



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102299520 B

(45) 授权公告日 2013. 08. 14

(21) 申请号 201110258294. 4

(22) 申请日 2011. 09. 02

(73) 专利权人 北京四方华能电气设备有限公司  
地址 100085 北京市海淀区上地信息路 11 号彩虹集团 403 室

(72) 发明人 杜宏

(74) 专利代理机构 北京市卓华知识产权代理有限公司 11299

代理人 蔡勤增

(51) Int. Cl.

H02J 3/18(2006. 01)

审查员 李明娟

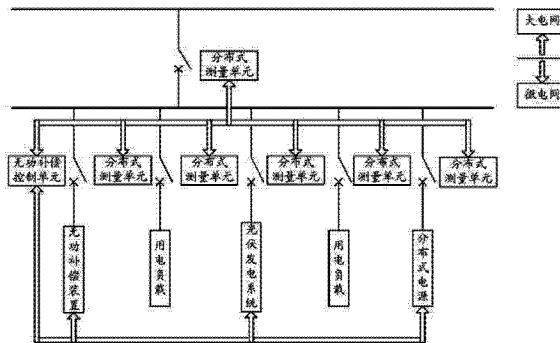
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

微电网无功功率补偿方法和系统

(57) 摘要

本发明涉及一种微电网无功功率补偿方法和系统,所述系统包括分布式测量单元、无功补偿控制单元、无功补偿装置和通讯单元,所述微电网包括具有无功调节输出的分布式电源,对于孤网运行的微电网,本发明通过测量微电网的各个支路的有功和无功功率分布情况得出微电网总体的无功功率平衡情况,并依据特定的孤网无功控制策略对无功补偿装置或无功补偿装置和分布式电源进行微电网无功调节,以实现微电网无功功率补偿。本发明不仅能够微电网在并网模式下运行时测量微电网的功率因数并依此进行相应的无功功率补偿,并且当微电网在孤网模式下运行时也同样能够测量微电网的功率因数并依此进行相应的无功功率补偿。



1. 一种微电网无功功率补偿方法,其特征在于微电网孤网运行时通过分别测量微电网中各不同支路的有功和无功功率,得出微电网总体的无功功率平衡情况,通过控制设置在微电网内的无功补偿装置或所述无功补偿装置和微电网的分布式电源进行微电网无功调节,所采用的孤网无功控制策略为:在采取传统九区图控制策略进行无功功率补偿控制的基础上,增加母线电压限制条件,所述母线电压限制条件为:预先设定一个微电网母线电压的规定值和以所述规定值为中间值的上、下限值,当所述母线电压的实际值处于所述上、下限值之间时选择投入或切除所述无功补偿装置中的无功补偿元件,当所述母线电压的实际值高于所述上限值时不投入所述无功补偿元件,当所述母线电压的实际值低于所述下限值时不切除所述无功补偿元件,所述分布式电源为具有无功调节输出的分布式电源。

2. 根据权利要求1所述的微电网无功功率补偿方法,其特征在于采用如下步骤:

(1) 同步采集不同支路的电压、电流数据;

(2) 对所采集数据进行数据处理,计算出不同支路的有功、无功功率分布情况;

(3) 将微电网范围内分布在各支路上的所有负荷和电源的有功功率、无功功率进行总加,计算出微电网总体在具体时间点的无功功率平衡情况或一段时间内功率因数的平均值和无功功率平衡情况;

(4) 根据设定的调节目标利用微电网的孤网无功控制策略对所述无功补偿装置或所述无功补偿装置和分布式电源进行无功输出的调节。

3. 根据权利要求2所述的微电网无功功率补偿方法,其特征在于当对所述无功补偿装置和分布式电源进行无功输出的调节时,先调节所述分布式电源后调节所述无功补偿装置,所述上限值为所述规定值的107%,所述下限值为所述规定值的93%。

4. 根据权利要求3所述的微电网无功功率补偿方法,其特征在于微电网并网运行时通过测量微电网与外部大电网相连接的公共连接点处的电压和电流数据,计算得出微电网的功率因数状况,并采用九区图控制策略进行无功功率补偿。

5. 一种微电网无功功率补偿系统,用于微电网孤网运行时的无功功率补偿,其特征在于包括分布式测量单元、无功补偿控制单元、无功补偿装置和通讯单元,所述微电网包括具有无功调节输出的分布式电源,

所述分布式测量单元由设置在微电网中各不同支路上的独立的测量模块和/或多功能测控仪表组成,用于测量各自所在支路的电压、电流,计算或不计算相应的功率因数,并上送相应数据给所述无功补偿控制单元;

所述无功补偿控制单元首先接收所述分布式测量单元上送的数据,对数据进行处理,包括对微电网范围内分布在各支路上的所有负荷和电源的有功功率、无功功率进行总加,以获得所述微电网在具体时间点的无功功率平衡情况或一段时间内的功率因数的平均值和无功功率平衡情况,然后根据其孤网无功控制策略对所述无功补偿装置或所述无功补偿装置和分布式电源发出调节指令,所述孤网无功控制策略为:在采取传统九区图控制策略进行无功功率补偿控制的基础上,增加母线电压限制条件,所述母线电压限制条件为:预先设定一个微电网母线电压的规定值和以所述规定值为中间值的上、下限值,当所述母线电压的实际值处于所述上、下限值之间时选择投入或切除所述无功补偿装置中的无功补偿元件,当所述母线电压的实际值高于所述上限值时不投入所述无功补偿元件,当所述母线电压的实际值低于所述下限值时不切除所述无功补偿元件;

所述无功补偿装置包括控制模块、连接开关和电容器组 / 电抗器组,用于根据所述无功补偿控制单元发出的调节指令投入或切除一定数量的所述无功补偿元件和 / 或调节所述分布式电源的无功输出,所述无功补偿装置为静态或动态无功补偿装置;

所述通讯单元用于所述分布式测量单元、无功补偿控制单元、无功补偿装置和分布式电源间的通信。

6. 根据权利要求 5 所述的微电网无功功率补偿系统,其特征在于所述独立的测量模块和 / 或多功能测控仪表采用同步的时钟,上送的所述数据中具有时标。

7. 根据权利要求 6 所述的微电网无功功率补偿系统,其特征在于所述无功补偿元件包括并联电容器组、同步调相机、并联电抗器组中的一种或多种。

8. 根据权利要求 7 所述的微电网无功功率补偿系统,其特征在于所述分布式电源包括下列微电网用分布式电源中的一种或几种:光伏发电系统、微型燃气轮机和储能电源。

9. 根据权利要求 5、6、7 或 8 所述的微电网无功功率补偿系统,其特征在于所述通讯单元基于 SDH/MSTP 结构,采用开放的实时以太网络通讯协议 EtherCAT 实现以太网环网通信。

## 微电网无功功率补偿方法和系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种电力系统无功功率补偿方法和系统,尤其是用于微电网的无功功率补偿的方法和系统。

### 背景技术

[0002] 无功功率补偿技术在现有的电力系统中对于减少能量损耗起着极其重要的作用,但是现有的无功功率补偿技术的应用通常仅限于常规电力系统中,由于常规电力系统是发、输、配、用相分离的系统,因此其存有明确的节点可以用于测量整个常规电力系统的功率因数,通常通过测量该节点处的电流和电压数据来计算出相应的功率因数,并可以进一步确定相应的无功功率补偿策略。例如,在用户变电站的进线开关上测量得到的电压和电流即能够反映出整个常规电力系统的无功功率补偿的实际需求。

[0003] 通常来说,微电网是指由分布式电源、储能装置、能量转换装置、相关负荷和监控、保护装置汇集而成的小型发配电系统,是一个能够实现自我控制、保护和管理的自治系统,其既可以连接到外部的大电网上运行(即并网运行),也可以脱开外部的大电网孤立运行(即孤网运行)。当微电网在并网模式下运行时,通常可以按照现有的无功功率补偿技术在PCC开关处(即在微电网与外部大电网相连接的公共连接点处)通过测量电流和电压来确定整个微电网的无功功率补偿需求,但是,当微电网在孤网模式下运行时,由于其电源和负荷是混杂在一起的,没有任何一个节点的功率情况能够反映整个微电网的无功功率平衡情况,采用现有的无功补偿技术无法测量微电网的无功功率分布情况,因此微电网无功功率的调节不能采用现有的方法和设备,也没有相关的技术方案能够适用于微电网无功功率补偿。

### 发明内容

[0004] 为了克服现有技术的上述缺陷,本发明的目的在于提供一种微电网无功功率补偿方法和系统,其不仅能够在微电网并网模式下运行时测量微电网的功率因数并依此进行相应的无功功率补偿,并且当微电网在孤网模式下运行时也同样能够测量微电网的功率因数并依此进行相应的无功功率补偿。

[0005] 本发明采用的主要技术方案是:

[0006] 一种微电网无功功率补偿方法,当微电网孤网运行时通过分别测量微电网中各不同支路的有功和无功功率,得出微电网总体的无功功率平衡情况,通过控制设置在微电网内的无功补偿装置或所述无功补偿装置和微电网的分布式电源进行微电网无功调节,所采用的孤网无功控制策略为:在采取传统九区图控制策略进行无功功率补偿控制的基础上,增加母线电压限制条件,所述母线电压限制条件为:预先设定一个微电网母线电压的规定值和以所述规定值为中间值的上、下限值,当所述母线电压的实际值处于所述上、下限值之间时选择投入或切除所述无功补偿装置中的无功补偿元件,当所述母线电压的实际值高于所述上限值时不投入所述无功补偿元件,当所述母线电压的实际值低于所述下限值时不切

除所述无功补偿元件,所述分布式电源为具有无功调节输出的分布式电源。

[0007] 优选为采用如下步骤:

[0008] (1) 同步采集不同支路的电压、电流数据;

[0009] (2) 对所采集数据进行数据处理,计算出不同支路的有功、无功功率分布情况;

[0010] (3) 将微电网范围内分布在各支路上的所有负荷和电源的有功功率、无功功率进行总加,计算出微电网总体在具体时间点的无功功率平衡情况或一段时间内功率因数的平均值和无功功率平衡情况;

[0011] (4) 根据设定的调节目标利用微电网的孤网无功控制策略对所述无功补偿装置或所述无功补偿装置和分布式电源进行无功输出的调节。

[0012] 上述任一项技术方案中的微电网无功功率补偿方法,当对所述无功补偿装置和分布式电源进行调节时,优选为先调节所述分布式电源后调节所述无功补偿装置。并且,优选地,所述上限值为所述规定值的 107%,所述下限值为所述规定值的 93%。

[0013] 当微电网并网运行时,可以通过测量微电网与外部大电网相连接的公共连接点处的电压和电流数据,计算得出微电网的功率因数状况,并采用九区图控制策略进行无功功率补偿。

[0014] 本发明还提供了一种微电网无功功率补偿系统,用于微电网孤网运行时的无功功率补偿,其包括分布式测量单元、无功补偿控制单元、无功补偿装置和通讯单元,所述微电网包括具有无功调节输出的分布式电源。

[0015] 所述分布式测量单元由设置在微电网中各不同支路上的独立的测量模块和 / 或多功能测控仪表组成,用于测量各自所在支路的电压、电流,计算或不计算相应的功率因数,并上送相应数据给所述无功补偿控制单元;

[0016] 所述无功补偿控制单元首先接收所述分布式测量单元上送的数据,对数据进行处理,包括对微电网范围内分布在各支路上的所有负荷和电源的有功功率、无功功率进行总加,以获得所述微电网在具体时间点的无功功率平衡情况或一段时间内的功率因数的平均值和无功功率平衡情况,然后根据其孤网无功控制策略对所述无功补偿装置或所述无功补偿装置和分布式电源发出调节指令,所述孤网无功控制策略为:在采取传统九区图控制策略进行无功功率补偿控制的基础上,增加母线电压限制条件,所述母线电压限制条件为:预先设定一个微电网母线电压的规定值和以所述规定值为中间值的上、下限值,当所述母线电压的实际值处于所述上、下限值之间时选择投入或切除所述无功补偿装置中的无功补偿元件,当所述母线电压的实际值高于所述上限值时不投入所述无功补偿元件,当所述母线电压的实际值低于所述下限值时不切除所述无功补偿元件;

[0017] 所述无功补偿装置包括控制模块、连接开关和电容器组 / 电抗器组,用于根据所述无功补偿控制单元发出的调节指令投入或切除一定数量的所述无功补偿元件和 / 或调节所述分布式电源的无功输出,所述无功补偿装置为静态或动态无功补偿装置;

[0018] 所述通讯单元用于所述分布式测量单元、无功补偿控制单元、无功补偿装置和分布式电源间的通信。

[0019] 所述独立的测量模块和 / 或多功能测控仪表可以采用同步的时钟,上送的所述数据中具有时标。

[0020] 所述无功补偿元件可以包括并联电容器组、同步调相机、并联电抗器组中的一种

或多种。

[0021] 所述分布式电源可以包括下列微电网用分布式电源中的一种或几种：光伏发电系统、微型燃气轮机和储能电源。

[0022] 较优地，上述任一项技术方案中的所述微电网无功功率补偿系统的所述通讯单元基于 SDH/MSTP 结构，采用开放的实时以太网网络通讯协议 EtherCAT 实现以太网环网通信。

[0023] 本发明的有益效果是：

[0024] 由于本发明采用了分布式测量技术对微电网中各个支路的无功功率分布情况进行测量，并依此实现对整个微电网系统的无功功率的测量，为微电网孤网运行时的无功功率补偿提供了相应的依据，解决了微电网系统无功功率测量的难题，使微电网无功功率调节成为可能；

[0025] 由于本发明采用了适用于微电网孤网运行时的孤网无功控制策略，实现了对微电网的无功功率补偿和优化，有助于提高微电网中用户的功率因数和电工设备的利用率，减少了微电网中的电能损耗，当采用动态式无功补偿装置时能够更好地改善微电网中的电压水平和电能质量，提高微电网系统的抗干扰能力，以及微电网中电能的输送能力和稳定性，当采用静态式无功补偿装置时还能改善微电网中的电压波形、减少谐波分量，并能够解决负序电流问题，对于电容器、电缆、电机和变压器等，还能避免高次谐波引起的附加电能损失和局部过热；

[0026] 由于本发明采用了 Ether CAT 传输技术，其具有实时性高、传输速率高、环网自愈快的突出特点，能够满足微电网无功功率补偿系统的各项通信要求，提高了整个微电网系统中各个部分之间通信的实时性和可靠性，保证了整个通讯系统的正常运行，为整个微电网系统的稳定运行奠定了基础，解决了微电网无功功率补偿系统中对通信实时性、带宽、可靠性等带来制约的瓶颈问题。

## 附图说明

[0027] 图 1 是本发明的微电网无功功率补偿系统的整体结构示意图；

[0028] 图 2 是本发明的 Ether CAT 传输技术的应用示意图。

## 具体实施方式

[0029] 为了更好的解释本发明，以便更好的理解，下面结合附图通过具体实施方式对本发明作更详细的描述。

[0030] 参见图 1 和图 2，本发明提供了一种微电网无功功率补偿系统，主要用于微电网孤网运行时的无功功率补偿，其包括分布式测量单元、无功补偿控制单元、无功补偿装置和通讯单元。所述微电网包括具有无功调节输出的分布式电源。

[0031] 所述分布式测量单元主要用于测量所述微电网的不同支路的有功和无功功率的分布情况，并将采集的数据上送给所述无功补偿控制单元。

[0032] 优选为所述分布式测量单元具有时钟同步功能，上送的所述数据具有时标。

[0033] 所述分布式测量单元可以为独立的测量模块也可以是多功能测控仪表，只要其上送的数据能够满足所述微电网无功补偿控制单元的要求即可。

[0034] 例如，所述分布式测量单元由设置在微电网中各不同支路上的独立的测量模块和

/或多功能测控仪表组成,用于测量各自所在支路的电压、电流,计算或不计算相应的功率因数,并上送相应数据给所述无功补偿控制单元。

[0035] 优选为所述独立的测量模块和/或多功能测控仪表采用同步的时钟,例如,可以在若干个所述独立的测量模块分别设有时间同步的计时元件,所述计时元件可以为分布式校准时钟,也可以在所述多功能测控仪表设有能够实现各个被测量同步计时的时钟。

[0036] 所述无功补偿控制单元是所述微电网无功功率补偿系统的核心装置,其首先接收所述分布式测量单元上送的数据,对数据进行处理(包括对微电网范围内分布在各支路上的所有负荷和电源的有功功率、无功功率进行总加,以及根据有功功率和无功功率计算功率因数),以获得所述微电网在具体时间点的无功功率平衡情况或者一段时间内的功率因数的平均值和无功功率平衡情况,并将计算得到的无功功率与预先设定的数值进行比较,然后根据微电网无功控制策略(如孤网无功控制策略)对所述无功补偿装置或所述无功补偿装置和分布式电源发出调节指令,所述调节指令优选为与能达到最佳补偿效果的补偿容量相对应的调节指令。

[0037] 所述具有无功调节输出的分布式电源可用于为所述微电网提供无功功率补偿所需的电能,其可以根据所述无功补偿控制单元的调节指令调节其所输出的电能,以调节所述微电网无功功率补偿系统的无功功率分布,达到在所述微电网的范围内无功优化的目的,满足实际需求。

[0038] 所述具有无功调节输出的分布式电源可以是下列微电网用分布式电源中的一种或几种,例如光伏发电系统、微型燃气轮机和储能电源,以便可以根据实际需要输出相应的电能。

[0039] 通常所述具有无功调节输出的分布式电源以电力电子设备接入所述微电网,电力电子设备可以通过不同的无功控制策略实现四象限运行的需求,并通过接收所述无功补偿控制单元的调节指令调节自身的无功功率的输出,从而达到调节所述微电网无功功率的目的。

[0040] 所述无功补偿装置包括若干无功补偿元件,用于根据所述无功补偿控制单元发出的调节指令投入或切除一定数量的所述无功补偿元件,以满足所述微电网无功功率补偿的需求。

[0041] 所述无功补偿元件可以为电容器或电抗器,也可以是并联电容器组、同步调相机、并联电抗器组中的一种或多种,可以根据实际需要选择。

[0042] 所述无功补偿装置通常还包括控制模块和连接开关,所述无功补偿控制单元的调节指令输出端连接所述控制模块的信号输入端,所述无功补偿控制单元可以向所述控制模块输送所述调节指令以控制所述无功补偿装置的运行状态,所述控制模块可以根据该调节指令控制所述连接开关的开/闭,以控制所述无功补偿元件的切除/投入,所述连接开关优选为电子开关,以实现快速、无冲击地投入或切除所述无功补偿元件。

[0043] 所述无功补偿装置的工作方式可以为静态式或动态式,即所述无功补偿装置可以为静态式或动态式无功补偿装置。

[0044] 所述通讯单元用于各个部分(包括所述分布式测量单元、无功补偿控制单元、无功补偿装置和分布式电源)间的通信。

[0045] 由于所述微电网无功功率补偿系统中各个部分间的通信状态对其补偿调节的效

果影响较大,因此,所述微电网无功功率补偿系统对于其各个部分间的通信具有较高的要求,如实时性、可靠性等。

[0046] 由于所述通讯系统的可靠稳定是所述微电网无功功率补偿系统正常运行的前提,因此,本发明的所述通讯系统采用了全新的设计理念,具体方式为:采用基于电信主流的SDH/MSTP结构,结合久经验证的实时机制和以太网物理层,采用EtherCAT传输技术、先进的光纤传输技术和优化的数据交换技术,以实现实时的工业以太网环网通信。

[0047] 所述EtherCAT传输技术(Ethernet for Control Automation Technology)为开放的实时以太网通讯协议。

[0048] 所述的通讯系统具有高实时性、传输效率高、环网自愈快的突出特点,能够很好的满足所述微电网无功功率补偿系统中各个部分间的通信需求,尤其是EtherCAT传输技术ms级的高实时性,为快速的测量和计算创造了良好的条件,解决了制约微电网无功功率补偿系统的通信实时性、带宽、可靠性等的瓶颈问题。

[0049] 本发明还提供了一种微电网无功功率补偿方法,用于上述任一项技术方案所述的微电网无功功率补偿系统,当微电网孤网运行时,其采用分布式测量技术(即通过分别测量微电网中各不同支路的有功和无功功率),得出微电网总体的无功功率平衡情况,通过控制设置在微电网内的无功补偿装置或所述无功补偿装置和微电网的分布式电源进行微电网无功调节。

[0050] 可以采用如下步骤:

[0051] (1) 同步采集不同支路的电压、电流数据;

[0052] (2) 对所采集数据进行数据处理,计算出不同支路的有功、无功功率分布情况;

[0053] (3) 将微电网范围内分布在各支路上的所有负荷和电源的有功功率、无功功率进行总加,计算出微电网总体在具体时间点的无功功率平衡情况或一段时间内功率因数的平均值和无功功率平衡情况;

[0054] (4) 根据设定的调节目标利用微电网的孤网无功控制策略对所述无功补偿装置或所述无功补偿装置和分布式电源进行无功输出的调节,以实现所述微电网无功功率补偿。

[0055] 上述步骤中的同步采集、数据处理和调节可以是实时进行的,也可以是阶段性进行的,还可以是断点式进行的。

[0056] 所述孤网无功控制策略的具体内容为:在采取传统九区图控制策略进行无功功率补偿控制的基础上,增加母线电压限制条件,以提高微电网的稳定性,所述母线电压限制条件为:预先设定一个微电网母线电压的规定值和以所述规定值为中间值的上、下限值,当所述母线电压的实际值处于所述上、下限值之间时选择投入或切除所述无功补偿装置中的无功补偿元件,当所述母线电压的实际值高于所述上限值时不投入所述无功补偿元件,当所述母线电压的实际值低于所述下限值时不切除所述无功补偿元件。

[0057] 上述任意一种所述微电网无功功率补偿方法中,当对所述无功补偿装置和分布式电源进行无功输出的调节时,优选为先调节所述分布式电源后调节所述无功补偿装置。并且,经过实验验证,所述上限值取所述规定值的107%,所述下限值取所述规定值的93%的无功补偿效果较好。

[0058] 当微电网并网运行时,可以通过测量微电网与外部大电网相连接的公共连接点处的电压和电流数据,计算得出微电网的功率因数状况,并采用九区图控制策略进行无功功



率补偿。

[0059] 本发明的微电网无功功率补偿方法和系统,根据微电网自身的特点,利用分布式测量方法解决了微电网的无功功率测量的难题,并利用特定的孤网无功控制策略实现了微电网无功功率补偿和优化,解决了微电网的无功功率补偿的难题,并利用 EtherCAT 通信技术解决了通信实时性、带宽、可靠性等瓶颈问题。

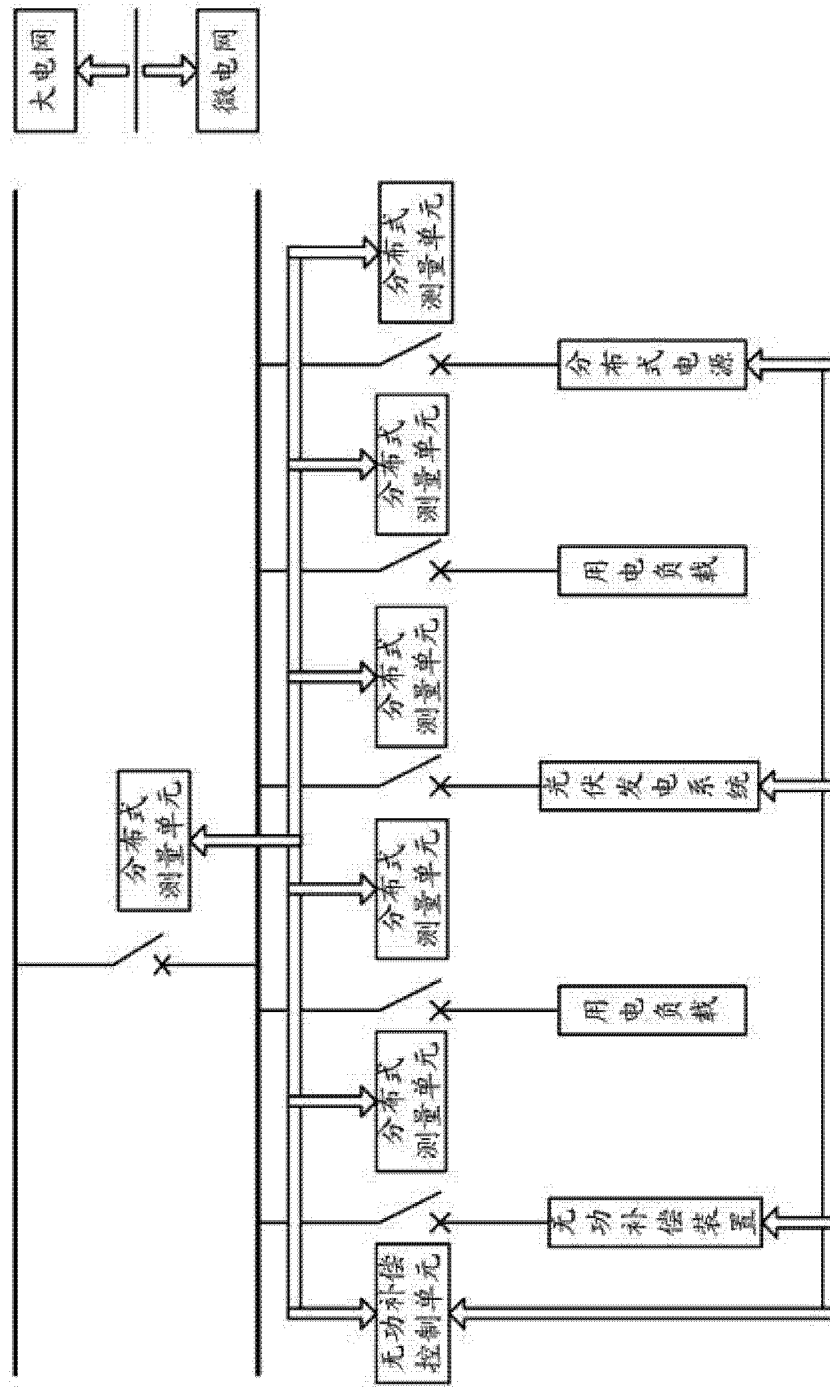


图 1

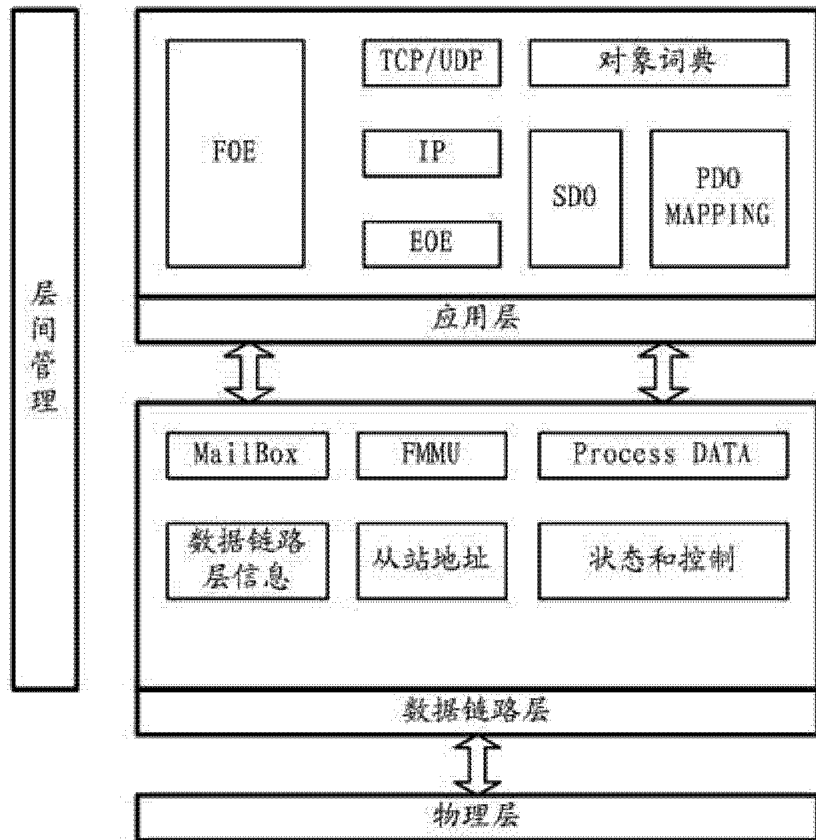


图 2