



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103792852 B

(45)授权公告日 2018.07.20

(21)申请号 201310753598.7

(22)申请日 2013.10.18

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103792852 A

(43)申请公布日 2014.05.14

(30)优先权数据
13/655,137 2012.10.18 US

(73)专利权人 雷勃美国股份有限公司
地址 美国威斯康星

(72)发明人 D·B·海皮奥 M·R·迈克尔

(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 罗银燕

(51)Int.Cl.
G05B 17/02(2006.01)
G05F 1/56(2006.01)

(56)对比文件
WO 2012/015507 A1,2012.02.02,全文.
WO 2012/122454 A1,2012.09.13,全文.
审查员 刘文梅

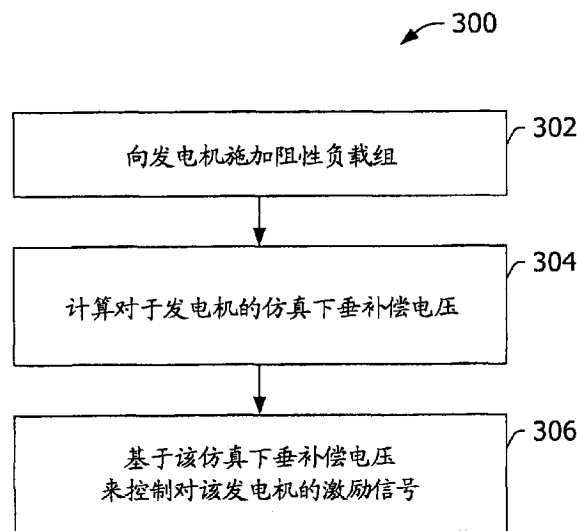
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

用于仿真并行电力产生系统中的无功功率的电压调节器和方法

(57)摘要

本公开提供一种用于调谐并行电力产生系统中的发电机的无功下垂补偿的系统、方法以及电压调节器。该电压调节器被配置为计算对于该发电机的仿真下垂补偿电压并至少部分地基于该仿真下垂补偿电压来控制对该发电机的激励信号。



1. 一种用于调谐并行电力产生系统中的发电机的无功下垂补偿的电压调节器,所述电压调节器配置为:

计算对于该发电机的仿真下垂补偿电压,其中,为了计算仿真下垂补偿电压,所述电压调节器进一步配置为:

接收由用户输入的期望的功率因数;

使用该期望的功率因数计算无功功率;

计算该无功功率与该发电机的额定机器参数的比值;

通过下垂百分数来量化该比值;以及

将量化的比值乘以对于该发电机的电压设定点;以及

至少部分地基于该仿真下垂补偿电压来控制对该发电机的激励信号。

2. 根据权利要求1的电压调节器,其中,所述电压调节器包含配置为将所述电压调节器切换到仿真无功负载模式的开关器件。

3. 根据权利要求1的电压调节器,其中,为了控制对该发电机的激励信号,所述电压调节器进一步配置为:

调谐包括在所述电压调节器中的电压控制器的电压增益;以及

向该发电机施加该仿真下垂补偿电压。

4. 根据权利要求1的电压调节器,进一步包含用于电压设定点控制的模拟输入,其中,所述电压调节器进一步配置为保护该发电机以免超过电压设定点。

5. 一种调谐并行电力产生系统中的发电机的无功下垂补偿的方法,所述方法包含:

向该发电机施加阻性负载组;

使用与该发电机相关联的电压调节器来计算对于该发电机的仿真下垂补偿电压,其中,计算仿真下垂补偿电压包含:

将期望的功率因数输入到该电压调节器;

使用该期望的功率因数来计算无功功率;

计算该无功功率与该发电机的额定机器参数的比值;

通过下垂百分数来量化该比值;以及

将量化的比值乘以对于该发电机的电压设定点;以及

使用该电压调节器至少部分地基于该仿真下垂补偿电压来控制对该发电机的激励信号。

6. 根据权利要求5的方法,其中,控制对该发电机的激励信号进一步包含:

调谐包括在该电压调节器中的电压控制器的电压增益;

向该发电机施加该仿真下垂补偿电压;以及

引起该发电机与该电力产生系统中的至少一个其它的并行发电机成比例地分享无功功率。

7. 一种并行电力产生系统,包含:

配置为生成电输出以驱动负载的第一发电机;以及

用于调谐所述第一发电机的无功下垂补偿的电压调节器,所述电压调节器配置为:

计算对于所述第一发电机的仿真下垂补偿电压,其中,为了计算仿真下垂补偿电压,所述电压调节器进一步配置为:

接收由用户输入的期望的功率因数；
使用该期望的功率因数计算无功功率；
计算该无功功率与该发电机的额定机器参数的比值；
通过下垂百分数来量化该比值；以及
将量化的比值乘以对于该发电机的电压设定点；以及
至少部分地基于该仿真下垂补偿电压来控制对所述第一发电机的激励信号。

8. 根据权利要求7的系统，其中，在运行期间，所述电压调节器进一步配置为：
测量所述第一发电机的输出电压和输出电流；
计算由所述第一发电机输出的实际无功功率；以及
根据该仿真下垂补偿电压来调节所述第一发电机无功功率。

用于仿真并行电力产生系统中的无功功率的电压调节器和方法

背景技术

[0001] 本文描述的实施例一般涉及并行 (parallel) 电力产生系统, 并且更具体地, 涉及用于调谐 (tune) 并行电力产生系统中发电机的无功下垂 (reactive droop) 补偿的方法和系统。

[0002] 在诸如工业、商业、以及消费者应用的许多领域中, 对于负担得起的价格的有效电力的需求正在不断增长。随着对电力的需求增长, 对不间断电力的需求也在增长。许多工业应用需要一天24小时运行, 因此, 电力的损失会具有严重的经济后果。电力供给者提供不间断电力的一种方式是采用并行电压产生系统。通过并行发电机, 电力可被可靠地传送, 因为当另一台发电机发生故障时, 一台发电机可为该另一台发电机提供电力。这样的系统通过使用无功下垂补偿来成比例地分享 (share) 无功负载。

[0003] 用于这样的并行发电机系统的设置 (set-up) 需要与无功负载成比例地调整电压下垂。典型地, 两台或更多台发电机并行地连接, 并且通过使用感性 (inductive) 负载组 (bank) 来施加无功负载。负载分享通过相应地设定每台发电机的下垂特性来完成。然而, 设置通常发生在无功负载组过于昂贵的领域中, 并且在这样的应用中对于建立发电机的技术人员通常也是不能得到的。

发明内容

[0004] 在一个方面中, 提供一种用于调谐并行电力产生系统中的发电机的无功下垂补偿的电压调节器。该电压调节器被配置为计算该发电机的仿真下垂补偿电压并至少部分地基于该仿真下垂补偿电压来控制对该发电机的激励信号。

[0005] 在另一个方面中, 提供一种用于调谐并行电力产生系统中的发电机的无功下垂补偿的方法。该方法包括向该发电机施加阻性负载组; 使用与该发电机相关联的电压调节器来计算对于该发电机的仿真下垂补偿电压; 以及使用该电压调节器至少部分地基于该仿真下垂补偿电压来控制对该发电机的激励信号。

[0006] 在又一个方面中, 提供一种并行电力产生系统。该系统包括配置为生成电输出以驱动负载的第一发电机以及用于调谐该第一发电机的无功下垂补偿的电压调节器。该电压调节器被配置为计算对于该发电机的仿真下垂补偿电压并至少部分地基于该仿真下垂补偿电压来控制对该发电机的激励信号。

附图说明

[0007] 图1是电力产生系统的示意框图。

[0008] 图2是可与图1所示的系统一起使用的电压调节器的框图。

[0009] 图3是调整图1所示的系统中的发电机的无功下垂补偿的示例性方法的流程图。

具体实施方式

[0010] 本文描述的实施例涉及用于控制并行电力产生系统中的发电机的电压调节器 (regulator)。更具体地, 实施例涉及被配置为仿真施加到并行电力产生系统的无功负载的电压调节器。更特别地, 本文描述的实施例便于使用与发电机相关联的电压调节器来仿真无功负载, 以用于调谐并行发电机电力产生系统的功率因数、电压下垂、和/或其它各种性能。此外, 本文描述的实施例便于减少与技术人员劳动相关联的花费和昂贵的无功负载租金。尽管实施例示出了三相电发电机, 但是本文描述的实施例可被包括在任意数量的相发电机 (包括单相和多相发电机) 内。

[0011] 图1是电力产生系统100的示意框图。在示例性实施例中, 电力产生系统 100包括与第一或主(main) 发电机104耦合的电压调节器102。电压调节器 102被配置为监测和控制发电机激励(excitation) 电压, 以控制主发电机104 的电压输出。在示例性实施例中, 电力产生系统100还包括至少一个与发电机 104并行耦合的次(secondary) 发电机106。次发电机106包括单独的电压调节器(未示出) 以用于控制次发电机106的电压输出。当在连接点108处将各自的输出电压连接在一起时, 发电机104和106并行地耦合。连接点108将发电机104和106耦合到负载110。

[0012] 在示例性实施例中, 发电机104和106被机械地驱动, 以提供电力输出。发电机104和106可大体上相似, 并且包括本文所描述的任意类型的发电机。因此, 为了清晰起见, 讨论将仅参考主发电机104。在示例性实施例中, 主发电机104为AC发电机。此外, 主发电机104包括任意类型的已知发电机, 包括但不限于AC感应发电机、永磁发电机、AC同步发电机、或开关磁阻发电机。在示例性实施例中, 主发电机104为三相AC同步发电机。更具体地, 主发电机104包括相对于定子(未示出) 旋转的转子(未示出)。转子可包括一组电场线圈, 其可通过传送到场线圈的场激励电流供给能量(energize)。转子由原动机(prime mover) 106旋转。主发电机104的定子包括围绕转子安放的一组固定线圈, 使得转子可在定子内旋转。随着转子的旋转, 在固定线圈中感应AC 电流。该电流以AC功率信号的形式被引出主发电机104。主发电机104的输出电压可通过控制施加到场线圈的场电流的幅度来控制。

[0013] 在运行期间, 随着负载110增大, 主发电机104通过保持电压基本上恒定来传送更多的有功功率以补偿负载110的变化, 使得电流增大。通过增大电流, 主发电机104生成更多的以无功伏安(VARs) 形式的无功功率, 这提高了系统 100的电压。当主发电机104中的电流减小时, 系统100电压降低, 并且VARs 被主发电机104吸收。

[0014] 在示例性实施例中, 发电机104和106并行地耦合, 以提供备用(back-up) 电压能力以提供电力(如果发电机104和106中的一个发生故障)。更具体地, 如果主发电机104上的场激励变得过多并且使得环流在发电机104和106之间流动时, 该电流将对主发电机104表现为滞后(lagging) 功率因数(感性负载), 而对次发电机106表现为超前(leading) 功率因数(容性(capacitive) 负载)。并行的耦合发电机104和106使得电压调节器102能够减小具有滞后功率因数的主发电机104上的场激励, 并且增大具有超前功率因数的次发电机106上的场激励, 以便最小化发电机104和106之间的环流。前述过程可被称为无功下垂补偿。

[0015] 当并行地耦合时, 发电机104和106中的每一个调谐系统100的无功负载分享性能。在示例性实施例中, 电压调节器102包括用于仿真发电机104上的无功负载的仿真无功负载模式, 使得技术人员可将系统100调谐到期望的功率因数, 或者可在施加负载100之前调谐其它性能。更具体地, 电压调节器102 使得能够调谐并行电力产生系统100中的发电机104

的无功下垂补偿。电压调节器102使得技术人员能够使用纯阻性(resistive)负载以对于期望的负载设定大约从-1到1的仿真功率因数。功率因数的仿真使得技术人员能够仿真感性和/或容性负载。典型的阻性负载组(未示出)被施加到主发电机104,并且内在地,电压调节器102进行计算,就好像负载是具有由技术人员输入的功率因数的阻性负载组。此外,技术人员可仿真主发电机104的最终平衡点,并接着可确定主发电机104应当在电压上下垂多少。仿真最终平衡点可通过使用一个发电机和一个负载组来完成,而不是必须实际地首先耦合多个并行的发电机。不仿真的话,如果对于发电机的电压设定点是错误的,那么会因为过多的负载需求而使断路器跳闸或者损坏设备。因此,电压调节器102为技术人员提供安全的环境,其使得他们能够在发电机被实际地连接到系统之前通过使用仿真电抗(reactance)来评估电压下垂行为或者主发电机104。另外,仿真模式使得技术人员能够在不需要购买或者租赁阻性负载组的情况下测试下垂电压,阻性负载组通常是不能得到或者昂贵而不能获得的。

[0016] 图2是可与系统100(如图1所示)一起使用的电压调节器102(如图1所示)的框图。主发电机104(如图1所示)处的AC电压的幅度由发电机激励器(exciter)200中的电流水平决定,该发电机激励器接收来自电压调节器102的激励信号并将它施加到主发电机104。主发电机104AC输出电压的幅度可要求使用的电势(potential)变换器202将发电机AC电压降压到电压调节器102的电压感测(sensing)输入204的适当水平。主发电机104电流水平通过使用电流变换器206来感测。电流变换器206的次绕组被输入到电压调节器102的电流感测输入208。

[0017] 在示例性实施例中,表观(apparent)功率、真实(real)功率以及无功功率均被电压调节器102计算。电压调节器102通过将主发电机104的电流与主发电机104的相(phase)电压矢量相乘来计算有功真实功率212。产生的矢量积212表示由主发电机104传送到阻性负载组110的有功功率。电压调节器102通过平均的感测发电机相电压204与平均的感测线电流208的标量相乘214来计算表观功率。确定真实有功功率212与表观功率214的比值220提供主发电机104的实际(actual)功率因数。在一个实施例中,实际功率因数222通过除法函数(function)220使用毕达哥拉斯定理(Pythagorean Theorem)来计算,除法函数220将有功真实功率212除以表观功率214。在可替代的实施例中,仿真功率因数224被替代地输入到乘法器223中。

[0018] 在示例性实施例中,为了利用电压调节器102的仿真无功功率模式,在无功下垂补偿模式中,使用者可设定软件开关225以用于仿真无功功率。软件开关225控制输送(channel)实际功率因数222或仿真功率因数224(其通过用户限定的仿真功率因数221形成)的乘法器223,以被用作无功功率计算器227的输入。无功功率计算器227将表观功率214乘以功率因数角的正弦,该功率因素角通过反正切三角函数计算。计算的无功功率的输出228,其单位为VARs,基于发电机104的额定无功功率234的用户输入值被转换为每单位值(per-unit value)235。在每单位测量方案中,1的数值被用于表示发电机104的额定无功功率。每单位计算通过将计算的无功功率228除以发电机104的额定无功功率234的除法函数232来执行。每单位无功功率235被输入到下垂补偿计算器237中。在下垂补偿计算器237中,用户选择的下垂百分比236被限定,该用户选择的下垂百分比236表示当额定无功功率234正通过发电机104传送时发电机104的电压的下垂。用户选择的下垂236乘以每单位无

功率235,这导致期望的发电机电压下垂的每单位值238。电压下垂的每单位值238乘以发电机每单位电压设定点的值240,并获得得到的下垂补偿信号239。

[0019] 在示例性实施例中,下垂补偿输出239作为负值被输入到主发电机104AC 电压调节器求和接点(summing junction) 242。求和接点242还包括作为输入的主发电机104AC电压设定点244和实际的发电机AC电压204的负反馈值。求和接点242的输出247表示发电机电压控制环的误差信号,并且被输入到发电机电压PID控制器246。发电机电压PID控制器246通过执行基于时间的积分函数248和基于时间的微分函数250而作用在求和结点242的输出247上。信号248和250中的每一个与未更改信号252一起被输入到对应的增益函数 K_p 254、 K_i 256以及 K_d 258中。这些单独可调整的增益可被调整,以满足系统 100的动态性能、系统稳定性以及稳态电压调节要求。增益函数 K_p 254、 K_i 256 以及 K_d 258的输出在求和接点260中被求和。求和接点260的输出被输入到增益函数262中。增益函数262的输出被输入到将所需的激励电流量驱动到发电机激励器场绕组200的功率放大级(stage) 264。

[0020] 激励器场绕组200中的电流水平决定主发电机104主场中的激励水平。通过调谐发电机电压PID控制器246的增益 K_p 254、 K_i 256以及 K_d 258并施加无功负载分享需要的下垂百分比的量,实现主发电机104对变化的负载需求的期望响应。

[0021] 在示例性实施例中,为了仿真下垂补偿,技术人员使用软件开关225将电压调节器102置于仿真无功功率模式中。在该仿真无功功率模式中,乘法器223 采用其来自仿真功率因数224的输入计算所算出的无功功率228的仿真值。在通过每单位函数232和下垂补偿计算器237处理之后,所计算的无功功率228 的仿真值导致了下垂补偿信号239,其在PID控制器246的输入信号247中造成电压下垂。PID控制器246驱动电压调节器102的输出以控制发电机104的输出电压匹配PID输入信号247的期望值。仿真无功功率的幅度由阻性负载组110中流动的表观功率214的实际值和仿真功率因数221的用户限定值来控制。此外,电压调节器102至少部分地基于仿真的下垂补偿电压来控制对该发电机的激励信号。一旦实现合适的下垂设定236,软件开关228被置回到其正常模式,以使得实际功率因数222能够通过乘法器223输送,以执行下垂补偿227、232 以及237。

[0022] 图3是在并行电力产生系统100(如图1所示)中调谐发电机104(如图1所示)的无功下垂补偿的示例性方法的流程图300。在示例性实施例中,该方法包括向发电机104施加302阻性负载组。

[0023] 一旦该阻性负载组被施加,该方法包括使用与发电机104相关联的电压调节器102(如图1所示)计算304用于发电机104的仿真下垂补偿电压。在示例性实施例中,计算该仿真下垂补偿电压包括将期望的功率因数输入到电压调节器102并利用期望的功率因数计算无功功率。计算仿真下垂补偿电压进一步包括计算无功功率和发电机104的额定机器参数的比值,通过下垂百分比量化(scale)该比值,以及将量化的比值乘以发电机104的电压设定点。

[0024] 在示例性实施例中,该方法进一步包括使用电压调节器102至少部分地基于仿真下垂补偿电压来控制306对于发电机104的激励信号。在一些实施例中,控制激励信号包括调谐包括在电压调节器102中的电压控制器的电压增益以及向发电机104施加仿真下垂补偿电压。在其它实施例中,控制激励信号可包括引起发电机104与系统100中与发电机104并行耦合的至少一个其它的发电机成比例地分享无功功率。在又一个实施例中,控制激励信

号可包括保护发电机 104 以免超过电压设定点。

[0025] 本文描述的示例性实施例便于在并行电力产生系统中的发电机的电压调节器中创建仿真无功负载模式。更具体地,本文描述的实施例便于使用与发电机相关联的电压调节器来仿真无功负载以调谐并行发电机电力产生系统的功率因数、电压下垂、和/或其它各种性能。此外,本文描述的实施例便于减少与技术人员劳动相关联的花费和昂贵的无功负载租金。

[0026] 以上详细地描述了用于在并行电力产生系统中仿真无功功率的方法和电压调节器的示例性实施例。本文所公开的大小范围包括这些范围之间的所有子范围。方法和系统并不限于本文所描述的特定实施例,相反,系统的部件和/或方法的步骤可与本文描述的其它部件和/或步骤独立地和分离地利用。例如,方法也可与其它制造系统和方法相组合地使用,并且不限于仅与本文所描述的系统和方法一起实践。而且,示例性实施例可与许多其它电气部件应用一起实现和利用。

[0027] 尽管本发明的各个实施例的特定结构可能在一些附图中被示出,而在其它附图中并未示出,但这仅是为了方便起见。根据本发明的原则,附图的任意特征可与任意其它附图的任意特征相组合地参考和/或声明。

[0028] 本书面说明书使用例子公开发明,包括最优的模式,并且还使得本领域任意技术人员实践本发明,包括制造和使用任意设备或系统以及实现任意并入的方法,本发明的可专利范围由权利要求书限定,并且可包括本领域技术人员想到的其它示例。如果这样的其它示例具有与权利要求的文字语言不同的结构元件,或者它们包括具有与权利要求的文字语言有非实质差异的等同结构元件,那么这样的其它示例均意在位于权利要求的范围内。

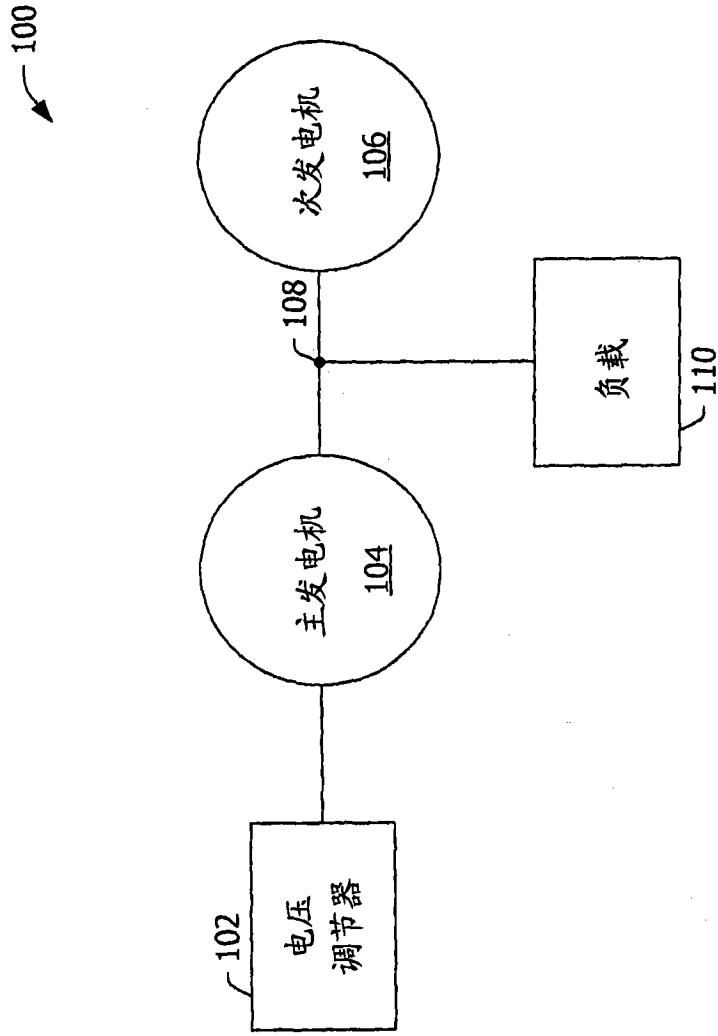


图1

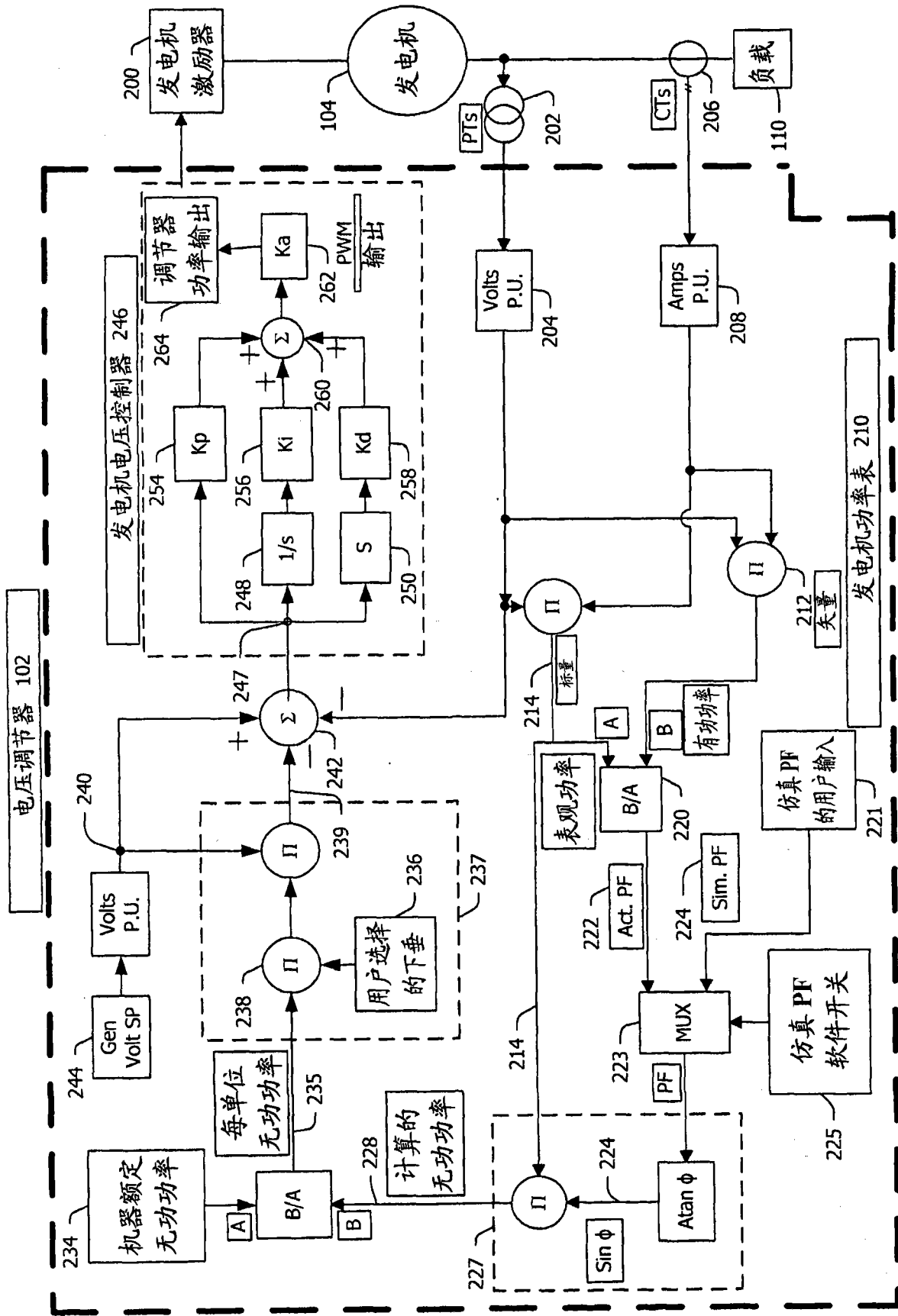


图2

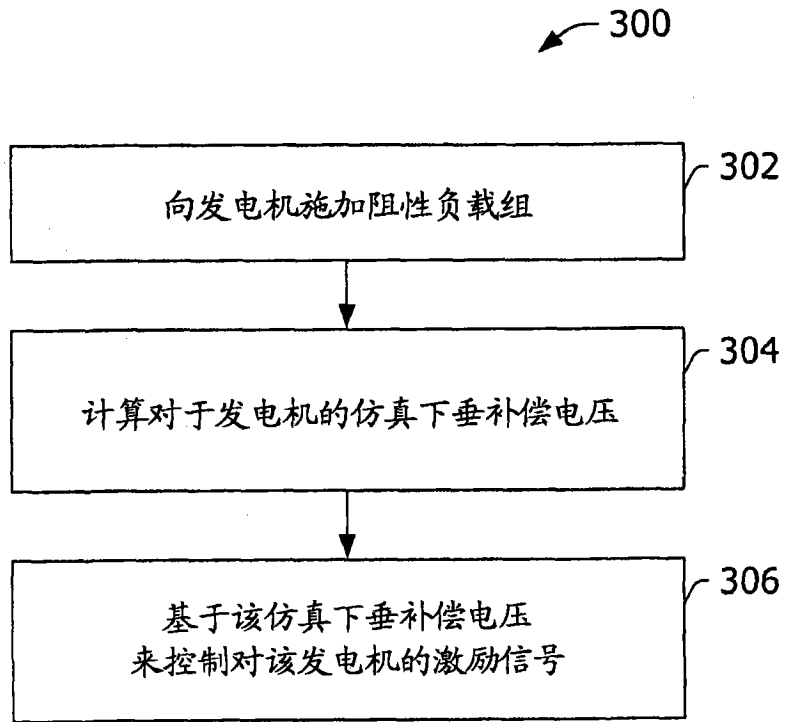


图3