

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2012年10月4日 (04.10.2012)



(10) 国际公布号
WO 2012/129827 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02J 3/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2011/073172
- (22) 国际申请日: 2011年4月22日 (22.04.2011)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201110074255.9 2011年3月25日 (25.03.2011) CN
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 珠海优特电力科技股份有限公司 (ZHUHAI UNITECH POWER TECHNOLOGY CO., LTD) [CN/CN]; 中国广东省珠海市香洲区银桦路102号, Guangdong 519000 (CN)。
- (72) 发明人; 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): 金述强 (JIN, Shuqiang) [CA/CN]; 中国广东省珠海市香洲区银桦路102号, Guangdong 519000 (CN)。 刘粤海 (LIU, Yuehai) [CN/CN]; 中国广东省珠海市香洲区银桦路102号, Guangdong 519000 (CN)。 张永强 (ZHANG, Yongqiang) [CN/CN]; 中国广东省珠海市香洲区银桦路102号, Guangdong 519000 (CN)。
- (74) 代理人: 广州华进联合专利商标代理有限公司 (ADVANCE CHINA I. P. LAW OFFICE); 中国广东

省广州市先烈中路69号东山广场918-920室, Guangdong 510095 (CN)。

- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR SELF-HEALING CONTROL OF MULTI-LEVEL POWER GRID

(54) 发明名称: 多级电网自愈控制装置及控制方法

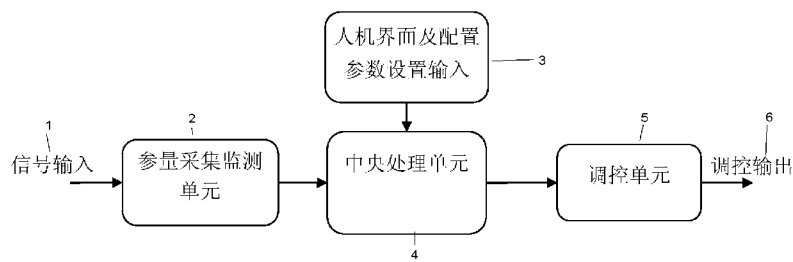
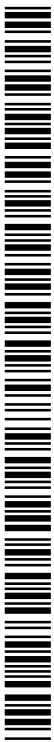


图1 / Fig. 1
 1 SIGNAL INPUT
 2 PARAMETER COLLECTING AND MONITORING UNIT
 3 HUMAN-MACHINE INTERFACE AND CONFIGURATION PARAMETER SETTING AND INPUTTING UNIT
 4 CENTRAL PROCESSING UNIT
 5 COORDINATION CONTROL UNIT
 6 COORDINATION CONTROL OUTPUT

(57) Abstract: A device and method for self-healing control of multi-level power grid are provided in the present invention. The requirements to be satisfied by the present invention are that: interaction and balance between power supply and load are implemented; coordination and cooperation between various distributed power supplies, micro-grid in each level, and main grid are controlled; interconnection or islanding state of the localized grid is identified automatically; and energy supply is guaranteed maximumly. The device for self-healing control of multi-level power grid is connected in one or more levels of the multi-level power grid, and the device includes: a parameter collecting and monitoring unit, a central processing unit, a human-machine interface and configuration parameter setting and inputting unit, and a coordination control unit. The device uses frequency as the information carrier to represent the power grid connection state and the area coverage hierarchy, enables the load and power supply in the power grid to identify the state of their localized grid by themselves, and performs automatic switching according to the preset strategy; the device uses frequency as the information link, implements power supply and demand matching by self-adjustment between the power supply and the load in the system, and guarantees the automatic balance and stabilization of the power grid both in the status of interconnection and the status of islanding.

[见续页]



WO 2012/129827 A1



(57) 摘要:

本发明提供一种多级电网自愈控制装置及控制方法，实现电源与负荷之间的互动平衡，控制各种分布式电源和各级微网和主网之间的协调配合，自动识别所在网络的联网或孤岛状态，最大限度地保障能源供给是本发明所要满足的需求。多级电网自愈控制装置连接在多级电网的其中一级或多级中，包括有：参量采集监测单元、中央处理单元、人机界面及配置参数设置输入单元和调控单元，以频率作为表征电网连接状态及区域覆盖层级的信息载体，使电网中的负荷和电源能够自我识别所在网络状态，并依据预设策略自动投切，以频率为信息纽带，通过系统中电源与负荷自我调节实现电力供需匹配，保障电网在联网及孤岛状况下均能自动平衡和稳定。

多级电网自愈控制装置及控制方法

技术领域

本发明属于电网控制技术领域，尤其涉及一种多级电网自愈控制装置及控制方法。

背景技术

我国电力系统的标称频率为 50Hz，GB/T15945-1995《电能质量—电力系统频率允许偏差》中规定：电力系统正常频率偏差允许值为 $\pm 0.2\text{Hz}$ ，当系统容量较小时，偏差值可放宽到 $\pm 0.5\text{Hz}$ ，标准中没有说明系统容量大小的界限。在《全国供用电规则》中规定“供电局供电频率的允许偏差：电网容量在 300 万千瓦及以上者为 $\pm 0.2\text{Hz}$ ；电网容量在 300 万千瓦以下者，为 $\pm 0.5\text{Hz}$ 。实际运行中，从全国各大电力系统运行看都保持在不大于 $\pm 0.1\text{Hz}$ 范围内。

电力技术领域，以下技术术语定义为：

标准频率：即电力系统的标称频率，中国为 50Hz；

基准频率：即目标频率，电网运行的调节目标中心频率，全网联网运行时网内所有设备基准频率等于标准频率，局域电网孤岛运行时可以与标准频率有所偏差，各级子网可以设置不同基准数值；

频偏：基准频率相对于标准频率的偏差；

频漂：实际运行频率值相对于基准频率的漂移值；

频漂域值：系统频率调节稳定性目标控制范围，即以基准频率为中心的 \pm 漂移数值范围；实际稳定运行时，电网频率处于以基准频率为中心的 \pm 频漂域值范围内的某个数值。

现有技术中，各级电网无论联网或解列均按标准频率运行，即电网中所有发电控制及能量管理设备均以标称频率为调整目标，通过人工或自动调度和自动发电控制系统（AGC）实现功率供需平衡，维持系统频率在标准频率上下极小偏差范围内。

当电网发生故障或严重不平衡时，将会失稳，为了维持局部稳定，通过电力系统自动保护装置及或调度人为操作将使系统解列和切除部分负荷，不可避免地造成局部甚至大面积停电。系统故障排除后，供电恢复过程需要各级调度、变电、配电运行人员遥控或现场手动操作，被切除的负荷和电源不能及时自动恢复运行，即电网不能自愈。

现代电力系统中，分布式电源和微网接入逐渐增多，特别是随着清洁能源的大面积应用及智能电网全面建设，各种分布式电源与各级微网和主网之间的协调配合是亟待解决的问题。

低周减载技术在现有的变配电自动化中有较多应用，自动保护装置在系统频率下滑越限时（系统电源供给不足以满足所有负荷所需时）按轮次逐步切除线路负荷，利于系统频率恢复和运行稳定，优先保障重要负荷供电。

但是，供电恢复过程需要各级调度、变电、配电运行人员遥控或现场手动操作，被切除的负荷不能及时自动恢复运行，即电网不能自愈。或者通过实时通信，调度/配调自动化主站下达合闸指令，由现场终端装置自动执行来恢复供电。该方法依赖于庞大的实时通信网络，实施成本极高。很多场合通信网络并没有条件覆盖所有开关，还需要现场人工复电。

发明内容

本发明的目的在于提供一种多级电网自愈控制装置及控制方法，实现电源与负荷之间的互动平衡，控制各种分布式电源和各级微网和主网之间的协调配合，自动识别所在网络的联网或孤岛状态，最大限度地保障能源供给是本发明所要满足的需求。

本发明是通过以下技术方案来实现的：

多级电网自愈控制装置，其中，所述多级电网自愈控制装置连接在多级电网的其中一级或多级中，包括有：

参量采集监测单元：用以对电网进行取样及转换，从中获取电信号参量，并将参量数据传送给中央处理单元；

中央处理单元：用以接受参量采集监测单元传送过来的参量数据，对参量数据进行处理，并依照判据将处理结果和定值对比进行判断得到控制决定，并输出调控信号给调控单元；

人机界面及配置参数设置输入单元：用以提供就地人机界面或通信接口，以便运行维护人员就地输入设置或远方自动传送配置参数，配置参数传递给中央处理单元进行处理和逻辑判别；

调控单元：接受中央处理单元的控制指令或调节目标，执行调控任务，输出控制信号给被控设备，实现被控设备的调整；所述被控设备的调整包括发电功率及频率调整、并网或离网控制以及负载投切控制或用电功率调节。

所述中央处理单元包括有：微控制器 MCU 或数字信号处理器 DSP、数据存储器、程序存储器以及和接口电路，微控制器 MCU 或数字信号处理器 DSP 运行程序存储器中的代码，对参量采集监测单元和人机界面及配置参数设置输入单元传送过来的数据信号和数据存储器中的数据进行处理运算和逻辑判别，通过接口电路与参量采集监测单元、人机界面

及配置参数设置输入单元和调控单元进行信息交互。

所述中央处理单元包括有控制逻辑硬件，控制逻辑硬件采用现场可编程门阵列 FPGA、复杂可编程逻辑器件 CPLD 或数字逻辑及模拟电子电路及其组合构成；所述控制逻辑硬件对参量采集监测单元和人机界面及配置参数设置输入单元传送过来的参量信号进行处理和逻辑判别，并输出调控信号给调控单元执行电源或负载投切调控动作。

所述多级电网自愈控制装置为一种负荷自动投切控制装置，参量采集监测单元为频率采集监测单元，调控单元为负载投切调控单元；频率采集监测单元对电网信号进行取样及转换，从中获取频率参量，并将频率参量数据或信号传送给中央处理单元；所述中央处理单元判定负荷是否需要切除、是否能够投入、大小是否需要调整，然后将控制指令或调节目标传送给负载投切调控单元去执行调控任务，负载投切调控单元输出控制信号给被控负荷的开关设备或可调负荷的控制器，使负荷实现投切或调整到目标数值。

所述多级电网自愈控制装置为一种电源控制装置，参量采集监测单元为频率采集监测单元，调控单元为发电功率及频率调整单元和并网离网控制单元；频率采集监测单元对电网信号进行取样及转换，从中获取频率参量，并将频率参量数据或信号传送给中央处理单元；中央处理单元判定电源是否需要切除、是否能够并网、发电频率及功率是否需要调整，然后将控制指令、调节目标传送给发电功率及频率调整单元或并网离网控制单元来执行。

多级电网自愈控制方法，其中，以频率参量作为表征电网连接状态及区域覆盖层级的信息载体，使电网中的负荷和电源能够自我识别所在网络状态，并依据预设策略自动投切；包括有负荷自动投切控制方法和电源运行控制方法：

负荷自动投切控制方法为：时刻监测电网频率参量，延时等待频率稳定后判别频率处于哪个稳态区域，然后根据区域执行相应的控制策略，处于自投区域则自动投入负荷或增加负荷到一定数值；处于减载区域则切除负荷或减低负荷到一定数值以下；

电源运行控制方法为：通过频率监测或信号监测或通信判别本网与上级电网是否解列，若与上级电网解列，则按本网的孤岛预设频率为调节目标运行；否则，按上级电网频率跟随运行。

电网中各负荷按其供电可靠性等级和频率精准度要求设定频率偏差及稳定性等级：等级越高，其对应供电可靠性则越高即平均停电时间越短，而运行频率偏差及漂移容限越大；等级越低，其对应供电可靠性则越低即平均停电时间越长，而运行频率要求越稳定与精准；

所述频率偏差及稳定性包括频偏、频偏与漂移容限、漂移容限三种组合中的一种或来划分等级，所述负荷按等级高低、类别或代码来标识分类。

电网区域层级与频率偏差及稳定性等级匹配：电网中各级子网与上级主网并网运行时，其频率跟随主网的频率；但其与上级主网解列独立运行即孤岛运行时，按各自局域电网的孤岛预设频率运行，偏离标准频率一定数值，而其下辖更小的各子网亦跟随此偏频；各级电网按电网区域层级从上到下，即从大到小，从主网到子网的孤岛运行频偏逐步增大，最上级的主网按标准频率运行，最下级电网末端的微网孤岛运行时频偏最大；

所述频率偏差包括正频偏或负频偏；最大频偏按电能质量标准规定范围内，或者，按照网内负荷容许特殊设定。

当电网故障失稳或解列时，负荷有序减载：在功率不平衡的暂态过渡过程中，各负荷依据自己频偏及稳定性等级和时间定值依次减载或中断供电，等级越低越先停电，等级越高越晚动作；当电网脱离主网后，子网中各电源按自己所属局域电网的孤岛预设频率来调整发电频率，并同时调整功率出力；或者，电网脱离主网后，子网全网停电，等待网内备用电源起机、接入和子网黑启动，然后按局域电网的孤岛预设频率运行；电网故障失稳或解列时，子网下辖的各级更低层的子网电源跟随该局域主网调整频率；或者，暂态过程中也同时解列孤岛运行，然后再由下向上逐层并网。

当局域电网孤岛平衡稳定后，各负荷的控制设备监测网络频率值，判断是否符合自己频偏及稳定性等级，如若符合则自动投入恢复供电，否则一直等待频率恢复到自己等级时，即子网并入上一级主网后才再投入；上级电网恢复供电时，子网同期并入后，各负荷的控制设备监测网络频率值，依据自己频偏及稳定性等级自动投入，更多负荷恢复供电。

本发明的有益效果如下：

本发明的多级电网自愈控制装置及控制方法，以频率为信息纽带，通过系统中电源与负荷自我调节实现电力供需匹配，保障电网在联网及孤岛状况下均能自动平衡和稳定。本发明以频率作为表征电网连接状态及区域覆盖层级的信息载体，使电网中的负荷和电源能够自我识别所在网络状态，并依据预设策略自动投切。不需要依赖于昂贵的实时通信网络，以很低的成本实现电网自愈，保障系统在并网和孤岛解列时都能最大限度地安全稳定运行和供电。本发明在分布式电源接入、清洁能源利用、微网运行场合尤其具有应用前景，实现了各种分布式电源和各级微网和主网之间的协调配合。具体体现在：

- 1、电网中各负荷按其供电可靠性等级和频率精准度要求设定频率偏差及稳定性等级，等级越高，其对应供电可靠性则越高（平均停电时间越短），而运行频率偏差及漂移容限越大；等级越低，其对应供电可靠性则越低（平均停电时间越长），而运行频率要求越稳定与精准；

频率偏差及稳定性包括频偏或/与漂移限值，可以有频偏、频偏与漂移容限、漂移容限三种组合；

负荷分类按：等级高低、类别、代码标识，或其它表述；

2、电网区域层级与频率偏差及稳定性等级匹配。电网中各级子网与上级主网并网运行时，其频率跟随主网的频率。但其与上级主网解列独立（孤岛）运行时，按各自局域电网孤岛预设频率运行，偏离标准频率（如中国 50Hz）一定数值（在大部分用电负荷容许的微小频偏范围内），而其下辖更小的各子网亦跟随此偏频。各级电网按电网区域层级从上到下（从大到小，从主网到子网）孤岛运行频偏逐步增大，最上级的主网按标准频率（如 50Hz）运行，最下级电网末端的微网孤岛运行时频偏最大（如降到 49.5Hz）。

A) 频率偏差包括正频偏或负频偏；

B) 最大频偏按电能质量标准 $\pm 0.2\text{Hz}$ 及 $\pm 0.5\text{Hz}$ 范围内，或者，按照网内负荷容许特殊设定；

3、电网因故障或失稳解列时，负荷有序减载。在功率不平衡的暂态过渡过程中，各负荷依据自己频偏及稳定性等级和时间定值依次减载或中断供电，等级越低越先停电，等级越高越晚动作，直到局域子网功率趋于孤岛平衡稳定。

4、电网故障或失稳解列，或按调度指令操作脱离主网后，子网中各电源按自己局域电网的孤岛预设频率来调整发电频率，并同时调整功率出力。

5、或者，电网故障或失稳解列，或按调度指令操作脱离主网后，子网全网停电，等待网内备用电源起机、接入和子网黑启动，按局域电网的孤岛预设频率运行。

6、局域电网孤岛平衡稳定后，各负荷的控制设备监测网络频率值，判断是否符合自己频偏及稳定性等级，如若符合则自动投入恢复供电，否则一直等待频率恢复到自己等级时（子网并入上一级主网后）才再投入。

7、上级电网恢复供电时，子网同期并入后，频率将更趋近于标准，各负荷的控制设备监测网络频率值，依据自己频偏及稳定性等级自动投入，更多负荷恢复供电。

8、电网故障或失稳解列时，子网下辖的各级更低层的子网电源跟随该局域主网调整频率。或者，暂态过程中也同时解列孤岛运行，然后再由下向上逐层并网，过程同上。

9、减载切负荷频率与稳定后自投频率门限差别设置，其间保证一定回滞区间，避免反复投切振荡。投切门限亦可以根据负载及电网参量及其暂态特性自适应浮动。负荷可以阶跃性投切，也可以多级或无级增减。负荷投切亦可以设定延时定值，在多个负荷间实现时序配合。

10、以上方法以频率作为表征电网连接状态及区域覆盖层级的信息载体，使电网中的负荷和电源能够自我识别所在网络状态，并依据预设策略自动投切。上述所列具体实现方式为非限制性的，采用本方法设计的控制系统及装置，以及在不偏离本发明范围内，进行的各种改进和变化，如综合频率、电压、有功、无功、谐波等参量及其数值变换（微积分等）后的其它特征作为判据，或者简化应用于单级微网与电力系统主网之间的配合等等，均属于本发明的保护范围。

11、上述自愈控制方法，可以通过电网负荷与电源处的自动控制装置或系统来实现。控制装置或系统必须至少具备频率监测、电源功率及频率调整、并网离网控制、负载投切调控等功能，由其中控制软件或逻辑硬件执行调控流程和策略。电网调度监控也可以参与配合协调，通过自动或人工方式设置控制装置或系统的孤岛预设频率、延时定值等配置参数。

附图说明

图 1 是本发明多级电网自愈控制装置的原理示意图；

图 2 是本发明多级电网自愈控制装置的负荷自动投切控制装置原理示意图；

图 3 是本发明多级电网自愈控制装置的电源控制装置原理示意图；

图 4 是本发明多级电网自愈控制方法的负荷自动投切控制方法流程图；

图 5 是本发明多级电网自愈控制方法的电源运行控制方法流程图；

图 6 是本发明多级电网自愈控制方法的负荷自动投切控制方法步骤流程图；

图 7 是本发明多级电网自愈控制方法的电源运行控制方法步骤流程图；

图 8 是本发明中多级电网的简化结构示意图。

具体实施方式

本发明公开了一种多级电网自愈控制装置，如图 1，其中，所述多级电网自愈控制装置连接在多级电网的其中一级或多级中，包括有：

参量采集监测单元：用以对电网进行取样及转换，从中获取电信号参量，并将参量数据传送给中央处理单元；

中央处理单元：用以接受参量采集监测单元传送过来的参量数据，对参量数据进行处理，并依照判据将处理结果和定值对比进行判断得到控制决定，并输出调控信号给调控单元；

人机界面及配置参数设置输入单元：用以提供就地人机界面或通信接口，以便运行维护人员就地输入设置或远方自动传送配置参数，配置参数传递给中央处理单元进行处理和逻辑判别；

调控单元：接受中央处理单元的控制指令或调节目标，执行调控任务，输出控制信号给被控设备，实现被控设备的调整；所述被控设备的调整包括发电功率及频率调整、并网或离网控制以及负载投切控制或用电功率调节。

所述中央处理单元包括有：微控制器 MCU 或数字信号处理器 DSP、数据存储器、程序存储器以及和接口电路，微控制器 MCU 或数字信号处理器 DSP 运行程序存储器中的代码，对参量采集监测单元和人机界面及配置参数设置输入单元传送过来的数据信号和数据存储器中的数据进行处理运算和逻辑判别，通过接口电路与参量采集监测单元、人机界面及配置参数设置输入单元和调控单元进行信息交互。

所述中央处理单元包括有控制逻辑硬件，控制逻辑硬件采用现场可编程门阵列 FPGA、复杂可编程逻辑器件 CPLD 或数字逻辑及模拟电子电路及其组合构成；所述控制逻辑硬件对参量采集监测单元和人机界面及配置参数设置输入单元传送过来的参量信号进行处理和逻辑判别，并输出调控信号给调控单元执行电源或负载投切调控动作。

如图 2，所述多级电网自愈控制装置为一种负荷自动投切控制装置，参量采集监测单元为频率采集监测单元，调控单元为负载投切调控单元；频率采集监测单元对电网信号进行取样及转换，从中获取频率参量，并将频率参量数据或信号传送给中央处理单元；所述中央处理单元判定负荷是否需要切除、是否能够投入、大小是否需要调整，然后将控制指令或调节目标传送给负载投切调控单元去执行调控任务，负载投切调控单元输出控制信号给被控负荷的开关设备或可调负荷的控制器，使负荷实现投切或调整到目标数值。

如图 3，所述多级电网自愈控制装置为一种电源控制装置，参量采集监测单元为频率采集监测单元，调控单元为发电功率及频率调整单元和并网离网控制单元；频率采集监测单元对电网信号进行取样及转换，从中获取频率参量，并将频率参量数据或信号传送给中央处理单元；中央处理单元判定电源是否需要切除、是否能够并网、发电频率及功率是否需要调整，然后将控制指令、调节目标传送给发电功率及频率调整单元或并网离网控制单元来执行。

本发明还公开一种多级电网自愈控制方法，如图 4、5，其中，以频率参量作为表征电网连接状态及区域覆盖层级的信息载体，使电网中的负荷和电源能够自我识别所在网络状态，并依据预设策略自动投切；包括有负荷自动投切控制方法和电源运行控制方法：

所述负荷自动投切控制方法为：时刻监测电网频率参量，延时等待频率稳定后判别频率处于哪个稳态区域，然后根据区域执行相应的控制策略，处于自投区域则自动投入负荷或增加负荷到一定数值；处于减载区域则切除负荷或减低负荷到一定数值以下；

所述电源运行控制方法为：通过频率监测或信号监测或通信判别本网与上级电网是否解列，若与上级电网解列，则按本网的孤岛预设频率为调节目标运行；否则，按上级电网频率跟随运行；

电网中各负荷按其供电可靠性等级和频率精准度要求设定频率偏差及稳定性等级：等级越高，其对应供电可靠性则越高即平均停电时间越短，而运行频率偏差及漂移容限越大；等级越低，其对应供电可靠性则越低即平均停电时间越长，而运行频率要求越稳定与精准；

所述频率偏差及稳定性包括频偏、频偏与漂移容限、漂移容限三种组合中的一种或来划分等级，所述负荷按等级高低、类别或代码来标识分类。

电网区域层级与频率偏差及稳定性等级匹配：电网中各级子网与上级主网并网运行时，其频率跟随主网的频率；但其与上级主网解列独立运行即孤岛运行时，按各自局域电网的孤岛预设频率运行，偏离标准频率一定数值，而其下辖更小的各子网亦跟随此偏频；各级电网按电网区域层级从上到下，即从大到小，从主网到子网的孤岛运行频偏逐步增大，最上级的主网按标准频率运行，最下级电网末端的微网孤岛运行时频偏最大；

所述频率偏差包括正频偏或负频偏；最大频偏按电能质量标准规定范围内，或者，按照网内负荷容许特殊设定。

当电网故障失稳或解列时，负荷有序减载：在功率不平衡的暂态过渡过程中，各负荷依据自己频偏及稳定性等级和时间定值依次减载或中断供电，等级越低越先停电，等级越高越晚动作；当电网脱离主网后，子网中各电源按自己所属局域电网的孤岛预设频率来调整发电频率，并同时调整功率出力；或者，电网脱离主网后，子网全网停电，等待网内备用电源起机、接入和子网黑启动，然后按局域电网的孤岛预设频率运行；电网故障失稳或解列时，子网下辖的各级更低层的子网电源跟随该局域主网调整频率；或者，暂态过程中也同时解列孤岛运行，然后再由下向上逐层并网。

当局域电网孤岛平衡稳定后，各负荷的控制设备监测网络频率值，判断是否符合自己频偏及稳定性等级，如若符合则自动投入恢复供电，否则一直等待频率恢复到自己等级时，即子网并入上一级主网后才再投入；上级电网恢复供电时，子网同期并入后，各负荷的控制设备监测网络频率值，依据自己频偏及稳定性等级自动投入，由于频率将更趋近于标准，更多负荷恢复供电。

如图 6, 所述负荷自动投切控制方法包括如下步骤:

步骤一: 开始;

步骤二: 负荷自动投切控制装置时刻采集监测电网频率参量或进行数据处理运算得到综合参量;

步骤三: 判别频率是否超越减载门限定值; 如否, 回到步骤二, 没有越限则维持原状态运行并继续进行频率参量和其它参量监测; 如是, 进入步骤四;

步骤四: 按延时定值延迟一段时间, 并继续监测频率参量是否在延时期间恢复正常不再越限;

步骤五: 判断频率参量是否恢复; 如是, 回到步骤二, 没有越限则维持原状态运行并继续进行频率参量和其它参量监测; 如否, 进入步骤六;

步骤六: 进行控制输出使负荷减载到一定数值以下, 或关闭用电设备、切除整个负荷回路的供电;

步骤七: 减载或切负荷后, 负荷自动投切控制装置继续采集监测电网频率参量;

步骤八: 判断频率参量是否回归到自投区域之内; 如否, 回到步骤七, 维持原状态并继续进行监测; 如是, 进入步骤九;

步骤九: 按延时定值延迟一段时间, 并继续监测频率参量是否在延时期间稳定于自投区域之内; 如若不能稳定, 回到步骤七, 维持原状态并继续进行监测; 如是, 进入步骤十;

步骤十: 若延时期间持续稳定于自投区域之内, 则进行控制输出使负荷增加到一定数值以内, 或打开用电设备、闭合开关投入原来被切除负荷的供电回路; 返回步骤二循环量测。

如图 7, 所述电源运行控制方法包括如下步骤:

步骤 1: 开始;

步骤 2: 在发电设备启动后先监测待并电网是否有电; 如果电网处于停电状态, 进入步骤 3; 若并网前电网有电, 则进入步骤 5;

步骤 3: 如果电网处于停电状态, 则并网送电;

步骤 4: 按本网孤岛预设频率为调节目标运行; 进入步骤 6;

步骤 5: 若并网前电网有电, 则按电网频率进行同期并网;

步骤 6: 并网后持续采集监测电网频率参量或进行数据处理运算得到综合参量;

步骤 7: 比较判断当前频率参量与标准频率值的偏差是否小于本网的孤岛预设频率与标准频率的偏差, 即本网孤岛预设频偏; 如否, 进入步骤 4, 可以判断本网已与上级电网

解列，按本网的孤岛预设频率为调节目标运行；如是，进入步骤 8；

步骤 8：如果频偏小于本网孤岛预设频偏，则可以判断本网已与上级电网联接，将按电网当前基准频率跟随运行；回到步骤 6。

图 8 示意了一个多级电网的简化结构，最下面的是电网最末端的微网，其中包含了众多低压用电负荷，可以通过各自的负荷投切开关 11 投入或切除，或者通过调控设备调节用电功率的大小；微网中还可以配备各种分布式电源，比如太阳能光伏、小型风力发电机、小型燃气轮机组、柴油发电机组等等，通过各自的控制设备进行调控，通过电源并网开关 31 并入或切除。微网向上通过并网解列开关 21 与中压配网连接，开关闭合则并入配网；断开则与上级解列，此时只能完全依靠内部分布式电源供电，处于孤岛运行状态。

配网中亦可以包括各种分布式电源，通过各自的控制设备进行调控，通过电源并网开关 2 并入或切除；配网可以向各种中压用电设备直接供电，通过各自的负荷投切开关 12 投入或切除，或者通过调控设备调节用电功率的大小；配网可以向下接入更多低压微网或负荷，通过配电变压器降压，通过配电开关投入或切除。配网向上通过变电站出线与并网解列开关 2（即变电站出线开关）与上级高压电网连接，开关闭合则并入主网；断开则与上级电网解列，此时只能完全依靠内部分布式电源供电，处于孤岛运行状态。

变电站向上接入城网，并通过其它各级变电站接入更高等级的主网（如省网，区网，南网、国网及全国大电网），通过变电站的开关并入上级主网或解列自主运行。主网中有各种发电厂，通过升压变电站接入，通过输电线路供电。

以上基于频率的电网自愈控制方法亦可以通过人工操作的方式或半自动化地实现。如：通过观察频率仪表或实时遥测数据，按照以上规则人工判断设备所处电网和上级电网是连接或解列，并按前述流程人工到就地或在远方遥控切除、投入负荷或电源，或调节用电功率或发电出力，维持电网的供需平衡和稳定运行。

上述所列具体实现方式为非限制性的，采用本方法设计的控制系统及装置，以及在不偏离本发明范围内，进行的各种改进和变化，如综合频率、电压、有功、无功、谐波等参量及其数值变换（微积分等）后的其它特征作为判据，或者简化应用于单级微网与电力系统主网之间的配合等等，均属于本发明的保护范围。

权利要求

1、一种多级电网自愈控制装置，其特征在于：所述多级电网自愈控制装置连接在多级电网的其中一级或多级中，包括有：

参量采集监测单元：用以对电网进行取样及转换，从中获取电信号参量，并将参量数据传送给中央处理单元；

中央处理单元：用以接受参量采集监测单元传送过来的参量数据，对参量数据进行处理，并依照判据将处理结果和定值对比进行判断得到控制决定，并输出调控信号给调控单元；

人机界面及配置参数设置输入单元：用以提供就地人机界面或通信接口，以便运行维护人员就地输入设置或远方自动传送配置参数，配置参数传递给中央处理单元进行处理和逻辑判别；

调控单元：接受中央处理单元的控制指令或调节目标，执行调控任务，输出控制信号给被控设备，实现被控设备的调整；所述被控设备的调整包括发电功率及频率调整、并网或离网控制以及负载投切控制或用电功率调节。

2、如权利要求 1 所述的多级电网自愈控制装置，其特征在于：所述中央处理单元包括有：微控制器 MCU 或数字信号处理器 DSP、数据存储器、程序存储器以及和接口电路，微控制器 MCU 或数字信号处理器 DSP 运行程序存储器中的代码，对参量采集监测单元和人机界面及配置参数设置输入单元传送过来的数据信号和数据存储器中的数据进行处理运算和逻辑判别，通过接口电路与参量采集监测单元、人机界面及配置参数设置输入单元和调控单元进行信息交互。

3、如权利要求 1 所述的多级电网自愈控制装置，其特征在于：所述中央处理单元包括有控制逻辑硬件，控制逻辑硬件采用现场可编程门阵列 FPGA、复杂可编程逻辑器件 CPLD 或数字逻辑及模拟电子电路及其组合构成；所述控制逻辑硬件对参量采集监测单元和人机界面及配置参数设置输入单元传送过来的参量信号进行处理和逻辑判别，并输出调控信号给调控单元执行电源或负载投切调控动作。

4、如权利要求 2 或 3 所述的多级电网自愈控制装置，其特征在于：所述多级电网自愈控制装置为一种负荷自动投切控制装置，参量采集监测单元为频率采集监测单元，调控单元为负载投切调控单元；频率采集监测单元对电网信号进行取样及转换，从中获取频率参量，并将频率参量数据或信号传送给中央处理单元；所述中央处理单元判定负荷是否需要切除、是否能够投入、大小是否需要调整，然后将控制指令或调节目标传送给负载投切

调控单元去执行调控任务，负载投切调控单元输出控制信号给被控负荷的开关设备或可调负荷的控制器，使负荷实现投切或调整到目标数值。

5、如权利要求 2 或 3 所述的多级电网自愈控制装置，其特征在于：所述多级电网自愈控制装置为一种电源控制装置，参量采集监测单元为频率采集监测单元，调控单元为发电功率及频率调整单元和并网离网控制单元；频率采集监测单元对电网信号进行取样及转换，从中获取频率参量，并将频率参量数据或信号传送给中央处理单元；中央处理单元判定电源是否需要切除、是否能够并网、发电频率及功率是否需要调整，然后将控制指令、调节目标传送给发电功率及频率调整单元或并网离网控制单元来执行。

6、多级电网自愈控制方法，其特征在于：以频率参量作为表征电网连接状态及区域覆盖层级的信息载体，使电网中的负荷和电源能够自我识别所在网络状态，并依据预设策略自动投切；包括有负荷自动投切控制方法和电源运行控制方法：

负荷自动投切控制方法为：时刻监测电网频率参量，延时等待频率稳定后判别频率处于哪个稳态区域，然后根据区域执行相应的控制策略，处于自投区域则自动投入负荷或增加负荷到一定数值；处于减载区域则切除负荷或减低负荷到一定数值以下；

电源运行控制方法为：通过频率监测或信号监测或通信判别本网与上级电网是否解列，若与上级电网解列，则按本网的孤岛预设频率为调节目标运行；否则，按上级电网频率跟随运行。

7、如权利要求 6 所述的多级电网自愈控制方法，其特征在于：电网中各负荷按其供电可靠性等级和频率精准度要求设定频率偏差及稳定性等级：等级越高，其对应供电可靠性则越高即平均停电时间越短，而运行频率偏差及漂移容限越大；等级越低，其对应供电可靠性则越低即平均停电时间越长，而运行频率要求越稳定与精准；

所述频率偏差及稳定性包括频偏、频偏与漂移容限、漂移容限三种组合中的一种或来划分等级，所述负荷按等级高低、类别或代码来标识分类。

8、如权利要求 6 所述的多级电网自愈控制方法，其特征在于：电网区域层级与频率偏差及稳定性等级匹配：电网中各级子网与上级主网并网运行时，其频率跟随主网的频率；但其与上级主网解列独立运行即孤岛运行时，按各自局域电网的孤岛预设频率运行，偏离标准频率一定数值，而其下辖更小的各子网亦跟随此偏频；各级电网按电网区域层级从上到下，即从大到小，从主网到子网的孤岛运行频偏逐步增大，最上级的主网按标准频率运行，最下级电网末端的微网孤岛运行时频偏最大；

所述频率偏差包括正频偏或负频偏；最大频偏按电能质量标准规定范围内，或者，按

照网内负荷容许特殊设定。

9、如权利要求 6 所述的多级电网自愈控制方法，其特征在于：当电网故障失稳或解列时，负荷有序减载：在功率不平衡的暂态过渡过程中，各负荷依据自己频偏及稳定性等级和时间定值依次减载或中断供电，等级越低越先停电，等级越高越晚动作；当电网脱离主网后，子网中各电源按自己所属局域电网的孤岛预设频率来调整发电频率，并同时调整功率出力；或者，电网脱离主网后，子网全网停电，等待网内备用电源起机、接入和子网黑启动，然后按局域电网的孤岛预设频率运行；电网故障失稳或解列时，子网下辖的各级更低层的子网电源跟随该局域主网调整频率；或者，暂态过程中也同时解列孤岛运行，然后再由下向上逐层并网。

10、如权利要求 6 所述的多级电网自愈控制方法，其特征在于：当局域电网孤岛平衡稳定后，各负荷的控制设备监测网络频率值，判断是否符合自己频偏及稳定性等级，如若符合则自动投入恢复供电，否则一直等待频率恢复到自己等级时，即子网并入上一级主网后才再投入；上级电网恢复供电时，子网同期并入后，各负荷的控制设备监测网络频率值，依据自己频偏及稳定性等级自动投入，更多负荷恢复供电。

11、如权利要求 6 所述的多级电网自愈控制方法，其特征在于：所述负荷自动投切控制方法包括如下步骤：

步骤一：开始；

步骤二：负荷自动投切控制装置时刻采集监测电网频率参量或进行数据处理运算得到综合参量；

步骤三：判别频率是否超越减载门限定值；如否，回到步骤二，没有越限则维持原状态运行并继续进行频率参量和其它参量监测；如是，进入步骤四；

步骤四：按延时定值延迟一段时间，并继续监测频率参量是否在延时期恢复不再越限；

步骤五：判断频率参量是否恢复；如是，回到步骤二，没有越限则维持原状态运行并继续进行频率参量和其它参量监测；如否，进入步骤六；

步骤六：进行控制输出使负荷减载到一定数值以下，或关闭用电设备、切除整个负荷回路的供电；

步骤七：减载或切负荷后，负荷自动投切控制装置继续采集监测电网频率参量；

步骤八：判断频率参量是否回归到自投区域之内；如否，回到步骤七，维持原状态并继续进行监测；如是，进入步骤九；

步骤九：按延时定值延迟一段时间，并继续监测频率参量是否在延时期内稳定于自投区域之内；如若不能稳定，回到步骤七，维持原状态并继续进行监测；如是，进入步骤十；

步骤十：若延时期内持续稳定于自投区域之内，则进行控制输出使负荷增加到一定数值以内，或打开用电设备、闭合开关投入原来被切除负荷的供电回路；返回步骤二循环量测。

12、如权利要求6所述的多级电网自愈控制方法，其特征在于：所述电源运行控制方法包括如下步骤：

步骤1：开始；

步骤2：在发电设备启动后先监测待并网电网是否有电；如果电网处于停电状态，进入步骤3；若并网前电网有电，则进入步骤5；

步骤3：如果电网处于停电状态，则并网送电；

步骤4：按本网孤岛预设频率为调节目标运行；进入步骤6；

步骤5：若并网前电网有电，则按电网频率进行同期并网；

步骤6：并网后持续采集监测电网频率参量或进行数据处理运算得到综合参量；

步骤7：比较判断当前频率参量与标准频率值的偏差是否小于本网的孤岛预设频率与标准频率的偏差，即本网孤岛预设频偏；如若否，进入步骤4，可以判断本网已与上级电网解列，按本网的孤岛预设频率为调节目标运行；如是，进入步骤8；

步骤8：如果频偏小于本网孤岛预设频偏，则可以判断本网已与上级电网联接，将按电网当前基准频率跟随运行；回到步骤6。

1/4

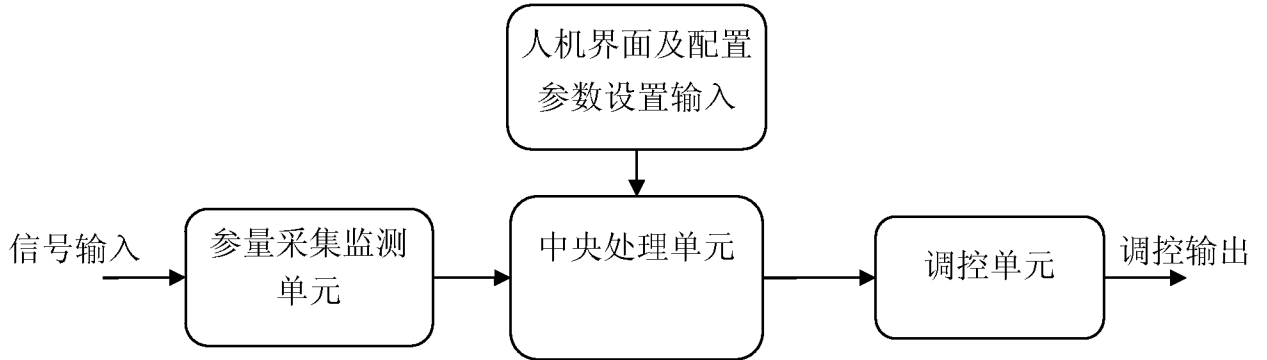


图 1

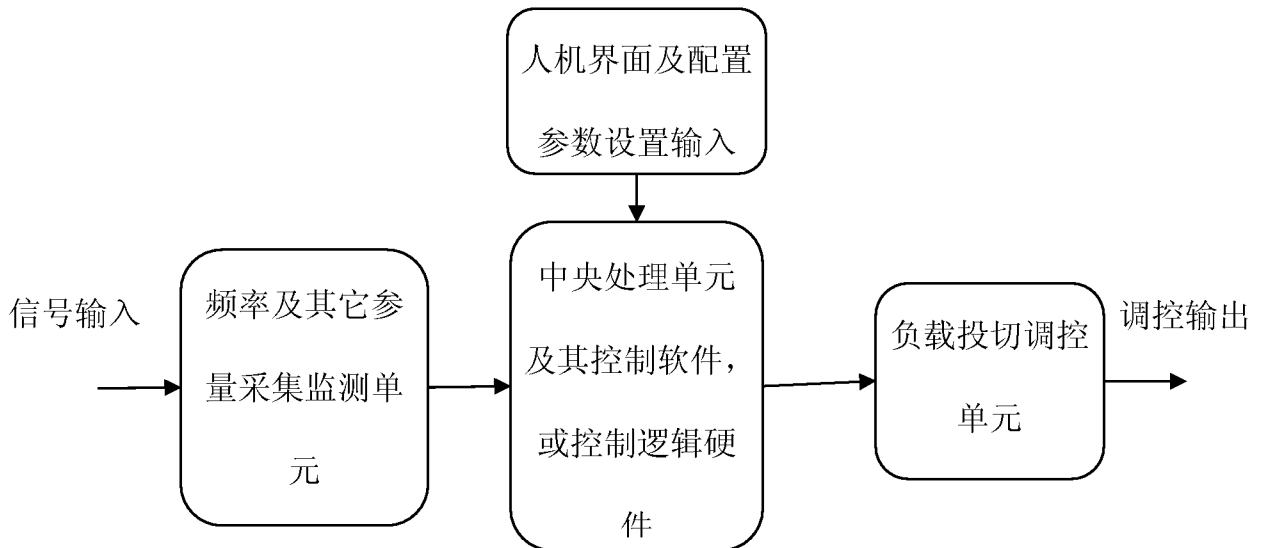


图 2

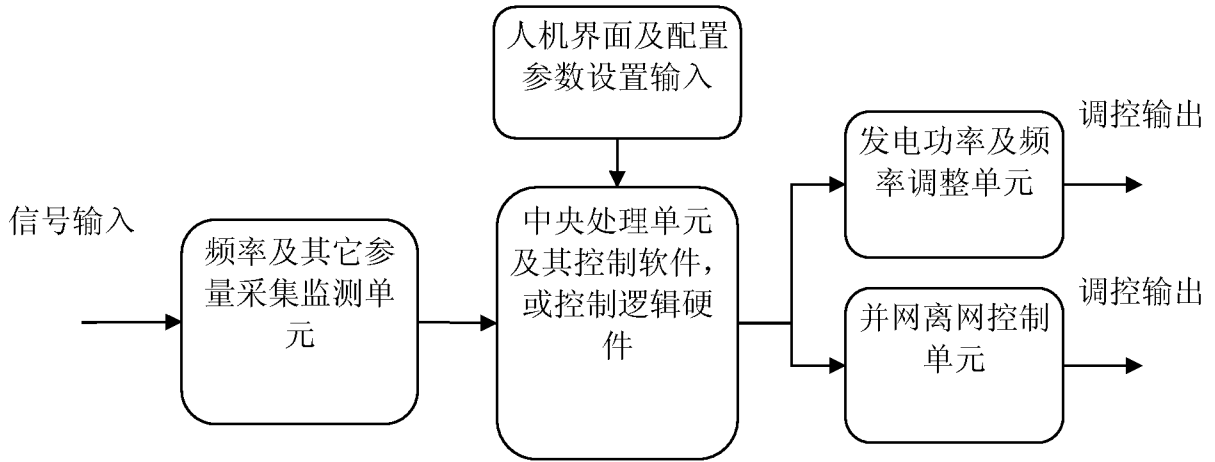


图 3

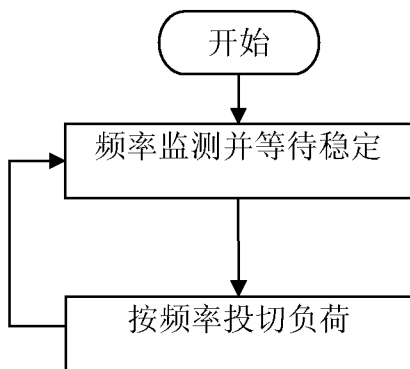


图 4

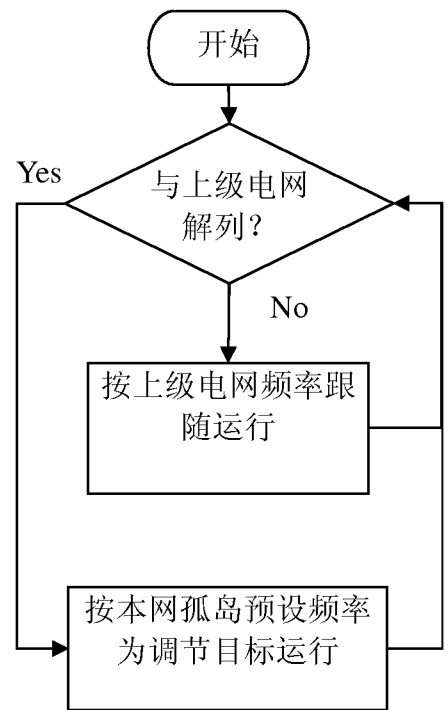


图 5

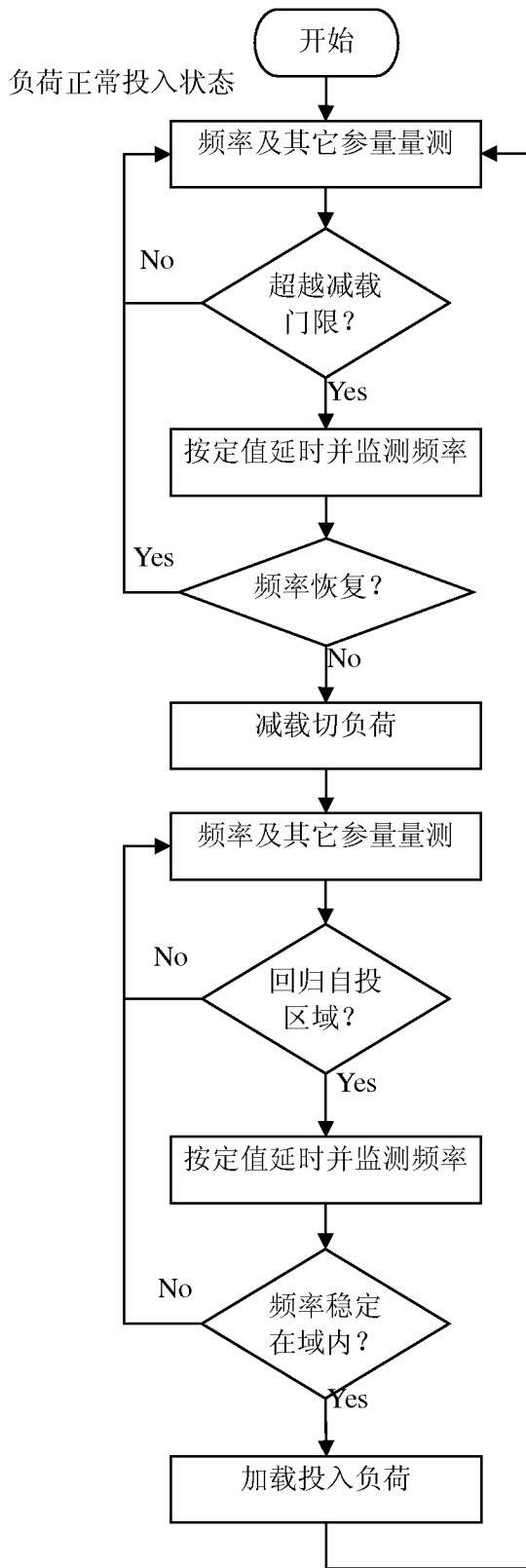


图 6

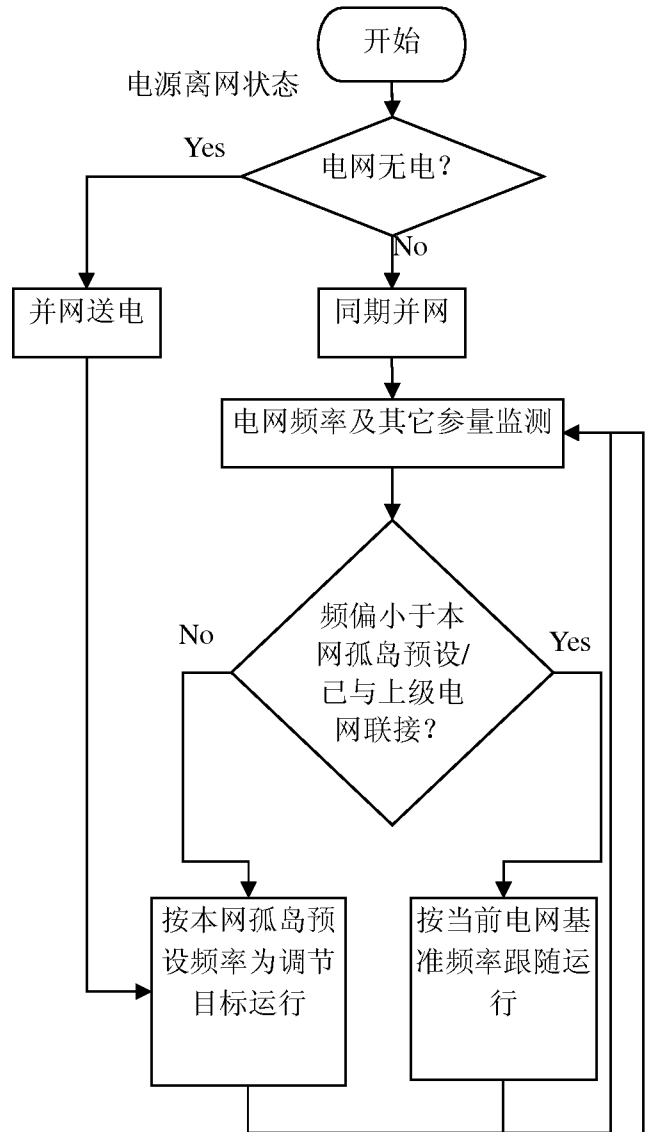


图 7

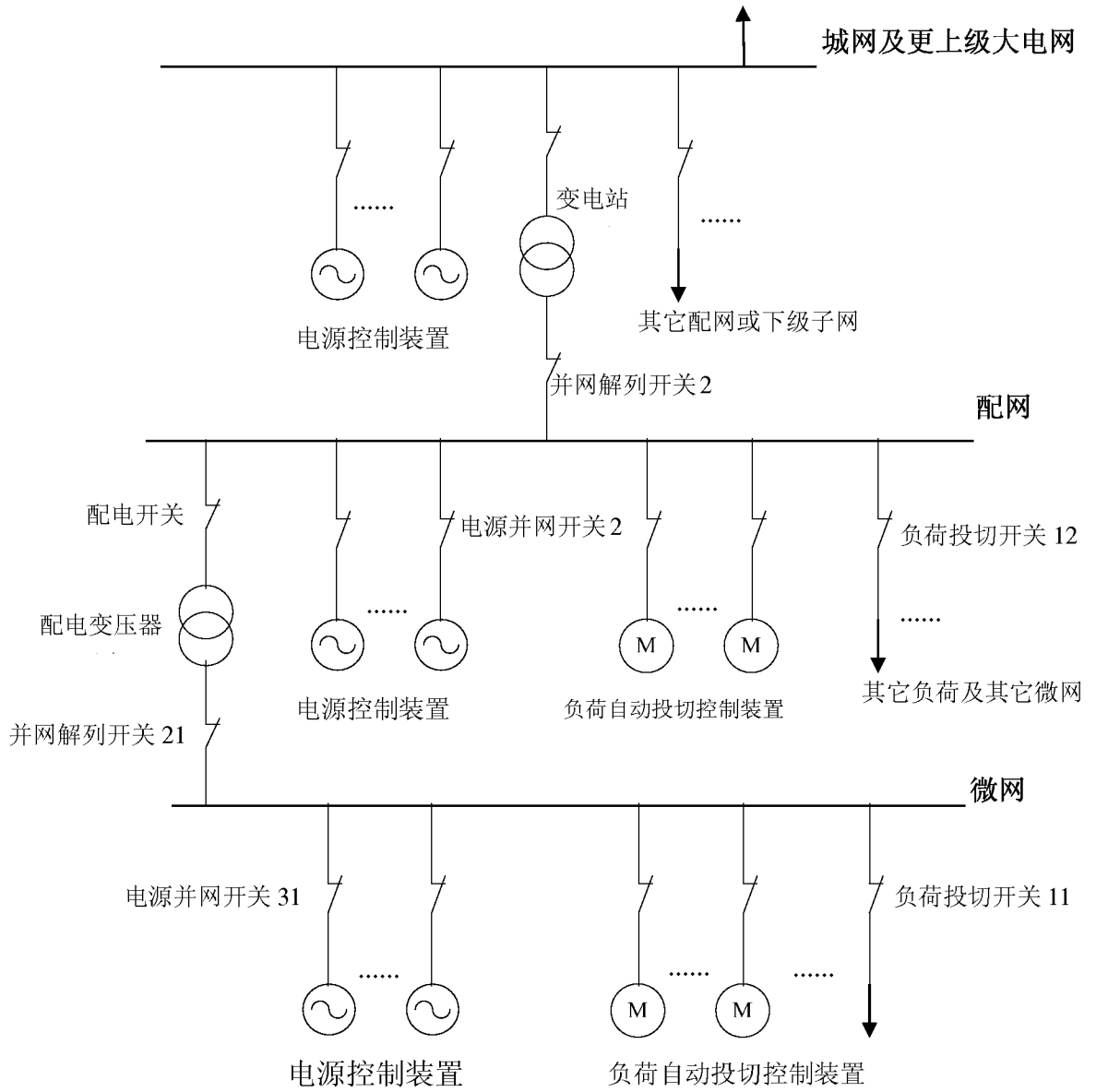


图 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2011/073172

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J3/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: H02J, G06Q, G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI;EPODOC;CNPAT;CNKI: power, electricity, grid, self-healing, frequency, separation, disconnection, islanding, splitting, switching, load, level, hierarchy

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN101436780A (STATE GRID ELECTRIC POWER RES et al.) 20 May 2009 (20.05.2009) See the whole document	1-12
A	CN101789605A (UNIV HUAZHONG SCIENCE TECH) 28 July 2010 (28.07.2010) See the whole document	1-12
A	CN101552474A (NARI TECHNOLOGY CO., LTD.) 07 October 2009 (07.10.2009) See the whole document	1-12

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim (S) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
22 November 2011 (22.11.2011)Date of mailing of the international search report
05 Jan. 2012 (05.01.2012)Name and mailing address of the ISA/CN
The State Intellectual Property Office, the P.R.China
6 Xitucheng Rd., Jimen Bridge, Haidian District, Beijing, China
100088
Facsimile No. 86-10-62019451Authorized officer
ZHANG, Fan
Telephone No. (86-10)62413304

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2011/073172

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN101895115A (ZHOU, Xiwei) 24 November 2010 (24.11.2010) See the whole document	1-12
A	US7184903B1 (VRB POWER SYSTEM INC.) 27 February 2007 (27.02.2007) See the whole document	1-12
A	WO2010/130583A2 (ROLLS-ROYCE PLC) 18 November 2010 (18.11.2010) See the whole document	1-12
A	WAN, Qiulan. Theory Study for Self-healing of Large Power Grid. Automation of Electric Power Systems. 10 September 2009, vol. 33, No. 17, pages 29-32	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2011/073172

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN101436780A	20.05.2009	NONE	
CN101789605A	28.07.2010	NONE	
CN101552474A	07.10.2009	NONE	
CN101895115A	24.11.2010	NONE	
US7184903B1	27.02.2007	WO2007/108834A2	27.09.2007
		AU2006340323A1	27.09.2007
		EP1994452A2	26.11.2008
		CA2624127A1	27.09.2007
		ZA200802945A	24.06.2009
		INDELNP200806246E	26.09.2008
		NZ566999A	30.06.2011
WO2010/130583A2	18.11.2010	NONE	

A. 主题的分类		
H02J3/00 (2006.01) i		
按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类		
B. 检索领域		
检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)		
IPC: H02J, G06Q, G01R		
包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献		
在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) WPI;EPODOC; CNPAT;CNKI: 电网,电力,配电,供电,自愈,频率,投切,解列,负荷,负载,多级,层级, power, electricity, grid, self-healing, frequency, separation, disconnection, islanding, splitting, switching, load, level, hierarchy		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN101436780A (国网电力科学研究院等) 20.5 月 2009 (20.05.2009) 参见全文	1-12
A	CN101789605A (华中科技大学) 28.7 月 2010 (28.07.2010) 参见全文	1-12
A	CN101552474A (国电南瑞科技股份有限公司) 07.10 月 2009 (07.10.2009) 参见全文	1-12
A	CN101895115A (周锡卫) 24.11 月 2010 (24.11.2010) 参见全文	1-12
A	US7184903B1 (VRB POWER SYSTEMS INC.) 27.2 月 2007 (27.02.2007) 参见全文	1-12
<input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在 C 栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件		“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件
国际检索实际完成的日期 22.11 月 2011 (22.11.2011)		国际检索报告邮寄日期 05.1 月 2012 (05.01.2012)
ISA/CN 的名称和邮寄地址: 中华人民共和国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088 传真号: (86-10)62019451		受权官员 张凡 电话号码: (86-10) 62413304

C(续). 相关文件		
类 型	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	WO2010/130583A2 (ROLLS-ROYCE PLC) 18.11 月 2010 (18.11.2010) 参见全文	1-12
A	万秋兰 大电网实现自愈的理论研究方向 电力系统自动化 10.9 月 2009, 第 33 卷, 第 17 期, 第 29-32 页	1-12

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2011/073172

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN101436780A	20.05.2009	无	
CN101789605A	28.07.2010	无	
CN101552474A	07.10.2009	无	
CN101895115A	24.11.2010	无	
US7184903B1	27.02.2007	WO2007/108834A2	27.09.2007
		AU2006340323A1	27.09.2007
		EP1994452A2	26.11.2008
		CA2624127A1	27.09.2007
		ZA200802945A	24.06.2009
		INDELNP200806246E	26.09.2008
		NZ566999A	30.06.2011
WO2010/130583A2	18.11.2010	无	