

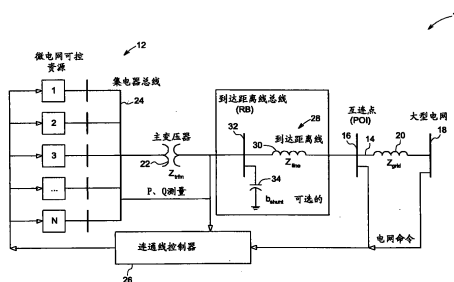
[21] 申请号 200710152493.0

H02J 3/28 (2006.01)

[11] 公开号 CN 101207284A

权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 7 页

一种用于控制微电网(12)的系统(10)包括微电网资源(1, 2, ..., N)和用于将所述微电网耦合到大型电网的连通线(14)以及连通线控制器(26), 所述连通线控制器(26)被耦合到所述连通线。至少一个所述微电网资源包括类型不同于所述微电网资源中的另一个的资源。该连通线控制器被配置用于响应于来自大型电网运行实体的命令、微电网系统条件、大型电网条件或者其组合来提供连通线控制信号, 以调节相应的微电网资源中的有功和无功功率。



1. 一种用于控制微电网(12)的系统(10), 该系统包括:
微电网资源(1, 2, ..., N), 至少一个所述微电网资源包括类型不同于所述微电网资源中的另一个的资源;
用于将所述微电网耦合到大型电网(18)的连通线(14); 以及
连通线控制器(26), 所述连通线控制器(26)被耦合到所述连通线并且被配置用于响应于来自大型电网运行实体的命令、微电网系统条件、大型电网条件或者其组合而提供连通线控制信号, 以调节相应的微电网资源中的有功和无功功率。
2. 根据权利要求1所述的系统, 其中, 所述微电网资源包括发电机和负载。
3. 根据权利要求1所述的系统, 其中, 所述微电网资源还包括至少一个存储部件或者网络部件。
4. 根据权利要求1所述的系统, 其中, 所述微电网资源包括至少一种可更新能源。
5. 根据权利要求1所述的系统, 其中, 所述连通线控制器(26)还包括:
预处理单元(40), 该预处理单元(40)被配置用于接收输入信号并且被配置用于基于所述输入信号产生预处理过的控制信号, 其中所述输入信号包括从微电网资源的各个资源接收到的内部输入信号和从大型电网、大型电网运行实体或其组合接收到的外部输入信号。
6. 根据权利要求5所述的系统, 其中, 所述连通线控制器(26)还包括:
有功功率控制器(42), 该有功功率控制器(42)被配置用于接收预处理过的控制信号以及用于产生多个 ΔP 控制信号, 其中, 至少一个所述多个 ΔP 控制信号对应于功率极限、斜率、斜率极限或者频率。
7. 根据权利要求6所述的系统, 其中, 所述连通线控制器(26)还包括:
无功功率调整器(44), 该无功功率调整器(44)被配置用于产生多个 ΔQ 控制信号, 其中, 至少一个所述多个 ΔQ 控制信号对应于无功功率调整、电压调整或者功率因数调整。
8. 根据权利要求1所述的系统, 其中, 所述连通线控制器(26)

被配置来调整互连点(16)处的电压。

9. 根据权利要求1所述的系统, 其中, 所述连通线控制器(26)被配置来调整大型电网频率。

10. 一种控制微电网(12)的方法, 该方法包括:

接收多个输入信号, 其中所述多个输入信号包括从微电网资源(1, 2, ..., N)的各个资源接收到的多个内部输入信号和从大型电网(18)、大型电网运行实体或其组合接收到的多个外部输入信号, 其中至少一个所述微电网资源包括类型不同于所述微电网资源中的另一个的资源; 以及

响应于来自大型电网运行实体的命令、微电网系统条件、大型电网条件或者其组合提供连通线控制信号, 以调节相应的微电网资源中的有功和无功功率。

控制微电网的系统和方法

关于联邦资助的研究和开发的声明

本发明是借助能源部给予的、合同号为 DE-FC02-05CH11349 的政府资助完成的。政府对本发明享有某些权利。

技术领域

本发明通常涉及微电网，并且更特别地，涉及用于控制微电网的系统和方法。

背景技术

微电网通常被定义为可控和不可控资源的集合，这些资源例如可包括发电机、负载以及存储设备。微电网中的发电机通常包括非传统的能源，诸如包括微型涡轮机、风力涡轮机、光致电压系统、燃料电池或者氢气动力往复式发动机。微电网可以例如给购物中心、工业园、大学校园或者村庄供电。

为了将微电网互连到大型电网（或主电网），公用事业公司通常会要求微电网维持互连点（POI, point of interconnection）处的电压和频率。传统上，已提出两种方法来维持或者调整该 POI 电压和频率。在一种方法中，采用静态开关电容器（static switching capacitor）。该方法具有慢响应。另一种方法是采用静态无功功率补偿器。这种方法具有快速响应但是昂贵。此外，这些方法调整电压，但是不能调整频率。

目前，无功功率控制不可用于微电网。共同转让的美国专利 US6924565 说明了一种连接到公用事业设备的风电场系统，该风电场系统包括用于响应于公用事业的 P（有功功率）和 Q（无功功率）命令的控制系统，并且该风电场系统在每个风力涡轮机中包括本地控制装置，以执行发送到风力涡轮机的命令。然而，在该方法中，仅包括一种类型的分布式发电机（可变速、等尺寸的风力涡轮机）。对于具有多种类型和尺寸的发电机的微电网应用，处理各种微电网特征变得越来越重要，从而协助大型电网运行以及提高 POI 处的系统性能，并最

小化微电网损耗。

连通线(tieline)可包括微电网和大型电网中的一个或多个 POI。在由各式各样的发电机馈电的微电网的连通线处,执行有功和无功功率控制策略是有用的。

发明内容

简言之,根据一个实施例,提供一种用于控制微电网的系统。该系统包括:微电网资源,至少一个所述微电网资源包括类型不同于所述微电网资源中的另一个的资源;用于将所述微电网耦合到大型电网的连通线;以及连通线控制器,所述连通线控制器被耦合到所述连通线并且被配置来用于响应于来自大型电网运行实体的命令、微电网系统条件、大型电网条件或者其组合而提供连通线控制信号,以调节相应的微电网资源中的有功和无功功率。

在另一实施例中,提供一种控制微电网的方法。该方法包括接收输入信号,其中输入信号包括从微电网资源的各个资源接收到的内部输入信号和从大型电网、大型电网运行实体或其组合接收到的外部输入信号,至少一个所述微电网资源包括类型不同于所述微电网资源中的另一个的资源。该方法还包括响应于来自大型电网运行实体的命令、微电网系统条件、大型电网条件或者其组合而提供连通线控制信号,以调节相应的微电网资源中的有功和无功功率。

附图说明

当参照附图读取下面的具体实施方式部分时,将能够更好地理解本发明的这些和其他特征、方面以及优点,其中在所有附图中,相同的符号表示相同的部分,其中:

图 1 是用于控制微电网的示例性系统的图形表示;

图 2 是用于图 1 的系统中的连通线控制器的图形表示;

图 3 是示出用于控制微电网的方法的示例性步骤的流程图;

图 4 是示出图 2 的连通线控制器所使用的无功功率控制模式的示例性实施例的示意图;

图 5 是示出图 2 的连通线控制器所使用的电压调整模式的示例性实施例的示意图;

图 6 是示出图 2 的连通线控制器所使用的功率因数控制模式的示例性实施例的示意图；以及

图 7 是示出图 2 的连通线控制器所使用的有功功率控制的示例性实施例的示意图。

具体实施方式

通过控制流过（流入及流出）微电网与大型电网之间的连通线的有功和无功功率流，该微电网可以满足大型电网的互连点（POI）电压和频率要求，并且表现为大型电网的可调度（dispatchable）实体。这里所述的系统和方法能够实现连通线控制。这里所述的连通线控制器包括灵活设计，从而或者（1）当从电网运营商接收到接口电力需求时运行，或者（2）响应于诸如增加负载、损失负载、增加发电量、损失发电量以及降级大型电网的系统条件运行。

图 1 示出用于控制微电网 12 的系统 10。该系统 10 包括不同类型或者相同类型的微电网资源（通常由参考编号 1、2、3、...、N 来示出）。这里所使用的“不同类型”意指包含不同类别的资源（诸如，用于可更新能源、风力、光致电压或者水电的资源）、不同分类的资源（诸如，用于风力涡轮发电机、固定频率或可变频率的发电机的资源）、或者不同大小的资源（例如 3MW 或者 6MW 的发电机）。这里所使用的“相同类型”意指包括相同类型和额定值的资源。系统 10 中所使用的微电网资源的一些实例包括发电机和负载（例如包括热负载）、存储部件（例如包括热存储部件）、网络部件（例如诸如电容器、电缆以及变压器）以及可更新能源。

系统 10 还包括用于将微电网 12 在互连点（POI）16 处耦合到大型电网 18 的连通线 14，该连通线 14 由被表示为 Z_{grid} 的阻抗 20 来表示。图 1 还示出通常由可选的 Z_{tra} 来表示的主变压器 22，该主变压器 22 被耦合到连接各个微电网资源的集电器总线 24。变压器 22 被用于将集电器总线电压升压到电网电压水平或者用于绝缘。系统 10 还包括连通线控制器 26，该连通线控制器 26 在 POI 16 处被耦合到连通线 14 并且被配置用于响应于来自大型电网 18 运行实体的命令而提供连通线控制信号，以调节相应的微电网可控资源中的有功和无功功率。这些命令通常经过电通信接口发送，并且例如可由与大型电网的特定实体

相关联的控制系统来产生，或者可由与该实体相关联的操作人员来产生。在一些实施例中，连通线控制器 26 的输入之一是在 POI 处测得的电压测量结果。在某些情况下，测量 POI 电压由于测量点与 POI 之间的长距离并不总是可行的。该距离被称为“到达距离 (reach)”。为了准确控制 POI 电压，应当在控制器中考虑到该“到达距离”，这通常作为前馈项。因此，到达距离线 (reach line) 28 还可被用来将微电网 12 连接到 POI 16。到达距离线 28 具有通常由参考编号 30 表示的阻抗 Z_{line} ，并且可以包括到达距离线总线 32，该到达距离线总线 32 经由电容 34 接地，该电容 34 还被表示为 b_{shunt} 。尽管元件 16 被标注为 POI，以便图示，但是，在其他实施例中，元件 32 被视为互连点。换言之，POI 能够被视为连接到大型电网的直接互连点或者被视为沿到达距离线或其他中间线而连接在微电网与大型电网之间的点。

在一个实施例中，这里所述的连通线控制器 26 获得公用事业设备信号（通常为 P、Q），然后利用两个单独模块来产生每个微电网资源的初始 P 和 Q 命令。用于微电网的连通线控制装置的无功功率控制模块 (M-VAR) 采用来自系统运营商的系统测量结果和命令，从而为微电网提供无功功率控制信号。有功功率控制器 (M-APC) 模块采用相同的测量结果和命令来产生有功功率信号。这些 P 和 Q 命令然后通过优化例行程序被优化，从而产生最终的 P 和 Q 命令。最后，这些 P 和 Q 命令被转换成每个资源能够针对其相应内部本地控制而接受的命令。参考下面的附图更详细地解释连通线控制器 26 的工作。

在图 2 中更详细地示出连通线控制器 26。连通线控制器 26 包括被配置用于接收输入信号以及被配置用于基于输入信号产生预处理过的控制信号的预处理单元 40。输入信号包括从各个资源接收到的内部输入信号以及从大型电网、大型电网运行实体或其组合接收到的外部输入信号。内部输入信号包括可用功率、所产生的功率、功率极限以及额定值，这些信号例如是相对于 POI 以及相对于各个资源获得的。外部输入信号包括来自系统运营商、SCADA（监控和数据采集）和外部控制的外部命令。外部输入信号还可以例如包括功率流进度表、频率响应控制设定、斜率极限和功率极限。预处理单元 40 解释所有输入信号并将这些输入信号转换成预处理过的控制信号，这些预处理过的控制信号可包括例如代表有功功率、无功功率、系统频率和总线电压的信

号。

连通线控制器 26 还包括有功功率控制器 42, 该有功功率控制器 42 被配置来用于接收预处理过的控制信号以及用于产生 ΔP 控制信号。 ΔP 控制信号可例如对应于功率极限(输出和输入)、斜率(斜升和斜降)、斜率极限、频率或其组合。

连通线控制器 26 还包括无功功率调整器 44, 该无功功率调整器 44 被配置用于接收预处理过的控制信号并且被配置用于产生 ΔQ 控制信号。 ΔQ 控制信号可例如对应于无功功率、电压调整、功率因数或其组合。

有功功率控制器 42 和无功功率调整器 44 的输出通常被发送到优化单元 46 以作更精细的优化。优化单元 46 被配置用于产生有功功率设定点、无功功率设定点以及资源参与因子。设定点是每个资源的有功功率和无功功率命令的预设值, 该预设值将基于总体系统优化而周期性地被更新。连通线控制装置将提供对设定点的微调。基于每个可控资源的特征和极限来为每个可控资源分配参与因子。当连通线控制装置分发控制信号时, 该参与因子确定资源的可控性。用于获得这些设定点或者参与因子的任何适当技术可与若干实例一起使用, 这些实例在 Dan Streiffert 的“Multi-Area Economic Dispatch with Time Line Constraints (具有时线限制条件的多区域经济分发)”(IEEE Transactions on Power Systems, 第 10 卷, 第 4 期, 1995 年 11 月, 第 1946-1951 页)、Satoshi Fuji 等人的“Preliminary Design Analysis of Tie-line Bias Control of Reactive Power (无功功率的连通线偏置控制的初步设计分析)”(IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, 第 2 卷, 2002 年 1 月 27 日-31 日, 第 1258-1263 页); 以及 Masayoshi Matsubara 等人的“Supply and Demand Control of Dispersed Type Power Sources in Micro Grid (微电网中的分散型电源的供电和需求控制)”(Proceedings of the 13th International Conference on Intelligent Systems Application to Power Systems, 2005 年 11 月 6 日-10 日, 第 67-72 页)中得到。

连通线控制器 26 还包括动态分发单元 48, 该动态分发单元 48 被配置用于将 ΔP 命令和 ΔQ 命令分配给各个资源。该动态分发单元 48

采用从优化单元 46 获得的资源参与因子来分配 ΔP 命令和 ΔQ 命令。

连通线控制器 26 还包括后处理单元 50, 该后处理单元 50 被配置用于通过针对每个资源结合相应的有功功率设定点、相应的无功功率设定点、相应的 ΔP 命令和相应的 ΔQ 命令来为相应的资源产生控制命令。因此, 各个资源的控制命令可包括有功和无功功率命令。在特定实例中, 连通线控制器 26 被配置来基于微电网可控资源中的每个单独资源的最大可用功率而将总有功功率命令信号发布给微电网。此外, 连通线控制器发布控制命令, 用于按照大型电网的要求来调节 POI 处的电压和频率。

图 3 是概述图 1 和图 2 中所示的系统的操作中所包括的步骤的流程图 60。如在流程图 60 中所示的、控制微电网的方法包括接收输入信号的步骤 62, 其中输入信号包括从微电网可控资源的各个资源接收到的内部输入信号和从大型电网、大型电网运行实体或其组合接收到的外部输入信号, 并且包括步骤 64, 步骤 64 被配置用于响应于来自大型电网运营商的命令而提供连通线控制信号, 以调节相应的微电网可控资源中的有功和无功功率。

步骤 64 还包括以下子步骤。子步骤 66 包括基于来自步骤 62 的输入信号产生预处理过的控制信号。然后, 在子步骤 68, 产生 ΔP 控制信号, 其中至少一个 ΔP 控制信号对应于功率极限、斜率、斜率极限或者频率。子步骤 70 包括产生 ΔQ 控制信号, 其中至少一个 ΔQ 控制信号对应于无功功率、电压调整或者功率因数。在子步骤 72, 经优化产生若干值, 这些值包括有功功率设定点、无功功率设定点和资源参与因子。接着, 在子步骤 74, ΔP 命令和 ΔQ 命令被分配给各个资源。最后, 在子步骤 76, 通过针对每个资源结合相应的有功功率设定点、相应的无功功率设定点、相应的 ΔP 命令和相应的 ΔQ 命令来针对相应资源发布控制命令。在特定实例中, 该方法包括用于基于控制命令将微电网可控资源串排 (增加) 到一起的步骤 78。类似地, 该方法还可包括用于去除一个或多个微电网可控资源的步骤 80。

图 4 示出经由如图 2 中所示的无功功率调整器来进行无功功率控制 (M-VAR) 的示例性实施例。图 4 示出无功功率调整模式作为连通线无功功率控制的实例。

参照图 4, 系统 100 示出用于无功功率控制 (VAR) 的详细控制结

构。在 VAR 模式下, POI 处的 Q 参考与 Q 测量之间的误差通过 PI (比例积分) 调整器来调整。通过增加期望的电压前馈, 参考电压被提供给电压调整回路。总无功功率命令被施加到分发参考选择功能块, 以产生每个单独可用可控资源的无功功率命令。参照图 4, 该电压涉及每单位的线间电压, 以及 $Q_{\text{tot net}}$ 涉及所有微电网可控资源的总无功功率 144 命令。首先, 补偿到达距离, 使得能够获得预计的参考电压 V_{ref} 124 (来自大型电网、大型电网运行实体或其组合的外部输入)。在另一方面, 在求和块 102 中获得 POI 处的大型电网的无功功率命令 ($Q_{\text{poi cmd}}$, 114) 与 POI 处的所测量的无功功率 (Q_{poi} , 116) 之间的差值, 并且输出被发送到电压调整器 110, 从而获得 ΔV_q 118 (对应于无功功率的电压), 该 ΔV_q 118 受到限压器 (由 $\Delta V_{q \text{ max}}$ 120 和 $\Delta V_{q \text{ min}}$ 122 示出) 限制, 并且该输出被发送到求和块 104。求和块 104 的另一输入是 V_{ref} 124。求和块 104 的输出是 POI 处的参考电压 ($V_{\text{poi ref}}$) 126。该参考电压 $V_{\text{poi ref}}$ 然后再次受到限压器 (由 $V_{\text{poi max}}$ 128 和 $V_{\text{poi min}}$ 130 示出) 限制, 并且该输出被发送到求和块 106。求和块 106 的另一输入是 V_{poi} 132, 该 V_{poi} 132 是所测量的每单位值的线间 RMS (均方根) 电压。求和块 106 的输出是电压误差 V_{error} 134。该电压误差 V_{error} 134 由电压调整器 112 来补偿, 以及经由输出处的无功功率限制器 (由 Q_{max} 136 和 Q_{min} 138 示出) 产生总无功功率命令 Q_{total} 140。在减去由旁路电容器 (如果有的话) 所提供的旁路无功功率 Q_{shunt} 142 之后, 在集电器总线处, 在另一求和块 108 中, 获得用于微电网的、调节过的总无功功率命令 $Q_{\text{tot net}}$ 144。然后, 这个调节过的总无功功率命令经由分发参考选择块 148 来分发, 从而产生用于各个资源的无功功率命令 $Q_{\text{asset cmd}}$ 150。该命令通过 SCADA 被发送到微电网资源。采用 Q 测量 146 来使 Q 分发或者 $Q_{\text{asset cmd}}$ 150 生效。

类似于参照图 4 所述的无功功率控制模式, 还可以执行电压调整模式和功率因数模式。图 5 是电压调整模式的示意图, 而图 6 是功率因数 (PF) 调整模式的示意图。图 5 中所示的控制元件类似于图 4 中所示的控制元件。在电压调整模式下, 取代 Q 命令, 采用 POI 处的所测量的电压 (V_{poi}) 和 POI 处的参考电压 ($V_{\text{poi ref}}$) 作为输入。

类似地, 在 M-VAR 控制的功率因数调整模式下, 如图 6 中所示, 取代电压命令, 运营商发布参考功率因数命令 (外部输入信号 $PF_{\text{poi cmd}}$)

214)。通常不容易得到功率因数的测量结果(PF_{poi} 216)。因此采用电压和电流测量结果来计算功率因数的测量结果。在具有到达距离线的情况下完成线路压降补偿。该参考功率因数和所计算的和补偿过的功率因数在块 202 中进行比较。该误差通过功率因数调整控制器 210 (作为无功功率调整器的实现方案), 从而经由采用来自调整器 210 的输出的 ΔV_{pf} 218 的限制器 $\Delta V_{pf\ max}$ 220 和 $\Delta V_{pf\ min}$ 222 来提供预计的 POI 处的参考电压 ($V_{poi\ ref}$ 126)。然后, 由参考电压和电压测量结果的误差产生无功功率命令, 如在图 4 的实施例中所解决的那样。图 6 中所示的其他控制元件类似于图 4 中所示的控制元件。

图 7 示出由如图 2 中所示的有功功率控制器所使用的有功功率控制方案 300 的实施例。该有功功率控制装置被用于三个特定功能: 增强 POI 处的功率极限、增强 POI 处的斜率极限以及响应于系统频移。图 7 示出三个并行控制回路: 如由参考编号 302 表示的功率频率控制、如由参考编号 304 表示的斜率控制以及由参考编号 306 表示的功率极限控制。如果所有工作条件都处于系统极限之内, 则功率极限、斜率极限和功率频率极限的这三个并行控制回路不被激活。然而, 如果触发任何一个控制, 则产生调节命令 ΔP , 以便使得该系统回到正常运行条件。经由优先策略块 308 将优先权给予每个控制回路, 在一示例性实施例中, 功率极限控制具有最高优先权, 而斜率极限控制具有最低优先权。该优先权基于具体应用来给出且能够被定制。

然后, 总调节命令 ΔP^* 被发送到分发参考选择功能块, 该分发参考选择功能块通常由参考编号 310 来表示。分发参考选择功能块 310 在可得到的资源 312 中分发 P_{cmd} 或者有功功率命令。 P_{cmd} 基于由监控级别最优分发控制装置 314 所分配的资源参与因子的。每个资源的单独调节被增加到被示为 P 设定点的功率设定点, 该功率设定点还从监控级别最优分发控制装置中获得, 以便将最终命令提供给可控资源。

这里所讨论的系统和方法提供若干优点。例如, 该系统可被用来调整互连点处的电压、调整大型电网功率, 或者两者都调整。更具体的优点包括能够将微电网作为公用事业实体来控制, 以响应于大型电网无功功率命令。该系统能够有利地维持连通线的电压稳定性, 以及有助于使大型电网稳定。该系统还考虑到达距离线路压降并且补偿该线路压降。该系统能够响应于无功功率、功率因数和电压命令中的变

化。该系统能够将总无功功率命令发布到后优化和分发控制装置。该系统还能够利用功率极限、额定值和其他限制条件和标准直接通过无功功率分发装置将命令发布到微电网中的各个资源。

该系统相对于大型电网提供 P0I 处的有功功率流的可控性。连通线控制器将总有功功率命令发布到微电网，如参照图 2 所述的那样，这受到来自各个资源（例如分布式发电机单元）的最大可用功率的限制。例如，该连通线控制器能够增强来自可更新能量发生器的最大功率输出，并且能够通过功率分发功能来处理随机变化的风速条件的情形，以相应地设置每个资源功率级（power order）。因此，连通线控制器考虑到能够从每个资源获得的最大功率以及能够限制微电网总功率命令的斜率，并且还限制从每个资源产生的功率的斜率。这能够有助于避免 P0I 处的公用事业电气设备过载。P0I 处的功率因此受控，以符合潜在的公用事业需求，并且避免不期望的系统动态行为。此外，该微电网能够由该公用事业设备随意调度，并且给该公用事业设备提供最大的灵活性。

虽然在此已经阐述和说明了本发明的仅仅某些特征，但是本领域技术人员可以作出许多修改和变化。因此，可以理解，所附的权利要求意图覆盖如落入本发明的真正精神范围内的所有这种修改和变化。

元件列表:

1、2、...N	微电网资源
10	系统
12	微电网
14	连通线
16	互连点
18	大型电网
20	阻抗
22	主变压器
24	集电器总线
26	连通线控制器
28	到达距离线
30	阻抗
32	到达距离线总线
34	电容
40	预处理单元
42	有功功率控制器
44	无功功率调整器
46	优化单元
48	动态分发单元
50	后处理单元
60	流程图
62 - 80	流程图的步骤
100	系统
102	求和块
104	求和块
106	求和块
110	电压调整器
112	电压调整器
118	对应于无功功率的电压
120	限压器
122	限压器

114	大型电网的无功功率
124	参考电压
126	POI 处的参考电压
128	限压器
130	限压器
132	rms 电压
134	电压误差
136	无功功率限制器
138	无功功率限制器
140	总无功功率
144	总无功功率
146	无功功率测量结果
148	分发参考选择块
150	各个资源的无功功率命令
202	块
214	功率因数命令
216	功率因数的测量结果
210	功率因数控制器
218	调整器输出
220	限压器
222	限压器
302	功率频率控制
304	斜率控制
306	功率极限控制
310	分发参考选择功能
312	微电网资源

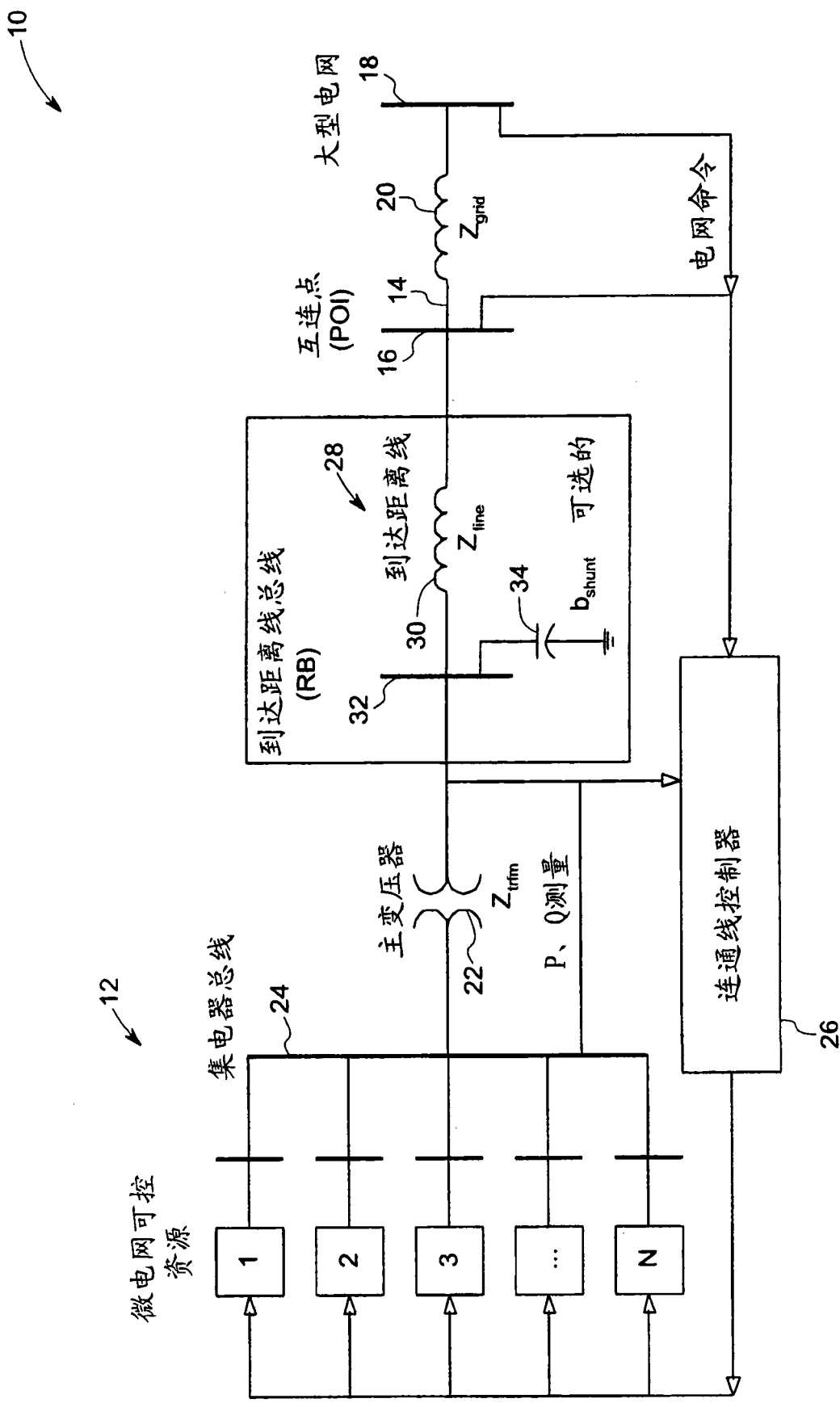


图 1

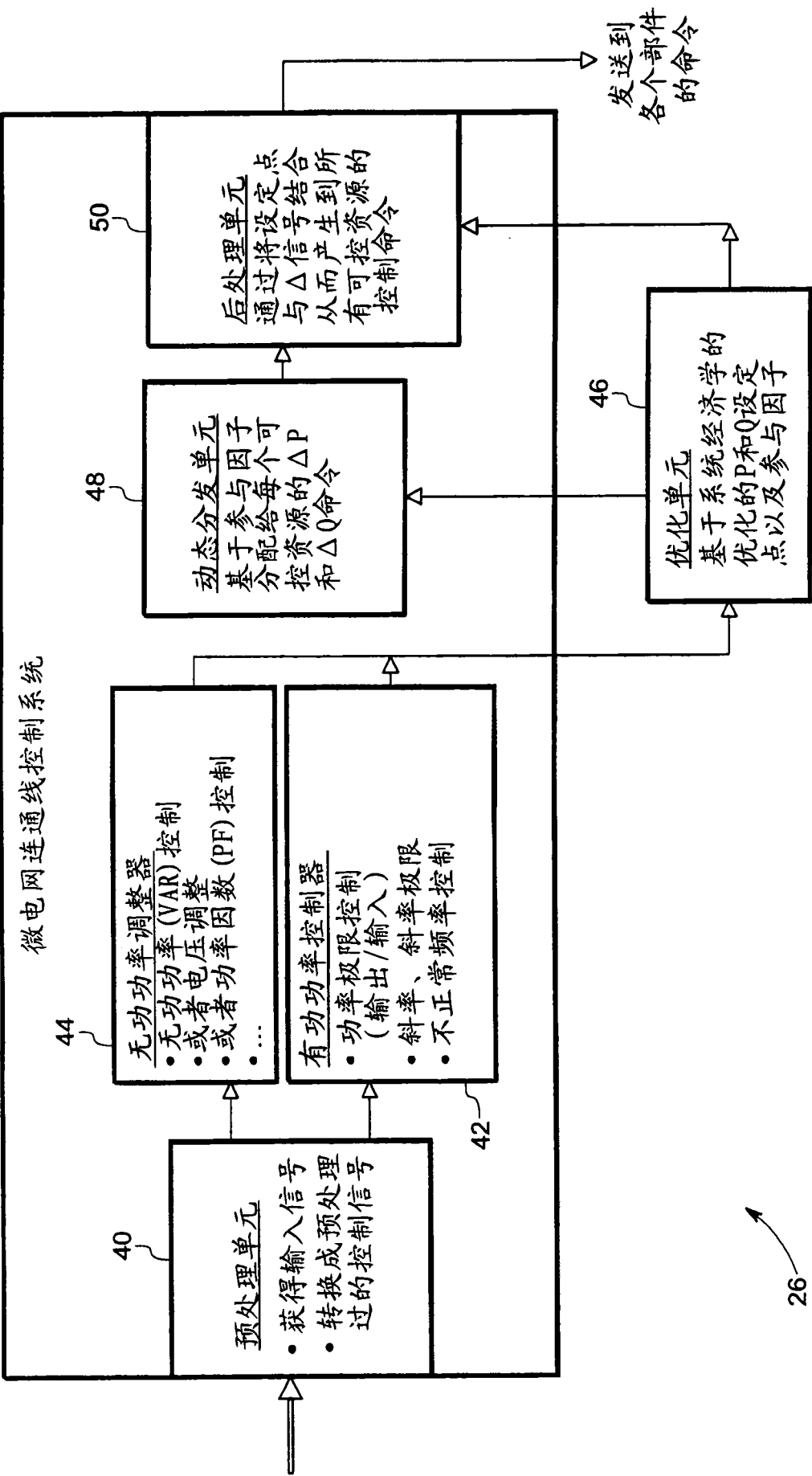


图 2

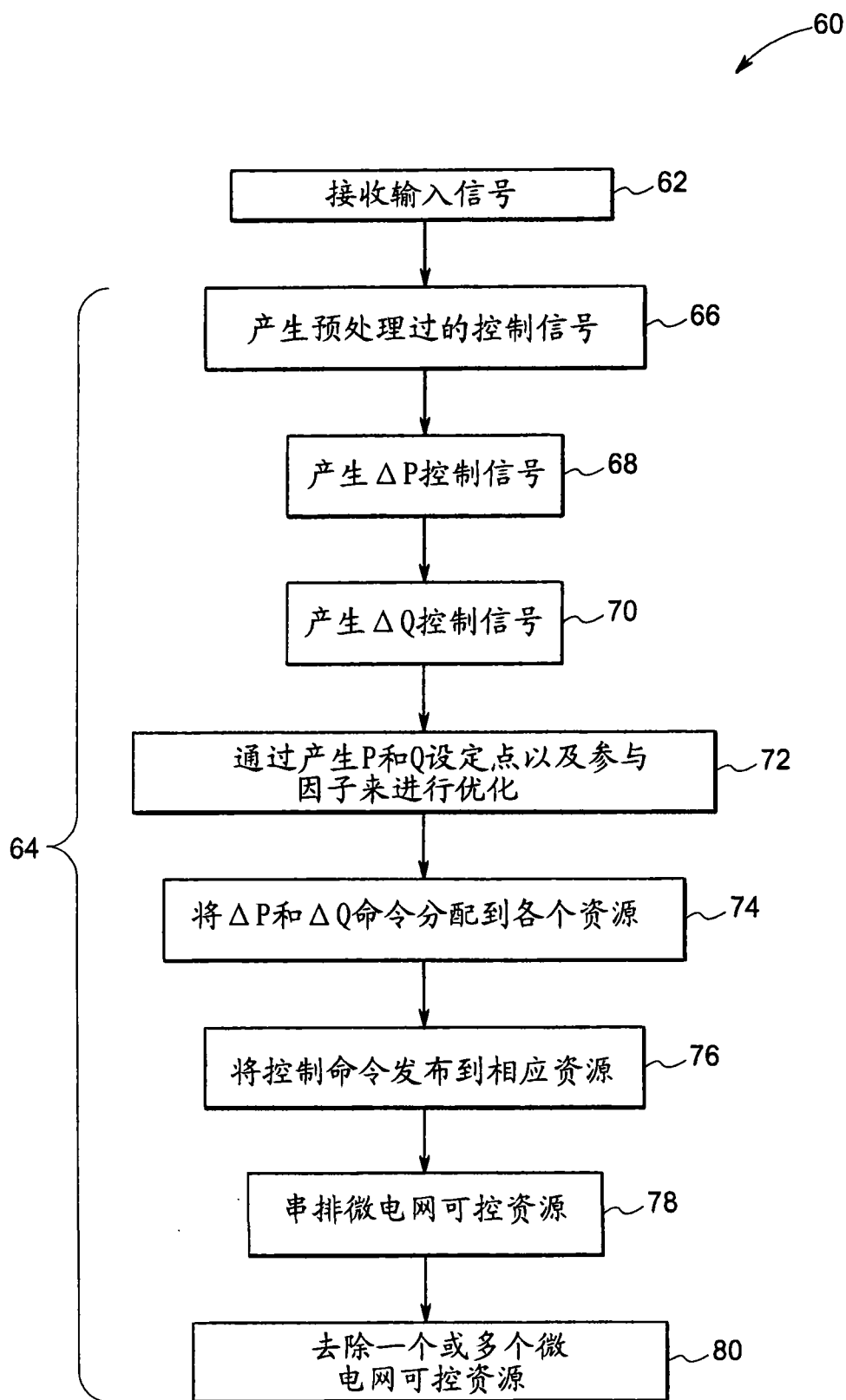


图 3

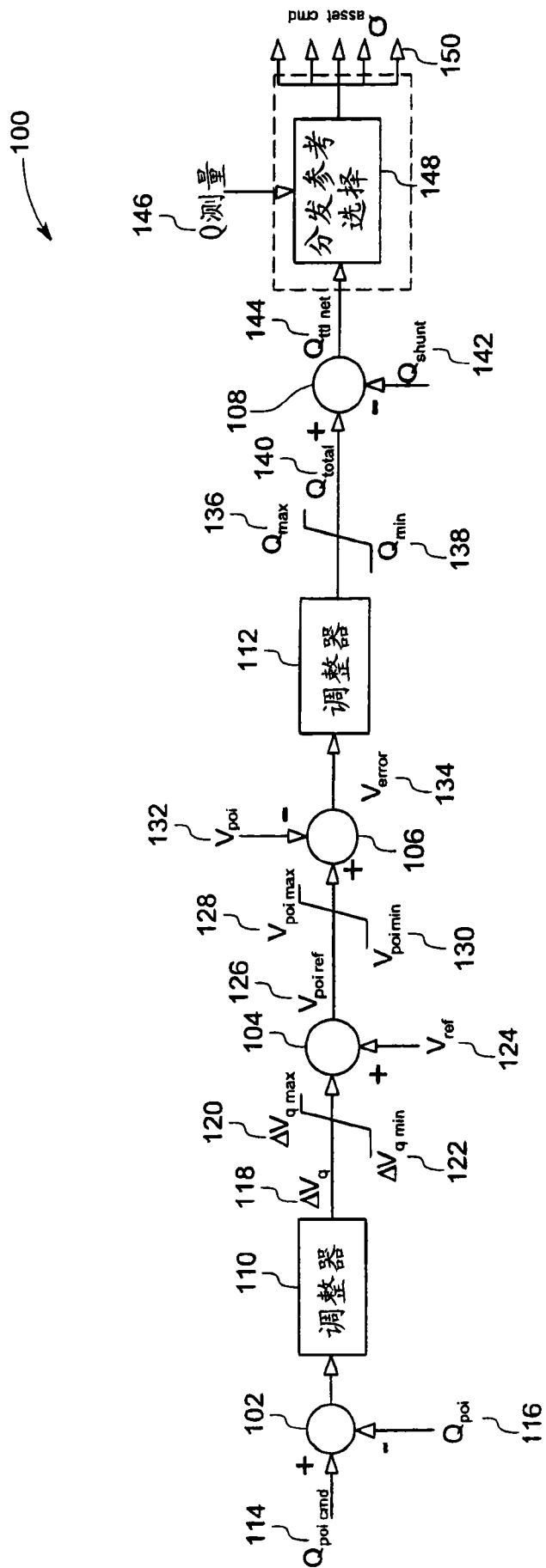


图 4

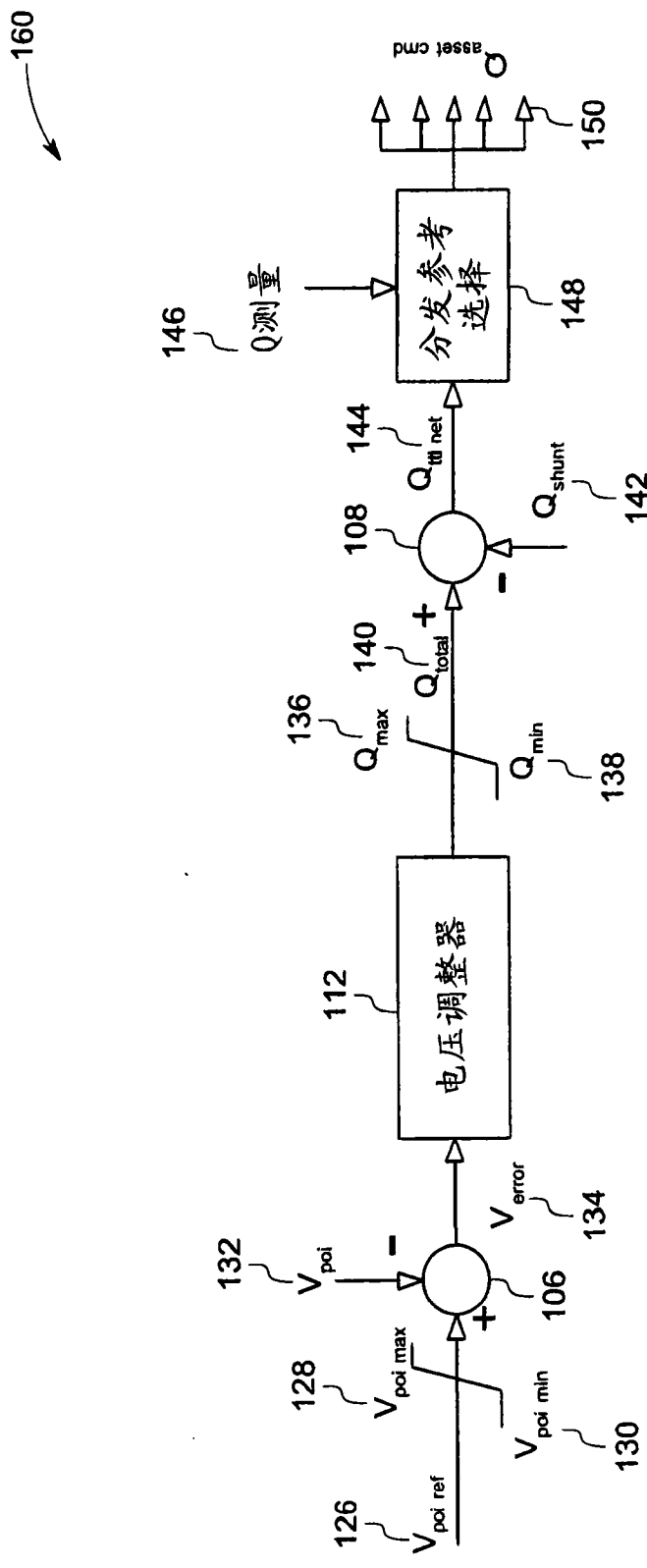


图 5

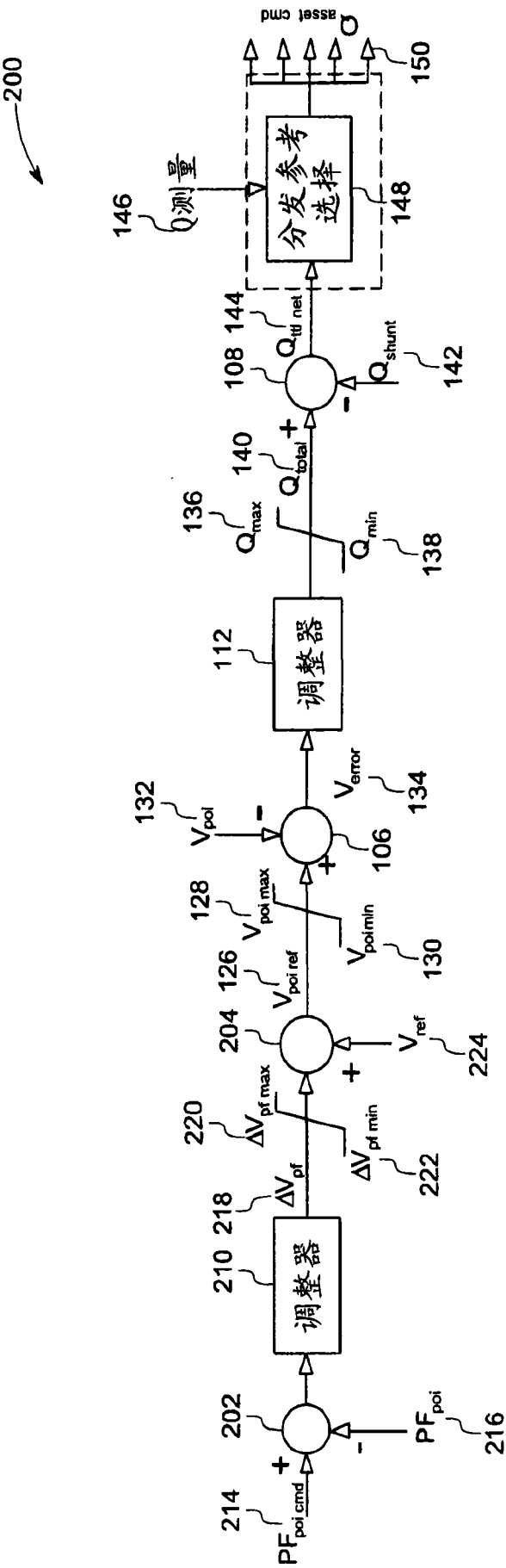
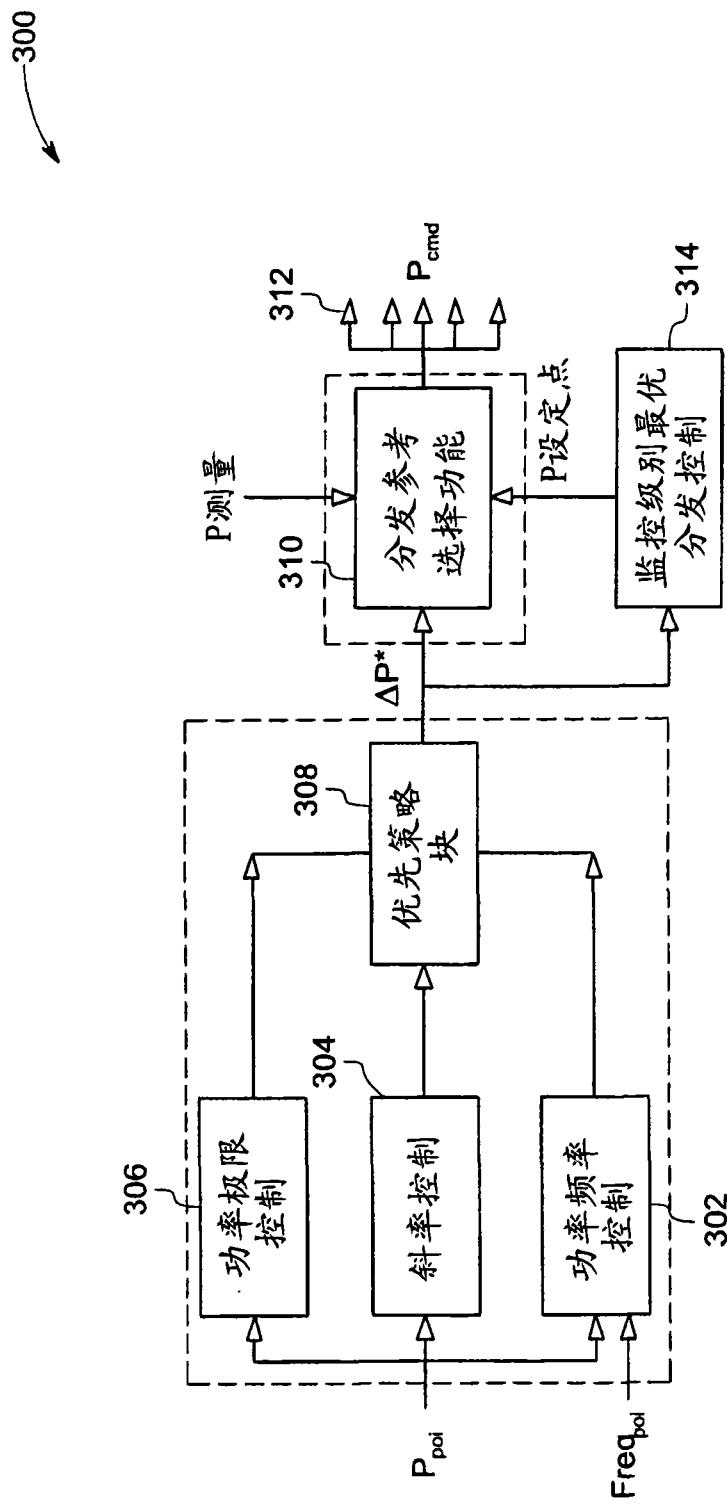


图 6



7
圖