书1页 说明书16页 附图8页

[54] 发明名称

带有液压传动装置的风力发电装置的控制系
统

[57] 摘要

一种具有至少三个控制级的风力发电装置；第一控制级包括：风力转子；功率分流动传动装置，间接由风力转子驱动，并包括第一、二功率分支；带有至少一个作用部件的液压变速器；以及发电机，至少间接由第一功率分支驱动；在最优转速控制的情况下，第一控制级的功率分流动传动装置和液压变速器的结合在特征上基本等于风力转子的功率输入；液压变速器的作用部件的位置在第一控制级中进行控制；第二控制级包括：用于转子叶片的角位置的控制器，和/或用于液压变速器的作用部件的控制器，和/或用于发电机的功率电子的控制器；根据风力发电装置和/或电网的工作状态和/或风的特性，第三控制级启动和退出和/或加权第二控制级的控制器和/或其预定的额定特性。



1. 一种具有至少三个控制级的风力发电装置，其特征在于：在正常工作下，当在所述风力转子的固定转速阈值以上时，启动用于调节液压变速器的作用部件的控制器，同时所述风力转子的转速采取预定值或者在预定的值范围。
2. 根据权利要求 1 所述的具有至少三个控制级的风力发电装置，其特征在于：所述风力转子的预定转速值或者转速值范围由所述第三控制级确定。
3. 根据权利要求 1 或 2 所述的具有至少三个控制级的风力发电装置，其特征在于：所确定的风力转子的转速采用了基本恒定的值或者恒定的值范围。
4. 根据权利要求 1 或 2 所述的具有至少三个控制级的风力发电装置，其特征在于：所确定的风力转子转速的值或者值范围根据作用在所述风力转子上的转矩来确定。
5. 根据权利要求 1 至 4 中任一项所述的具有至少三个控制级的风力发电装置，其特征在于：至少存在在抛物线状功率输入时的部分负荷和满负荷的工作状态。

带有液压传动装置的风力发电装置的控制系統

本申请是 2004 年 12 月 20 日向中国国家知识产权局提交的名称为“带有液压传动装置的风力发电装置的控制系統”的第 20041010685.5 号专利申请的分案申请。

技术领域

本发明涉及一种带有液压传动装置的风力发电装置的控制系統，该液压传动装置位于传动系中，而该传动系介于风力转子（风力机）和与具有固定频率的电网相连接的发电机之间。

背景技术

如果首先从功率输入侧考虑风力发电装置的特殊系統特性，那么，除了气流的动力势通常随时间产生强烈波动以外，它的另一特性是将气流的机械功率转化为风力转子的机械功率。关于这一点，可以将驱动气流的每一气流速度与风力转子的最佳转速/转矩比相联系，而该最佳比值从其自身来说又取决于风力转子的几何形状和结构。风力转子的最佳转速随风速变化的变化曲线称为抛物线。在本申请中，按照所述抛物线进行变化的转子转速用术语“效率最优转速”表述。

利用发电机将风力发电装置的机械功率转换为电功率产生了对风力发电装置的进一步的要求，这是因为将发电机连接到电网同样要求保持恒定的系統频率。

当将发电机连接到电网时，第一种解决方案是使风力发电装置的整个传动系具有固定的转速，并且使风力转子也具有固定的转

速。这种固定转速的风力发电装置通过使用基于转差原理的异步发电机，可以很容易地连接到电网上。传动系上的恒定转速通过传动装置传输到风力转子上，致使风力转子达不到在各种风速情况下的最佳性能。

固定转速的风力发电装置的一个尤其不利的方面在于，当它处于通常风况下，经常发生其只能以部分负荷下的较低的效率运行。

如果风力发电装置在通常情况和特殊情况下，在部分负荷范围中都以可变的转子转速运行，那么就可以使传动系具有可变或恒定的初始转速，从而可以获得可变的发电机转速或恒定的发电机转速。在这两种情形下，由于转矩随时间变化，因此输出功率也随时间变化。

在第一种情况下，风力发电装置采用变频器，它以所需频率使发电机励磁，或者向已有系统频率的差值提供补偿，从而实现转速可变的发电机。这种方法偏离了此处想要解决的问题，并带来以下的特殊问题，如开环和闭环控制电路的复杂化、采用了变频器的风力转子形成的抛物线特性很差、通过变频器很难定义发电机的特性曲线、在恶劣环境限制下的运行可靠性变差、需要很大努力实现的驱动电网馈电质量，如小幅的谐振负载以及无功功率的产生。

第二种方法，也就是说不采用变频器而将风力发电装置的可变转子转速和恒定的发电机转速联系起来，这种方法与本文所表述的主题，即与具有可变输入转速和恒定输出转速的风力发电装置相一致。该问题的已知的解决方法是在传动系中叠加传动装置，用于将机械功率分支传送。在转速可变的风力发电装置方面，只有两种基于这一点的的方法已经公开，其被用来使发电机频率保持恒定。

在第一种系统中，通过叠加的传动装置将输入功率分配到大发电机和小伺服电动机上，通常大约 30% 的输入功率传输到伺服电动

机上。发电机以固定频率与电网相连接，而伺服电动机通过变频器和电网相连，或者通过与发电机机械连接的辅助发电机供电。为了稳定发电机的转速，伺服电动机可作为电动机或作为发电机以不同的频率运行。在这种系统中，存在与上述带有频率控制发电机的风力发电装置同样的问题。

在以液压方式工作的第二种系统中，未采用伺服电动机，而是采用了液压电动机和泵。该系统同样具有难以控制的特性这样的问题，尤其是响应动作迟缓、相应的空转时间和强烈的非线性。此外，该液压系统部件结构的复杂性也是一个缺点。

除了上述对风力发电装置的控制系统的要求以外（这些要求是由于转速的效率最优控制以及与电网相连的发电机的使用而产生），对控制系统还有进一步的要求，这是由于风力发电机的不同工作范围和不同工作状态所引起。在本申请中，术语“工作范围”取决于风力发电装置的可用风力和容量利用程度。下文以示例的方式区分了相邻的三个不同的工作范围。它们从低风速到高风速进行区分指定，称为部分负荷范围或者说抛物线负荷、降低噪声的转速控制范围、和性能限定的满负荷范围。风力发电装置的不同工作状态必须根据这个进行区分。例如，起动阶段、同步阶段、风力发电机的停止阶段或制动阶段、直到静止阶段。其他的工作状态可根据电网连接的要求而产生。涉及到卸载、短路、无功功率要求或者功率减少。

发明内容

本发明的目的在于，提供一种用于风力发电装置的控制系統，使得具有恒定转速并与电网连接的发电机能够在风力转子（风力机）满足最优转速控制的同时，能够在部分负荷范围情况下工作。同时，还提供了一种控制系统，其还适合于限制噪音的减速调节和

全负荷工作的减速调节。此外，这种控制系统应适合于针对在风力发电装置运行过程中的所有工作范围和状态进行调节。

为了实现这些目的，发明人已经认识到，适合于风力发电装置的控制系统的必须至少由三个控制级构成。

第一控制级由风力转子和与电网连接的发电机组组成，根据本发明，它们通过传动系相连接。传动系指的是功率分流传动装置和液压变速器的结合。该第一控制级具有这样的性能，它可以通过效率最优方式来控制转子的转速，并且同时确保恒定的发电机转速。这可以通过根据一个可能的实施例的所述传动系的结构而实现：

功率分流传动装置的输入轴至少间接地与风力发电装置的风力转子相连接。风力转子和功率分流传动装置输入端之间可行的中间构件可以是变速齿轮，也可以是刚性联接器。

功率分流传动装置可以设计为具有可变传动比的行星轮，在该传动装置中形成有两个功率分支。在传动系的输出轴至少间接地与发电机相连的情况下，该输出轴在第一功率分支中利用由风力转子提供的机械功率进行驱动。此时需要使发电机驱动装置的输出轴以恒定转速旋转。为此，液压转换器的泵轮至少间接地由传动系的输出轴驱动，其中在输出轴和泵轮之间存在直接连接。这要求输出轴在功率分流传动装置进行变速，以具有远高于输入轴的转速。发电机的通常转速例如是 1500 rpm。利用输出轴的高转速，可以使液压变速器获得有效的运行。

随着液压变速器作用部件（响应部件）位置的不同（该作用部件通常为带有导流叶片的导轮），存在一个特定的泵吸收功率和与此相关联的传输到液压变速器涡轮的功率值。这一点导致了这样的结果，即由于从气流的功率转换到风力转子的动能的系统内在特性

以及由于变速器的系统特性，功率分流传动装置和液压变速器的作用部件的变速比以这种方式进行设定，使得在通常情况和特殊情况下，在风力发电装置的部分负荷范围中，利用与叠加传动装置相连接的液压变速器的系统固有控制作用，在传动系的输入轴上可以达到最佳的风力转子的输入转速，同时可在传动系的输出轴上施加恒定的发电机转速。这产生的结果是，风力转子和例如涡轮机的变速器具有相同的转速/功率和转速/转矩的特性，并且由于它们一致的系统特性而需要相同的特性进行控制。

带有功率分流传动装置和与输出轴分接并将功率回馈到功率分流传动装置上的液压变速器的传动系通过调节机械传动部件而设计，使得通过传动系使风力转子具有接近抛物线曲线的最佳吸收特性。对于这种经过调整的传动系，通过对液压转换器的作用部件的位置的基本相同的设定，可获得变化的功率输入、沿功率输入的最佳转速对风力转子进行的控制、以及恒定的发电机转速。这个结果仅仅产生了取决于设计的传动系的输出转速的自动调节，该结果可以这种方式说明，即使得功率回馈到分流传动装置的液压变速器同样具有抛物线特性。因此，不存在实际意义上的对于第一控制级的理想值/实际值的控制。实际上仅存在对液压变速器的作用部件的控制，或者说是将它的位置设定为基本恒定的值，该恒定值与沿抛物线对风力转子的转速的控制导引相关联。因此，在本申请中，对于第一控制级使用了“自动调节”这个术语。

根据本发明的第二控制级包括用于控制转子叶片位置的控制器、用于控制液压变速器的作用部件的位置的控制器、和用于控制发电机的功率的控制器。所述第二控制级的控制器实际上是环路控制器，因为它们执行的是额定值和实际值的比较，并发送启动信号。根据本发明，第二控制级的控制器对于所有的工作范围或工作状态并不是同时启动，且不具有相同的权重。在各个工作状态或者工作

范围之间过渡时，进一步优选的是在控制器权重中也存在一个渐变的过渡过程。

根据本发明的第三控制级的任务是根据不同的工作范围和工作状态来控制第二控制级的控制器的选择，从而确定它们的权重或者相应的渐变过渡过程。此外，通过第三控制级，可以设计额定值、工作点以及优选地还有第二控制级的控制器设定。

附图说明

以下，结合附图更详细地说明根据本发明的方法，在附图中：

图 1 示出了根据本发明的带有液压传动装置的风力发电装置的三个控制级；

图 2 示出了根据本发明的在从动侧具有变速器的转矩分流的风力发电装置的第一控制级的示意图；

图 3 示出了在风力发电装置的最佳点时的有效功率曲线的示意图；

图 4 示出了第一控制级的机械液压传动系的各个分支的功率通量和转速与风轮机转速的关系；

图 5 示出了机械液压传动系的作用部件的功率通量和位置与风轮机转速的关系；

图 6 示出了风力发电装置的不同工作范围；

图 7 示出了风力发电装置的不同工作状态；以及

图 8 示出了用于设定风力转子转速的液压变速器的作用部件（响应装置）的控制实施例。

具体实施方式

风力发电装置的转子功率 P_R 与风速 v_w 的近似关系如以下公式所示：

$$P_R = k c_p (v_w, \omega_R, \beta) v_w^3$$

此处， k 概括了各种常量，例如叶片的几何形状和空气密度。另外， c_p 表示功率系数，如公式所示，它取决于风速 v_w 、转子转速 ω_R 、以及转子叶片的角位置（浆距角）即所谓的倾斜角 β 。该功率系数的特点为它是一个全局最大值，该最大值在风速 v_w 增加时，可以使转子转速 ω_R 达到更大。

图 3 通过考虑不同风速示出了满足这种关系的风力转子的有效功率。图中示出了一组曲线（实线），其示例性地示出了在恒定的转子叶片倾斜角时，直径为 70m 的风力转子在风速为 18m/s、16m/s、14m/s、12m/s、10m/s、8m/s 时从气流中获取的功率。其特征是随着风速的增加，最佳转子转速也移动到较高值。相应的功率最大值也落在一条曲线上，该曲线同样称为抛物线。沿所述最佳功率输入曲线的转速控制在下文称为针对根据本发明的传动系的输入轴的效率最优转速控制。因此，转速可变装置可根据可用风速以最佳功率系数运行。此外，除了部分负荷时以可变转速运行以外，风力发电装置通常设计为一定的额定输出功率以及额定转速运行，它们在满负荷时实现并保持。

在以虚线示出的一组曲线的基础上，图 3 中示出了风力转子的转矩曲线。所示出的转矩曲线与取决于风速的相应功率相关联，也就是说，转矩值与每一个效率最优转速相关联，该转矩值不等于相

应风速时的最大转矩值，而是呈现出另一个值，参见图 2 中粗体印刷的转矩输入曲线。利用这个由风力转子获取的转矩，发电机通过根据本发明的传动系驱动。从图 3 中示出的同步发电机的转矩/转速比可以看出，当将 50Hz 的电网频率施加到传动系的输出轴上时，对于不同的传输转矩，可以在输出侧预先确定并且保持恒定的转速，本例中为 1500 rpm。

如果不利用同步发电机，而应用异步电动机，此时情况基本相同，这是因为，在线性范围运行时，可以采用一个大的转矩/转速比，使得传动系的输出轴的转速具有基本恒定的值。

图 2 示出了根据本发明的第一控制级的可行的实施例，包括传动系 1，其输入轴 2 与风力发电装置的转子 3 至少间接地连接。在本实例中，在风力发电装置转子 3 和输入轴 2 之间设置了具有恒定传动比的传动装置 4。在此处示出的实施例中，应用行星轮作为传动系 1 的功率分流传动装置 5，同时输入轴 2 与行星架 6 相连接。在功率分流传动装置 5 中存在两个功率分支；第一功率分支 7 将通过恒星轮 9 的功率引导至传动系的输出轴 10。所述输出轴 10 至少间接驱动发电机 11，并与液压变速器 12 进行作用连接。为此，输出轴 10 至少间接地与液压变速器 12 的泵轮 13 相连接。带有调节叶片的导轮被用作液压变速器 12 中的作用部件（响应部件）15，利用它可以设定涡轮 14 上的功率通量。存在有通过涡轮 14 的功率反馈，该功率反馈通过第二刚性行星轮系 16 引导，且作用于功率分流传动装置 5 的外齿轮 17，并影响传动比。这里指的是用作功率反馈的功率分流传动装置的第二功率分支 18。

根据本发明的第一控制级从结构观点出发这样进行设计，使得通过选择功率分流传动装置中的机械传动装置和通过选择变速器的尺寸，由风力转子 3 输入的最佳功率的抛物线特性可得以反映。出发点是对于每一个风速，都可以指定一个针对从气流中输入的最

大功率的理想转子转速。关于这一点，可参考前面结合图 3 的讨论。另外一个前提条件是同时给出发电机的传动系的恒定输出转速。在本实例中是 1500 rpm。在考虑上述前提条件的情况下，对于部分负荷范围中的每一个风速，都能确定功率分支传输装置的传输件（即外齿轮和恒星轮）的所必须的旋转速度。必须注意的是，传动系必须针对液压变速器 12 的作用部件 15 基本不变的保持位置，反映出功率输入的抛物线特性。

图 4 示出了传动系上存在的转速和在每个分支中传输的功率。具体来说，曲线 A 示出了输出轴 10 的转速，曲线 B 示出了液压变速器 12 的涡轮 14 的转速，曲线 C 示出了输入轴 2 的转速，以及，曲线 D 示出了功率分流传动装置 5 的外齿轮 17 的转速。对于功率通量，曲线 E 示出了风力转子获取的功率，曲线 F 示出了恒星轮 9 的功率，曲线 G 示出了传动系传输的功率，以及，曲线 H 示出了从液压变速器 12 经由第二功率分支 18 流回到功率分流传动装置 5 中的功率。

图 5 再次示出了本实施例的功率通量以及液压变速器的作用部件的调节，本实例中该作用部件为导轮。功率通量曲线 E、F、G、和 H 对应于图 4 中的各个曲线。很明显，在沿着可由传动系的特性再现的抛物线上的最佳功率输入的情况下，可以在示出的整个部分载荷范围中，利用基本相同的剩余导叶位置进行调节。这种调节以下称为液压变速器的调整设定。不需要对作用部件进行控制，从而在最佳风力转子转速变化的同时，使用于负荷发电机的传动系的输出转速恒定不变。由于作为功率输入的特征的抛物线陡度能够通过设计功率分流传动装置的部件的传递变速装置的尺寸以及变速器的尺寸来进行调节，因此可据此进行参考。根据本发明的传动系的特性以下称为自动调节。

图 1 示出了根据本发明的风力发电装置的控制级的分级结构。第一控制级是带有转子和发电机的、如上所述的自动调节的传动系。第二控制级叠加到第一控制级上，该第二控制级包括用于控制转子叶片角度的控制器、用于控制液压变速器的作用部件的位置的控制器、以及用于控制发电机的功率电子的控制器。在该第二控制级中，每一个所提及的控制器均进行额定值和实际值的比较，在比较的基础上发出相应的启动信号。

实践显示，不是每一个第二控制级的控制器对于所有的工作范围或者工作状态都进行启动。对控制级启动和控制器加权的控制以及在各个控制器之间的逐渐转换通过第三控制级进行。其不仅可以根据工作状态或者工作范围选出要控制的变量，而且对于同一个变量例如转子叶片角度可以使用不同的控制器或者不同的控制器设置。这使得可以针对各种特殊情形来调整控制特性、控制速度、以及控制质量。此外，可通过作为上级控制级的第三控制级实现对控制器的额定值和选定的工作点进行设定。

参照图 6 说明了针对不同工作范围对控制级 2 的不同控制器进行的选择。图中示出了由风力转子根据转子转速而获取的转矩。图中还示出了一组曲线，其示出了在液压变速器的作用部件的不同位置 (H) 的转矩/转速比。

I 表示的工作范围示出了部分负荷范围或者抛物线负荷工作范围。在该部分负荷范围中，仅应用了第一控制级的自动调节，也就是说，第二控制级的控制器都没有启动。因此，在第一控制级中这样控制作用部件，即将其设定为一个最佳的恒定值，使得按照风力转子的转速以效率最佳方式对风力转子进行控制，并从气流中获取最大功率。

为了监控在部分负荷范围或者说抛物线负荷范围中的风力转子以最佳效率运行，第三控制级上设置了传感器和相应的传感器处理。为此，优选要求监控平均风速、风力转子的转速和发电机转速。此外还可以监控传动系和发电机的其他工作参数，并可以基于模型来评估这些参数。在获得当前工作范围或目前工作状态的基础上，能够通过第三控制级将默认值发送给风力发电装置的第二控制级和第一控制级。信号评估装置可由本领域技术人员自行处理，例如可以设计为一种总线系统。

当在部分负载范围或者说抛物线负载工作范围中的正常工作状况下，通过第三控制级确定第一控制级是否使用的是液压变速器的作用部件的最佳位置，使得沿抛物线进行自动调节。如前所述，作用部件的最佳位置是系统固有的变量。然而，也可能出现这样的情形，即风力发电装置的设计结构数据在平均风速、转子叶片的几何尺寸、以及基于此的液压传动系的尺寸等方面稍稍偏离了实际的工作条件。在这种情况下，可以通过第三控制级检测到第一控制级相对于效率最佳指导的偏离，在此基础上需要进行相应的调整。因此，第三控制级将模仿第一控制级中对液压变速器的作用部件的设定进行的调整，如果需要的话，可在第二控制级中启动用于控制转子叶片的角位置（桨距角）的控制器。通常将离开转子叶片的完全作用位置的小偏离作为实际值，同时，第二控制级的用于控制转子叶片位置的控制器仅支持第一控制级的自动调节效应。第二控制级的控制器的这种下级性同样优选在对控制参数的设置如在控制时间常数中反映出来，其由第三控制级在正常工作情形下的部分负荷工作范围中进行设定。

如果达到某一转速阈值之上，在根据图 6 的实施例该阈值等于大约 15.5min^{-1} ，则离开部分负荷范围，而进入降低转速以限制噪音的工作范围。在由 II 表示的工作范围中，对于液压变速器的作用部件的常数值的控制或者设定由反馈控制取代。该反馈控制这样选

择作用部件的工作点，它使得转速在最简单情形下保持为常数，并且通常沿着随风力转子获取的转矩进行变化的曲线发生变化。根据风力转子预定的额定转速，对作用部件进行重新调节，使得由于返回到第二功率分支上的功率反馈，传输比在功率传输传动装置中发生改变，并且由于发电机所施加的转速的恒定性，在功率分流传动装置的第一功率分支中达到某一额定转速。通过对控制器特性的相应设定，可以使控制器根据平均风速的改变和由阵风产生的短期变化对工作点重新进行调整，其中，短期变化可导致转速在该受控工作点周围发生变化。为此，使用了第一控制级的自动调节特性，由于阵风产生的冲击在短时间能量存储期间得以减弱，并且风功率的短时增加被用来增加由传动系传输的有效功率。

根据本发明，由第三控制级执行对第二控制级的控制器的选择、启动和加权，而这些选择、启动和加权用于限制噪音的工作范围 II。因此，系统和环境测量值，特别是转子转速和发电机转速、发电机输出功率和平均风速将在第三控制级中进行处理，并确定当前的工作范围和工作状态，以及，在所确定的工作范围和工作状态的基础上，设定第一和第二控制级的设置、工作点和工作范围。

图 6 还示出了风力发电装置向满负荷工作范围的转换，用参考标记 III 表示。此时，风力发电装置的功率输入必须保持恒定。这通过将第二控制级的控制器接入到液压变速器的作用部件的仍在使用的控制器来实现。此时是指控制风力转子的叶片角度的控制器，即所谓的倾斜角控制器。对第二控制级的控制器的相应选择由根据本发明的第三控制级来进行。

工作范围“用于降低噪音的转速控制范围”在图 6 中用数字 II 表示，可以根据风力发电装置的安装位置采用不同的值，或者对于近海岸区域甚至可以忽略该工作范围，从而使得部分负荷范围或者说抛物线负荷工作范围 I 直接过渡到限制功率的满负载范围 III。

在风力发电装置不同的工作状态的基础上，即起动阶段、终止阶段、同步阶段，还存在有风力发电装置的控制系統需要作出响应的其他要求。即使在与系統相连的电网有关的事件或者要求的情况下，此处是指短路、功率减少或者无功功率要求，也能够通过第三控制级来选择控制器。优选的是，当存在电网要求时，通过第三控制级来启动用于第二控制级的发电机的功率控制器。

不同的控制器启动的其他例子在图 7a 到 7f 中示出。此处示出的是风力发电装置的起动和停止阶段。在风力发电装置起动时，对叶片的角位置这样进行调节，使得从流动的风中只取得最大功率的一部分。该功率足够使风力发电装置加速达到一个理想转速。可以对用于控制风力转子的叶片角位置的控制器进行控制，即对所谓的倾斜角控制器进行控制，使得装置达到发电机的转速范围。然后控制第一控制级的液压变速器的作用部件，使得实际的发电机转速在小的磁极偏差时与额定转速相一致。该额定转速（具有小的磁极偏差的发电机转速）是系統固有值，因此可以预先给定。同样地，还可以通过反馈控制来调整作用部件的初始调整设置。如果达到了发电机的带有小磁极偏差的额定转速，就可以和电网达到同步。在同步之后，可以通过转动转子叶片的位置到风中实现满功率获取。从这时起，优选不再启动转子叶片的位置，而是将其保持在预设值。

在进入制动阶段时，可以重新启动转子叶片控制器，例如图 7e 所示。通过调整转子叶片的倾斜角，将转子叶片从风中转出。

第三控制级所响应的一种可能的工作状态是卸载，其发生在大型用电设备的突然损耗情况中，尤其是发生在中断与高压网的连接时，从而改变了电网的不稳定性。此时，风力发电装置突然失去了能量稳定状态。通过气流输送到风力发电装置的有效功率不再以电功率（电力电子）形式加到电网上。转子、轮毂、传动系被加速，盈余功率被转变为转动体的动能。如果转动部的转速超过了结构上

预定的极限值，转子、发电机转子、轴和轴承可能会被破坏或者完全被损坏。对转动体的破坏主要指的是一种对安全性的危险，因此在所有的情形下都需要避免这种危险。为了避免这种安全临界状态，在如上所述的第三控制级中安装了独立设置的反馈控制算法。第二控制级的控制器可以将此时有效的工作状态变为“卸载”的工作状态。该工作状态的主要特征在于，叶片角以最大调节速度转到风以外。利用这种方法，可以确保气流施加到风力发电装置的功率尽可能快地减小。在经过零点之后，从转子获取能量延迟该装置，直到重新达到安全的工作状态。此外，在上述第二控制级中，对转矩转换器的作用部件的控制级产生影响，使得发电机转子尽可能少地加速到额定转速以上，从而可以安全地制动。为此必须确保转矩转换器中的液压连接器采用其最高值。相应地，运行转矩转换器中的制动器。这两个控制特性确保了不仅是风力发电装置的转子和发电机转子，而且还有叠加分支中的涡轮不会达到安全临界转速或者造成损害的超额转速。

发电机的定子与电网至少间接连接以进行功率传输。在产生电功率（功率电子）的是同步电动机的情况下，可以通过转子的励磁电压影响其工作特性。如果电网中出现电压中断，必须通过上述的第三控制级从第二控制级影响发电机的励磁控制，使得风力发电装置获得尽可能小的负荷，并最大程度地支持电网。

通过转子从气流获得并且输送给风力发电装置的功率与所谓的功率系数 c_p 成正比，并且与风速的三次方成正比。为了至少产生额定电功率所需要的风速以下将称为额定风速。如果当前风速超过了额定风速，则必须限定从气流输送到风力发电装置的有效功率。为此，通过上述第三控制级在第二控制级中启动倾斜角控制器，使得倾斜角根据超过额定功率的有效功率而增大，直到不再超过风力发电装置的额定功率。同样，在低于额定电功率时，可以减小倾斜

角角度，直到功率系数 c_p 达到最大值，并且转子从气流中获得最大功率。

由于电网中耗电设备随着时间改变的特性，电网操作员可向发电装置要求交替的电容或电感无功功率。这个要求可以通过作为电机的同步发电机通过励磁来满足。为此，电网操作员所要求的电容或者电感无功功率需求将通过上述第三控制级的控制器转换成第二控制级的励磁控制的励磁电压的额定值。第二控制级的励磁控制确保以从风力发电装置传输到电网的无功功率与电网操作员所要求的值相等的形式来影响励磁电压。

还可以根据使用寿命、负荷集合和维护间隔等进入脱出同步的工作状态。这也可以是在阵风条件下，预先将风力发电装置从风中转出，这可通过转子叶片位置来实现。此外，根据风力发电装置的安装或者为了修改目的，也可以限定用于检测阶段的特殊工作状态。此外，也可以考虑使风力发电装置的特定工作状态可以同时，也就是说结合在一起出现，这导致第三控制级对第二控制级的恰当的影响。

在图 8 中，示例性地示出了在至少三个控制级中的风力发电装置的控制装置的结构，以作为液压变速器的作用部件的控制装置的实例。假定图 6 中的工作区域 II，在该工作区域中，控制风力转子的转速来限制噪音。在这个简化实例中，为了实现第三控制级的这个目标，仅仅启动第二控制级中的液压变速器的作用部件的控制器，同时由第三控制级为转子叶片转速预先设定一个额定值。转子转速的实际值和额定值之间的比较在第二控制级中进行，这样确定的控制器偏差作为液压变速器的作用部件的控制器的输入值。在本实例中，使用了带有连接在输出电路中的 I-控制器的 PD-控制器。在本发明的范围内，也可以应用多个其他的控制方法，例如模糊控制或状态控制。

液压变速器的作用部件的控制器为第一控制级预定了一个介于端值 0 和 1 之间的额定设置以作为输出值。为了将作用部件调节到某一预定值，在本实施例中，在第一控制级中应用了作用部件的下层控制器。在该简化实例中，使用了 P-控制器，该控制器对作用部件的控制装置的系统产生影响。该系统具有这样的系统特性，其特征可简化为油量与出油口位置的成比例特性和液压控制装置的积分特性。

通过下层的定位控制器影响的作用部件的实际位置反过来作用到前述根据本发明的液压传动系(图 8 中未示出)以及发电机上。同样，针对第二控制级上的额定值-实际值比较的实际转子转速的反馈也未详细示出。

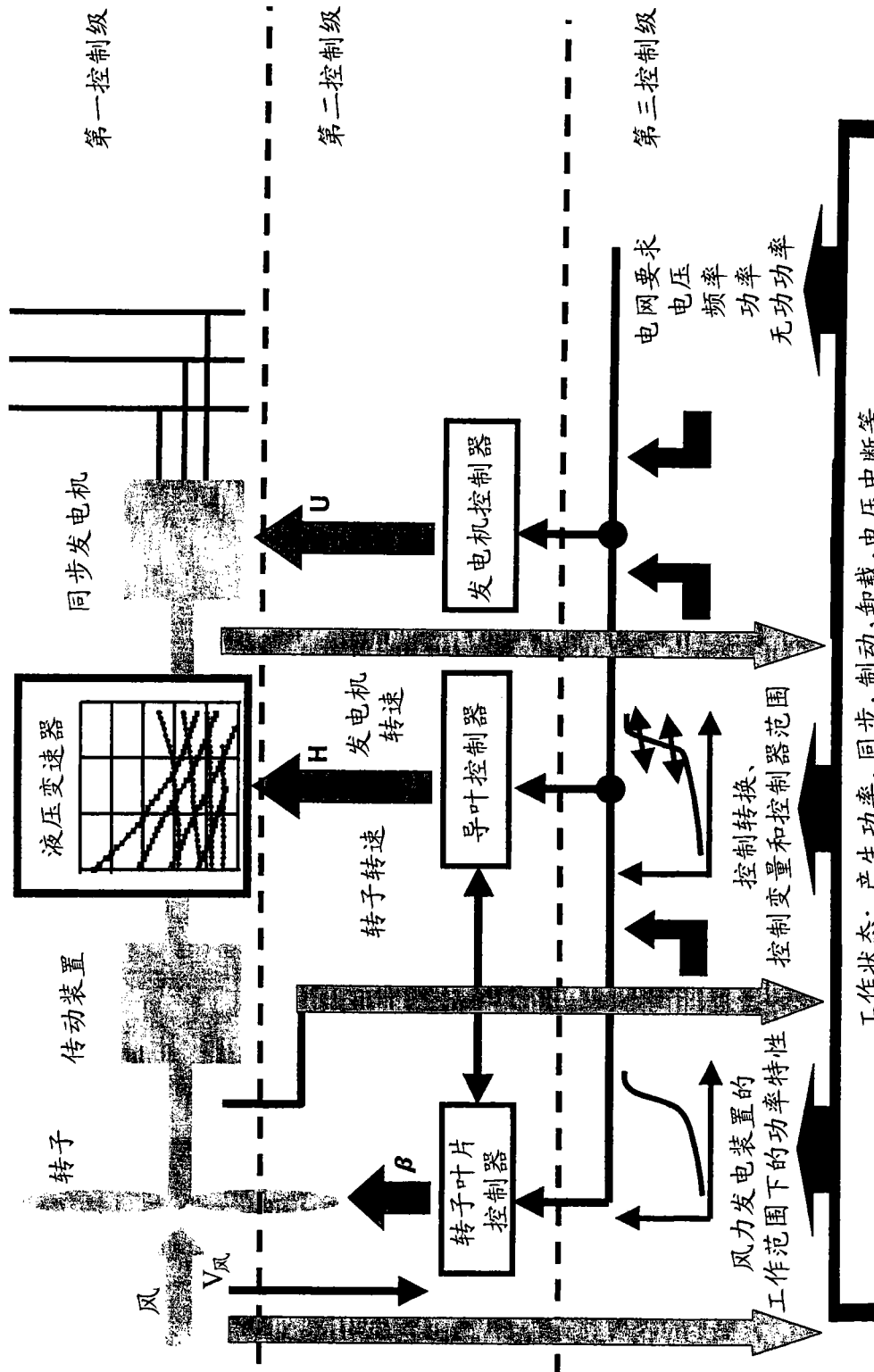


图 1

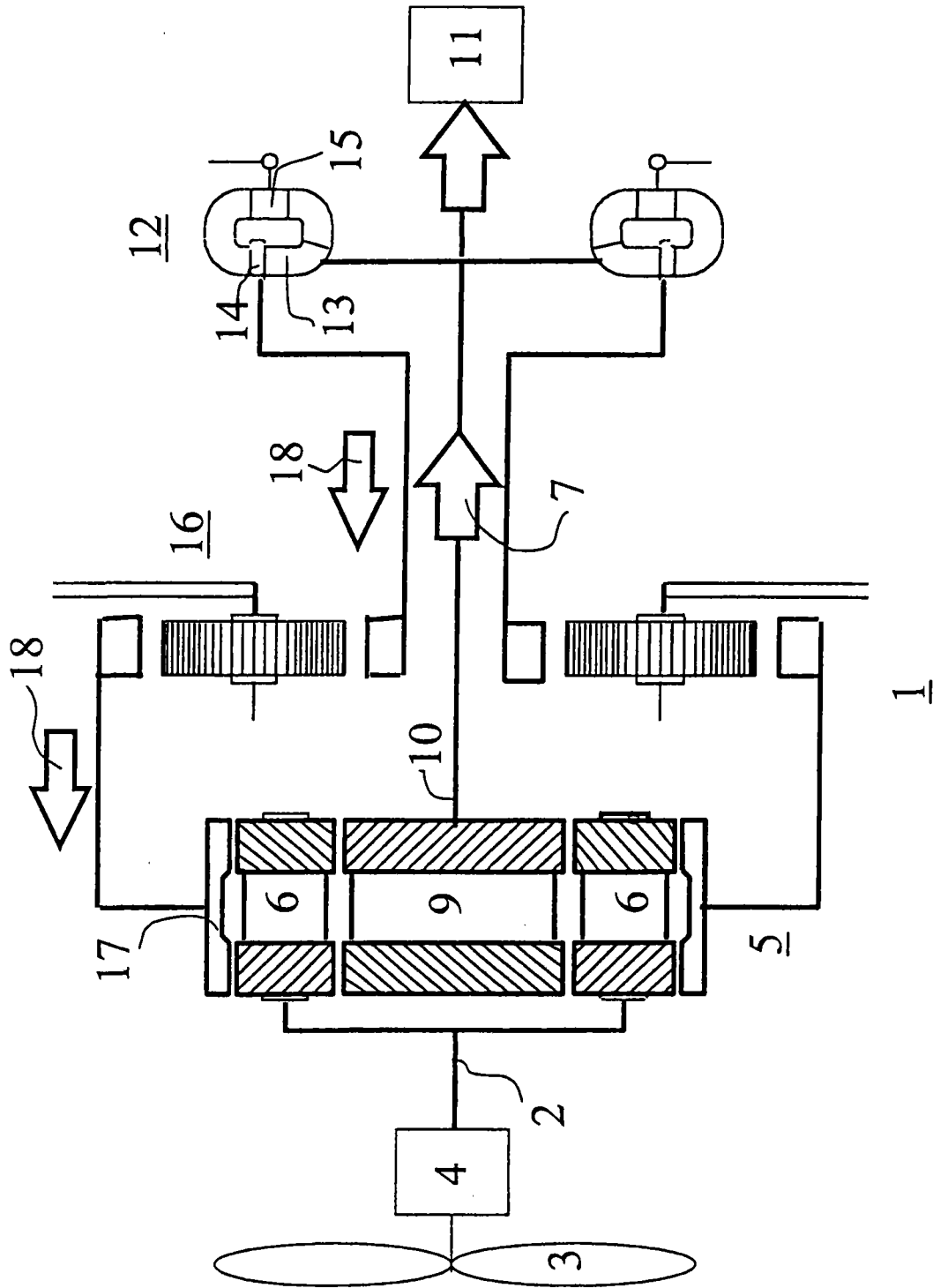


图 2

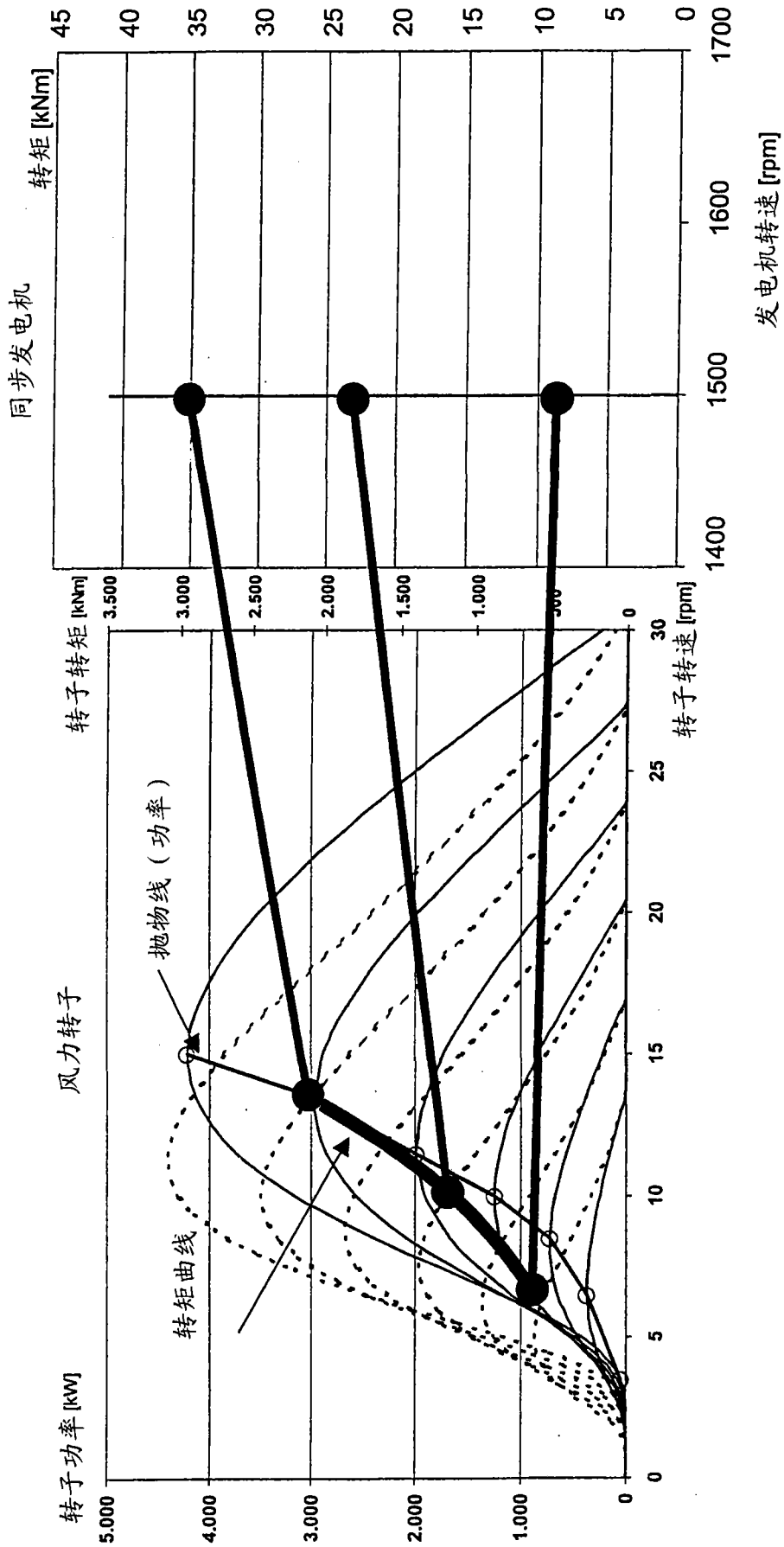


图 3

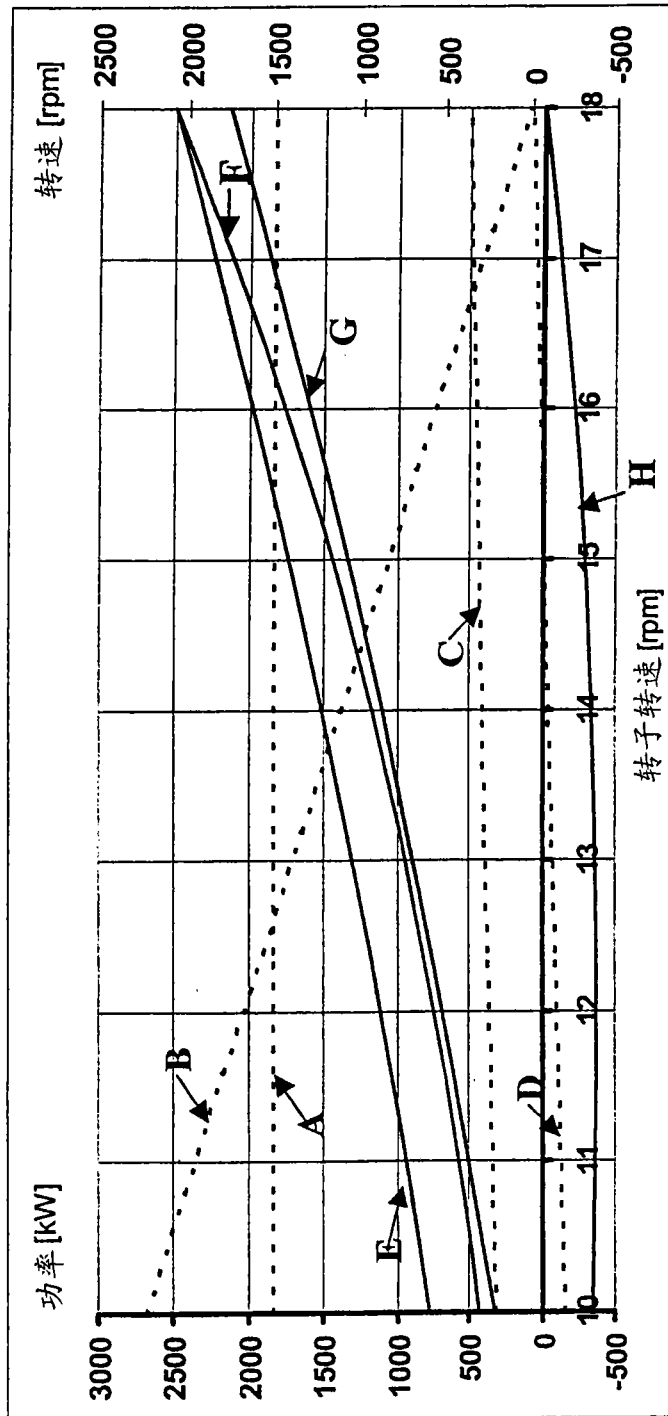
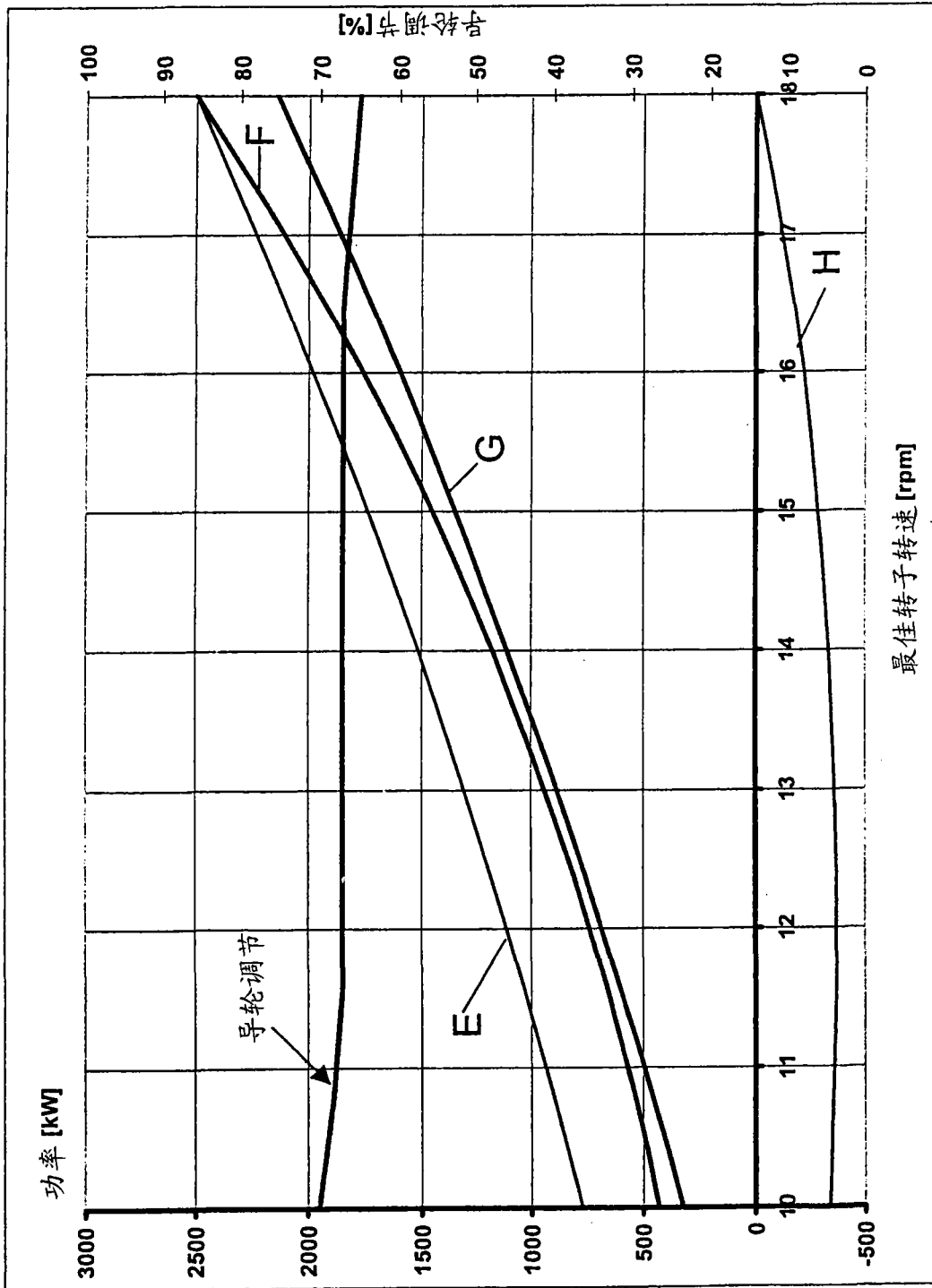


图 4



最佳转子转速 [rpm]

图 5

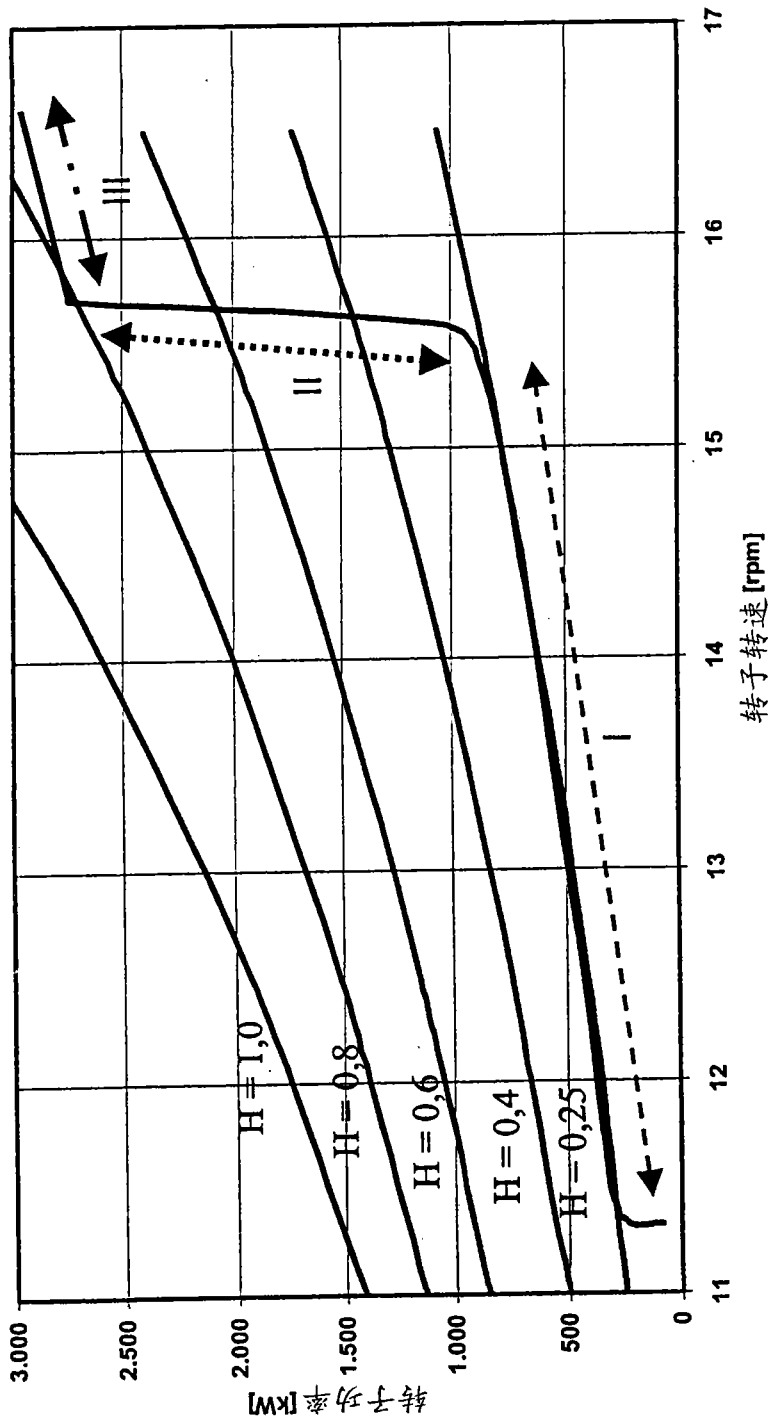


图 6

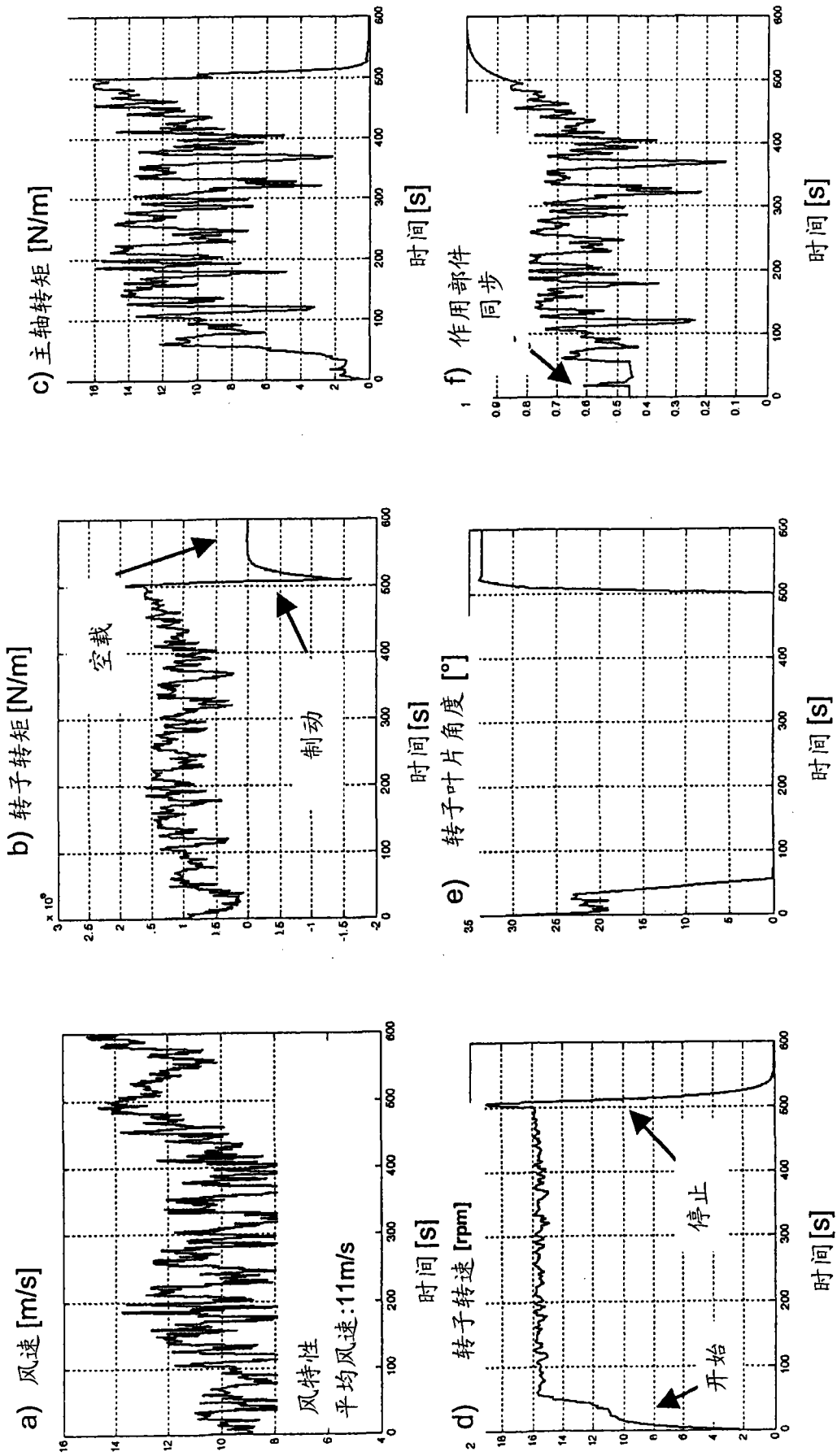


图 7

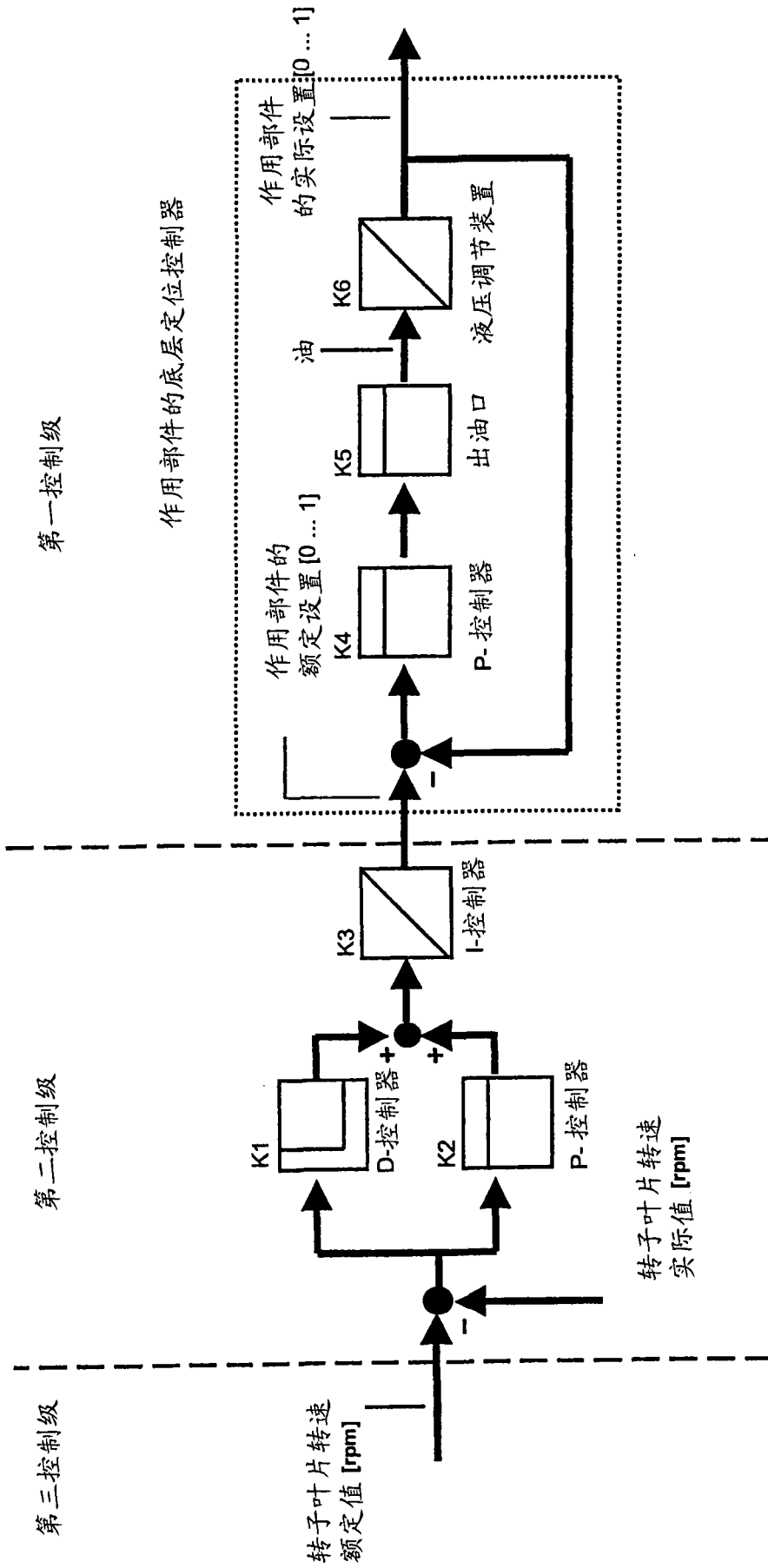


图 8