



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104467010 A

(43) 申请公布日 2015. 03. 25

(21) 申请号 201410621280. 8

(22) 申请日 2014. 11. 06

(71) 申请人 国家电网公司

地址 210019 江苏省南京市建邺区奥体大街
1号

申请人 江苏省电力公司

江苏省电力公司南京供电公司

上海交通大学

(72) 发明人 韦磊 赵新建 范丽 韩蓓

李国杰

(74) 专利代理机构 南京同泽专利事务所(特殊
普通合伙) 32245

代理人 闫彪

(51) Int. Cl.

H02J 3/38(2006. 01)

H02J 3/28(2006. 01)

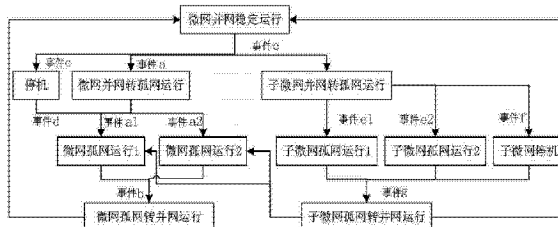
权利要求书3页 说明书11页 附图2页

(54) 发明名称

一种微网系统运行的控制方法

(57) 摘要

本发明涉及一种微网系统运行的控制方法,属于发电、变电或配电技术控制领域。应用该方法的微网系统中的微网与配电网通过唯一的并网点连接,微网与该微网中的子微网通过唯一的接入点连接,微网系统通过控制模组监测微网系统内发生的第一事件,并根据监测到的第一事件调整微网和/或子微网到第一运行状态。该方法通过事件触发与运行状态之间的对应,精确分配该微网系统中的微网与子微网的运行情况,即使在应对突发事件时候微网系统仍能通过该方法调整系统的运行状态来保证最低限度的电量供应,提高了微电网系统供电运行的可靠性。



1. 一种微网系统运行的控制方法,所述微网系统中的微网与配电网通过唯一的并网点连接,所述微网与该微网中的子微网通过唯一的接入点连接,所述微网系统设置有控制模组,其特征在于:所述控制模组监测所述微网系统内发生的第一事件,并根据监测到的第一事件调整所述微网和 / 或所述子微网处于第一运行状态;

所述第一事件包括:

事件 a:所述配电网故障,所述微网中的储能装置正常运行;

事件 b:所述配电网恢复正常;

事件 c:所述配电网故障,所述储能装置发生故障;

事件 d:所述配电网故障,所述储能装置恢复运行;

事件 e:所述子微网发生故障,所述子微网中的分布式电源能维持所述子微网运行;

事件 f:所述子微网发生故障,所述分布式电源不能维持所述子微网运行;

事件 g:所述子微网恢复正常;

所述第一运行状态包括:

状态 a:所述微网停止运行;

状态 b:所述微网并网运行;

状态 c:所述微网孤网运行;

状态 d:所述子微网停止运行;

状态 e:所述子微网接入微网运行;

状态 f:所述子微网孤网运行;

所述控制模组监测所述第一事件和调整所述微网和 / 或子微网处于第一运行状态的过程如下,

当所述控制模组监测到事件 a 时,所述控制模组断开所述并网点,并将所述微网的运行状态变为状态 c;

当所述控制模组监测到事件 b 时,所述控制模组将所述微网的运行状态由状态 c 变为状态 b;

当所述控制模组监测到事件 c 时,所述控制模组断开所述并网点,并将所述微网的运行状态为状态 a;

当所述控制模组监测到事件 d 时,所述控制模组将所述微网的运行状态由状态 a 变为状态 c;

当所述控制模组监测到事件 e 时,所述控制模组断开所述接入点,并将所述子微网的运行状态变为状态 f;

当所述控制模组监测到事件 f 时,所述控制模组断开所述接入点,并将所述子微网的运行状态变为状态 d;

当所述控制模组监测到事件 g 时,所述控制模组将所述子微网的运行状态由状态 f 或状态 d 变为状态 e。

2. 如权利要求 1 所述的微网系统运行的控制方法,其特征在于:所述控制模组通过判断该微网系统内是否发生第二事件,并根据判断出的所述第二事件调整所述微网和 / 或子微网处于第二运行状态;

所述第二事件包括:

事件 a1 :在所述微网处于所述状态 c 时,所述微网中的间歇性电源输出功率大于所述微网中负荷所需总功率;

事件 a2 :在所述微网处于所述状态 c 时,所述微网中的间歇性电源输出功率小于所述微网中负荷所需总功率;

事件 e1 :在所述子微网处于所述状态 f 时,所述子微网中间歇性电源输出功率大于所述微网中负荷所需总功率;

事件 e2 :在所述子微网处于所述状态 f 时,所述子微网中间歇性电源输出功率小于所述微网中负荷所需总功率;

所述第二运行状态包括:

状态 c1 :处在所述状态 c 的所述微网不可调节二次频率;

状态 c2 :处在所述状态 c 的所述微网可调节二次频率;

状态 f1 :处在所述状态 f 的所述子微网不可调节二次频率;

状态 f2 :处在所述状态 f 的所述子微网可调节二次频率;

所述控制模组判断所述第二事件和调整所述微网和 / 或子微网处于第二运行状态的过程如下,

在所述控制模组确认所述微网的运行状态时,优先假设所述微网为所述状态 c1,并在所述状态 c1 下进行功率比较,

若所述储能装置中间歇性电源的输出功率大于所述微网中负荷的需求功率,则所述微网的运行状态保持为所述 c1 状态;

若所述储能装置中间歇性电源的输出功率小于所述微网中负荷的需求功率,则所述微网的运行状态由所述状态 c1 调整为所述状态 c2;

在所述控制模组确认所述子微网的运行状态时,优先假设所述子微网为所述状态 f1,并在所述状态 f1 下进行功率比较;

若所述分布式电源中间歇性电源的输出功率大于所述子微网中负荷的需求功率,则所述子微网的运行状态保持为所述状态 f1;

若所述分布式电源中间歇性电源的输出功率小于所述子微网中负荷的需求功率,则所述子微网的运行状态由所述状态 f1 调整为所述状态 f2。

3. 如权利要求 1 所述的微网系统运行的控制方法,其特征在于:所述控制模组包括所述微网中的主控制器、所述子微网中的副控制器、所述子微网中的微源控制器及所述子微网中的负荷控制器;

所述微源控制器包括主微源控制器和从微源控制器;

所述主控制器用于调节所述微网的运行状态,所述副控制器用于调节所述子微网的运行状态,所述主微源控制器用于调节所述分布式电源的输出电压频率,所述从微源控制器用于调节所述分布式电源的输出功率,所述负荷控制器用于调节所述子微网中负荷的运行状态。

4. 如权利要求 1、2 或 3 所述的微网系统运行的控制方法,其特征在于:所述微网系统根据所述控制模组监测到的第一事件通过改变所述控制模组中各控制器的控制模式来调整所述微网和 / 或所述子微网处于第一运行状态;所述微网系统根据所述控制模组判断出的第二事件通过改变所述控制模组中各控制器的控制模式来调整所述微网和 / 或所述子

微网处于第二运行状态；

所述主控制器的控制模式包括：PQ 控制、VF 控制、droop 控制、并网转孤网控制及孤网转并网控制；

所述副控制器的控制模式包括：PQ 控制、VF 控制、droop 控制、并网转孤网控制及孤网转并网控制；

所述微源控制器的控制模式包括：PQ 控制、VF 控制、droop 控制和二次调频控制；

所述微网系统在第一运行状态时，所述控制模组中各控制器的控制模式依照下表设置：

| 运行状态 | 主控制器 | 副控制器 | 主微源控制器 | 从微源控制器 |
|------|-------|-------|--------|--------|
| 状态 a | - | - | - | - |
| 状态 b | PQ | PQ | PQ | PQ |
| 状态 c | 并网转孤网 | PQ | PQ | PQ |
| 状态 d | PQ | - | - | - |
| 状态 e | PQ | 孤网转并网 | VF | VF |
| 状态 f | PQ | 并网转孤网 | VF | PQ |

所述微网系统在第二运行状态时，所述控制模组中各控制器的控制模式依照下表设置：

| 运行状态 | 主控制器 | 副控制器 | 主微源控制器 | 从微源控制器 |
|-------|-------|-------|--------|--------|
| 状态 c1 | VF | VF | VF | PQ |
| 状态 c2 | droop | droop | droop | 二次调频 |
| 状态 f1 | PQ | VF | VF | PQ |
| 状态 f2 | PQ | droop | droop | 二次调频 |

5. 如权利要求 4 所述的微网系统运行的控制方法，其特征在于：所述控制模组中还包
括负荷控制器，所述负荷控制器用于控制所述微网系统中负荷的通断。

一种微网系统运行的控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种微网系统运行的控制方法,属于发电、变电或配电技术控制领域。

背景技术

[0002] 分布式电源(即 Distributed Generation,简称 DG)指为满足终端用户的特殊要求,接在用户侧附近的小型发电系统。它们的规模一般不大,通常为几十千瓦至几十兆瓦,所用的能源包括天然气(含煤层气,沼气)、太阳能、生物智能、氢能、风能、小水电等清洁能源或可再生能源,而储能装置主要为蓄电池等。为了提高能源利用率,同时降低成本,往往采用冷、热、电等各种能源一起供应的系统成为分布式电源系统,而包括分布式能源在内的电力系统称为分布式能源电力系统。

[0003] 迄今为止,分布式电源技术的潜力尚未得到充分发挥,究其原因,主要有以下几点:

[0004] (1) 分布式电源自身的特性决定了一些电源的出力将随外部条件的变化而变化,表现出间歇性和随机性等特点,使得这些电源仅依靠自身的调节能力难以满足负荷的功率平衡,且不可调度,需要其他电源或储能装置的配合以提供支持和备用。

[0005] (2) 分布式电源的并网运行改变了系统中的潮流分布,对配电网而言,由于分布式电源的接入导致系统中具有双向潮流,给电压调节、保护协调与能量优化带来了新问题。

[0006] (3) 多数分布式电源需要通过电力电子接口并入电网,大量电力电子设备和电容、电感的引入,易影响周边用户的供电质量,外界产生干扰可能导致频率和电压的不同步,从而拖垮整个系统。

[0007] (4) 为数众多、形式各异、不可调度的分布式电源将给依靠传统集中式电源调度方式进行管理的系统运行人员带来更大的困难,缺乏有效的管理将导致分布式电源运行时的“随意性”,给系统的安全性和稳定性造成隐患。

[0008] 为使分布式发电得到充分利用,一些学者提出了微型电网(MicroGrid,简称微网)的概念。微网是指由分布式电源、储能装置、能量变换装置、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,既可以与大电网并网运行,也可以孤立运行。现有研究和实践已表明,将分布式电源供能系统以微网的形式接入大电网并网运行,与大电网互为支撑,是发挥分布式发电供能系统效能的最有效方式。

[0009] 微网有以下几个显著特点:(1) 微网集成了多种能源输入(太阳能、风能、常规化石燃料、生物质能等)、多种产品输出(冷、热、电等)、多种能源转换单元(燃料电池、微型燃气轮机、内燃机,储能系统等),是化学、热力学、电动力学等行为相互耦合的非同性复杂系统,具有实现化石燃料和可再生能源的一体化循环利用的固有优势。(2) 微网中包含多种分布式电源,且安装位置灵活,一般通过电力电子接口接入,并通过一定的控制策略协调运行,共同统一于微网这个有机体中。因此,微网在运行、控制、保护等方面需要针对自身独有的特点发展适合不同接入点的分析方法。(3) 一般来说,微网与外电网之间仅存在一个公

共连接点 (PCC), 因此, 对外电网来说, 微网可以看作电网中的一个可控电源或负载, 它可以在数秒钟内反应以满足外部输配电网的需求, 既可以从外电网获得能量, 在微网内电力供应充足或外电网供电不足时, 微网甚至可以向电网倒送电能。(4) 微网存在两种运行模式, 正常状况下, 与外电网联网运行, 微网与外电网协调运行, 共同给微网中的负荷供电; 当监测到外电网故障或电能质量不能满足要求时, 则微网转入孤岛运行模式, 由微网内的分布式电源给微网内关键负荷继续供电, 保证负荷的不间断电力供应, 维持微网自身供需能量平衡, 从而提高了供电的安全性和可靠性; 待外电网故障消失或电能质量满足要求时, 微网重新切换到联网运行模式。微网控制器需要根据实际运行条件的变化实现两种模式之间的平滑切换。(5) 微网一般存在上层控制器, 通过能量管理系统对分布式电源进行经济调度和能量优化管理, 可以利用微网内各种分布式电源的互补性, 更加充分合理的利用能源。

[0010] 微网技术是新型电力电子技术和分布式发电、储能技术的综合, 相较于传统发电系统, 微网的优点主要体现在以下几个方面: (1) 微网为多个分布式电源的集成应用, 解决了大规模分布式电源的接入问题, 继承拥有了单独分布式电源系统所具有的优点; 同时可以克服单独分布式电源并网的缺点, 减少单个分布式电源可能给电网造成的影响, 实现不同分布式电源的优势互补, 有助于分布式电源的优化利用。(2) 微网灵活的运行模式, 提高了用户侧的供电可靠性。用户侧负荷, 按重要性程度可分为普通负荷、次重要负荷和敏感负荷; 当外电网发生较严重的电压闪变及跌落时, 可以根据负荷的重要性等级, 通过静态开关将重要负荷隔离起来孤岛运行, 保证局部供电的可靠性。(3) 可以减少大发电站的发电备用需求, 并通过缩短发电厂与负荷间的距离, 可以降低输电损耗和因电网升级而增加的投资成本。(4) 对用户来讲, 广泛使用微网可以降低电价, 获得最大限度的经济效益。例如, 利用峰谷电价差, 峰电期, 微网可以向电网输送电能, 以延缓电力紧张, 而在电网电力过剩时可直接从电网低价采购电能。

[0011] 目前微网在实际运行中需要解决的关键问题之一就是控制问题, 当微网运行状态转换时, 如何对实现微网的有效控制, 保证微网在不同运行模式下都能够满足负荷的电能质量要求, 是微网能否可靠运行的关键。

[0012] 在现有的基于运行状态的微网控制系统, 主要是根据微网内各个元件的运行状态不同, 组合成微网的多种运行状态。但对于多微网而言, 其运行状态非常复杂, 从而其控制的实现也非常困难。而且现行的微网控制为分层控制结构, 其中中央控制器控制着整个微网, 本地控制器对本地运行状态不具有孤网处理的能力, 这使得微网的控制效率和可靠性很低。

发明内容

[0013] 本发明要解决的技术问题是, 针对现有技术不足, 提出一种微网系统运行的控制方法, 该方法可以解决微网系统运行时出现的一些具体问题, 并根据具体问题进行对应的处理, 使得微网系统合理运行。

[0014] 本发明为解决上述技术问题提出的技术方案是: 一种微网系统运行的控制方法, 所述微网系统中的微网与配电网通过唯一的并网点连接, 所述微网与该微网中的子微网通过唯一的接入点连接, 所述微网系统设置有控制模组, 所述控制模组监测所述微网系统内发生的第一事件, 并根据监测到的第一事件调整所述微网和 / 或所述子微网处于第一运行

状态；

[0015] 所述第一事件包括：

[0016] 事件 a：所述配电网故障，所述微网中的储能装置正常运行；

[0017] 事件 b：所述配电网恢复正常；

[0018] 事件 c：所述配电网故障，所述储能装置发生故障；

[0019] 事件 d：所述配电网故障，所述储能装置恢复运行；

[0020] 事件 e：所述子微网发生故障，所述子微网中的分布式电源能维持所述子微网持续稳定运行；

[0021] 事件 f：所述子微网发生故障，所述分布式电源不能维持所述子微网持续稳定运行；

[0022] 事件 g：所述子微网恢复正常；

[0023] 所述第一运行状态包括：

[0024] 状态 a：所述微网停止运行；

[0025] 状态 b：所述微网并网稳定运行；

[0026] 状态 c：所述微网孤网运行；

[0027] 状态 d：所述子微网停止运行；

[0028] 状态 e：所述子微网接入微网运行；

[0029] 状态 f：所述子微网孤网运行；

[0030] 所述控制模组监测所述第一事件和调整所述微网和 / 或子微网处于第一运行状态的过程如下，

[0031] 当所述控制模组监测到事件 a 时，所述控制模组断开所述并网点，并将所述微网的运行状态变为状态 c；

[0032] 当所述控制模组监测到事件 b 时，所述控制模组将所述微网的运行状态由状态 c 变为状态 b；

[0033] 当所述控制模组监测到事件 c 时，所述控制模组断开所述并网点，并将所述微网的运行状态变为状态 a；

[0034] 当所述控制模组监测到事件 d 时，所述控制模组将所述微网的运行状态由状态 a 变为状态 c；

[0035] 当所述控制模组监测到事件 e 时，所述控制模组断开所述接入点，并将所述子微网的运行状态变为状态 f；

[0036] 当所述控制模组监测到事件 f 时，所述控制模组断开所述接入点，并将所述子微网的运行状态变为状态 d；

[0037] 当所述控制模组监测到事件 g 时，所述控制模组将所述子微网的运行状态由状态 f 或状态 d 变为状态 e。

[0038] 上述技术方案的改进是：所述控制模组通过判断该微网系统内是否发生第二事件，并根据判断出的所述第二事件调整所述微网和 / 或子微网处于第二运行状态；

[0039] 所述第二事件包括：

[0040] 事件 a1：在所述微网处于所述状态 c 时，所述微网中的间歇性电源输出功率大于所述微网中负荷所需总功率；

[0041] 事件 a2 :在所述微网处于所述状态 c 时,所述微网中的间歇性电源输出功率小于所述微网中负荷所需总功率;

[0042] 事件 e1 :在所述子微网处于所述状态 f 时,所述子微网中间歇性电源输出功率大于所述微网中负荷所需总功率;

[0043] 事件 e2 :在所述子微网处于所述状态 f 时,所述子微网中间歇性电源输出功率小于所述微网中负荷所需总功率;

[0044] 所述第二运行状态包括:

[0045] 状态 c1 :处在所述状态 c 的所述微网不可调节二次频率;

[0046] 状态 c2 :处在所述状态 c 的所述微网可调节二次频率;

[0047] 状态 f1 :处在所述状态 f 的所述子微网不可调节二次频率;

[0048] 状态 f2 :处在所述状态 f 的所述子微网可调节二次频率;

[0049] 在所述控制模组确认所述微网的运行状态时,优先假设所述微网为状态 c1,并在所述状态 c1 下进行功率比较,

[0050] 所述控制模组判断所述第二事件和调整所述微网和 / 或子微网处于第二运行状态的过程如下,

[0051] 若所述储能装置中间歇性电源的输出功率大于所述微网中负荷的需求功率,则所述微网的运行状态保持为所述 c1 状态;

[0052] 若所述储能装置中间歇性电源的输出功率小于所述微网中负荷的需求功率,则所述微网的运行状态由所述状态 c1 调整为所述状态 c2;

[0053] 在所述控制模组确认所述子微网的运行状态时,优先假设所述子微网为所述状态 f1,并在所述状态 f1 下进行功率比较;

[0054] 若所述分布式电源中间歇性电源的输出功率大于所述子微网中负荷的需求功率,则所述子微网的运行状态保持为所述状态 f1;

[0055] 若所述分布式电源中间歇性电源的输出功率小于所述子微网中负荷的需求功率,则所述子微网的运行状态由所述状态 f1 调整为所述状态 f2。

[0056] 上述技术方案的改进是 :所述控制模组包括所述微网中的主控制器、所述子微网中的副控制器、所述子微网中的微源控制器及所述子微网中的负荷控制器;

[0057] 所述微源控制器包括主微源控制器和从微源控制器;

[0058] 所述主控制器用于调节所述微网的运行状态,所述副控制器用于调节所述子微网的运行状态,所述主微源控制器用于调节所述分布式电源的输出电压频率,所述从微源控制器用于调节所述分布式电源的输出功率,所述负荷控制器用于调节所述子微网中负荷的运行状态。

[0059] 上述技术方案的改进是 :所述微网系统根据所述控制模组监测到的第一事件通过改变所述控制模组中各控制器的控制模式来调整所述微网和 / 或所述子微网处于第一运行状态 ;所述微网系统根据所述控制模组判断出的第二事件通过改变所述控制模组中各控制器的控制模式来调整所述微网和 / 或所述子微网处于第二运行状态;

[0060] 所述主控制器的控制模式包括 :PQ 控制、VF 控制、droop 控制、并网转孤网控制及孤网转并网控制;

[0061] 所述副控制器的控制模式包括 :PQ 控制、VF 控制、droop 控制、并网转孤网控制及

孤网转并网控制；

[0062] 所述微源控制器的控制模式包括：PQ 控制、VF 控制、droop 控制和二次调频控制；

[0063] 所述微网系统在第一运行状态时，所述控制模组中各控制器的控制模式依照下表设置：

[0064]

| 运行状态 | 主控制器 | 副控制器 | 主微源控制器 | 从微源控制器 |
|------|-------|-------|--------|--------|
| 状态 a | - | - | - | - |
| 状态 b | PQ | PQ | PQ | PQ |
| 状态 c | 并网转孤网 | PQ | PQ | PQ |
| 状态 d | PQ | - | - | - |
| 状态 e | PQ | 孤网转并网 | VF | VF |
| 状态 f | PQ | 并网转孤网 | VF | PQ |

[0065] 所述微网系统在第二运行状态时，所述控制模组中各控制器的控制模式依照下表设置：

[0066]

| 运行状态 | 主控制器 | 副控制器 | 主微源控制器 | 从微源控制器 |
|-------|-------|-------|--------|--------|
| 状态 c1 | VF | VF | VF | PQ |
| 状态 c2 | droop | droop | droop | 二次调频 |
| 状态 f1 | PQ | VF | VF | PQ |
| 状态 f2 | PQ | droop | droop | 二次调频 |

[0067] 上述技术方案的改进是：所述控制模组还包括负荷控制器，所述负荷控制器用于控制所述微网系统中负荷的通断。

[0068] 总的来说，该方法为微网系统运行时可能出现的突发事件，包括配电网可能出现的问题及微网系统内部可能出现的问题都设置了对应的运行状态和触发事件。因此该方法会根绝该微网系统中触发事件的不同，调整控制模组中控制器的控制模式，使得微网系统在不同的运行状态下进行切换，以适应不同的突发事件。

[0069] 并且该方法通过微网系统中的控制模组的不同控制器对微网系统进行了分层控制，使得微网中的子微网可以根据上层的微网中主控制器下发到子微网中副控制器的命令，以及子微网中的微源控制器和负荷控制器给出的状态参数的反馈来综合控制子微网的运行状态，并且可以通过控制接入点的通断来使得子微网接入微网运行或是脱离微网孤网运行。

[0070] 由于微网中子微网存在孤网运行的情况，因此微网中的主控制器会根据其下层副

控制器传来的不同状态参数,以及该微网的工作要求,综合确认该微网工作状态,以保证整体的微网系统的运行正常,因此在该方法的引导下,整个微网系统既存在着整体配合的并网运行,也存在着相对独立的孤网运行。

[0071] 而各控制器通过简单的控制模式切换便可实现在不同事件下触发不同的工作状态,保证不同事件下微网系统的稳定运行。

[0072] 此外,在微网孤网与子微网孤网两个运行状态,一般需判定连续性电源是否足够供电,以知道能否进行二次调频操作,但是由于该参数的确认比较困难,因此该方法采取先假设在确认的方式,即优先假设不能进行二次调频的状态,判断此时的间歇性电源的输出功率能否满足负荷所需功率,若满足,则意味着假设成立,此时确实是不能进行二次调频的状态,反之则不是。这使得不需要去麻烦的判别连续性电源是否足够这一条件,而是直接判别间歇性电源是否能为负荷提供足够功率便可判别能否进行二次调频,以此来优化运算和减少运算复杂度。

附图说明

[0073] 下面结合附图对本发明作进一步说明。

[0074] 图 1 是本发明实施例状态转移图。

[0075] 图 2 是本发明实施例的微网系统结构示意图。

具体实施方式

[0076] 实施例

[0077] 本实施例的一种微网系统运行的控制方法,微网系统中的微网与配电网通过唯一的并网点连接,微网与该微网中的子微网通过唯一的接入点连接,微网系统设置有控制模组,控制模组监测微网系统内发生的第一事件,并根据监测到的第一事件调整微网和 / 或子微网处于第一运行状态;

[0078] 第一事件包括:

[0079] 事件 a:配电网故障,且微网中的储能装置正常运行;

[0080] 事件 b:配电网恢复正常;

[0081] 事件 c:配电网故障,且储能装置发生故障;

[0082] 事件 d:配电网故障,且储能装置恢复运行;

[0083] 事件 e:子微网发生故障,子微网中的分布式电源能维持子微网持续稳定运行;

[0084] 事件 f:子微网发生故障,分布式电源不能维持子微网持续稳定运行;

[0085] 事件 g:子微网恢复正常;

[0086] 第一运行状态包括:

[0087] 状态 a:微网停止运行;

[0088] 状态 b:微网并网稳定运行;

[0089] 状态 c:微网孤网运行;

[0090] 状态 d:子微网停止运行;

[0091] 状态 e:子微网接入微网运行;

[0092] 状态 f:子微网孤网运行;

- [0093] 当控制模組监测到事件 a 时,控制模組断开并网点,并将微网的运行状态变为状态 c ;
- [0094] 当控制模組监测到事件 b 时,控制模組将微网的运行状态由状态 c 变为状态 b ;
- [0095] 当控制模組监测到事件 c 时,控制模組断开并网点,并将微网的运行状态变为状态 a ;
- [0096] 当控制模組监测到事件 d 时,控制模組将微网的运行状态由状态 a 变为状态 c ;
- [0097] 当控制模組监测到事件 e 时,控制模組断开接入点,并将子微网的运行状态变为状态 f ;
- [0098] 当控制模組监测到事件 f 时,控制模組断开接入点,并将子微网的运行状态变为状态 d ;
- [0099] 当控制模組监测到事件 g 时,控制模組将子微网的运行状态由状态 f 或状态 d 变为状态 e。
- [0100] 此外,本实施例的控制模組通过假设法来判断该微网系统内是否发生第二事件,并根据判断出的第二事件调整微网和 / 或子微网处于第二运行状态 ;
- [0101] 第二事件包括 :
- [0102] 事件 a1 :在微网处于状态 c 时,微网中的间歇性电源输出功率大于微网中负荷所需总功率 ;
- [0103] 事件 a2 :在微网处于状态 c 时,微网中的间歇性电源输出功率小于微网中负荷所需总功率 ;
- [0104] 事件 e1 :在子微网处于状态 f 时,子微网中间歇性电源输出功率大于微网中负荷所需总功率 ;
- [0105] 事件 e2 :在子微网处于状态 f 时,子微网中间歇性电源输出功率小于微网中负荷所需总功率 ;
- [0106] 第二运行状态包括 :
- [0107] 状态 c1 :处在所述状态 c 的所述微网不可调节二次频率 ;
- [0108] 状态 c2 :处在所述状态 c 的所述微网可调节二次频率 ;
- [0109] 状态 f1 :处在所述状态 f 的所述子微网不可调节二次频率 ;
- [0110] 状态 f2 :处在所述状态 f 的所述子微网可调节二次频率 ;
- [0111] 在控制模組确认微网的运行状态时,优先假设微网为状态 c1,并在状态 c1 下进行功率比较,
- [0112] 若储能装置中间歇性电源的输出功率大于微网中负荷的需求功率,则微网的运行状态保持为状态 c1 ;
- [0113] 若储能装置中间歇性电源的输出功率小于微网中负荷的需求功率,则微网的运行状态由状态 c1 调整为状态 c2 ;
- [0114] 在控制模組确认子微网的运行状态时,优先假设子微网为状态 f1,并在状态 f1 下进行功率比较 ;
- [0115] 若分布式电源中间歇性电源的输出功率大于子微网中负荷的需求功率,则子微网的运行状态保持为状态 f1 ;
- [0116] 若分布式电源中间歇性电源的输出功率小于子微网中负荷的需求功率,则子微网

的运行状态由状态 f1 调整为状态 f2。

[0117] 本实施例的控制模组包括微网中的主控制器、子微网中的副控制器、子微网中的微源控制器及子微网中的负荷控制器；

[0118] 微源控制器包括主微源控制器和从微源控制器；

[0119] 主控制器用于调节微网的运行状态，副控制器用于调节子微网的运行状态，主微源控制器用于调节分布式电源的输出电压频率，从微源控制器用于调节分布式电源的输出功率，负荷控制器用于调节子微网中负荷的运行状态。

[0120] 本实施例的微网系统根据控制模组监测到的第一事件通过改变控制模组中各控制器的控制模式来调整微网和 / 或子微网处于第一运行状态；微网系统根据控制模组判断出的第二事件通过改变控制模组中各控制器的控制模式来调整微网和 / 或子微网处于第二运行状态；

[0121] 本实施例中主控制器为中央控制器 (Micro-grids Center Controller, MGCC)，MGCC 利用通讯线路采集下层控制器以及邻近微网的 MGCC 的信息，然后经分析计算确定本地需要调整功率或运行状态等信息，将本地状态信息传达给下层控制器，并控制开关元件实现微网运行状态转换。

[0122] 副控制器为微网控制器 (Micro-grids Controller, MC)，MC 接受来自上层 MGCC 或者 MC 的状态信息，根据本地运行状态控制本地子微网功率等状态。

[0123] 微源控制器 (Generator Controller, GC)，GC 可根据本地 DG 状态以及接受到的上层信号，调整本地 DG 出力，如 DG 故障，其可直接切断 DG，再将信号上发给上层控制器。

[0124] 负荷控制器 (Load Controller, LC)，其执行来自上层控制器的控制指令、功率指令以及开关指令等，并根据本地运行状态调整本地负荷运行状态。

[0125] 本地控制器与上层控制器以及下层控制器之间存在通讯功能，上层控制器通过此通讯模块下发控制信号，下层控制器也通过此通讯模块将本地状态上发，以便于实现微网的协调控制。

[0126] 主控制器的控制模式包括：PQ 控制、VF 控制、droop 控制、并网转孤网控制及孤网转并网控制；

[0127] 副控制器的控制模式包括：PQ 控制、VF 控制、droop 控制、并网转孤网控制及孤网转并网控制；

[0128] 微源控制器的控制模式包括：PQ 控制、VF 控制、droop 控制和二次调频控制；

[0129] 微网系统在第一运行状态时，控制模组中各控制器的控制模式依照下表 1 设置：

[0130] 表 1 各控制器控制模式组合与第一运行状态对应关系表

[0131]

| 运行状态 | 主控制器 | 副控制器 | 主微源控制器 | 从微源控制器 |
|------|-------|------|--------|--------|
| 状态 a | - | - | - | - |
| 状态 b | PQ | PQ | PQ | PQ |
| 状态 c | 并网转孤网 | PQ | PQ | PQ |

| | | | | |
|------|----|-------|----|----|
| 状态 d | PQ | - | - | - |
| 状态 e | PQ | 孤网转并网 | VF | VF |
| 状态 f | PQ | 并网转孤网 | VF | PQ |

[0132] 微网系统在第二运行状态时,控制模组中各控制器的控制模式依照下表 2 设置:

[0133] 表 2 各控制器控制模式组合与第二运行状态对应关系表

[0134]

| 运行状态 | 主控制器 | 副控制器 | 主微源控制器 | 从微源控制器 |
|-------|-------|-------|--------|--------|
| 状态 c1 | VF | VF | VF | PQ |
| 状态 c2 | droop | droop | droop | 二次调频 |
| 状态 f1 | PQ | VF | VF | PQ |
| 状态 f2 | PQ | droop | droop | 二次调频 |

[0135] 上述表 1、表 2 的具体详细说明如下:

[0136] 当该微网系统处于状态 a 时,即微网停止运行,主控制器、副控制器、主微源控制器及从微源控制器均不工作;

[0137] 当该微网系统处于状态 b 时,即微网并网稳定运行,主控制器、副控制器、主微源控制器及从微源控制器的控制模式均为 PQ 控制;

[0138] 当该微网系统处于状态 c 时,即微网孤网运行,主控制器的控制模式为并网转孤网模式,同时副控制器、主微源控制器及从微源控制器为 PQ 控制;

[0139] 当该微网系统处于状态 d 时,即子微网停止运行,主控制器的控制模式为 PQ 控制,同时副控制器、主微源控制器及从微源控制器均不工作;

[0140] 当该微网系统处于状态 e 时,即子微网接入微网运行,主控制器的控制模式为 PQ 控制,副控制器的控制模式为孤网转并网控制,主微源控制器的控制模式为 VF 控制,从微源控制器的控制模式为 VF 控制;

[0141] 当该微网系统处于状态 f 时,即子微网孤网运行,主控制器的控制模式为 PQ 控制,副控制器的控制模式为并网转孤网控制,主微源控制器的控制模式为 VF 控制,从微源控制器的控制模式为 PQ 控制;

[0142] 当该微网系统处于状态 c1 时,此时微网中连续性电源不足,不可进行二次调频,主控制器、副控制器及主微源控制器的控制模式均为 VF 控制,同时从微源控制器的控制模式为 PQ 控制;

[0143] 当该微网系统处于状态 c2 时,此时微网中连续性电源充足,可以进行二次调频,主控制器、副控制器及主微源控制器的控制模式均为 droop 控制,同时从微源控制器的控制模式为二次调频控制;

[0144] 当该微网系统处于状态 f1 时,此时子微网中连续性电源不足,不可进行二次调频,主控制器与从微源控制器的控制模式为 PQ 控制,同时副控制器与主微源控制器的控制

模式为 VF 控制；

[0145] 当该微网系统处于状态 f2 时,此时子微网中连续性电源充足,可以进行二次调频,主控制器的控制模式为 PQ 控制,副控制器和主微源控制器的控制模式均为 droop 控制,从微源控制器的控制模式为二次调频控制。

[0146] 从上述描述可以看出,各状态与各控制器控制模式组合之间的对应关系需用大段文字进行描述,从简要的角度考虑,在权利要求书使用了与表 1、表 2 的具体详细说明描述意思相同的表格表示方式,从表格中可以更清楚、明确、简要的知道各状态与各控制器控制模式组合之间的对应关系。

[0147] 本实施例的控制模组还包括负荷控制器,负荷控制器用于控制微网系统中负荷的通断。

[0148] 当本实施例的微网系统监测到触发运行状态转换的事件发生的时候,控制器则调整控制模式,做出相应的转换,以实现微网运行状态的平稳转换。

[0149] 在本实施例的微网系统中并网稳定运行的微网,即处于状态 b 的微网,当住控制器检测到事件 a 的时候,微网由并网运行转为孤网运行,MGCC 将控制切断并网点开关,然后以调整微网电压、频率为目标,向其下层子微网中的控制器 MC 发送命令,MC 在向子微网内的 GC 及 LC 发送命令,经过各控制器协调一致,使得微网进入孤网稳定运行状态;一旦配电网恢复正常(事件 b),微网则调整控制模式,进行由孤网运行转向并网运行,其将调整自身及下层子微网频率和电压以达到和配电网同步,然后进入微网并网运行状态。

[0150] 对于正常并网稳定运行的微网,当监测到事件 c 的时候,由于微网不能正常孤网运行,此时微网将停止运行。对于停运的微网,当监测到事件 d 的时候,微网将转入孤网运行。

[0151] 对于正常并网稳定运行或者孤网运行的微网,当发生事件 e 的时候,子微网将进入孤网运行,首先将切断子微网与微网连接点处的开关,然后采取对应方法调整子微网电压和频率达到设定值,子微网进入孤网运行,如果子微网中分布式电源无法调整电压或频率到达设定值(事件 f),则子微网停运。对于子微网孤网运行的微网,当监测到事件 g 的时候,子微网将调整自身频率和电压达到微网连接点处的电压和频率值,然后子微网并入微网运行,然后微网再进行相应调整,以稳定运行。

[0152] 控制器硬件采用 NMC8621, NMC8621 装置不仅可实现并网点线路的保护、测量、遥控及并网点线路的同期功能,还具有电能质量监视及抄表功能。

[0153] 控制器具体设置步骤如下:

[0154] 状态 b 的时候, MGCC、MC 以及 GC 采用 PQ 控制, MGCC 计算本地所需功率缺额 ΔP 、 ΔQ , 然后下发功率信息, 下一个 MC 根据本地状态, 计算出本地所能提供的功率 $\alpha_1 \Delta P$ 、 $\varepsilon_1 \Delta Q$, 再下一个 MC 计算出本地所能提供的功率 $\alpha_2 \Delta P$ 、 $\varepsilon_2 \Delta Q$, 直至最后 MGCC 直接控制的 MC 计算出所能提供功率, 一般要求:

$$[0155] \quad \alpha_1 + \alpha_2 + \dots \leq 1$$

$$[0156] \quad \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \dots \leq 1$$

[0157] 然后 MC 将功率 P、Q 设定值下发, 直至 GC 根据所控制 DG 运行特性, 确定 DG 出力。

[0158] 多微网故障的时候, MGCC 切断并网点 PCC 处的开关, MGCC 与 MC 采用 VF 或下垂控制 (droop), 以假设孤网运行状态, 并验证是否正确。

[0159] 采用 VF 控制的时候, MGCC 确定本地功率缺额、电压、频率,然后将控制信息下发, MC 依据本地状态与控制信息,确定本地增加或减少功率量、电压,然后将控制信息下发,直至 GC 与 LC,此时, LC 根据收到的控制信息,切断不重要负荷,以保证重要负荷的正常供电,主 GC 将控制主 DG,使其输出电压 $U = U_0$,即为一个恒定值,频率 $f = 50\text{Hz}$,我们这里假设控制器为理想情况,对于控制从 DG,其采用 PQ 控制,其输出 P、Q 为所需功率减去主 DG 发出功率的值,与前面计算不同的是这里孤网运行, DG 提供功率必须满足孤网运行所需功率。

[0160] 采用下垂控制的时候,采用 P-f 和 Q-v 下垂控制方法,满足两个关系式:

$$[0161] \quad f = f_n - m(P_{DG} - P_n)$$

$$[0162] \quad U = U_n - n(Q_{DG} - Q_n)$$

[0163] 其中参数 m、n 可以由下式求出:

$$[0164] \quad m = -\frac{f_n - f_0}{(P_n - P_0)}$$

$$[0165] \quad n = -\frac{U_n - U_0}{(Q_n - Q_0)}$$

[0166] 式中 P_n 和 Q_n 分别为分布式电源的额定输出有功和无功功率, P_{DG} 和 Q_{DG} 分别为分布式电源的实际输出有功和无功功率, U_0 为分布式电源的初始电压, m、n 分别为 P-f 和 Q-v 下垂系数, $f_n = 50\text{Hz}$, f_0 为初始频率。采用该控制方法时,首先确定功率缺额,从而计算出 f 值,然后主 DG 进行二次调频,从 DG 调整出力以满足功率缺额。

[0167] 本发明不局限于上述实施例。凡采用等同替换形成的技术方案,均落在本发明要求的保护范围。

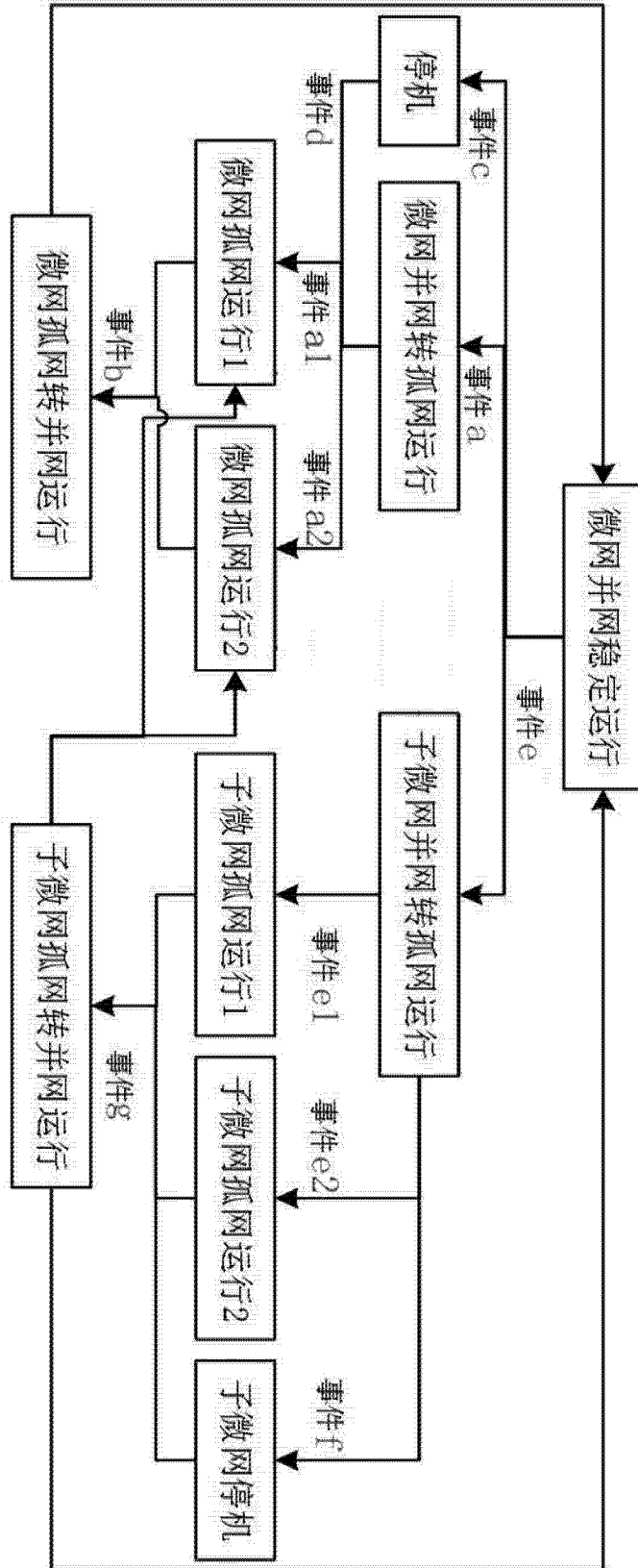


图 1

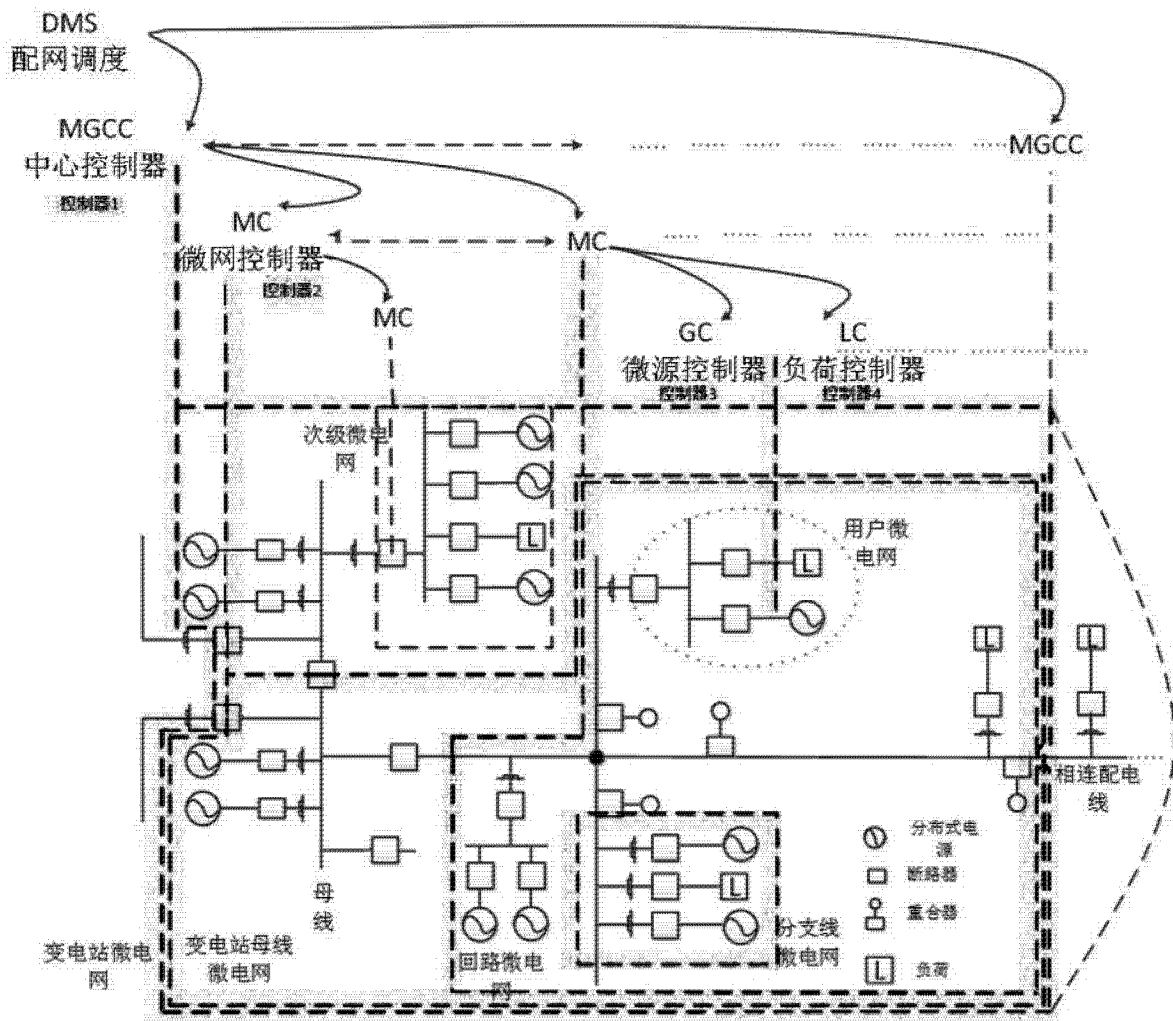


图 2