



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101499766 B

(45) 授权公告日 2014. 03. 05

(21) 申请号 200910002835. X

(22) 申请日 2009. 01. 22

(30) 优先权数据

12/023368 2008. 01. 31 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 R·W·德尔梅里科 R·K·布拉

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 曾祥交 杨松龄

(51) Int. Cl.

H02P 9/48(2006. 01)

H02P 9/44(2006. 01)

H02J 3/00(2006. 01)

(56) 对比文件

US 4189648 ,1980. 02. 19, 说明书第 5 栏第 29 行至第 30 行, 第 11 栏第 39 行至第 40 行、图 2, 6.

US 4189648 ,1980. 02. 19, 说明书第 5 栏第

29 行至第 30 行, 第 11 栏第 39 行至第 40 行、图 2, 6.

US 4233590 ,1980. 11. 11, 说明书第 2 栏第 49 行至第 50 行, 第 3 栏第 61 行至第 63 行、图 1.

CN 101136605 A, 2008. 03. 05, 全文.

CN 201142667 Y, 2008. 10. 29, 全文.

审查员 姜娜

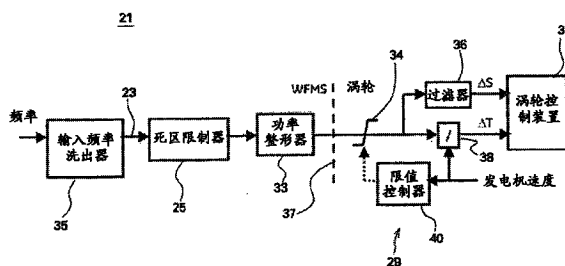
权利要求书2页 说明书8页 附图7页

(54) 发明名称

发电稳定控制系统及方法

(57) 摘要

本发明涉及发电稳定控制系统及方法。具体而言,本发明涉及一种用于发电系统(10)的稳定系统(21),该发电系统包括联接到实用电网上的非常规能量源,该稳定系统包括:死区限制器(25),其构造成用于检测发电系统的信号何时在信号范围外;功率整形器(33),其构造成用来响应信号范围外的信号而提供瞬时发电调整信号;以及限值控制器(29),其构造成用于防止调整信号引起发电系统的能量源在至少一种运行约束外运行。



1. 一种用于包括风力发电机的风力发电系统的稳定系统,所述稳定系统包括:
死区限制器,其构造成用于检测信号何时在相应的信号范围外,其中,所述信号包括频率;
输入频率洗出器,其用于计算频率偏移以便由所述死区限制器用来设置相应的信号范围;
功率整形器,其构造成用于响应在所述相应的信号范围外的所述信号而提供瞬时发电调整信号;以及
限值控制器,其构造成用于防止所述调整信号引起所述风力发电机在至少一种运行约束外运行。
2. 根据权利要求 1 所述的稳定系统,其特征在于,所述至少一种运行约束包括发电机转速范围。
3. 根据权利要求 1 所述的稳定系统,其特征在于,所述稳定系统还包括输出频率洗出器,其构造成驱使所述调整信号变为零。
4. 根据权利要求 2 所述的稳定系统,其特征在于,所述调整信号包括功率命令、扭矩命令、涡轮速度命令或其组合。
5. 根据权利要求 2 所述的稳定系统,其特征在于,所述调整信号包括扭矩命令和涡轮速度命令。
6. 根据权利要求 1 所述的稳定系统,其特征在于,所述功率整形器构造成用于以设计成用以限制振荡耦合的方式来提供所述调整信号。
7. 根据权利要求 1 所述的稳定系统,其特征在于,所述死区限制器、所述功率整形器以及所述限值控制器包含在风力发电站控制器中。
8. 根据权利要求 1 所述的稳定系统,其特征在于,所述死区限制器、所述功率整形器以及所述限值控制器包含在风力涡轮机控制器中。
9. 根据权利要求 1 所述的稳定系统,其特征在于,所述功率整形器包括至少一个增益元件或参数,所述至少一个增益元件或参数构造成具有响应实用情况、实用命令、发电机速度和空气密度中的至少一种的可变值。
10. 一种用于发电系统的稳定系统,所述发电系统包括联接到实用电网上的非常规能量源,所述稳定系统包括:
死区限制器,其构造成用于检测所述发电系统的信号何时在频率信号范围外;
输入频率洗出器,其用于计算频率偏移以便由所述死区限制器用来设置相应的信号范围;
功率整形器,其构造成用于响应在所述信号范围外的所述信号而提供瞬时发电调整信号;以及
限值控制器,其构造成用于防止所述调整信号引起所述发电系统的能量源在至少一种运行约束外运行。
11. 根据权利要求 10 所述的稳定系统,其特征在于,所述能量源具有通过功率电子转换器而与所述实用电网断开联接的转动惯量。
12. 根据权利要求 10 所述的稳定系统,其特征在于,所述发电系统的信号包括频率。
13. 根据权利要求 10 所述的稳定系统,其特征在于,所述能量源包括风力涡轮机、电池

储能系统、微型涡轮,或者燃料电池。

14. 一种用于包括风力发电机的风力发电系统的稳定方法,所述稳定方法包括:
 - 检测频率信号何时在相应的信号范围外;
 - 通过输入频率洗出器计算频率偏移以便由死区限制器用来设置相应的信号范围;
 - 在不引起所述风力发电机以速度范围外的速度旋转时,响应所述相应的信号范围外的信号而提供瞬时发电调整信号。

发电稳定控制系统及方法

技术领域

[0001] 本发明所公开的实施例大体涉及与常规发电机相比具有较少的电网联接式转动惯量或其它形式的储存能量的能量源,且更具体地涉及用于这种非常规能量源的稳定控制。非常规的能量源是可变的能量源,其在名义系统频率(例如,60Hz)下并不产生功率,且因此利用快速作用的功率电子设备及控制而联接到电网上。

背景技术

[0002] 风力涡轮发电机(WTG)和风力发电站通常设计为将恒定的有功功率和无功功率传输到实用电网上,并且传输的功率与系统频率无关。这通过使用快速作用的功率电子设备及控制将转子惯量和速度从电网上断开联接而实现。由于风力发电站的大小和畅销度的增长,现在一些实用设施需要风力发电站和风力涡轮机控制提供增强的性能,例如频率稳定。

[0003] 常规的同步发电机自然地响应电网联接式转动惯量所引起的频率干扰和这类发电机的调节器控制。一些实用设施操作者需要风力涡轮机以相似的方式响应频率干扰。特别是在频率降至阈值以下时,就可能需要在短期内提高功率(例如,百分之五的额定功率)。

[0004] 实用设施系统众所周知的特点在于电网频率在负载超过发电时趋于减小,而当发电超过负载时则趋于增大。这样的减小或增大可在电网经受发电与负载间平衡的突然变化时,以单调的方式、振荡的方式或其组合而发生。在这种系统的设计中,需要考虑到的是,任何用以实现补偿这种减小和增大的方法应是一种不会在电网振荡模式和风力涡轮机机械振荡模式之间引起不可接受的耦合的方法。

[0005] 现代的风力发电站包括将输出功率缩减到基于风况的可用水平以下的性能。如果实用设施不需要可得到的电网功率,则实用电网操作者有时需要缩减。实用设施操作者还可能需要连续的缩减,用以为风力发电站提供运行范围,以便在频率减小时增大功率输出。然而,缩减具有减少风力发电站生产收入的不期望的后果。

发明内容

[0006] 对于非常规的能量源如风力涡轮机,期望具有对于足够大的频率事件而促发的功率响应,该功率响应可利用在风力涡轮机转子内的储存能量暂时地增大传输功率,并且该功率响应最大限度地减小与电网振荡模式的交互作用。在一个实施例中,功率响应适于提供这种补偿。

[0007] 更具体地说,在一个实施例中,为包括非常规能量源的发电系统而提供了一种稳定系统,该稳定系统包括死区限制器,其构造成用于检测发电系统的信号何时在信号范围之外;功率整形器,其构造成用于响应信号范围外的信号而提供瞬时发电调整信号;以及限值控制器,其构造成用于防止调整信号引起发电系统的能量源在至少一种运行约束外操作。

[0008] 在另一个实施例中,一种用于包括风力发电机的风力发电系统的稳定系统包括:死区限制器,其构造成用于检测信号何时在信号范围之外,其中,该信号包括频率;功率整形器,其构造成用于响应在相应信号范围外的信号而提供瞬时发电调整信号;以及限值控制器,其构造成用以防止调整信号引起风力发电机以速度范围外的速度旋转。

[0009] 在另一个实施例中,一种用于包括风力发电机的风力发电系统的稳定方法包括:检测频率信号何时在相应的信号范围外;在不引起风力发电机以速度范围外的速度旋转时,响应相应的信号范围外的信号而提供瞬时发电调整信号。

附图说明

[0010] 本发明的这些和其它特征、方面和优点在结合附图而理解下列详细描述时,将变得更为清楚,在附图中,相似的标号在全部视图中都表示相似的部件,其中:

[0011] 图 1 为典型风力涡轮机的高水平框图。

[0012] 图 2 为风力发电站的高水平框图。

[0013] 图 3 为根据本发明所公开实施例的控制系统的高水平框图。

[0014] 图 4 为示出对功率整形的期望响应的模拟曲线图。

[0015] 图 5 为本发明所公开更具体的控制系统实施例的更详尽框图。

[0016] 图 6 为示出与功率调整信号相关的模拟曲线图。

[0017] 图 7 为在不同的风速下使用本文所公开实施例时期望产生的扭矩对时间的模拟曲线图。

[0018] 零件清单

[0019] 10 发电系统

[0020] 11 风力发电站

[0021] 12 电网

[0022] 14 风力涡轮机

[0023] 15 风力涡轮机

[0024] 16 风力涡轮机

[0025] 18 收集器系统

[0026] 19 互连点

[0027] 20 变压器

[0028] 21 稳定系统

[0029] 23 信号

[0030] 24 风力涡轮机控制器

[0031] 25 死区限制器

[0032] 26 风力涡轮机控制器

[0033] 27 控制回路

[0034] 28 风力涡轮机控制器

[0035] 29 限值控制器

[0036] 30 测量装置

[0037] 31 涡轮控制装置

- [0038] 32 风力发电站控制器
- [0039] 33 功率整形器
- [0040] 34 限制器
- [0041] 35 频率洗出器 (washout)
- [0042] 36 过滤器
- [0043] 37 分界线
- [0044] 38 除法器
- [0045] 40 限值调整器
- [0046] 42 输出洗出器
- [0047] 46 增益元件
- [0048] 48 求和元件
- [0049] 50 增益元件
- [0050] 52 斜坡 (ramp) 限制器
- [0051] 54 积分器
- [0052] 56 线
- [0053] 58 线
- [0054] 60 线
- [0055] 68 曲线
- [0056] 69 曲线
- [0057] 70 曲线
- [0058] 110 风力涡轮机系统
- [0059] 112 轮毂
- [0060] 114 叶片
- [0061] 116 涡轮部
- [0062] 118 功率转换系统
- [0063] 120 传动系
- [0064] 122 转子低速轴
- [0065] 124 发电机轴
- [0066] 126 齿轮箱
- [0067] 128 联接元件
- [0068] 130 高速轴
- [0069] 132 控制装置
- [0070] 144 风力涡轮机控制装置
- [0071] 146 信号
- [0072] 156 信号

具体实施方式

[0073] 大体上参看图 1, 示出了一种可操作的用以产生电力的风力涡轮机系统 110。该风力涡轮机系统 110 包括具有多个叶片 114 的轮毂 112。叶片 114 将风的机械能转化为转动

扭矩,由风力涡轮机系统 110 将该转动扭矩进一步转化为电能。风力涡轮机系统 110 还包括可操作的用以将风的机械能转化为转动扭矩的涡轮部 116,以及可操作的用以将涡轮部 116 所产生的转动扭矩转化成电能的功率转换系统 118。传动系 120 提供为用来将涡轮部 116 联接到功率转换系统 118 上。风力涡轮机功率转换系统 118 通常包括带有用于转子磁场控制的功率电子转换器的双馈式异步发电机,或包括与连接到收集器系统 134 上的全功率电子转换器接口一起使用的同步发电机。

[0074] 涡轮部 116 包括涡轮转子低速轴 122,其联接到轮毂 112 上。转动扭矩通过传动系 120 从转子低速轴 122 传输到发电机轴 124 上。在某些实施例中,例如图 1 所示的实施例,传动系 120 包括将扭矩从低速轴 122 传输到高速轴 130 上的齿轮箱 126。高速轴 130 利用联接元件 128 而联接到功率转换系统轴 124 上。

[0075] 功率转换系统 118 联接到风力涡轮机控制装置 144 上。风力涡轮机控制装置 144 接收来自于功率转换系统的、表示系统运行参数的信号 146。作为响应,风力涡轮机控制装置 144 可产生控制信号,例如,用以改变叶片 114 桨距的桨距信号 156 或用于功率转换系统的扭矩信号。风力涡轮机控制装置 144 还联接到风力发电站控制装置 132 上。

[0076] 参看图 2,示出了一种用于产生电力的发电系统 10。为了图示说明的目的,发电系统 10 包括电联接到电网 12 上的风力发电站 11。电网 12 是用来将电力从风力发电站 11 传送到电力负载上。

[0077] 风力发电站 11 提供为用来利用风能产生电力。风力发电站 11 包括风力涡轮机 14、15、16(更常称为“能量源”)、收集器系统 18、变压器 20、风力涡轮机控制器 24、26、28、测量装置 30,以及风力发电站控制装置 32。应当注意到,风力发电站 11 中所用风力涡轮机的数量可以改变。例如,风力发电站 11 中的风力涡轮机的数量可以是大于三个风力涡轮机或小于或等于三个风力涡轮机。

[0078] 风力涡轮机 14、15、16 提供为用来利用风能产生电压和电流。利用分别与风力涡轮机 14、15、16 通信的风力涡轮机控制器 24、26、28,分别可操作地控制风力涡轮机 14、15、16。

[0079] 风力涡轮机控制器 24、26、28 构造成用于产生分别控制风力涡轮机 14、15、16 运转的命令信号。而且,风力涡轮机控制器 24、26、28 提供为用来分别测量与风力涡轮机 14、15、16 相关的运行参数。风力涡轮机控制器 24、26、28 可操作地与风力发电站控制装置 32 通信。

[0080] 收集器系统 18 电联接到风力涡轮机 14、15、16 上,并将电压和电流从各涡轮机发送到电力变压器 20 上。电力变压器 20 接收来自于风力涡轮机 14、15、16 的电压和电流,并将具有期望特性的电压和电流输出到电网 12 上。例如,电力变压器 20 可将具有期望幅度的电压和具有期望幅度的电流输出到电网 12 上。

[0081] 在一个实施例中,测量装置 30 电联接到处于变压器 20 与电网 12 之间的互连点 19 上。测量装置 30 构造成用于测量与电网相关的电参数。例如,测量装置 30 构造成用于测量互连点 19 处的电压水平 (V_{poi})、互连点 19 处的有效功率水平 (P_n)、以及互连点 19 处的频率水平 (F_n)。应当注意到,测量装置 30 可测量变压器 20 两侧中任一侧上的参数或单个涡轮机处的参数。

[0082] 风力发电站控制装置 32 提供为用来基于在互连点 19 处所测量或估计的、与风力

发电站 11 或电网 12 相关的参数值来控制风力涡轮机 14、15、16 的运转。风力发电站控制装置 32 构造成用以产生由风力涡轮机控制器 24、26、28 所接收的用于分别控制风力涡轮机 14、15、16 运转的命令信息。

[0083] 图 3 为根据本发明所公开的一个实施例的控制系统的水平框图,该控制系统包括用于发电系统的稳定系统 21,该发电系统包括具有通过功率电子转换器而与实用电网完全断开联接的转动惯量的能量源。稳定系统 21 包括:死区限制器 25,其构造成用于检测发电系统 10 的信号 23 何时处于信号范围外;功率整形器 33,其构造成用于响应在相应信号范围外的信号而提供瞬时发电调整信号;以及限值控制器 29,其构造成用于防止调整信号引起发电系统的能量源在至少一种运行约束外运行。

[0084] 通过从能量源暂时吸收能量可获得暂时的功率增强。对于风力涡轮机而言,可从涡轮惯量中和从过剩风力中得到额外的能量。如有需要,还可使用除惯性外的其它形式的能量储存(例如电池储存)。在一个实施例中,功率可在高达十秒内增加百分之五至百分之十。除电网稳定性外,提供瞬时响应还具有多种好处,例如包括使用否则在涡轮输出处不可用的储存能量而无需加入运行裕度(例如,通过缩减模式运转)。

[0085] 信号 23 可包括任意适合的信号,一个实例包括对应于系统频率的信号。信号可通过直接测量相应的信号或通过测量另一个信号并进行计算来获得相应的信号而获得。

[0086] 另外,虽然风力涡轮机示作能量源,但本文所公开的概念被认为适用于任何非常规的能量源,多个其它实例包括电池储能装置、微型涡轮以及燃料电池。在风力涡轮机实施例中,例如,从稳定系统 21 处获得的功率未通过风力维持,则涡轮将减速,进而从旋转惯量中提供功率。在这些实施例中,理想的是将调整信号维持足够久,以在能量源约束下运行时、在容许系统恢复之前,获得所期望的功率脉冲。在一个具体的实例中,能量源包括具有在发电机转速方面约束的发电机。

[0087] 图 3 另外示出了输入频率洗出器 35,其构造成用于追踪电网频率方面的缓慢变化,并用来计算围绕中点的频率偏移。在该实施例中,死区限制器 25 构造成用于限制在由应用所确定的频率阈值之间的频率偏移信号。实用电网频率将具有通常为 50Hz 或 60Hz 的名义值。然而,频率可稍微漂移,使得中点在不同的值上,例如 59.9Hz 而非 60Hz。输入频率洗出器 35 用于得到实际的频率,而非名义上的。在 2004 年 6 月 30 日至 7 月 2 日的 2004 American Control Conference 会刊的 3950-55 页, Hassouneh 等人在“Washout Filters in Feedback Control: Benefits, Limitations and Extensions”中描述了一种示例性技术。通常,频率在风力发电站的变电站处测量,但不要求在该处进行测量。

[0088] 频率死区限制器 25 用于限制稳定系统 21 对足够大的事件的响应。由于在负载来到和离开系统时所产生的高频脉动,故频率将总是稍微有些变化。例如,负载变化取决于系统,通常会影频率约 0.05Hz。稳定系统 21 用于当在负载和发电之间出现突然差异时发生的更重大的事件,例如实用系统失去大型发电机或传输线跳闸时。在一个实例中,死区设置为偏离中点频率 $\pm 0.12\text{Hz}$ 。该限值的选择通常是基于因素如发电系统位置和性质以及频率中点的变化性。稳定系统 21 可具有在考虑这些因素后由最终用户所设置的可变限值。

[0089] 功率整形器 33 为涡轮控制装置 31 提供信号,以便在保持在能量源运行约束内和限制电网振荡模式和能量源机械模式之间的耦合时短暂地提高功率。尽管使用了“功率”一词,但扭矩也可备选地用于同样的效果,并且如文所用的功率意指包含扭矩。系统可设置为

基于功率输出、扭矩输出或功率和扭矩的组合。例如,在一个具体的实施例中,实行了对于功率响应的控制,但实施使得风力涡轮机获得对应于所需功率控制的扭矩命令。

[0090] 机械振荡是功率系统中的共同顾虑。这些系统可以由弹簧 (spring) 连接的两个惯量所组成的基本旋转系统为特征。弹簧可以是物理轴或由输电网络所互连的发电机的行为。更具体而言,风力涡轮机具有在风力涡轮机轮毂端内的一些惯量和在风力涡轮机发电机内的一些惯量,且它们之间的轴易受弹簧型运动和振荡模式的影响。另外,在实用系统上的其它发电机具有可导致振荡模式的相应的惯量。这种振荡模式可扰乱实用电网频率。

[0091] 功率整形器 33 构造成用于响应频率事件对脉冲整形,并减小发电系统中频率干扰的大小。虽然整形器可制造成用于处理正频率事件或负频率事件,但整形器在处理负频率事件中特别有用,这是因为将功率即刻增加到名义功率之上存在较少选择(除了缩减的功率操作)。

[0092] 在图 3 的具体实施例中,调整信号包括两种信号,且更具体而言,是扭矩命令 ΔT 和涡轮速度命令 ΔS 。在其它实施例中,调整信号包括功率命令、扭矩命令和速度命令中的至少一种。调整信号通常还被约束为以便限制振荡耦合。在一个实例中,如下文关于图 5 和图 6 而讨论的,使用了“快上慢下”的整形特性,以便使调整信号像过滤器那样运行,由此如果电网频率正在振荡则分布图不会使振荡更坏。如果电网是振荡的,但处于比死区小的水平上,则不会产生调整信号。如果电网是振荡的且比死区大,则整形特性防止振荡的复合。功率调整信号的形状将由增益值和斜坡值控制,由于实用需求和响应的不同,增益值和斜坡值通常将随应用而变化。

[0093] 限值控制器 29 用于防止涡轮超速运转或欠速运转。大多数风力涡轮机具有预先确定的速度范围。一个实例是 870rpm 至 1600rpm。当运行约束为发动机转子速度时的目标是保证在发电机低于最小速度限值时不处理额外的功率请求,以及在发电机高于最高速度限值时不处理用于降低功率的控制信号。在一个实施例中,限值控制器 29 包括限值调整器 40,用以响应发电机速度而改变限制器 34 的界限。限值控制器 29 还可包括过滤器 36,其构造成用于产生涡轮转速命令 ΔS ,以便得出作为公共电网中频率变化的函数的、来自风力涡轮机的功率响应。最后,限值控制器 29 可包括除法器 38,以使用来自于限制器 34 的功率命令并除以发电机的速度而获得扭矩命令 ΔT 。发电机速度是运行约束的一个实例。可另外或备选地使用其它约束,如下文所讨论。

[0094] 在图 3 的实施例中,输入频率洗出器 35、死区限制器 25 以及功率整形器 33 连同风力发电站的中央控制装置,位于分界线 37 的左边,但限值控制器 29 更靠近单个的涡轮和涡轮控制装置。然而,如下文中更详细论述的那样,线 37 可移动到系统中的任意适当位置,并且一个或多个控制单元可包括控制框的任意组合。

[0095] 图 4 为示出对功率整形的期望响应的模拟曲线图。曲线 56 示出了在没有风力联接的情况下、响应于频率下降的模拟功率系统。曲线 58 示出了使用 90% 的常规能量和 10% 的风力时并且在没有本文所述的有功功率控制装置的情况下经受频率下降的模拟系统响应。曲线 60 示出了具有风力和有功功率控制装置的实施例的模拟。

[0096] 图 5 为本文所公开实施例的更详尽的框图,其中,输出频率洗出器 42 构造成用于驱使调整信号 ΔP 变成零。仅以实例为目的,在所示的位置上显示了输出频率洗出器 42,并且输出频率洗出器 42 可存在于任意适当的控制框中。例如,在另一个实施例中,洗出器

功能可包括在控制回路 27 内。在图 5 的实施例中,功率整形器 33 包括增益框 46 和用来提供整形响应的控制回路 27,该整形响应在开始时较快而在恢复时较慢(换而言之“快上慢下”)。方框 46 的增益可变化,并且通常将根据位置和系统要求而设定。

[0097] 在控制回路 27 内,增益框 50 和斜坡限制器 52 用来控制用于积分器 54 的信号调整速度。方框 50 的增益通常为定值,其设计成用来控制控制回路的响应。在斜坡限制器 52 中, rp 限值被设计成用来提供足够大的正斜坡上升速度以提供补偿,而 rr 限值设计成用来提供足够小的负斜坡下降速度,以便避免上文所讨论的振荡复合。因此,一旦出现事件时频率被快速地补偿,但在事件之后则功率调整缓慢地恢复。

[0098] 图 6 示出了一些示例性的模拟波形。曲线 68 显示了对于在 100 秒的时间处开始的模拟事件的输入频率洗出器输出。曲线 69 和曲线 70 分别示出了对于同一模拟事件的死区限制器和功率整形器输出信号。图 7 示出了对于图 6 所述的频率事件在不同风速下扭矩对时间的模拟响应。

[0099] 再参看图 5,增益框 46 和斜坡限制器 52 限定了脉冲形状,并且可基于系统需要和情况而变化。例如,在一个实施例中,参数设置 46 和 52 中的至少一个被构造用于得到响应实用情况、实用命令、发电机速度以及空气密度中的至少一种的可变值。

[0100] 除速度约束外,其它运行约束例如可包括约束如涡轮扭矩(大小和时间)约束,斜坡率约束以及叶片桨距运行约束。扭矩约束通常是基于涡轮设计而设置的(即,涡轮可经受超过其额定运行点的多大程度和多长时间)。输出洗出器单元 42 和斜坡限制器 52 可用于为这些运行约束增加保护。在一个实施例中,一个示例性扭矩大小范围是从 0Nm 到 11020Nm。

[0101] 对于分布式水平控制和系统(或“中央”)水平控制存在多种选择。在一个实施例中,死区限制器、功率整形器以及限值控制器包含在发电系统控制装置 32 中(图 2)。在另一个实施例中,死区限制器、功率整形器以及限值控制器包含在能量源 14 的控制器 24 中(图 2)。作为另一备选方案,分离控制器(未示出)可联接到系统控制装置 32 或能量源控制器 24 上,或多种控制子单位/功能可在多个控制器间展开。

[0102] 频率估计同样地可以是集中式的或分布式的。换言之,频率信号可由任意所期望的方式来获得,且若干实例包括:在能量源处的测量、在变电站点 19(图 2)处的测量、实用连接处的测量或实用设施中的信息。通常,在变电站处获得测量,这是因为功率波动将趋于在各个涡轮处不同地调制表观频率(定义为电压角度变化率)。

[0103] 在一个示例性方法实施例中,用于包含相对于图 3 所述类型的稳定系统的风力发电系统的稳定方法包括:检测频率或电压信号何时在相应的信号范围外;在不引起风力发电机以速度范围外的速度旋转时响应相应的信号范围外的信号而提供瞬时整形的发电调整信号。在更具体的实施例中,调整信号包括扭矩命令和速度命令中的至少一种。

[0104] 总之,本文所公开的实施例可用来监控电网中的至少一个信号的变化并在某种程度上进行响应,以减小大的信号变化,这些信号变化受到的限制有:功率转换设备的热性能、振荡模式、速度限值或其它运行约束。

[0105] 如文中所用,单数形式“一个”,“一个”以及“该”,除非上下文另外清楚地规定否则便包括复数对象。

[0106] 虽然本文已图示并描述了本发明仅有的一些特征,但本领域的熟练技术人员可想

到许多修改和变化。故应理解的是,所附权利要求旨在覆盖属于本发明真实精神内所有的这些修改和变化。

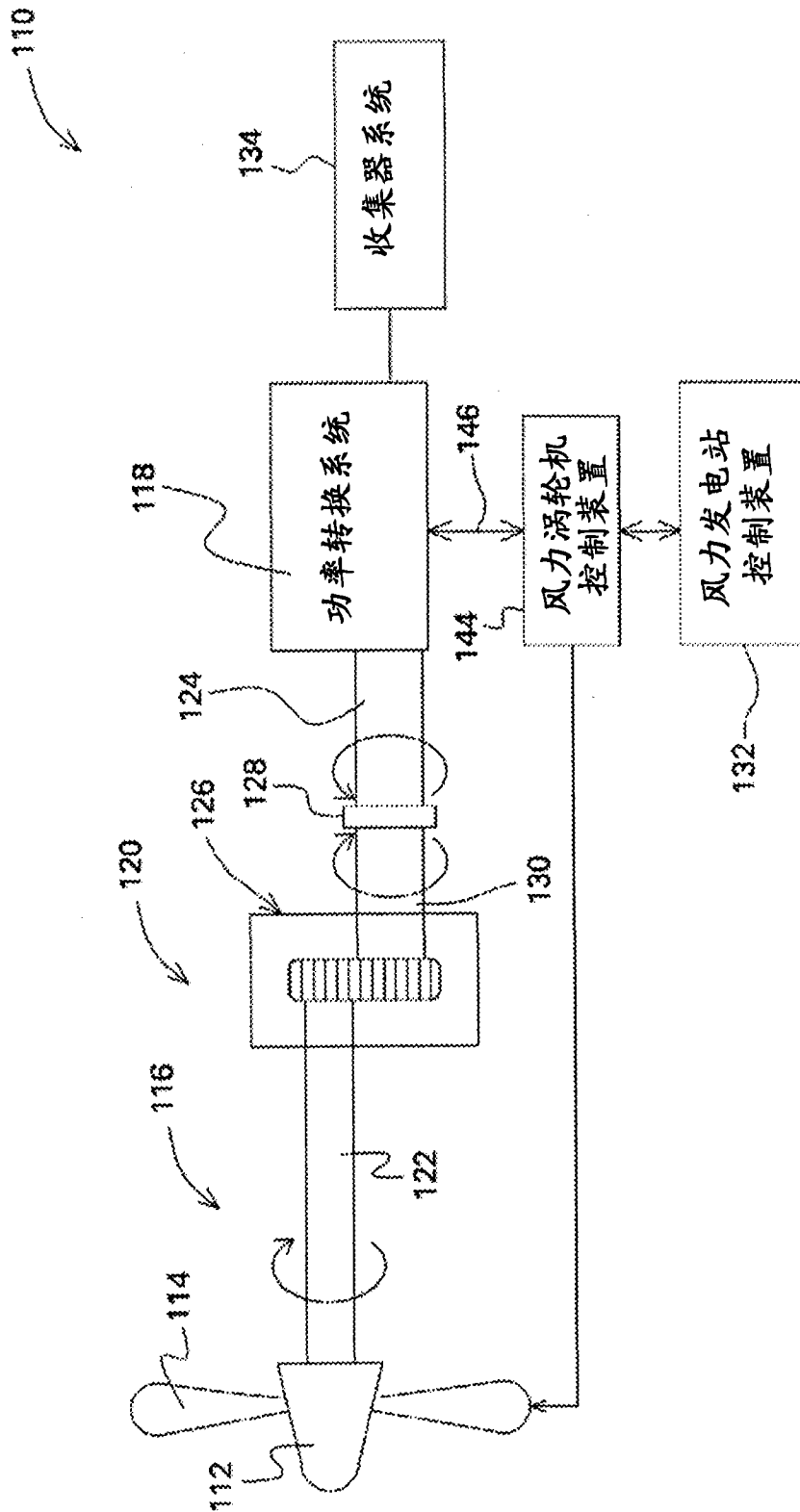


图 1

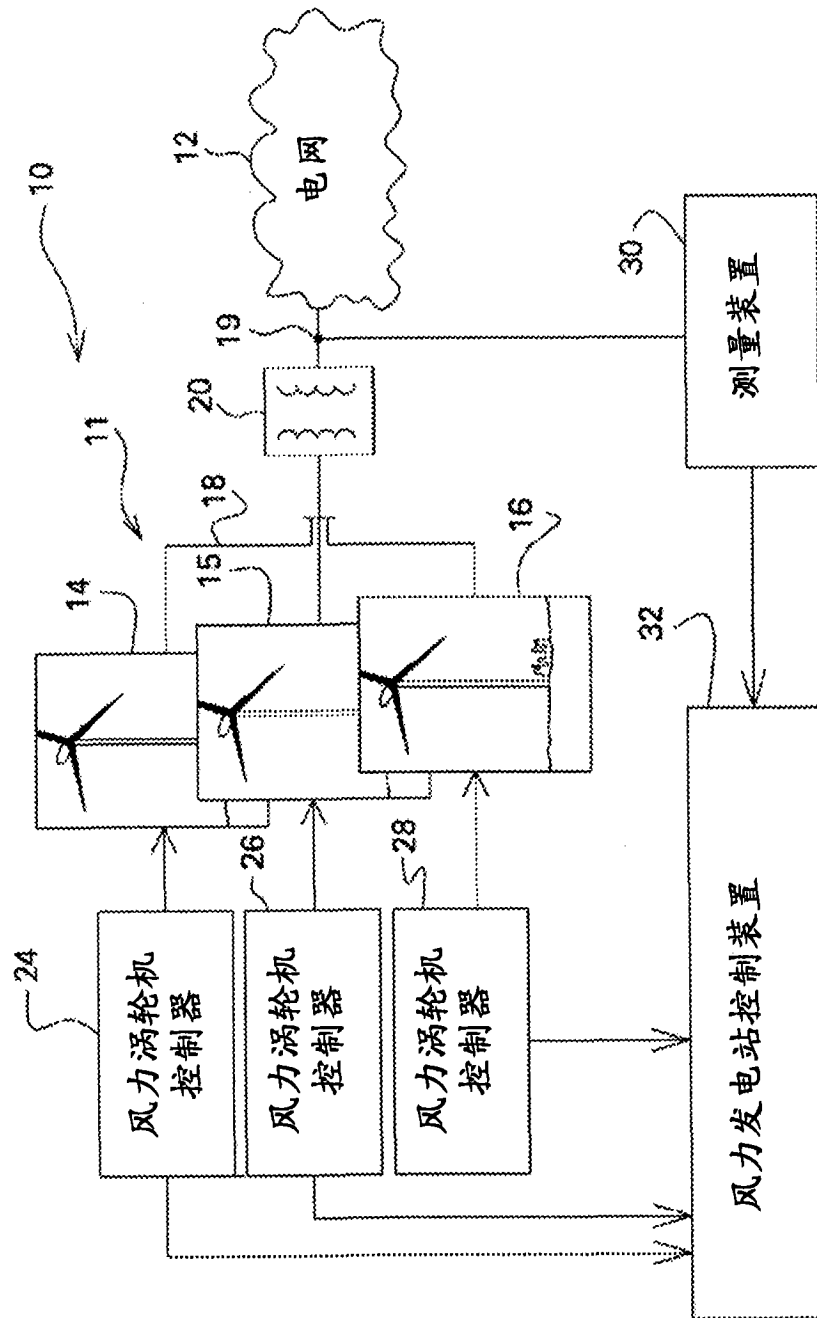
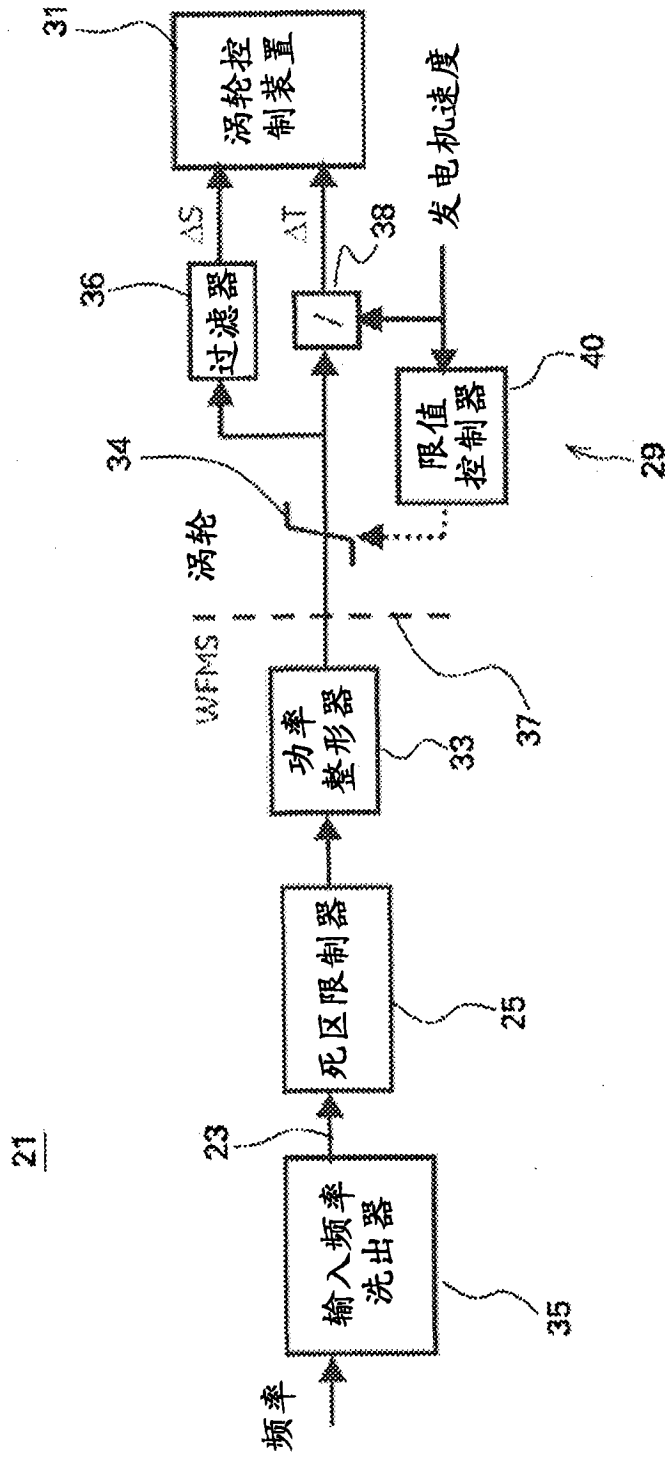


图 2



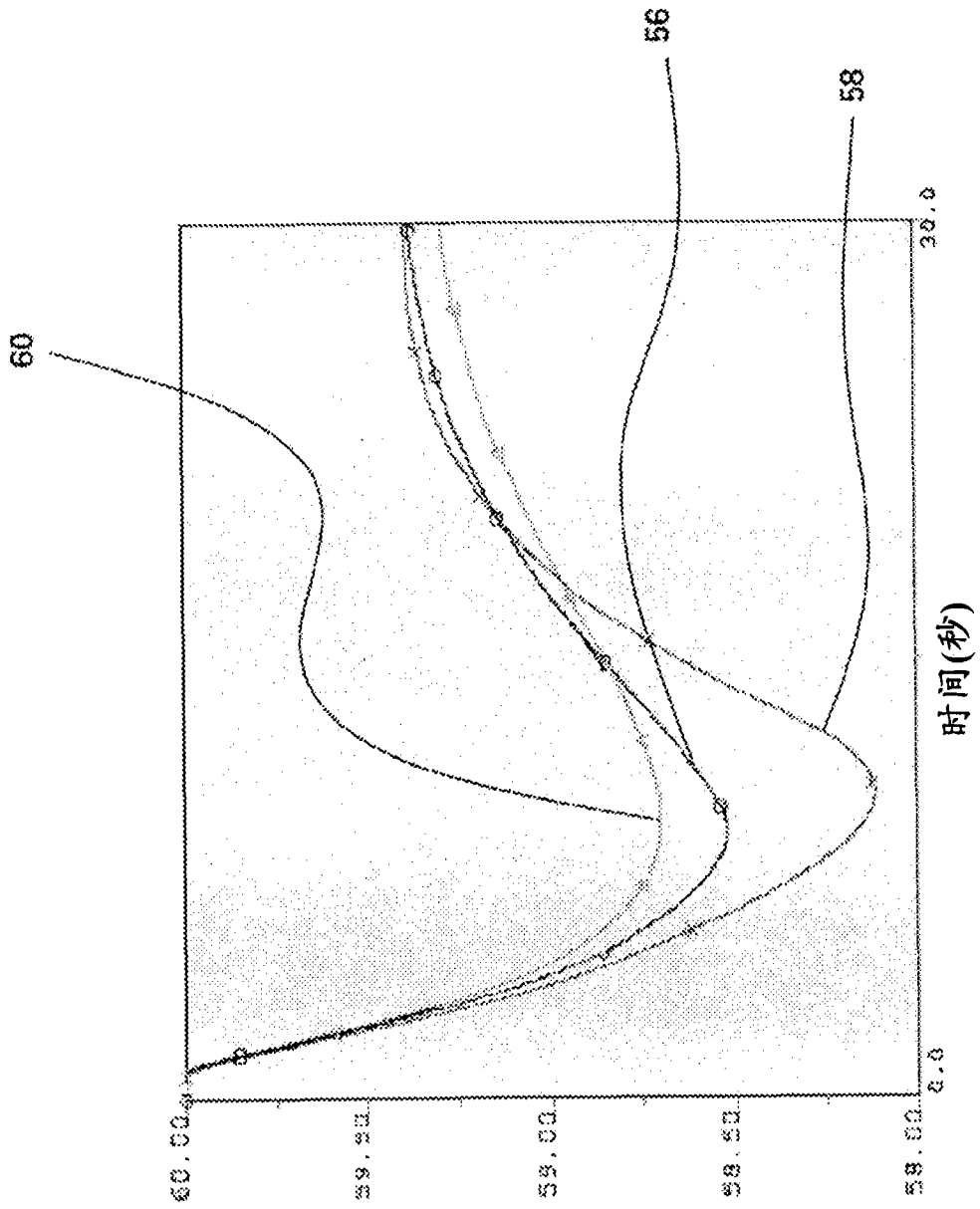


图 4

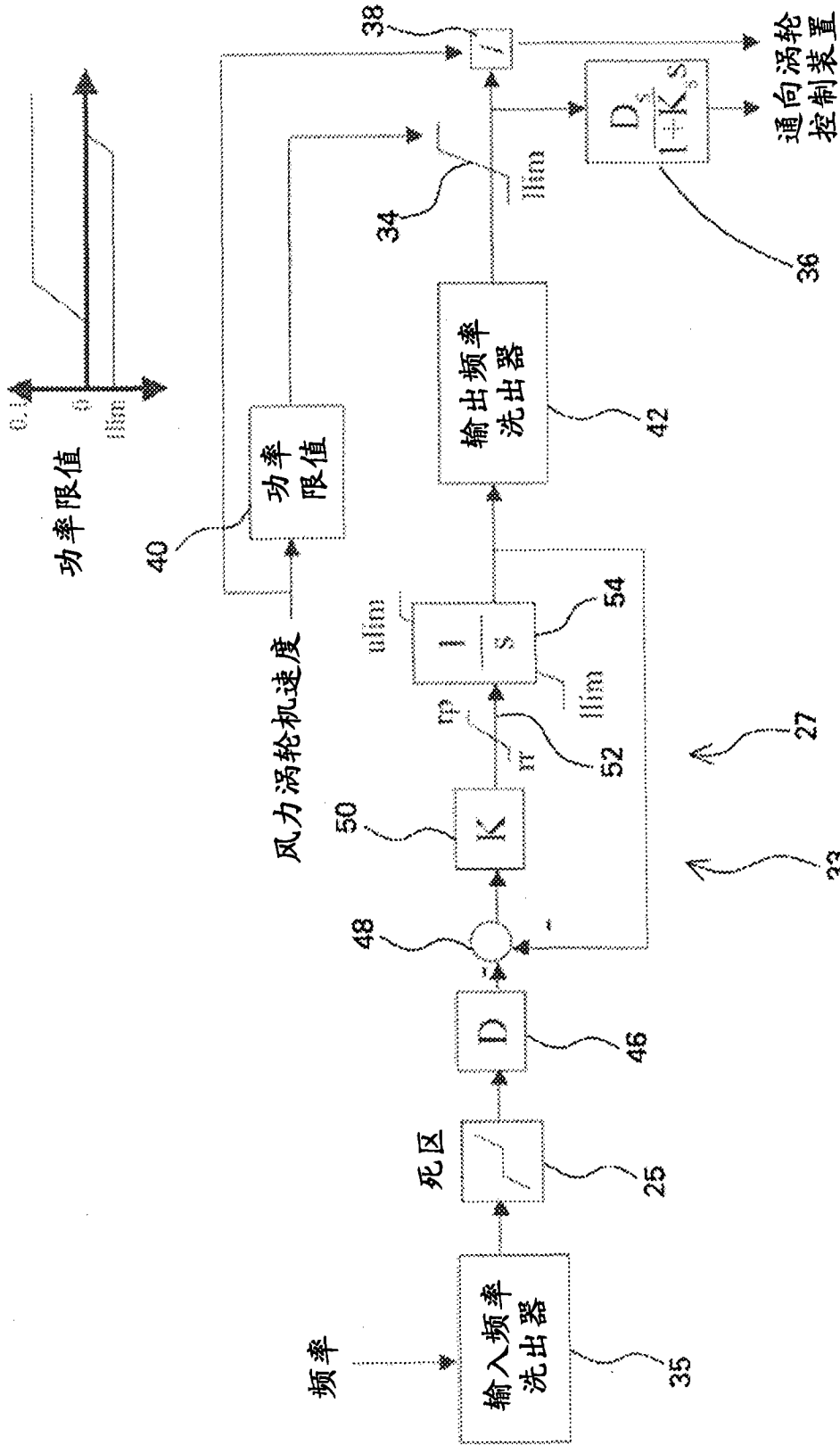


图 5

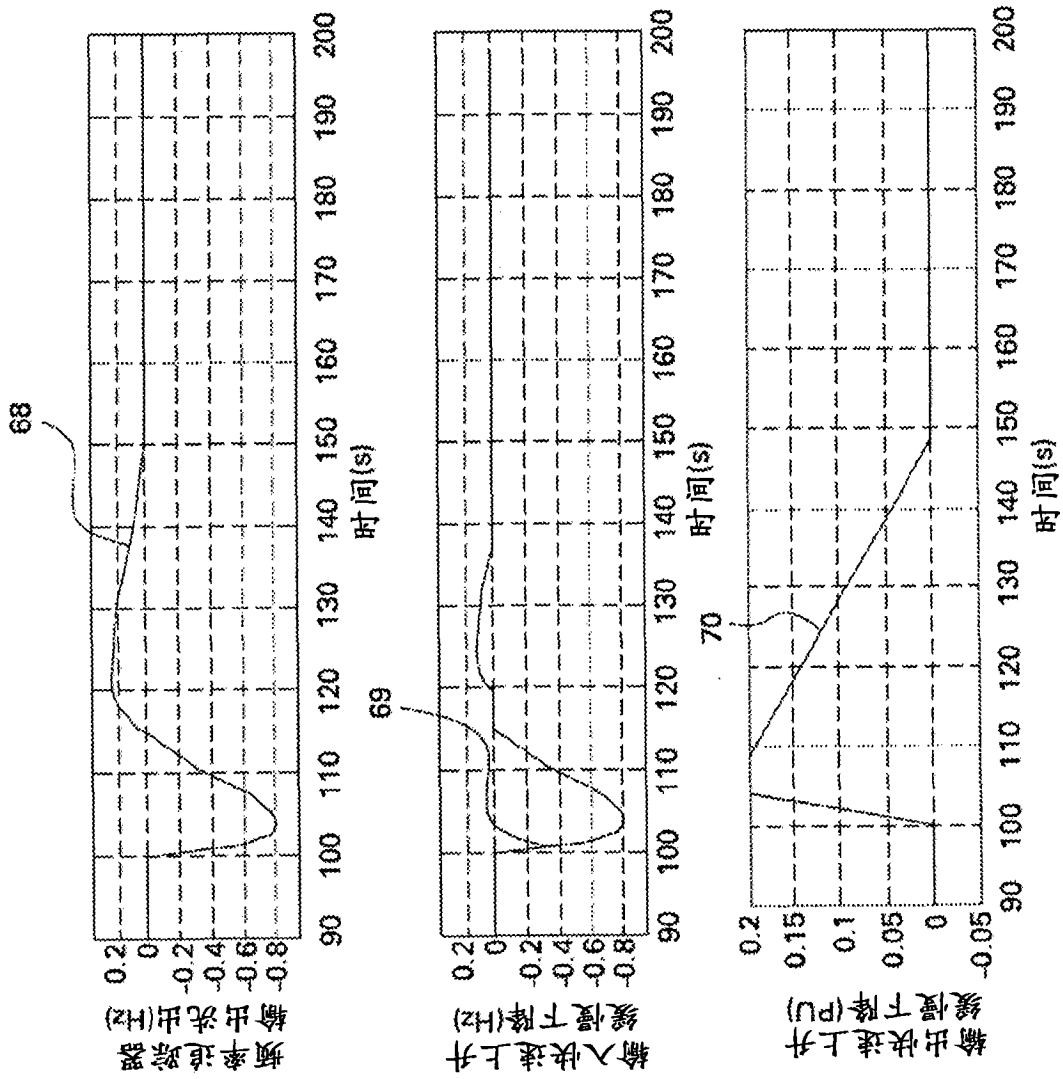


图 6

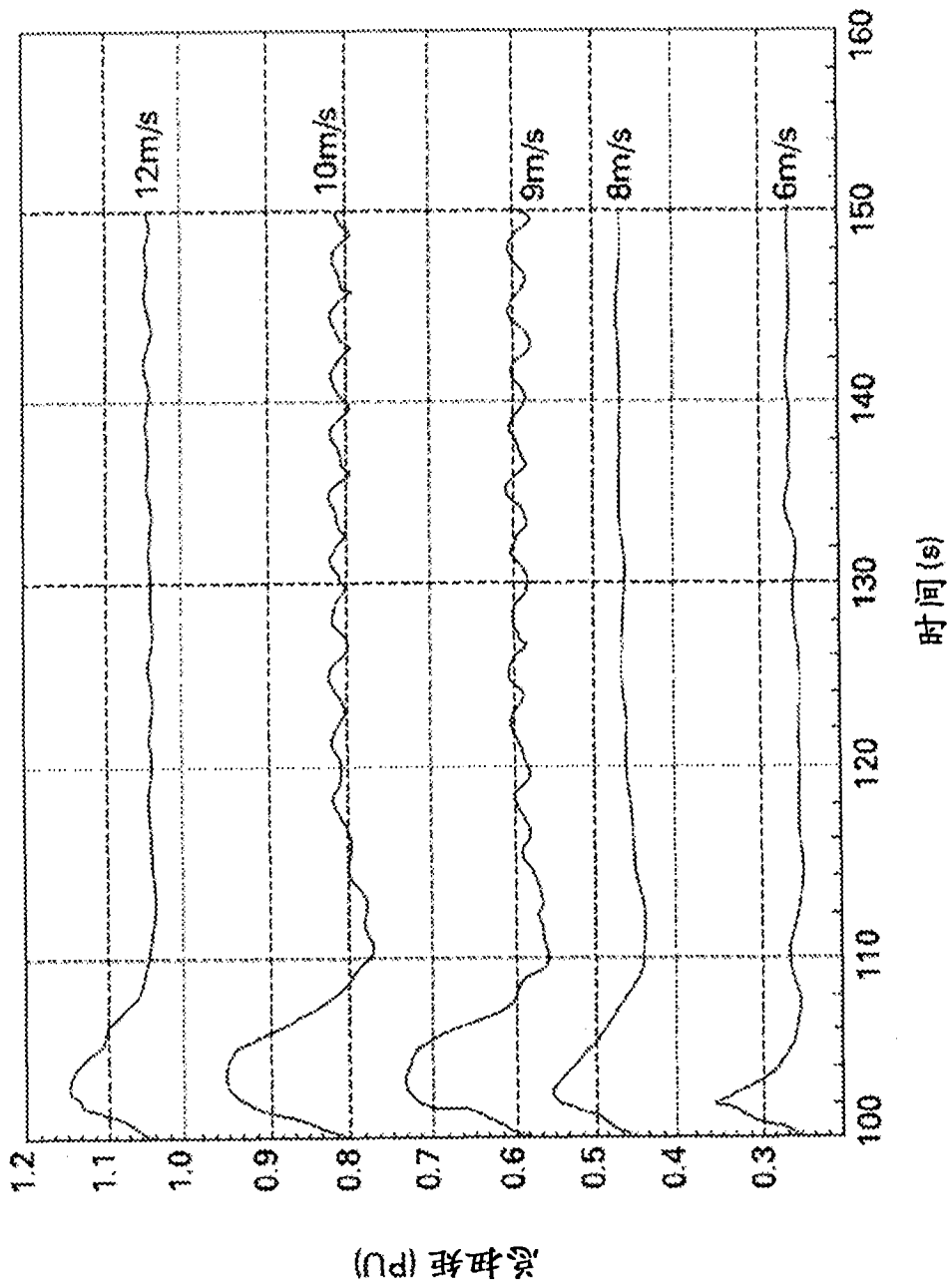


图 7