



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102882224 B

(45) 授权公告日 2016. 08. 17

(21) 申请号 201210240495. 6

(22) 申请日 2012. 07. 12

(30) 优先权数据

13/180897 2011. 07. 12 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 M. J. 库穆拉 R. 弗雷德尔

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 姜甜 刘春元

(51) Int. Cl.

H02J 3/38(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2009/0194995 A1, 2009. 08. 06,

US 2009/0194995 A1, 2009. 08. 06,

US 2011/0062708 A1, 2011. 03. 17,

US 6118187 A, 2000. 09. 12,

CN 101867196 A, 2010. 10. 20,

US 2009/0194995 A1, 2009. 08. 06,

审查员 王翔

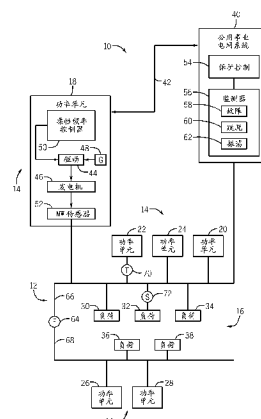
权利要求书3页 说明书14页 附图6页

(54) 发明名称

用于控制发电的系统和装置

(57) 摘要

本发明的名称为“用于控制发电的系统和装置”。提供一种用于控制发电的系统和装置。例如,这种系统可包括发电机控制器(50)。控制器(50)可包括滤波器组件(204)、频率响应计划组件(206)和速率限制器组件(208)。滤波器组件(204)可接收电力网频率信号(202),以及可在频率信号(202)在频带之外时输出频率信号(202)。频率响应计划组件(206)可使用滤波的频率信号(202)来确定最终目标功率贡献,最终目标功率贡献表示发电机(46)在主频率响应中应当提供的功率贡献的最终量。速率限制器组件(208)可确定随着时间的过去而改变的且逼近最终目标功率贡献的即时目标功率贡献信号(210)。因而,控制器(50)可控制对电力网频率干扰的主频率响应的逼近速率和/或到达时间等。



1. 一种用于发电机的控制器,包括:

滤波器组件,其配置成接收电力网频率信号,以及当所述频率信号在频带之外时输出所述频率信号;

频率响应计划组件,其配置成至少部分地基于所滤波的频率信号来确定最终目标功率贡献,其中,所述最终目标功率贡献表示所述发电机应当在主频率响应中提供的功率贡献的最终量;以及

柔性速率限制器组件,其配置成确定和提供即时目标功率贡献信号,所述即时目标功率贡献信号会随着时间的过去而改变,并且至少部分地基于速率限制计划来逼近所述最终目标功率贡献,其中,所述即时目标功率贡献信号配置成导致所述发电机使由所述发电机输出的功率增加或减少对应于所述即时目标功率贡献信号的量;其中,所述速率限制计划基于所述最终目标功率贡献和/或自所述频率信号在频带之外以来的时间量来确定所述即时目标功率贡献。

2. 根据权利要求1所述的控制器,其中,所述发电机包括航空改型涡轮发电机。

3. 根据权利要求1所述的控制器,其中,所述滤波器组件包括配置成在所述频率信号在静带频率范围之外时输出所述频率信号的静带滤波器。

4. 根据权利要求1所述的控制器,其中,所述频率响应计划组件或所述柔性速率限制器组件或两者配置成使得所述即时目标功率贡献信号导致所述发电机模拟所述电力网的另一个发电机。

5. 根据权利要求1所述的控制器,其中,所述频率响应计划组件或所述柔性速率限制器组件或两者配置成使得所述即时目标功率贡献信号导致所述发电机模拟蒸汽发电机。

6. 根据权利要求1所述的控制器,包括求和装置,所述求和装置配置成将所述即时目标功率贡献信号加上兆瓦需求信号,以及减去兆瓦感测信号,以产生兆瓦需求控制误差信号。

7. 根据权利要求1所述的控制器,其中,所述速率限制计划使所述即时目标功率贡献信号、所述最终目标功率贡献和自所述频率信号的变化在所述频带之外以来的时间相关。

8. 一种用于控制发电的系统,包括:

配置成产生扭矩的燃气涡轮;

耦接到所述燃气涡轮的发电机,其中,所述发电机配置成基于所述扭矩来对电力网提供功率;以及

与所述燃气涡轮相关联的控制器,其中,所述控制器配置成至少部分地基于多个即时目标功率贡献信号中一个来使所述燃气涡轮改变所述扭矩,以作为对所述电力网上的频率信号的主频率响应,所述控制器包括:

一个或多个频率滤波器组件,其配置成接收所述频率信号,以及当所述频率信号在频带之外时输出所述频率信号;

一个或多个频率响应计划组件,其各自配置成接收所述频率信号,以及输出相应的最终目标功率贡献信号,其中,每个最终目标功率贡献信号表示所述发电机在主频率响应中应当提供的功率贡献的最终量;以及

一个或多个速率限制器组件,其各自配置成接收相应的最终目标功率贡献信号,以及至少部分地基于速率限制计划来确定所述多个即时目标功率贡献信号中的一个,其中,所述多个即时目标功率贡献信号中的每个配置成导致所述发电机使由所述发电机输出的功

率增加或减少到那个即时目标功率贡献信号指示的水平;其中,所述速率限制计划基于所述最终目标功率贡献和/或自所述频率信号在频带之外以来的时间量来确定所述即时目标功率贡献。

9.根据权利要求8所述的系统,其中,所述控制器包括选择组件,所述选择组件配置成实现对所述多个即时目标功率贡献信号中的所述一个进行用户选择,所述发电机的所述主频率响应至少部分地基于所述用户选择。

10.根据权利要求8所述的系统,其中,所述控制器包括选择组件,所述选择组件配置成实现通过响应确定逻辑来选择所述多个即时目标功率贡献信号中的所述一个,所述发电机的所述主频率响应至少部分地基于所述选择。

11.根据权利要求8所述的系统,其中,所述一个或多个速率限制计划中的至少一个包括紧急响应速率表。

12.根据权利要求8所述的系统,其中,所述一个或多个速率限制计划中的至少一个配置成模拟另一个发电机的另一个主频率响应。

13.一种用于控制发电的系统,包括:

用以接收电力网频率信号的装置,

用以通过确定所述电力网频率信号何时高于或低于所述电力网的标称频率周围的静带来确定何时发生频率干扰的装置;

用以在发生所述频率干扰时至少部分地基于所述电力网的所述标称频率和所述电力网频率信号之间的差异来确定最终目标功率贡献的装置;其中所述最终目标功率贡献表示与发电机对所述频率干扰的主频率响应相关联的功率贡献的最终量;以及

用以在发生所述频率响应时至少部分地基于所述最终目标功率贡献和自发生所述频率干扰以来的时间来确定即时目标功率贡献信号的装置,其中所述即时目标功率贡献表示与所述发电机对所述频率干扰的所述主频率响应相关联的功率贡献的即时量;

其中,用以确定所述最终目标功率贡献或所述即时目标功率贡献或两者的所述装置配置成至少部分地基于当前时间、当前日期、所述电力网频率信号、所述发电机的当前输出功率、操作员偏好、操作规范、与所述电力网相关联的准则或规章或其一些组合而改变。

14.根据权利要求13所述的系统,其中,用以确定所述最终目标功率贡献或所述即时目标功率贡献或两者的所述装置配置成至少部分地基于确定所述频率干扰是否已在白天期间或在夜晚期间发生而改变。

15.根据权利要求13所述的系统,其中,用以确定所述最终目标功率贡献或所述即时目标功率贡献或两者的所述装置配置成至少部分地基于年的原因而改变。

16.根据权利要求13所述的系统,其中,用以确定所述最终目标功率贡献或所述即时目标功率贡献或两者的所述装置配置成至少部分地基于节电场景是否预期发生而改变。

17.根据权利要求13所述的系统,其中,用以确定所述最终目标功率贡献或所述即时目标功率贡献或两者的所述装置配置成至少部分地基于操作员选择而改变。

18.根据权利要求13所述的系统,其中,用以确定所述最终目标功率贡献或所述即时目标功率贡献或两者的所述装置配置成至少部分地基于来自所述发电机的可用的功率贡献量而改变。

19.根据权利要求13所述的系统,其中,用以确定所述最终目标功率贡献或所述即时目

标功率贡献或两者的所述装置配置成至少部分地基于所述电网上的当前负荷水平而改变。

20. 根据权利要求19所述的系统, 其中, 所述负荷水平包括基础负荷、中间负荷、或高峰负荷。

用于控制发电的系统和装置

技术领域

[0001] 本文公开的主题大体涉及发电单元,并且更具体而言,涉及用于控制发电机的系统和装置。

背景技术

[0002] 发电单元大体以标称频率(例如,50 Hz或60 Hz)对电力网提供交流电。但是,有时,电力网频率可变得被干扰,并且可不同于标称频率。例如,当出乎意料地增加发电单元或者从电力网移除发电单元时,或者当连接到电力网上的负荷出乎意料地增加或下降时,可发生这样的频率干扰。为了保持电力网稳定性,发电单元可通过相应地增加或减少功率输出来响应频率干扰。例如,如果电力网频率的变化超过称为静带频率的阈值(例如,最小频率变化),单独的发电单元可执行主频率响应,从而与频率的变化成比例地增加或减少每个发电单元所产生的功率量。由于不同的发电单元可具有不同的容量和特性,所以一些发电单元可响应于频率变化而迅速地改变输出功率,而其它发电单元则可更加缓慢地响应。另外,虽然可针对频率响应来控制发电单元的最终目标功率贡献,但是功率输送时间、速率和形状可能不受控制。另外,为了保持电力网的稳定性,可对一些电网操作员进行管制,以响应于电力网频率干扰而随着时间的过去提供特定的功率输出,这可排除使用提供不匹配规章的主频率响应的发电单元。

发明内容

[0003] 下面对在范围上与原本要求权利保护的发明相称的某些实施例进行概述。这些实施例无意于限制要求权利保护的发明的范围,而是更确切地,这些实施例仅意在提供本发明的可能形式的简要概述。实际上,本发明可包括可能类似于或不同于下面阐述的实施例的多种形式。

[0004] 在第一实施例中,一种发电机控制器包括滤波器组件,该滤波器组件配置成接收电力网频率信号,以及当频率信号在频带之外时输出频率信号。控制器还包括配置成至少部分地基于滤波的频率信号来确定最终目标功率贡献的频率响应计划组件。最终目标功率贡献表示发电机在主频率响应中应当提供的功率贡献的最终量。控制器包括配置成确定即时目标功率贡献信号的柔性速率限制器组件,即时目标功率贡献信号随着时间的过去而改变,并且至少部分地基于速率限制计划来逼近最终目标功率贡献。即时目标功率贡献信号配置成导致发电机使由发电机输出的功率增加或减少对应于即时目标功率贡献信号的量。

[0005] 在第二实施例中,一种系统包括配置成产生扭矩的燃气涡轮和耦接到燃气涡轮的发电机。发电机配置成基于扭矩来对电力网提供功率。系统还包括与燃气涡轮相关联的控制器。控制器配置成至少部分地基于多个即时目标功率贡献信号中的一个来使燃气涡轮改变扭矩,以作为对电力网上的频率信号的主频率响应。控制器包括一个或多个频率滤波器,其配置成接收频率信号,以及当频率信号在频带之外时输出频率信号。控制器还包括各自配置成接收频率信号以及输出相应的最终目标功率贡献信号的一个或多个频率响应计划

组件。每个最终目标功率贡献信号表示发电机在主频率响应中应当提供的功率贡献的最终量。控制器包括一个或多个速率限制器组件,速率限制器组件各自分别配置成接收相应的最终目标功率贡献信号,以及至少部分地基于速率限制计划来确定多个即时目标功率贡献信号中的一个。多个即时目标功率贡献信号中的每个配置成导致发电机使由发电机输出的功率增加或减少到即时目标功率贡献信号指示的水平。

[0006] 在第三实施例中,一种制造品,包括其上编码有处理器可执行的指令的一个或多个有形的、机器可读介质。指令包括用以接收电力网频率信号的指令,以及用以通过确定电力网频率信号何时高于或低于电力网的标称频率周围的静带来确定何时发生频率干扰的指令。指令还包括用以在发生频率干扰时至少部分地基于电力网的标称频率和电力网频率信号之间的差异来确定最终目标功率贡献的指令。最终目标功率贡献表示与发电机对频率干扰的主频率响应相关联的功率贡献的最终量。指令包括用以在发生频率响应时至少部分地基于最终目标功率贡献和自发生频率干扰以来的时间来确定即时目标功率贡献信号的指令。即时目标功率贡献表示与发电机对频率干扰的主频率响应相关联的功率贡献的即时量。用以确定最终目标功率贡献或即时目标功率贡献或两者的指令配置成至少部分地基于当前时间、当前日期、电力网频率信号、发电机的当前输出功率、操作员偏好、操作规范、与电力网相关联的准则或规章或其一些组合而改变。

附图说明

[0007] 当参照附图来阅读以下详细描述时,本发明的这些和其它特征、方面与优点将变得更好理解,其中,相同符号在整个图中表示相同部件,其中:

[0008] 图1是电系统的实施例的框图,在该电系统中,发电单元可包括柔性频率控制器;

[0009] 图2是包括柔性频率控制器的涡轮发电机系统的实施例的框图;

[0010] 图3是柔性频率控制器的实施例的示意图;

[0011] 图4是描述了柔性频率控制器所使用的控制系统的实施例的流程图;

[0012] 图5是柔性频率控制器的频率响应计划的实施例的示意图;

[0013] 图6是柔性频率控制器的速率限制计划的实施例的示意图;

[0014] 图7是柔性频率控制器的速率限制计划的另一个实施例的示意图;以及

[0015] 图8是柔性频率控制器所使用的控制系统的另一个实施例的流程图。

具体实施方式

[0016] 下面将对本发明的一个或多个具体实施例进行描述。为了致力于提供对这些实施例的简明描述,可能不会在说明书中对实际实现的所有特征进行描述。应当意识到,当例如在任何工程或设计项目中开发任何这种实际实现时,必须作出许多对实现而言专有的决定来实现开发者的具体目标,例如符合与系统有关及与商业有关的约束,开发人员的目标可根据不同的实现而彼此有所改变。此外,应当意识到,这种开发尝试可能是复杂和耗时的,但尽管如此,对受益于本公开的普通技术人员来说,这种开发工作将是设计、生产和制造的例行任务。

[0017] 当介绍本发明的多种实施例的元件时,冠词“一”、“该”和“所述”意在表示存在一个或多个该元件。用语“包括”、“包含”和“具有”意在为包括性的,并且表示除了列出的元件

之外,可存在额外的元件。

[0018] 目前的实施例涉及响应于电力网频率信号的变化来控制发电机。特别地,下面公开的实施例可涉及控制发电机输出功率的逼近速率和/或到达时间,而非仅控制目标最终输出功率。这些实施例可涉及控制任何合适的发电机。一些实施例特别适用于控制低惯性的发电机(诸如航空改型涡轮发电机)的频率响应,低惯性的发电机可相对易受电力网上的频率干扰的影响,但是低惯性的发电机也可能能够相对迅速地响应这样的干扰。如本文所用,用语“柔性频率控制器”将指能在频率响应序列期间控制输出功率的逼近速率和/或到达时间的发电机控制器。

[0019] 当在电力网上发生频率干扰,从而导致电力网的频率不同于标称频率(例如,典型地50 Hz或60 Hz)时,这种柔性频率控制器可导致发电机以受控制的方式提供输出功率。具体地,当相对于标称频率的偏差超过称为静带的最小阈值时,柔性频率控制器可开始主频率响应,以试图使电力网稳定。主频率响应可根据受控制的逼近速率和/或到达时间来增加或减少发电机的输出功率。在主频率响应之后,典型地寿命较长的辅助频率响应可涉及在电力网频率稳定时维持某个输出功率达一段时间。本公开将集中在主频率响应上。

[0020] 特别地,柔性频率控制器可使用频率响应计划、速率限制计划和/或功率需求控制-误差来控制发电机的主频率响应。频率响应计划可依赖于频率偏差量来规定最终目标功率贡献。这个最终目标功率贡献表示发电机在主频率响应中最终应当提供的总的功率贡献增加或减少的量。但是,因为发电机不会立即提供所有的功率贡献,所述也许不能单独基于最终目标功率贡献来控制发电机。更确切地,在已经确定了最终目标功率贡献分布的情况下,速率限制计划然后可用来基于最终目标功率贡献和/或自频率干扰发生以来的时间量来确定即时目标功率贡献。即时目标功率贡献可随时间而改变,从而最终逼近最终目标功率贡献。通过使用即时目标功率贡献来控制发电机,随着时间的过去,发电机可产生和提供具有受控制的逼近速率和/或到达时间的功率贡献。

[0021] 照这样,使用频率响应计划、速率限制计划和/或功率需求控制误差,柔性频率控制器能以可改进电力网的稳定性的方式来响应频率干扰。也就是说,为了改进电力网的稳定性,电力网操作员可能需要以特定的方式执行频率响应。以示例的方式,电力网操作员可期望所有发电机都在频率干扰期间以类似的方式操作,以防止例如跷跷板效应,因为来自较快速的发电机的功率会回流到较缓慢的发电机中。具体地,电力网操作员可期望发电机在某个时期里以特定的速率提供增加或减少的功率输出。例如,在一个实施例中,功率输出的期望变化可由具有线性变化的频率响应计划表示,而发电机可能有的最快的变化速率则可由指数变化表示。不是仅允许发电机以最快的可能速率进行响应,而是柔性频率控制器可控制发电机响应于频率变化的速率。

[0022] 考虑到以上,图1是电系统10的实施例的框图,电系统10包括由功率单元14供给的电力网12,功率单元14可配置有柔性频率控制器,以响应电力网12的基于频率的干扰。如所示出的那样,电系统10包括耦接到分布式功率单元14和分布式负荷16的电力网12。分布式功率单元14可包括功率单元18、20、22、24、26和28。这些分布式功率单元14中的每个配置成产生用于分配到电力网12上的功率。分布式负荷16可包括负荷30、32、34、36和38。这些分布式负荷16中的每个配置成从电力网12中抽取功率,以操作机器、建筑物和其它系统。

[0023] 示出的电系统10还包括耦接到电力网12的公用事业电网系统40。公用事业电网系

统40可对电力网12提供某种控制,并且可检测电力网12中的多种电网不稳定事件,诸如瞬时的稳定性扰动。这些瞬时的稳定性扰动可对应于电力网12上的频率或负荷的剧烈变化。另外,当发生这样的事件时,公用事业电网系统40可接收来自功率单元14中的一个或多个的公用事业信号42。公用事业信号42可为公用事业操作员提供数据,诸如与功率单元14有关的状态和/或健康数据。

[0024] 分布式功率单元14可包括配置成将功率分配到电力网12上的多种发电系统。例如,这样分布式功率单元14可包括由往复式内燃机、燃气涡轮发动机、蒸汽涡轮发动机、水轮机、风力涡轮等驱动的发电机。这些分布式功率单元14的大小还彼此不同。例如,一个功率单元14可比电力网12上的另一个功率单元14具有大得多的惯性。惯性大的功率单元14可比低惯性的功率单元14花更多时间来响应频率变化。

[0025] 在示出的实施例中,功率单元18表示较低惯性的功率单元14,较低惯性其包括耦接到发电机46的驱动44。功率单元18还包括调节器48,调节器48可对驱动44提供比例-作用控制。驱动44配置成响应于调节器48和/或其它内部控制特征的控制来旋转发电机46,以进行发电。在某些实施例中,驱动44可包括低旋转惯性的发动机,诸如燃气涡轮发动机。例如,驱动44可包括航空改型燃气涡轮发动机,诸如纽约斯克内克塔迪的通用电气公司制造的LM1600、LM2500、LM6000或LMS100的航空改型燃气涡轮发动机。但是,驱动44可为用于旋转发电机46的任何合适的机构。如下面更加详细地论述的那样,驱动44可响应于电力网12上负荷的剧烈变化而在速度上迅速改变,从而导致从发电机46输出到电力网12上的功率的频率有迅速的变化。

[0026] 分布式负荷16可在电力网12上包括多种装备和设施。例如,分布式负荷16可包括民用住宅、商业建筑物、工业设施、运输系统和工业装备。大体上,这些分布式负荷16可在每个24小时的周期上逐渐地改变电需求。例如,高峰需求大体可发生在中午,而最小需求则大体可发生在午夜。在一天的过程中,这些分布式负荷16的电力需求大体可在上午时间里增加,并且随后在下午时间里减少。分布式功率单元14大体能够响应电力网12上的电力需求的这些逐渐变化。不幸的是,电力网12上的迅速的负荷振荡可在分布式功率单元16供给的电功率和分布式负荷16的电力需求之间产生相当大的间隙。因此,负荷的大量减少可导致功率单元14加速,从而提高电力网12的频率。同样,负荷的大量增加可导致功率单元减速,从而降低电力网12的频率。

[0027] 如下面更加详细地论述的那样,当发生这样的基于频率的电网干扰,从而导致电力网12的频率与标称频率有偏差时,驱动44可对应地提高或降低频率。当这样的状况涉及超过称为静带的最小阈值(例如,1 mHz、2 mHz、5 mHz、10 mHz、20 mHz等)的频率时,柔性频率控制器50可对诸如驱动44提供控制信号,意在协助稳定电力网12。另外,柔性频率控制器50可提供信号,以导致驱动44根据频率响应计划来对发电机46增加扭矩或移除扭矩。这么做可增加或移除可与其它分布式功率单元14共同使电力网12的频率回到其标称频率的功率。在示出的实施例中,功率单元18中的兆瓦传感器52配置成实时地监测发电机46所产生的兆瓦,以及对柔性频率控制器50提供反馈。

[0028] 另外,如所示出的那样,公用事业电网系统40可配置成监测某些系统范围的事件。例如,公用事业电网系统40可包括保护控制54和电网监测器56,保护控制54和电网监测器56基于整个电力网12中的多种电网不稳定事件来共同提供迅速的事件识别和修正措施。例

如,电网监测器56可包括故障监测器58、跳脱监测器60和振荡监测器62。故障监测器58可配置成迅速地识别电力网12中的故障,诸如传输线故障64。故障64可表示电力网12的第一部分66和第二部分68中的不连续性。因此,传输线故障64可使负荷36和38和功率单元26和28与电力网12的第一部分66断开。

[0029] 跳脱监测器60可配置成识别分布式功率单元14中的一个或多个的跳脱,诸如功率单元22的跳脱70。由于跳脱70的原因,分布式负荷16的电功率需求可突然超过分布式功率单元14所提供的可用功率。振荡监测器62可配置成识别分布式负荷16中的一个或多个的电需求的迅速变化,诸如负荷32中的振荡72。例如,振荡72可表示某些装备、工业设施等中的电需求突然增加或减少。

[0030] 图2是具有耦接到涡轮发电机104的涡轮发电机控制器102的涡轮发电机系统100的实施例的框图。如所示出的那样,涡轮产生控制器102包括柔性频率控制器50、涡轮控制器108、发电机控制器110、兆瓦传感器52和人机接口112。如下面更加详细地论述的那样,柔性频率控制器50诸如可通过使用一个或多个频率响应计划来控制供给到涡轮发电机104的目标功率信号。涡轮控制器108可包括多种监测器和控制(诸如涡轮监测器118)、燃料控制120、功率控制122和保护控制124。示出的发电机控制器110还可接收来自公用事业116(例如,公用事业40)的公用事业信号114(例如,公用事业信号42),并且可包括多种监测器和控制(诸如发电机监测器126、电压控制128和保护控制130)。涡轮控制器108和发电机控制器110的监测器和控制可配置成监测和控制涡轮发电机104的某些特征。

[0031] 在示出的实施例中,涡轮发电机104包括通过一个或多个轴146而耦接到压缩机142和发电机144的涡轮140。如所意识到的那样,示出的涡轮140可包括一个或多个涡轮级,并且压缩机142可包括一个或多个压缩机级。涡轮发电机104还包括一个或多个燃烧器148,并且燃料喷嘴150配置成燃烧燃料152和空气154的混合物,并且将热的燃烧气体156输送到涡轮140。特别地,压缩机142被涡轮140驱动而压缩上游空气入口158处的空气154,并且然后将压缩空气160输送到一个或多个燃烧器148和燃料喷嘴150。例如,燃料喷嘴150可以适合于燃烧的混合物的形式将压缩空气160和燃料152传输到燃烧器148中。

[0032] 然后燃料和空气的混合物在燃烧器148内燃烧,从而产生流到涡轮140中的热的燃烧气体156。热的燃烧气体156驱动涡轮140内的涡轮叶片,以旋转轴146,从而驱动压缩机142和发电机144两者。在某些实施例中,涡轮发动机可为航空改型燃气涡轮发动机,诸如纽约斯克内克塔迪的通用电气公司制造的LM1600、LM2500、LM6000或LMS100的航空改型燃气涡轮发动机。因而,涡轮发电机104可配置成产生高达大约14 MW至100 MW、35 MW至65 MW或40 MW至50 MW的电力。例如,LM2500发动机可配置成产生高达大约18 MW至35 MW,LM6000发动机可配置成产生高达大约40 MW至50 MW,并且LMS100发动机可配置成产生高达大约100 MW。

[0033] 涡轮发电机控制器102对涡轮发电机104的多种特征提供监测和控制。例如,涡轮控制器108的涡轮监测器118可监测涡轮140、压缩机142、燃烧器148等的旋转速度、振动、温度、压力、流体流量、噪声和其它参数。

[0034] 涡轮控制器108的燃料控制120可配置成增加或减少通往一个或多个燃料喷嘴150的燃料流,从而改变燃烧器148内的燃烧动力学,以及进而改变涡轮140的操作。例如,燃料控制120可降低通往燃料喷嘴150的燃料流率,以降低燃烧器148中的燃烧,并且因此降低涡

轮140的速度。同样,燃料控制120可提高通往燃料喷嘴140的燃料流率,以增加燃烧器148中的燃烧,并且因此提高涡轮140的速度。燃料控制120还可依赖于燃料喷嘴150的数量和配置来改变燃料喷射的其它特性。例如,燃料控制120可调节通往不同的燃料喷嘴150的多个独立的燃料线,以改变燃烧器148内燃烧的特性。如图2中示出的那样,框152可对应于共同的或独立的燃料线、歧管或燃料调节器。响应于电网不稳定事件,柔性频率控制器50可控制燃料控制120的多种方面。

[0035] 涡轮控制器108的功率控制122可配置成增加或减少涡轮140的功率输出。例如,功率控制122可监测和/或控制压缩机142、燃料喷嘴150、燃烧器148、涡轮140和外部负荷(例如,发电机144)的多种操作参数。特别地,功率控制122可与燃料控制120协作,以调节燃料流,从而调节燃烧。出于多种原因(包括性能、排放等),功率控制122还可控制多个燃料(例如,气体燃料和/或液体燃料)、空气、水、氮或多种其它流体的流量。例如,功率控制122可选择性地启用气体燃料流、液体燃料流或两者,这取决于多种状况和可用的燃料。作为另外的示例,功率控制122可选择性地启用低BTU的燃料或高BTU的燃料,这取决于功率要求。同样,功率控制122可选择性地启用水流、氮流或其它流来控制排放。响应于基于频率的电网干扰,涡轮发电机控制器102可控制功率控制122的多种方面,以调节柔性频率控制器50所控制的功率输出。

[0036] 涡轮控制器108的保护控制124可响应于指示潜在损害、过度磨损或操作阈值的事件来执行修正措施。例如,如果涡轮监测器118识别过度的振动、噪声或潜在损害的其它指标,则保护控制124可降低速度,或者使涡轮发电机104停机,以降低进一步损害的可能性。在某些实施例中,涡轮控制器108的保护控制124可包括间隙控制,间隙控制可对旋转组件和固定组件(例如,在涡轮140和/或压缩机142中)之间的间隙提供控制。例如,间隙控制可增加或减少通过涡轮140或压缩机142的冷却剂流,以改变固定部件的热膨胀或收缩,从而使固定部件(例如,护罩节段)围绕旋转叶片而膨胀或收缩。照这样,间隙控制可增加或减少涡轮140和压缩机142中的旋转叶片和固定部件之间的间隙。备选地,间隙控制可控制涡轮140或压缩机142内的其它间隙机构,诸如耦接到围绕涡轮140或压缩机142内的旋转叶片而设置的固定部件的驱动机构。

[0037] 发电机控制器110还可具有多种监测器控制,以改进来自涡轮发电机104的功率输出的性能和可靠性。例如,发电机监测器126可监测发电机144的多种功率特性,诸如电压、电流和频率。发电机监测器126还可监测指示磨损或疲劳的多种特性,诸如振动、噪声或绕组故障。电压控制128可配置成处理和滤波来自发电机144的电输出,从而对电力网12提供期望的电输出。

[0038] 保护控制130可配置成响应于来自发电机监测器126的反馈而采取修正措施,从而在整体上降低发电机144或涡轮发电机104疲劳或退化的可能性。例如,保护控制130可响应于发电机监测器126所识别的过度振动或噪声而断开发电机144与涡轮发电机104、断开负荷与发电机144、或者使涡轮发电机104停机。

[0039] 在图3中描绘了柔性频率控制器50的实施例的示意图180,柔性频率控制器50可控制发电机46(诸如涡轮发电机104)的主频率响应。虽然图3示意性地描绘了柔性频率控制器50与发电机46连通,但是应当理解,柔性频率控制器50可通过发电单元18(发电机46为其一部分)的其它组件(例如,驱动44)来与发电机46连通。如所示出的那样,柔性频率控制器50

尤其接收来自发电机46的反馈信号(一个或多个)184,反馈信号184可包括电力网12的频率。至少部分地基于反馈信号(一个或多个)184,柔性频率控制器50可确定导致发电机46以特定的速率输出功率的控制信号(一个或多个)186。以示例的方式,控制信号(一个或多个)186可包括功率(MW)目标贡献、功率(MW)需求控制-误差,以及/或者期望的功率增加的任何其它合适的表示。

[0040] 如图3中示出的那样,柔性频率控制器50包括存储器188、处理器190和存储192。存储器188可包括诸如随机存取存储器(RAM)的易失性存储器,以及/或者诸如只读存储器(ROM)的非易失性存储器。存储器188可存储用于柔性频率控制器50的处理器可执行的指令(例如,固件或软件),以使柔性频率控制器50能够执行本文公开的技术。处理器190可执行用以控制柔性频率控制器50的指令。处理器190可包括一个或多个微处理器,诸如一个或多个“通用”微处理器、一个或多个专用微处理器和/或ASICs或其一些组合。例如,处理器190可包括一个或多个精简指令集(RISC)处理器。目前示出的实施例的柔性频率控制器50的非易失性存储192可包括ROM、闪速存储器、硬驱动,或任何其它合适的光学存储介质、磁存储介质或固态存储介质或其组合。存储192可存储数据文件(例如,用以控制主频率响应的逼近速率和/或时间的频率响应计划和/或速率限制计划)、指令(例如,用以实现柔性频率控制器50的功能的软件或硬件),以及任何其它合适的的数据。

[0041] 当电力网12频率干扰发生时,柔性频率控制器50可根据频率响应计划和/或速率限制计划,通过增加或减少发电机46的功率输出来使发电机46响应,如大体由图4的流程图200显示的那样。流程图200示出了可定期地(例如,每隔1毫秒、5毫秒、10毫秒、30毫秒、1秒、5秒、10秒、30秒、1分钟、5分钟、10分钟、30分钟、1小时等,或认为已经发生频率干扰的任何时候)重复的迭代过程,以控制发电机46的功率输出。因而,柔性频率控制器50可接收频率信号202,频率信号202可表示上面参照图3所论述的反馈信号(一个或多个)184。频率信号202表示电力网12的频率,并且在正常操作状况下,频率信号202应当保持大约某个标称值(例如,典型地50 Hz或60 Hz)。至少部分地基于频率信号202是否指示已经发生电力网12频率干扰,以及/或者频率干扰所发生的程度,柔性频率控制器50可导致发电机46执行主频率响应。如下面将论述的那样,柔性频率控制器50可按不仅控制最终目标功率贡献而且还控制逼近速率和/或到达时间的方式来控制对频率干扰的主频率响应。

[0042] 特别地,柔性频率控制器50可通过滤波器组件204、频率响应计划组件206和柔性速率限制器组件208来执行图4的流程图所表示的过程,滤波器组件204、频率响应计划组件206和柔性速率限制器组件208共同导致发电机46所输出的功率在主频率响应期间遵从特定的样式,而不必以最快的可能速率增加或减少。也就是说,滤波器组件204、频率响应计划组件206和速率限制器组件208可通过模拟相同类型或不同类型的另一个发电机46来允许发电机46响应频率干扰,例如节电(brownout)响应或紧急响应。另外,可使用硬件、处理器可执行的指令或硬件和处理器可执行的指令的组合来在柔性频率控制器50中实现滤波器组件204、频率响应计划组件206和速率限制器组件208。滤波器组件204可接收频率信号202,并且确定频率信号202是否在频带(例如,静带)之内或之外。因而,滤波器组件204可起静带滤波器的作用,以阻挡某个频带内的频率,以及仅通过在静带之外的频率。例如,静带频率范围可为大约60 Hz $\pm$ 10 mHz、60 Hz $\pm$ 20 mHz、60 Hz $\pm$ 25 mHz或60 Hz $\pm$ 30 mHz,或者任何其它合适的静带范围。因此,如果静带频率范围为大约60 Hz $\pm$ 20 mHz,则滤波器

将阻挡在60 Hz $\pm$ 20 mHz的范围内的任何频率继续通过柔性频率控制器50。

[0043] 当频率信号202未被滤波器组件204阻挡时,频率响应计划组件206使频率信号202与响应功率信号相关。频率响应计划组件206可包括例如包括对应于频率信号202的可能值的响应功率信号的查找表或列表。可使用对发电机46和公用事业电网40而言专有的变量(例如,最大发电机输出、当前的发电机输出、百分比贡献等)的组合来制定频率响应计划组件206。

[0044] 另外,频率响应计划组件206在柔性频率控制器50的不同的实施例中可有所不同。在某些实施例中,当频率在静带频率范围之外时,频率响应计划组件206可使频率与指示的最终目标功率贡献线性相关。例如,参见图5及其下面的有关描述,该描述包括其中频率响应计划组件206可使频率与最终目标功率贡献相关的一种方式的图形表示。另外,当发生特定的状况时,诸如节电状况,可使用特定的频率响应计划206。应当注意,在某些实施例中,柔性频率控制器50可包括多个频率响应计划组件206。

[0045] 一旦频率响应计划组件206确定最终目标输出,速率限制器组件208就根据速率限制计划来限制响应功率信号的变化速率。因而,速率限制器组件208可根据速率限制计划(例如,速率表)来操作,该速率限制计划至少部分地基于来自频率响应计划组件206的最终目标功率贡献和自从首先检测到频率干扰已经过去的时间量来指示目标功率信号210。另外或备选地,速率限制器组件208的速率限制计划可使最终目标功率贡献作为总的可用贡献功率与时间计划的百分比相关,以产生目标功率信号210。

[0046] 为了提供一些示例,在发生具体状况(例如,节电状况)时,可使用采用特定的速率限制计划的特定的速率限制器组件208,或者可使用该速率限制器组件208来模拟特定的发电机46(例如,电力网12的另一个发电机46)的主频率响应。在某些实施例中,柔性频率控制器50可包括多个速率限制器组件208,并且/或者,速率限制器组件208可包括多个速率限制计划。

[0047] 如上面提到的那样,速率限制器组件208输出即时目标功率贡献210。当将即时目标功率贡献210和兆瓦需求213(表示系统所需的功率)相加212至兆瓦感测214信号(表示发电机46的当前功率输出)时,产生兆瓦需求控制-误差216信号。这个兆瓦需求控制-误差216信号用来控制发电机46的功率输出。特别地,兆瓦需求控制-误差216信号表示发电机46的功率输出的增加或减少。

[0048] 如上面提到的那样,图4的流程图的动作可以周期为基础迭代地重复。因而,在各次迭代时,尽管频率信号202可保持相同,并且因而频率响应计划组件206所指示的最终目标功率贡献可保持相同,但是速率限制器组件208可在时间改变时输出即时目标功率贡献210的不同的值。特别地,如将在下面参照图6和图7所论述的那样,速率限制器组件208可输出即时目标功率贡献210的变化值,以使发电机46以受控制的逼近速率和/或到达时间来产生主频率响应。

[0049] 图5是可由柔性频率控制器50的频率响应计划组件206用来确定最终目标功率贡献值的频率响应计划218的一个示例的示意图。在图5的频率响应计划218中,x轴表示电网频率219,而y轴则表示最终目标功率贡献220。因而,线221表示可依赖于电网频率219而控制发电机46从而得到的最终目标功率贡献220。线221包括由大体竖直的区域223和224限制的大体水平的区域222。虽然描绘了线221在包围区域222、223和224的线221的两侧上是大

体笔直的,但是在某些实施例中,线221可为非线性的。

[0050] 大体水平的区域222表示在频率219在区域223和224之间的频率范围(例如,静带)之内时通常所指示的功率贡献220。因而,在静带频率范围内,最终目标功率贡献220可为大约0 MW。也就是说,在对应于等于电力网的标称频率(例如,50 Hz或60 Hz)的频率219的输入电网频率225处,最终目标功率贡献226可为0 MW。在处于静带频率范围之外的输入电网频率227的情况下,对应的最终目标功率贡献228可小于或大于0 MW。

[0051] 换句话说,图5的频率响应计划218表示在频率干扰发生时提供为减弱贡献功率的最终目标功率贡献。以示例的方式,频率响应计划218可表示指示的最终目标功率贡献的多种频率,在标号225处指示标称频率(例如,50 Hz或60 Hz)。图5的频率响应计划218可指示待达到特定的频率(例如,标称频率225的 $\pm 2.5\%$ 、 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 或 $\pm 16\%$)的最大和最小的最终目标功率贡献。也就是说,当电力网12的频率已经减弱某个值或百分比时,可指示最大的最终目标功率贡献(表示待由发电机46输出的功率的增加量),并且当电力网的频率已经升高某个值或百分比时,可指示最小的最终目标功率(表示待由发电机46输出的功率的减少量)。

[0052] 为了提供一个示例,例如,当发电机46的总功率输出能力为100 MW时,并且目前的标称功率输出为50 MW,如果发生频率减弱,则发电机46可具有贡献额外的50 MW的能力。当例如发生5%的频率减弱时,频率响应计划218可指示最大的最终目标功率贡献。因而,当频率219减弱5%或更多时,频率响应计划218可指示50 MW的最大的最终目标功率贡献(也就是说增加50 MW或总共100 MW)。当频率减弱一些其它量227(例如,1%)时,频率响应计划218可指示最终目标功率贡献228(例如,最大值的1/5,或10 MW的最终目标功率贡献)。类似地,当频率减弱2%时,频率响应计划218可指示20 MW的最终目标功率贡献等。如应当意识到的那样,频率响应计划218的其它实施例可为线性或非线性的。

[0053] 在图6中呈现了柔性频率控制器50的速率限制器组件208所使用的速率限制计划230的实施例。速率限制计划230将即时目标功率贡献210(即,待在给定时刻提供以便符合特定的逼近速率和/或到达时间的功率贡献量)表示为时间以及频率响应计划组件206确定的最终目标功率贡献的函数。也就是说,至少部分地基于来自频率响应计划组件206的最终目标功率贡献,速率限制计划230可将即时目标功率贡献210指示为时间的函数。在速率限制计划230中,y轴234表示兆瓦目标贡献,而x轴232表示自从最近检测到的频率干扰开始以来的时间。因而,曲线236使提供给发电机46的即时目标功率贡献210与在频率干扰开始时的时间相关。在图6的示例中,曲线236较迅速地开始时间242增加,并且在结束时间244处逐渐逼近最终目标功率贡献,超过该点,即时目标功率贡献210可等于最终目标功率贡献达大体与频率干扰持续的时间一样长。在时间238处,例如,速率限制计划230指示最大容许功率贡献240的即时目标功率贡献210。在时间244处,速率限制计划230指示最大容许功率贡献246的即时目标功率贡献210,即时目标功率贡献210可等于最终目标功率贡献。

[0054] 速率限制器组件208可采用具有不同的形状、逼近速率和/或到达时间的其它功能形式的速率限制计划。实际上,如图7所显示的那样,速率限制计划260可用于紧急响应速率表中,以在紧急状况下提供紧急响应。速率限制计划260可备选地用来导致发电机46模仿其它发电机(诸如蒸汽发电机)的主频率响应。如同速率限制计划230,速率限制计划260将速率限制器组件208输出的即时目标功率贡献210表示为时间以及频率响应计划组件206确定

的最终目标功率贡献的函数。也就是说,至少部分地基于来自频率响应计划组件206的最终目标功率贡献,速率限制计划230可将即时目标功率贡献210指示为时间的函数。

[0055] 在速率限制计划中,y轴264表示兆瓦目标,而x轴262表示自从频率干扰开始以来的时间。因而,曲线266使提供给发电机46的即时目标功率贡献210与在频率干扰开始时起始的时间相关。在图7的示例中,曲线266大体遵从的样式与蒸汽发电机在主频率响应期间典型地执行的功率输出样式相同。但是,如应当意识到的那样,曲线266可备选地具有其它形状、逼近速率和/或到达时间。如在图7中可看到的那样,曲线266根据特定的功能从开始时间272增加,直到在结束时间274处达到最终目标功率贡献,超过该点,即时目标功率贡献210可等于最终目标功率贡献达大体与频率干扰持续的时间一样长。在时间268处,例如,速率限制计划260指示即时目标功率贡献210最大容许功率贡献270。在时间274处,速率限制计划260指示最大容许功率贡献276的即时目标功率贡献210,即时目标功率贡献210可等于最终目标功率贡献。

[0056] 可由速率限制器组件208使用的速率限制计划的又一些示例可遵从其它样式和/或功能。特别地,在速率限制计划的至少一个实施例中,即时目标功率贡献210可随着时间的过去以线性方式朝最终目标功率贡献增加,而不管最终目标功率贡献的特定值如何。这种速率限制计划可指示具有恒定的斜率(MW/s)的即时目标功率贡献210,不管频率响应计划组件206所确定的最终目标功率贡献如何。其它实施例可具有依赖于最终目标功率贡献而改变的斜率(MW/s)。

[0057] 柔性频率控制器50可能能够提供可在多种情形下使用的多种不同的主频率响应。例如,图8表示柔性频率控制器50可通过其来提供至少四个不同的主频率响应的备选流程图290。应当意识到,其它实施例可提供更多或更少主频率响应。如同图4的流程图200,流程图290表示柔性频率控制器50可定期地(例如,每隔1毫秒、5毫秒、10毫秒、30毫秒、1秒、5秒、10秒、30秒、1分钟、5分钟、10分钟、30分钟、1小时等,或者在认为已经发生频率干扰的任何时候)重复以控制发电机46的功率输出的迭代过程。可使用硬件、处理器可执行的指令或硬件和处理器可执行的指令的组合来在柔性频率控制器50中实现流程图290的多种组件。

[0058] 如在图8中可看到的那样,流程图290包括滤波器组件292、294、296和298、频率响应计划组件300、302、304和306,以及速率限制器组件308、310、312和314,速率限制器组件308、310、312和314分别导致发电机46的功率输出遵从特定的主频率响应样式,而不必仅以最快的可能速率增加或减少。也就是说,滤波器组件292、294、296和298、频率响应计划组件300、302、304和306以及速率限制器组件308、310、312和314分别可大体以与图4的滤波器组件204、频率响应计划组件206和速率限制器组件208相同的方式起作用,除了它们可采用相同或不同的相应的静带、频率响应计划和/或速率限制计划。

[0059] 因而,速率限制器组件308、310、312和314可对多路复用器316提供不同的即时目标功率贡献210信号。可基于任何合适数量的因素,响应确定逻辑318可通过多路复用器316来选择由柔性频率控制器50最终输出的目标兆瓦贡献信号210。例如,响应确定逻辑318可至少部分地基于例如操作员超驰320、时间322、频率324或输出功率326来确定选择哪个即时目标功率贡献210。可使用任何其它合适的因素。

[0060] 操作员超驰320因素可指示操作员何时期望选择特定的滤波器组件、频率响应计划组件和速率限制器组件。可基于电力网12上的预计负荷、功能测试或操作员所确定的一

些其它原因来确定这种选择。时间322可由响应确定逻辑318使用,使得可在一天或一年的不同时间期间(例如,与较低使用的时间相比的高峰能量使用时间期间)应用滤波器组件、频率响应计划组件和速率限制器组件的不同的组合。例如,可在夜晚期间使用滤波器组件、频率响应计划组件和速率限制器组件的一个组合,并且可在白天期间使用另一个组合。同样,可在一年的一个季节(诸如冬天)期间使用滤波器组件、频率响应计划组件和速率限制器组件的一个组合,而在一年的另一个季节(诸如夏天)期间使用另一个组合。

[0061] 另外,可使用电网上的频率324来确定使用哪个组合。例如,如果频率324急剧地增加或减少,可使用滤波器、频率响应计划和速率限制器的一个组合,而逐渐的频率变化则可使用另一个组合。例如,当频率324降低到阈值以下时,可能存在节电状况。因而,适合于节电状况的滤波器组件、频率响应计划组件和速率限制器组件可提供即时目标功率贡献210信号。同样,发电机46的输出功率326可用来确定使用哪个滤波器组件、频率响应计划组件和速率限制器组件组合,这可至少部分地基于来自发电机46的可用的功率贡献量来进行选择。例如,当发电机46产生接近其最大能力的功率时可使用一个组合,而当发电机46接近其最小能力时可使用另一个组合。另外,所使用的组合可取决于负荷水平,诸如基础负荷(例如,最小负荷)、中间负荷(例如,正常操作负荷)或高峰负荷(例如,最大负荷)。

[0062] 本公开的技术效果包括控制发电机,以提供定制的主频率响应。例如,一旦受到电力网频率干扰,发电机控制器可确定即时目标功率贡献,即时目标功率贡献随着时间的过去以稳定的速率(例如,线性速率或非线性速率)增加,直到达到最终目标功率贡献为止。因而发电机控制器可控制主频率响应的逼近速率和/或到达时间,并且因此可导致发电机的主频率响应如期望的那样改变。例如,发电机的主频率响应可模拟另一个发电机,诸如蒸汽发电机,或者可大体遵从与存在于电力网上的另一个发电机相同的响应样式。

[0063] 本书面描述使用示例来公开包括最佳模式的本发明,以及还使本领域技术人员能实践本发明,包括制作和使用任何装置或系统及执行任何结合的方法。本发明可取得专利的范围由权利要求定义,且可包括本领域技术人员想到的其它示例。如果此类其它示例具有与权利要求字面语言无不同的结构要素,或者如果它们包括与权利要求字面语言无实质不同的等效结构要素,则它们规定为在权利要求的范围之内。

[0064] 元件列表

[0065] 10 电系统

[0066] 12 电力网

[0067] 14 功率单元

[0068] 16 分布式负荷

[0069] 18、20、22、24、26、28 功率单元

[0070] 30、32、34、36、38 负荷

[0071] 40 公用事业电网系统

[0072] 42 公用事业信号

[0073] 44 驱动

[0074] 46 发电机

[0075] 48 调节器

[0076] 50 柔性频率控制器

[0077]	52 兆瓦传感器
[0078]	54 保护控制
[0079]	56 电网监测器
[0080]	58 故障监测器
[0081]	60 跳脱监测器
[0082]	62 振荡监测器
[0083]	64 传输线故障
[0084]	66 第一部分
[0085]	68 第二部分
[0086]	70 跳脱
[0087]	72 振荡
[0088]	100 涡轮发电机系统
[0089]	102 涡轮发电机控制器
[0090]	104 涡轮发电机
[0091]	108 涡轮控制器
[0092]	110 发电机控制器
[0093]	112 人机接口
[0094]	114 公用事业信号
[0095]	116 公用事业
[0096]	118 涡轮监测器
[0097]	120 燃料控制
[0098]	122 功率控制
[0099]	124 保护控制
[0100]	126 发电机监测器
[0101]	128 电压控制
[0102]	130 保护控制
[0103]	140 涡轮
[0104]	142 压缩机
[0105]	144 发电机
[0106]	146 轴
[0107]	148 燃烧器
[0108]	150 燃料喷嘴
[0109]	152 燃料
[0110]	154 空气
[0111]	156 热的燃烧气体
[0112]	158 上游空气入口
[0113]	160 压缩空气
[0114]	180 示意图
[0115]	188 存储器

[0116]	190	处理器
[0117]	192	存储
[0118]	200	流程图
[0119]	202	频率信号
[0120]	204	滤波器组件
[0121]	206	频率响应计划组件
[0122]	208	柔性速率限制器组件
[0123]	210	目标功率信号
[0124]	212	加
[0125]	213	兆瓦需求
[0126]	214	兆瓦感测
[0127]	216	兆瓦需求控制-误差
[0128]	218	频率响应计划
[0129]	219	电网频率
[0130]	220	最终目标功率贡献
[0131]	221	线
[0132]	222	水平的区域
[0133]	223、224	竖直的区域
[0134]	225	输入电网频率
[0135]	226	最终目标功率贡献
[0136]	227	输入电网频率
[0137]	228	目标功率贡献
[0138]	230	速率限制计划
[0139]	232	x轴
[0140]	234	y轴
[0141]	236	曲线
[0142]	238	时间
[0143]	240	最大容许功率贡献
[0144]	242	开始时间
[0145]	244	结束时间
[0146]	246	最大容许功率贡献
[0147]	260	速率限制计划
[0148]	262	x轴
[0149]	264	y轴
[0150]	266	曲线
[0151]	268	时间
[0152]	270	最大容许功率贡献
[0153]	272	开始时间
[0154]	274	结束时间

- [0155] 276 最大容许功率贡献
- [0156] 290 备选流程图
- [0157] 292、294、296、298 滤波器组件
- [0158] 300、302、304、306 频率响应计划组件
- [0159] 308、310、312、314 速率限制器组件
- [0160] 316 多路复用器
- [0161] 318 响应确定逻辑
- [0162] 320 操作员超驰
- [0163] 322 时间
- [0164] 324 频率
- [0165] 326 输出功率。

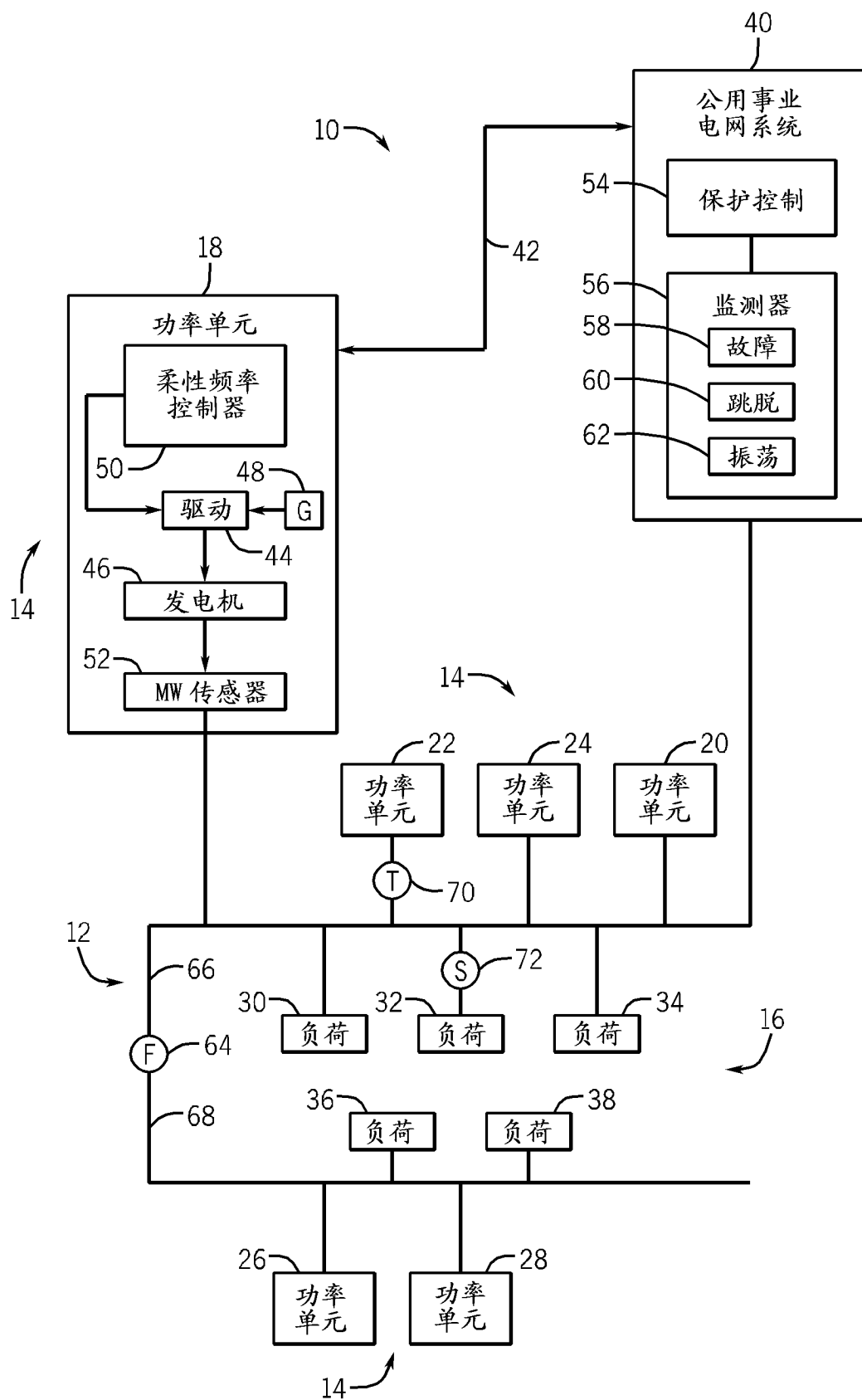


图 1

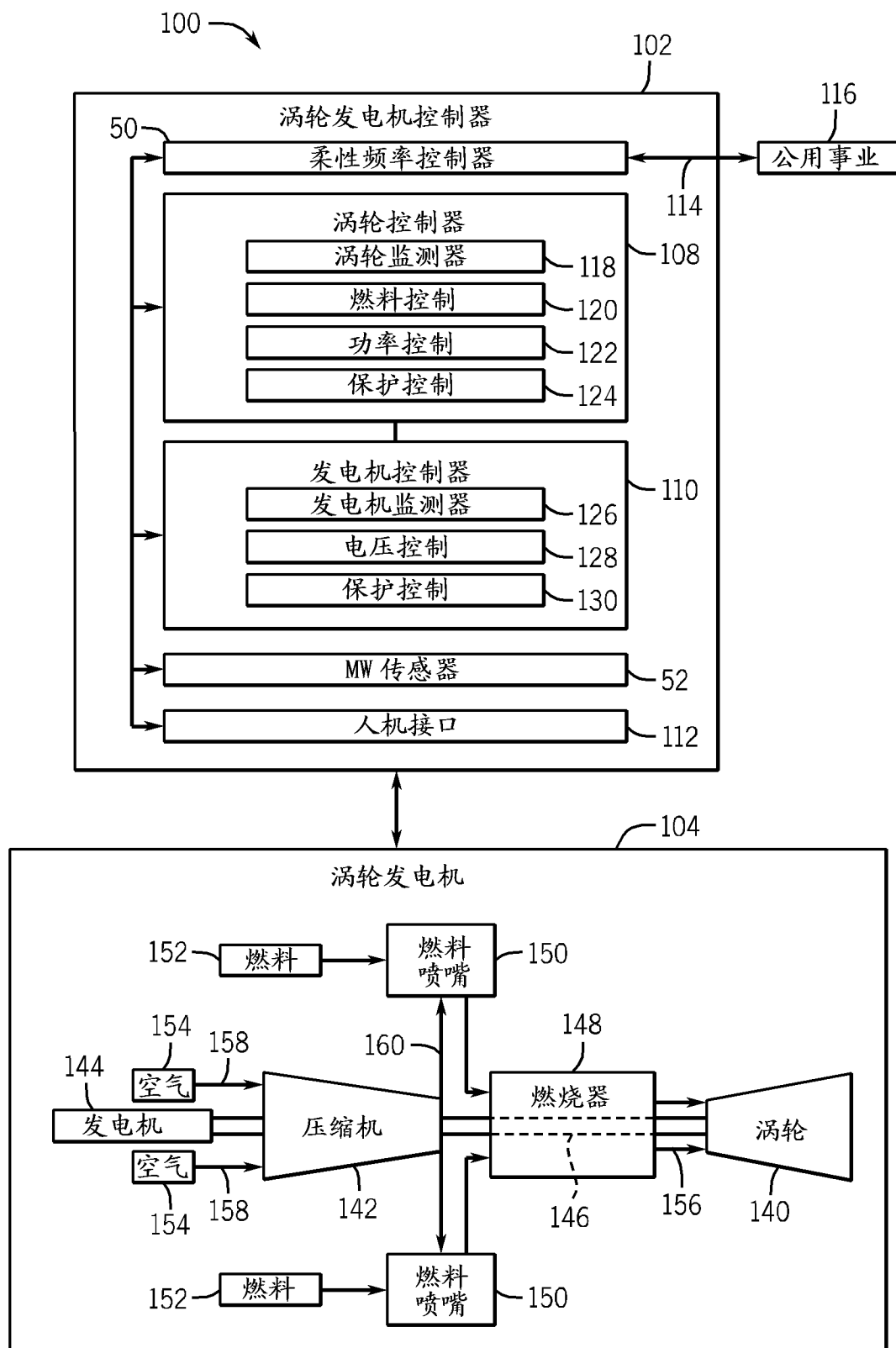


图 2

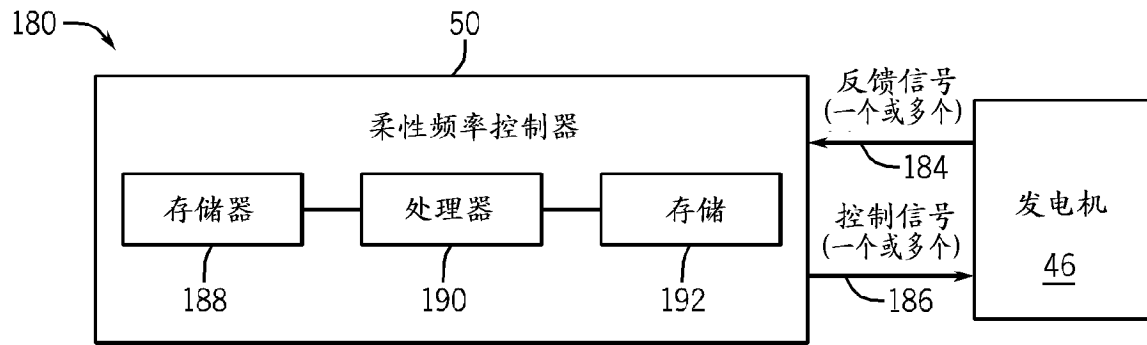


图 3

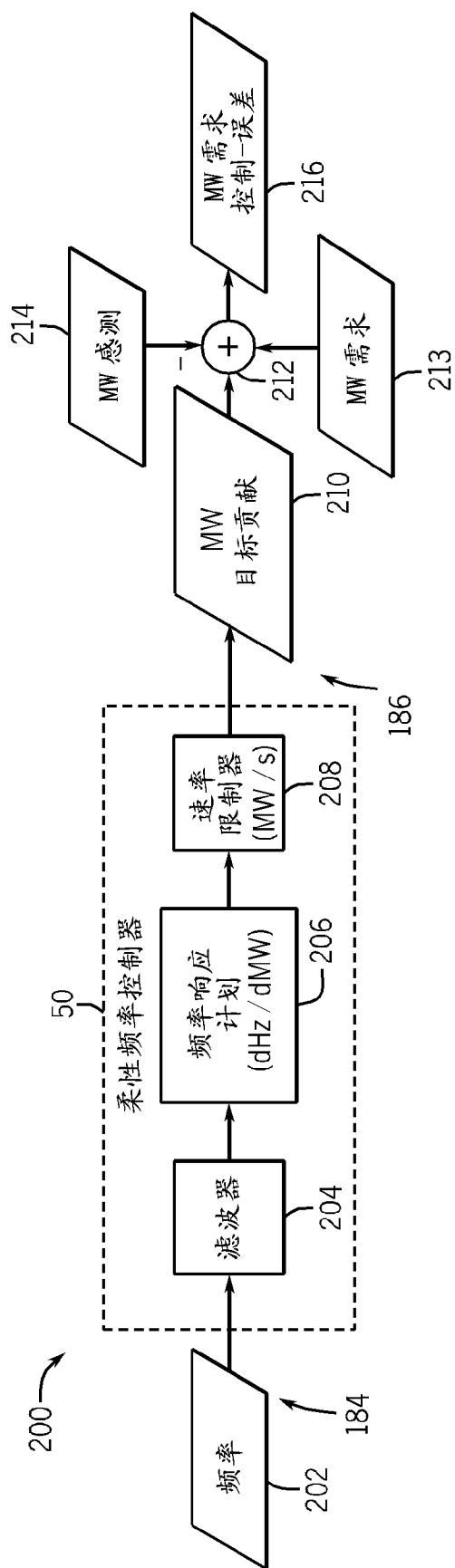


图 4

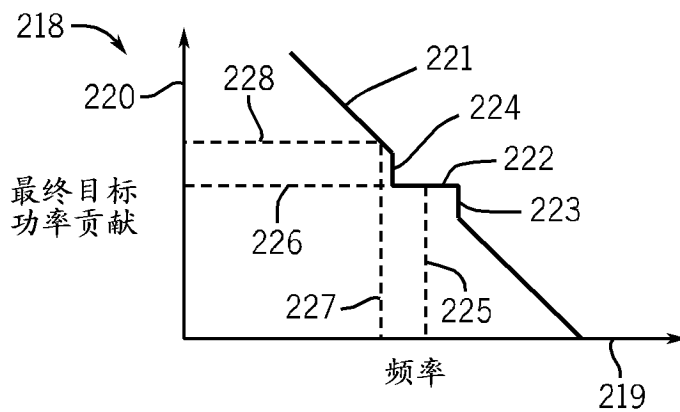


图 5

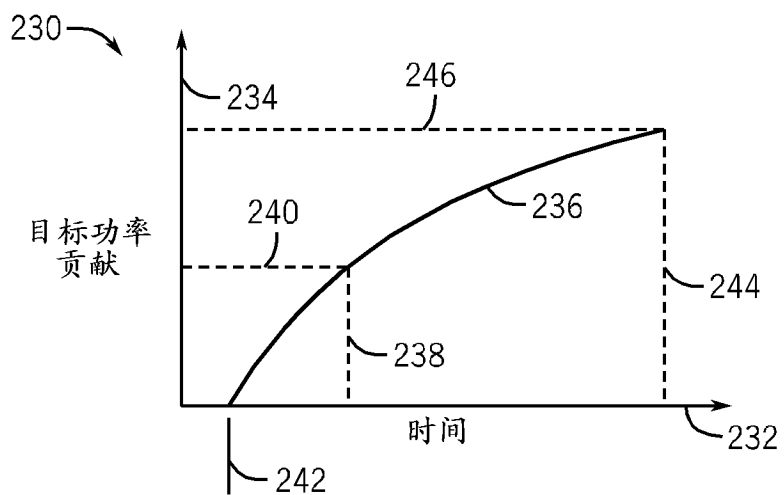


图 6

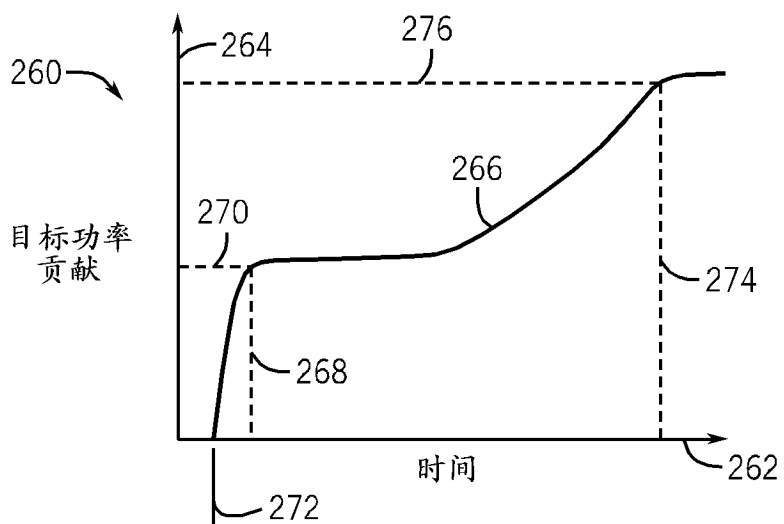


图 7

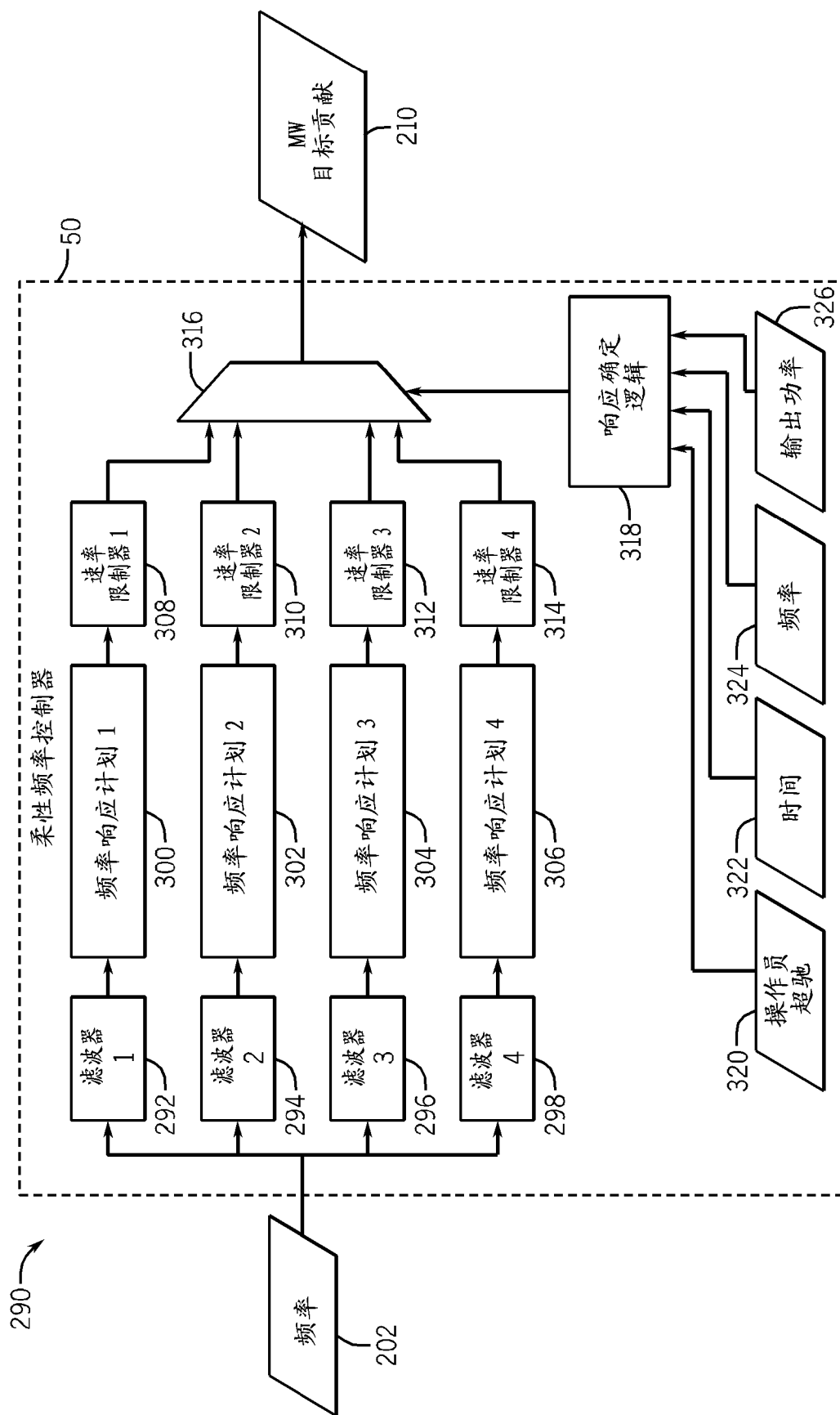


图 8