

(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11月15日 (15.11.2012)



(10) 国际公布号
WO 2012/151720 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02J 3/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2011/000890
- (22) 国际申请日: 2011年5月24日 (24.05.2011)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201110119855.2 2011年5月10日 (10.05.2011) CN
201120146864.6 2011年5月10日 (10.05.2011) CN
201110119996.4 2011年5月10日 (10.05.2011) CN
201120146876.9 2011年5月10日 (10.05.2011) CN
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 国网技术学院 (STATE GRID OF CHINA TECHNOLOGY COLLEGE) [CN/CN]; 中国山东省济南市二环南路500号, Shandong 250002 (CN)。

- (72) 发明人; 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): 赵义术 (ZHAO, Yishu) [CN/CN]; 中国山东省济南市二环南路500号, Shandong 250002 (CN)。 战杰 (ZHAN, Jie) [CN/CN]; 中国山东省济南市二环南路500号, Shandong 250002 (CN)。 马梦朝 (MA, Mengchao) [CN/CN]; 中国山东省济南市二环南路500号, Shandong 250002 (CN)。 张彦 (ZHANG, Yan) [CN/CN]; 中国山东省济南市二环南路500号, Shandong 250002 (CN)。 姜亚伟 (JIANG, Yawei) [CN/CN]; 中国山东省济南市二环南路500号, Shandong 250002 (CN)。 韩丽辉 (HAN, Lihui) [CN/CN]; 中国山东省济南市二环南路500号, Shandong 250002 (CN)。 李晓蕾 (LI, Xiaolei) [CN/CN]; 中国山东省济南市二环南路500号, Shandong 250002 (CN)。
- (74) 代理人: 济南圣达知识产权代理有限公司 (JINAN SHENGDA INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD); 中国山东省济南市历下区千佛山路3号 华特广场山东大学科技园5号楼2层3、4号, Shandong 250061 (CN)。

[见续页]

(54) Title: PLUG AND PLAY SMART GRID EXPERIMENT AND TRAINING SYSTEM BASED ON GRID ARCHITECTURE

(54) 发明名称: 基于网格架构的即插即用式智能电网实验实训系统

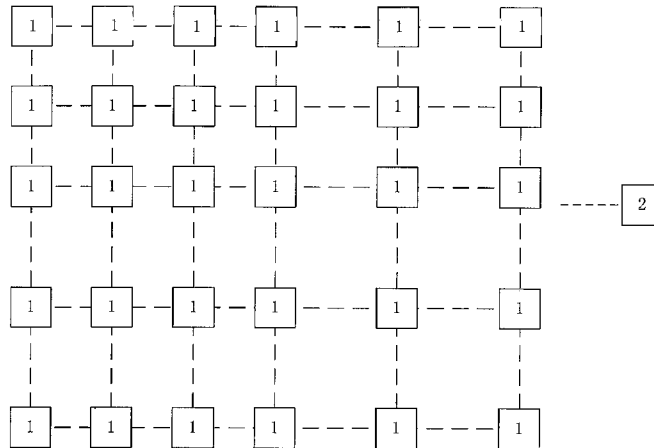


图 1 / FIG. 1

(57) Abstract: The present invention relates to a plug and play smart grid experiment and training system based on grid architecture. The system includes multiple unit cabinets, and all the unit cabinets compose an m*n array, wherein, m and n are integers. Each unit cabinet is set to have a linear system module, a quadratic measurement and control module, and a communication module; the linear system module is set to have a linear electrical interface by which the unit cabinet is connected with the adjacent unit cabinets and the quadratic measurement and control module; the quadratic measurement and control module is used to measure each circuitry current and bus voltage in the linear system module, control the circuit breaker, transform the current and voltage of the linear system module to the quadratic current and voltage consistent with the actual system, and send the transformed current and voltage to the monitoring center; the communication module is used to implement the real time communication between any two of the monitoring center, unit cabinets, and other linear or quadratic devices by different communication channels, and access the communication network of the system by the standard communication interface of the unit cabinet communication module, thus implementing the communication functions with each unit cabinet, and the monitoring center.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2012/151720 A1



(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)。

根据细则 4.17 的声明:

- 关于申请人有权申请并被授予专利(细则 4.17(ii))
- 发明人资格(细则 4.17(iv))

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

本发明涉及一种基于网格架构的即插即用式智能电网实验实训系统。它包括多个单元柜, 各单元柜组成 $m \times n$ 阵列, 其中 m 和 n 为整数; 各单元柜设有一次系统模块、二次测控模块和通信模块; 一次系统模块, 设有一次电气接口, 单元柜通过一次电气接口连接相邻单元柜及二次测控模块; 二次测控模块, 完成对一次系统模块中各线路电流、母线电压的量测与断路器的控制, 并将一次系统模块的电压、电流转换为与实际系统一致的二次电压和电流后向监控中心传送; 通信模块, 通过不同通信信道实现监控中心、单元柜及其他一、二次设备相互之间实时通信, 通过单元柜通信模块的标准通信接口接入系统的通信网络, 从而与各单元柜、监控中心实现通信功能。

基于网格架构的即插即用式智能电网实验实训系统

技术领域

本发明涉及一种基于网格架构的即插即用式智能电网实验实训系统。

背景技术

电力系统物理模拟系统是根据相似性原理建立起来的、具有与原型电力系统相同物理性质的物理模型，主要由模拟发电机、模拟变压器、模拟输配电线路、模拟负荷和有关调节、控制、测量、保护等模拟装置组成。电力系统物理模拟系统具有下列特点：

1、可以在模型上直接观察到所研究的课题在电力系统中产生的全部物理过程，获得明确的物理概念，并可很方便地对电力系统特性和诸过程进行定性的研究。

2、对目前还不能或不完全能用数学方程很好地描述的问题，可以方便地利用物理模拟探求问题的物理本质，也可以校验现有理论和教学模拟的合理性、正确性，使理论和数学模型更加完善。

3、对一些新型的继电保护和自动装置，可以直接接入物理模拟系统来研究。例如，新型的继电保护可以接在物理模拟系统中，进行各种短路故障试验，考核保护装置的各种性能。

当前，电力系统物理模拟系统中设备种类和数量繁多，受场地制约，网络结构相对简单，结构和参数的调整范围受到一定限制。对比较复杂的原型电力系统一般需要进行一些简化，才能进行物理模拟实验研究。随着现代电力技术的不断发展，智能电网建设逐步深入，电力系统对智能化运行和控制技术的要求越来越高，电力系统规模不断扩大，电压等级逐步升高，新技术和新设备更为丰富，网络结构、运行方式和日趋复杂，现有物理模拟技术和系统已不能满足现代电力系统日益发展的模拟需求。

发明内容

为了克服现有的电力系统物理模拟系统难以满足现代电力系统越来越高的模拟需求的不足，本发明提出一种基于网格架构的即插即用式智能电网实验实训系统，该实验实训系统在现有电力系统物理模拟的技术基础上，系统采用标准化、模块化设计的组件，即插即用，组网灵活，扩展方便，通过配置具有监视、保护、控制与管理功能的监控中心，能根据不同需求方便的改变网络拓扑结构、运行方式和元件参数，为分布式发电、微网、新能源发电并网和智能电网的物理模拟提供平台，它能够进行多种电力网络结构与参数的智能电网物理模拟，同时满足开展技术、技能培训与科学研究实验的要求。

为实现上述目的，本发明采用如下技术方案：

一种基于网格架构的即插即用式智能电网实验实训系统，它包括多个单元柜，各单元柜组成 $m \times n$ 阵列，其中 m 和 n 为整数；

各单元柜设有一次系统模块、二次测控模块和通信模块；

单元柜设有一次电气接口、二次电气接口；单元柜通过一次电气接口连接相邻单元柜；本单元柜内一次系统模块通过端子排与二次测控模块连接，同时一次系统模块还设有电网模拟元件模块，通过电网模拟元件类型和参数的更改实现对不同系统电压等级和不同线路长度的电力系统模拟；

二次测控模块，完成对一次系统模块中各线路电流、母线电压的量测与断路器的控制，并将一次系统模块的电压、电流转换为与实际系统一致的二次电压和电流后向监控中心传送，在监控中心的统一控制下完成故障检测和隔离、孤岛检测与运行控制、新能源发电并网控制；

通信模块，通过不同通信信道实现监控中心、单元柜及其他一、二次设备相互之间实时通信，系统中所有单元柜通信模块与监控中心的通信设备连接在一起，组成本物理模拟系统的通信网络，对连接于单元柜一次电气接口、二次电气接口上的所有外部设备，均通过单元柜通信模块的标准通信接口接入系统的通信网络，从而与各单元柜、监控中心实现通信；

监控中心主要由工作站和/或服务器组成，完成整个系统的管理。

所述单元柜设有J型屏蔽层，其中通信模块设置在单元柜顶部同时也位于J型屏蔽层的上部，二次测控模块设置在单元柜背面同时也位于J型屏蔽层的左侧，从而实现一次系统模块、二次测控模块和通信模块相隔离；在单元柜的正面设有一次系统模块，正面底部设有一次系统模块中的电网模拟元件模块，两者电连接；模拟地线和中性线设置在一次系统模块上；一次系统模块、电网模拟元件模块位于J型屏蔽层的右侧与下方，但两者与二次测控模块间由J型屏蔽层隔开。

所述一次系统模块还包括一条中性线，该中性线用断路器分为中性线I段和中性线II段，该中性线的两端分别与一次电气接口的中性线连接；

一条模拟地线，其两端分别与一次电气接口的地线连接；

所述中性线I段和中性线II段、模拟地线分别连接于单元柜的中性线接口和模拟地线接口，通过与中性线接口和模拟地线接口之间的不同连接，实现多种电力系统中性点运行方式；

母线模块，它是采用单母线或双母线形式的三相母线，三相母线与电压互感器一次回路连接，电压互感器二次回路通过端子排与二次测控模块连接；

同时，母线模块还与k条模拟线路连接；其中的k-2条模拟线路上通过电流互感器和断路器后与一次电气接口连接，电流互感器二次侧、断路器控制回路通过端子排与二次测控模块连接；剩余两条模拟线路也与相应的电流互感器和断路器连接后与电网模拟元件模块两端分别连接，其中电流互感器二次回路和断路器控制回路也通过端子排与二次测控模块连接；电网模拟元件模块一端通过相应断路器与一次电气接口连接，该断路器控制回路通过端子排与二次测控模块连接；

电网模拟元件模块的中性点接至一次系统模块的中性线，地线端接至一次系统模块的模拟地线。

所述电网模拟元件模块主要为模拟线路或变压器，它们安装在标准化小车上，采用 π 型集中参数模型的模拟线路。

所述二次测控模块包括多个测控装置、显示面板；显示面板设置在单元柜顶部，显示面板接收并显示由监控中心发送来的信息。

所述监控中心设有GPS时钟授时设备。

本发明整体结构采用网格构架，可由 $m \times n$ （m和n为整数）个单元柜及一个监控中心组成，并可灵活的扩充，各单元柜空间位置及其相互连接关系如图1所示，m和n受系统设计规模和安装场地制约，最小的系统可由一个单元柜和一台（套）监控中心构成。

系统中每个单元柜均采用统一的标准和结构，如图2a、图2b、图2c、图2d、图2e所示，单元柜配备标准的一次电气接口、二次电气接口、多种通信接口、模拟地线接口和中性线接口，能够方便的进行扩展和连接，可实现单元柜的即插即用。其中，一次电气接口用于单元柜、电源、负载及电网一次侧其它设备（如SVC、短路故障发生装置等）的连接；二次电气接口用于在单元柜扩展本地安装的二次设备（如电能质量监测、本地化的保护装置等需要在二次回路上安装的设备）使用；通信接口用于监控中心、单元柜、电源、负载、电网一次侧其它设备及本地安装的二次设备等所有接入本系统的控制与被控制设备的通信系统之间的互联及相互通信，且通信方式及通信时间满足系统实时测控要求。

单元柜的外形和尺寸可根据不同的系统设计规模和安装场地大小而调整。单元柜外壳安装时应与安装场所地线可靠连接，保证人身安全。如图2a-图2e所示，单个单元柜均由一次系统模块、二次测控模块和通信模块组成，模块间设计有效的屏蔽措施，避免相互间的电磁干扰。其中，

一次系统模块由母线模块（含母线、相应线路、断路器及其电流互感器）、电网模拟元件模块（安装在标准化小车上可灵活更换的电网模拟元件，如图3所示：采用 π 型集中参数模型的模拟线路，通过元件参数的更改可实现对不同系统电压等级和不同线路长度的电力系统模拟，从而满足不同的实验需求）、标准化的一次电气接口、由断路器连接的一条分两段的中性

线、模拟地线组成；具体母线形式（如单母线、双母线等）、电网模拟元件的类型及标准化的一次电气接口形式可由具体系统设计需求确定；母线通过断路器与电网模拟元件或一次电气接口相连接；为实现网格状组网，电网模拟元件模块两端经断路器连接于母线，其中一端经断路器连接于一次电气接口，中性点接至一次系统模块中性线，地线端接至一次系统模块模拟地线；由断路器连接的一条分两段中性线、模拟地线分别连接于单元柜侧面的中性线接口和模拟地线接口，通过中性线接口和模拟地线接口之间的不同连接，可实现多种电力系统中性点运行方式；

二次测控模块由测控装置、标准化的二次电气接口、显示面板组成；该层完成量测（配置高采样速率、高精度的量测装置，量测量包括母线电压、各出线电流、各断路器的状态量等）与控制执行（断路器操作、元件参数调节）功能，并将模拟系统的电压、电流转换为与实际系统一致的二次电压和电流后向主控设备（监控中心）传送，为保护、测量、控制单元提供输入信号，可在主控设备（监控中心）的统一控制下完成故障检测和隔离、孤岛检测与运行控制、新能源发电并网控制以及其他控制功能，测控装置采用模块式、一体化、多功能的形式（如山东鲁能智能技术有限公司的LCS-602测控装置），可根据量测量与控制量的数量安装相应数目的测控装置；显示面板接收并显示由主控设备（监控中心）发送来的信息（如当前电价、未来一段时间预测电价、各母线电压、支路功率、故障、报警等）；二次电气接口包括并联于电压测量二次回路电压回路接口，串联于电流测量二次回路的电流回路接口，及断路器跳合闸回路接口，可连接需本地（单元柜）安装的二次侧附属设备。

通信模块由多种（套）通信设备（如光纤以太网交换机）与通信接口构成，可适应通过不同通信信道实现主控设备（监控中心）、单元柜及其他一二次设备相互之间实时通信的需要，系统中所有单元柜通信模块设备与主控设备（监控中心）通信设备通过通信信道连接在一起，组成本物理模拟系统的通信网络，对连接于单元柜一次电气接口、二次电气接口上的所有外部设备，均可通过单元柜通信模块设备的标准通信接口接入系统的通信网络，从而与各单元柜、主控等设备实现实时通信功能。

监控中心由工作站、服务器等设备以及图模一体化监控管理软件平台组成，具体技术方案如下：

配置GPS时钟授时设备和相应功能，使监控中心时间与GPS时间同步；在系统高可靠性要求下，通信网可由多种（多路）通信系统组成，不同种类或不同路径的通信系统之间相互独立、同时工作、互为备用，且均可实现与网络中各设备的实时通信；在系统可靠性要求不高的情况下，通信网可仅采用一种满足网络中各设备的实时通信要求的通信方式组成。

图模一体化监控管理软件平台采用面向对象技术和模块化技术设计和开发，系统具有开放性，便于系统扩展和维护，界面友好，便于人机交互；针对系统中的各种设备，在监控系统中均定义其对应的类（包括属性和操作）；在物理模拟系统中任一设备，在监控中心软件中均以对应类的对象形式存在。各单元柜及其他设备均成为具有特定属性和操作的具体对象。

为实现不同运行方式下智能电网运行模式的快捷切换，图模一体化监控管理软件平台采用运行方式图模一体化的文件管理方式，如图3c所示，其设置过程主要有三步：第一步，建立包含实验对象的图形化文件，配置对象属性；第二步，配置实验系统继电保护功能，并增加与实验目的相关的其它方法模块（包括但不限于电价管理、智能用电管理、历史路演、频率控制、经济调度、无功调节控制、孤岛检测、并网控制、备自投控制、智能电网黑启动、自愈控制、在线实时分析），配置主控设备（监控中心）向单元柜显示屏推送的信息；第三步，执行“运行方式设置”操作，系统自动进行安全校验，安全校验成功后将按第一步中配置，自动进行断路器的操作，建立相应的网络结构，完成相应的方法设置，并实施根据拓扑变化情况自动生成一次系统接线图。其中，第一步、第二步所建立的配置图能以文件形式保存，可在下次做实验时载入使用。

例如32个单元柜组成的物理模拟系统，某种运行方式下只用到其中的6个单元柜，并采用

固定的连接关系，在图模一体化文件管理方式下，第一步，可以建立一个与该运行方式相对应的图形化文件，并在文件中添加所需6个单元柜对象及其接入的其它电源、负载等对象，按其智能电网一次侧连接方式建立相应的一次系统连接图，使用“使能设置”，屏蔽对象单元柜中未用到的测控单元与断路器（单元柜中测控装置及断路器通常为冗余配置，设置该功能，可屏蔽掉系统实验过程中与实验目的无关的遥测、遥信、遥控、遥调信息的传送），并设置对应单元柜的通信模式、报警信号；第二步，在各对象属性设置结束后，配置实验系统继电保护功能，并增加与试验目的相关其它方法模块（如自愈控制）；第三步，执行“运行方式设置”操作，软件平台系统安全校验成功后，在软件平台遥控下，物理模拟系统中将自动建立与文件设置中相对应的一次网络结构，并生成对应的一次系统接线图，该图中可实时显示实验过程中所关心的各类遥测、遥信信息。第一步中若未进行“使能设置”，单元柜将默认传输所有的遥测量和遥信量（每个断路器的状态，母线的电压，线路流过的电流及其有功、无功、用电电量、发电电量等），图模一体化监控管理软件平台可以进行以上数据的存储、查询、显示、打印和输出功能，并能以图表和文本方式输出，能存储过去一段时间（比如1年）的运行数据，并实时滚动更新。

针对不同的研究需求或实验目的，图模一体化文件管理具有单元柜分组功能，按区域（或按功能、或按设备隶属关系）组件子管理视图。如上例6个单元柜组成的系统中，2个连在一起的单元柜组成子视图系统管理，或为方便完成某种功能其中所有的发电单元划入同一子视图系统管理。

图模一体化监控管理软件平台具有用户管理功能，包括增加、删除软件系统用户，密码设置、修改，登陆与操作历史记录与查看（禁止修改）。

图模一体化监控管理软件平台具备历史路演与离线分析功能，即利用实验过程中所存储各类数据进行实验过程的离线回放及各种离线分析的功能。

本发明具有以下优点和积极效果：

系统设计采用模块化、一体化、面向对象技术，实现了即插即用，组网灵活，运行方式多样，网络拓扑结构的定制、修改由监控中心软件实现，方便灵活，支持系统扩展。可根据所模拟系统的要求，选择和连接所需单元柜、电源、负载以及其他电力系统元件，可以方便实现上述元件的连接，构成满足需要的智能电网模拟系统；若要实现对直流系统（包括直流线路、直流负荷等），只需将单元柜内模型用直流系统模型代替、交流断路器用直流断路器替换、将测控设备用直流测控设备代替即可；

利用低压网络方便的实现对各种电压等级交流电力系统网络的物理仿真模拟；

各单元柜内含电力系统元件或元件等值模型（比如线路）、互感器、断路器、母线、测控单元和通信单元等多个元件和设备，设备/模型的参数可实现在一定范围内调节或直接更换设备/模型，能灵活匹配输配电线路参数，对体积较大的元件和设备可通过一次电气接口直接接入；

各单元内通过外接故障设置电路能实现单相接地短路、两相短路、两相接地短路和三相短路的短路故障的模拟，其中短路故障实现系统中可以选择是否经过电阻发生故障的方式。整个系统配置整体保护，由监控中心的保护工作站实现，每个单元柜可选配有本地保护系统，保护整定可由远程监测中心修改；

各单元柜可配备多种通信方式，能实现监控中心、单元柜、其他接入设备之间的实时通信，互为备用，可靠性高；

可实现组网式新能源向当地负荷（比如一个家庭、或一个小区等）可靠供电，便捷可靠。例如，最小系统规模可用一个单元柜实现，可实现一个家庭内的新能源发电利用和智能用电管理。由此可得出，本系统的市场需求广阔，便于实现产业化推广应用；

本系统为智能电网的高级应用的研发、装置试验和试制、技术技能实训、比武等提供了硬件和软件平台。

附图说明

图1 基于网络架构的即插即用式智能电网实验实训系统结构示意图

图2a单元柜正面剖视图；

图2b单元柜背面剖视图；

图2c单元柜左立面视图；

图2d单元柜右立面视图；

图2e单元柜右立面剖视图；

图3为一次系统模块电气原理图；

图3a为一次系统模块连接图；

图4为二次测控模块结构图；

图5为图模一体化文件管理中新运行方式建立的流程；

图6为一次电气主接线示意图（含6个单元柜、2个电源、4个负载）；

图7为模拟辐射状结构网络图；

图8为模拟手拉手环形结构网络；

图9为模拟双端电源结构网络。

其中，1单元柜，2监控中心，3一次系统模块，4二次测控模块，5通信模块，6一次电气接口，7电网模拟元件模块，8二次电气接口，9J型屏蔽层，10模拟地线，11中性线，12中性线I段，13中性线II段，14三相母线，15电压互感器，16端子排，17电流互感器I，18断路器I，19电流互感器II，20断路器II，21断路器III，22测控装置，23显示面板，24电源，25通信前置机，26显示接口，27通信接口，28断路器IV，29电流互感器III，30模拟地线接口，31中性线接口。

具体实施方式

下面结合附图与实施例对本发明做进一步说明。

图1中，一种基于网络架构的即插即用式智能电网实验实训系统，它包括多个单元柜1，各单元柜1组成 $m \times n$ 阵列，其中 m 和 n 为整数；

各单元柜1设有一次系统模块3、二次测控模块4和通信模块5；

单元柜1设有一次电气接口6、二次电气接口8，单元柜1通过一次电气接口6连接相邻单元柜1及二次测控模块4，同时一次系统模块3还设有电网模拟元件模块7，通过元件类型和参数的更改实现对不同系统电压等级和不同线路长度的电力系统模拟；

二次测控模块4，完成量测与控制执行功能，并将一次系统模块3的电压、电流转换为与实际系统一致的二次电压和电流后向监控中心传送，在监控中心的统一控制下完成故障检测和隔离、孤岛检测与运行控制、新能源发电并网控制；

通信模块5，通过不同通信信道实现监控中心、单元柜及其他一、二次设备相互之间实时通信，系统中所有单元柜1通信模块5与监控中心2的通信设备连接在一起，组成本物理模拟系统的通信网络，对连接于单元柜1一次电气接口6、二次电气接口8上的所有外部设备，均通过单元柜1通信模块5的标准通信接口接入系统的通信网络，从而与各单元柜1、监控中心2实现通信功能；

监控中心2主要由工作站和/或服务器组成，完成整个系统的管理。

图2a-图2e中，所述单元柜1设有J型屏蔽层9，其中通信模块5设置在单元柜1顶部同时也位于J型屏蔽层9的上部，从而与一次系统模块3和二次测控模块4相隔离；在单元柜1的正面设有一次系统模块3，正面底部设有一次系统模块3中的电网模拟元件模块7，两者电连接，模拟地线10和中性线11接口设置在单元柜1上；单元柜1后面设有二次测控模块4，一次系统模块3、电网模拟元件模块7位于J型屏蔽层9的同侧，但前两者与二次测控模块4间由J型屏蔽层9隔开。

图3、图3a中，所述一次系统模块3还包括一条中性线11，该中性线11用断路器IV28分为中性线I段12和中性线II段13，该中性线11的两端分别与一次电气接口6的中性线连接；

一条模拟地线10，其两端分别与一次电气接口6的地线连接；所述中性线I段12和中性线II段13、模拟地线10分别连接于单元柜1的中性线接口31和模拟地线接口30，通过中性线接口31和模拟地线接口30之间的不同连接，实现多种电力系统中性点运行方式

—母线模块采用单母线或双母线形式的三相母线14，三相母线14与电压互感器15连接，电压互感器15的二次回路通过端子排16与二次测控模块4连接；

同时，三相母线14还与k条线路连接，其中k-2条线路上设有电流互感器I17和断路器I18然后与一次电气接口6连接；电流互感器I17的二次回路、断路器I18的控制回路通过端子排16与二次测控模块4连接；剩余两条线路与相应的电流互感器II19和断路器II20连接后与电网模拟元件模块7两端分别连接，其中电流互感器II19的二次回路和断路器II20控制回路通过端子排16与二次测控模块4连接；电网模拟元件模块4一端通过相应电流互感器III29和断路器III21后与一次电气接口6连接，该断路器III21通过端子排16与二次测控模块4连接，电网模拟元件模块7的中性点接至一次系统模块3的中性线11，地线端接至一次系统模块3的模拟地线10。

图3b中，所述电网模拟元件模块7主要为模拟线路或变压器，它们安装在标准化小车上，采用 π 型集中参数模型的模拟线路。

图4中，所述二次测控模块4包括多个测控装置22、显示面板23、电源24、通信前置机25；单元柜1顶部设有显示面板23，通过显示接口26与通信前置机25连接，显示面板23接收并显示由监控中心2发送来的信息；各测控装置22连接通信前置机25后通过通信接口27连接至通信模块5。二次电气接口8包括并联于电压测量二次回路电压回路接口，串联于电流测量二次回路的电流回路接口，及断路器控制回路接口，以连接需本地即单元柜安装的二次侧附属设备。通信接口27与通信模块5或通信前置机25连接。

所述监控中心2设有GPS时钟授时设备。

现以一个3×3单元柜阵列模式系统为例，如图6所示，说明本发明的具体实施方式：

由于电网具体运行方式情况较复杂，本例中仅以最常见的三种运行方式（即辐射状结构网络、手拉手环形结构网络、双端电源结构网络）的实现为例对本发明提出的网络结构智能电网物理模拟系统运行方式的灵活性进行说明：

图7中，辐射状结构网络：通过监控中心2远程控制闭合系统阵列中第 a_{11} 个单元柜1中的1#、2#、5#、6#断路器，第 a_{12} 中的1#、2#、3#、5#、6#断路器，第 a_{21} 中的1#、3#断路器，第 a_{22} 中的1#、5#、6#断路器，第 a_{31} 中的1#、5#、6#断路器，第 a_{32} 中的1#、2#断路器，其它位置断路器均处于分闸位置，如图7所示，即可构成一种辐射状结构网络，其一次系统主接线图为辐射状结构。

图8中，手拉手环形结构网络：在系统中，通过监控中心2远程控制闭合图8所示的第 a_{11} 个单元柜1中的1#、2#、3#、5#、6#断路器，第 a_{12} 中的1#、2#、5#、6#断路器，第 a_{21} 中的1#、3#、5#、6#断路器，第 a_{31} 中的2#、4#、6#断路器，第 a_{32} 中的2#、5#、6#断路器，其它位置断路器均处于分闸位置，如图8所示，即可构成一种手拉手环形结构网络，拉手开关为 a_{32} 中的1#断路器，其一次系统主接线图为手拉手环形结构。

图9中，双端电源结构网络：在图6所示系统中，通过监控中心2远程控制闭合图9所示的第 a_{11} 个单元柜1中的1#、2#、5#、6#断路器，第 a_{12} 中的1#、2#、5#、6#断路器，第 a_{21} 中的1#、3#断路器，第 a_{31} 中的2#、3#、4#、6#断路器，第 a_{32} 中的1#、2#、5#、6#断路器，其它位置断路器均处于分闸位置，即可构成一种双端电源结构网络，如图9所示，其一次系统主接线图为双端电源结构。

图5中，本发明的图模一体化监控管理软件平台工作情况进行说明：

利用图模一体化监控管理软件平台的用户管理功能，设置管理员、超级用户、普通用户、访客四种权限的用户。其中，管理员具有系统最高权限，超级用户具备系统除用户管理外的所有权限，普通用户仅具备数据实时获取及在登陆工作站后台在线或离线分析的权限，访客

仅具有部分开放数据的访问权限。在平台日常实验实训过程中，仅允许一个超级用户以上权限的用户登陆。

以图8手拉手供电环形网络为例，其运行的过程如下：

以超级用户登陆系统（此时，系统中仅允许一个超级用户以上权限的用户登陆），按图5所示流程，建立一个新运行方式。第一步，在图形界面中，加入所需的 a_{11} 、 a_{12} 、 a_{21} 、 a_{31} 、 a_{32} 共五个单元柜对象，及电源、负载、故障发生装置等对应的对象，并根据要建立的运行方式，设置各断路器的运行方式（常开/常闭、有效/无效），通信方式（如三套通信系统同时使用）；第二步，定义保护功能、自愈控制功能及其他方法，配置监控中心向单元柜显示屏推送的信息；第三步，执行“运行方式设定”操作，系统自动进行校验，校验成功后，将自动闭合对应常闭节点，并生成对应的一次系统接线图及遥测、遥信信息列表（对设置为无效的断路器，系统默认为不再传送其对应的遥测、遥信信息），该列表生成后可根据需要进行人工修改。在以上3步进行中，该新运行方式文件随时保存或者另存。

接下来，按照事先设定的该网络系统手拉手供电环形网络启动的操作票进行操作，即可完成整个系统的启动；服务器将向其他在网络上登陆的普通用户传输系统的一次图及相关的实时数据，普通用户可以利用接收到的实验系统实时数据，在其登陆的计算机中进行各种后台分析（这些分析不需要向物理模拟系统发送控制或调整指令）；访客登陆后可以实时查看超级用户设定的对访客开放的数据。

如需进行故障试验，可在预定故障位置对应的单元柜一次电气接口接入故障发生装置，超级用户通过远程操作即可实现故障类型的设置及发生。

实验进行过程中的所有数据及操作都可以在服务器中记录并保存（可设置独立的数据保存服务器）。实验结束后，按照事先设定的该网络系统手拉手供电环形网络启动的操作票进行操作，即可完成整个系统的停止工作。

实验结束后，若需对系统的实验过程中的数据进行分析，可通过超级用户调出相应数据进行分析，并能进行历史回演操作。

若下次仍需进行该试验，则可由超级用户，直接打开所保存的运行方式配置文件，并执行“运行方式设定”操作即可。

1. 一种基于网络架构的即插即用式智能电网实验实训系统，其特征是，它包括多个单元柜，各单元柜组成 $m \times n$ 阵列，其中 m 和 n 为整数；

各单元柜设有一次系统模块、二次测控模块和通信模块；

单元柜设有一次电气接口、二次电气接口，单元柜通过一次电气接口连接相邻单元柜；本单元柜内一次系统模块通过端子排与二次测控模块连接，同时一次系统模块还设有电网模拟元件模块，通过电网模拟元件类型和参数的更改实现对不同系统电压等级和不同线路长度的电力系统模拟；

二次测控模块，完成对一次系统模块中各线路电流、母线电压的量测与断路器的控制，并将一次系统模块的电压、电流转换为与实际系统一致的二次电压和电流后向监控中心传送，在监控中心的统一控制下完成故障检测和隔离、孤岛检测与运行控制、新能源发电并网控制；

通信模块，通过不同通信信道实现监控中心、单元柜及其他一、二次设备相互之间实时通信，系统中所有单元柜通信模块与监控中心的通信设备连接在一起，组成本物理模拟系统的通信网络，对连接于单元柜一次电气接口、二次电气接口上的所有外部设备，均通过单元柜通信模块的标准通信接口接入系统的通信网络，从而与各单元柜、监控中心实现通信；

监控中心主要由工作站和/或服务器组成，完成整个系统的管理。

2. 如权利要求1所述的基于网络架构的即插即用式智能电网实验实训系统，其特征是，所述单元柜设有J型屏蔽层，其中通信模块设置在单元柜顶部同时也位于J型屏蔽层的上部，二次测控模块设置在单元柜背面同时也位于J型屏蔽层的左侧，从而实现一次系统模块、二次测控模块和通信模块相隔离；在单元柜的正面设有一次系统模块，正面底部设有一次系统模块中的电网模拟元件模块，两者电连接；模拟地线和中性线接口设置在一次系统模块上；一次系统模块、电网模拟元件模块位于J型屏蔽层的右侧与下方，但两者与二次测控模块间由J型屏蔽层隔开。

3. 如权利要求1或2所述的基于网络架构的即插即用式智能电网实验实训系统，其特征是，所述一次系统模块还包括一条中性线，该中性线用断路器分为中性线I段和中性线II段，该中性线的两端分别与一次电气接口的中性线连接；

一条模拟地线，其两端分别与一次电气接口的地线连接；

所述中性线I段和中性线II段、模拟地线分别连接于单元柜的中性线接口和模拟地线接口，通过中性线接口和模拟地线接口之间的不同连接，实现多种电力系统中性点运行方式；

母线模块，采用单母线或双母线形式的三相母线，三相母线与电压互感器一次回路连接，电压互感器二次回路通过端子排与二次测控模块连接；

同时，母线模块还与 k 条模拟线路连接；其中的 $k-2$ 条模拟线路上通过电流互感器和断路器后与一次电气接口连接，电流互感器二次侧、断路器控制回路通过端子排与二次测控模块连接；剩余两条模拟线路也与相应的电流互感器和断路器连接后与电网模拟元件模块两端分别连接，其中电流互感器二次回路和断路器控制回路也通过端子排与二次测控模块连接；电网模拟元件模块一端通过相应断路器与一次电气接口连接，该断路器控制回路通过端子排与二次测控模块连接；

电网模拟元件模块的中性点接至一次系统模块的中性线，地线端接至一次系统模块的模拟地线。

4. 如权利要求1或2或3所述的基于网络架构的即插即用式智能电网实验实训系统，其特征是，所述电网模拟元件模块主要为模拟线路或变压器，它们安装在标准化小车上。

5. 如权利要求1或2或3所述的基于网络架构的即插即用式智能电网实验实训系统，其特征是，所述二次测控模块包括多个测控装置、二次电气接口、显示面板；显示面板设置在单元柜顶部，显示面板接收并显示由监控中心发送来的信息。

6. 如权利要求1所述的基于网络架构的即插即用式智能电网实验实训系统，其特征是，所

述监控中心设有GPS时钟授时设备。

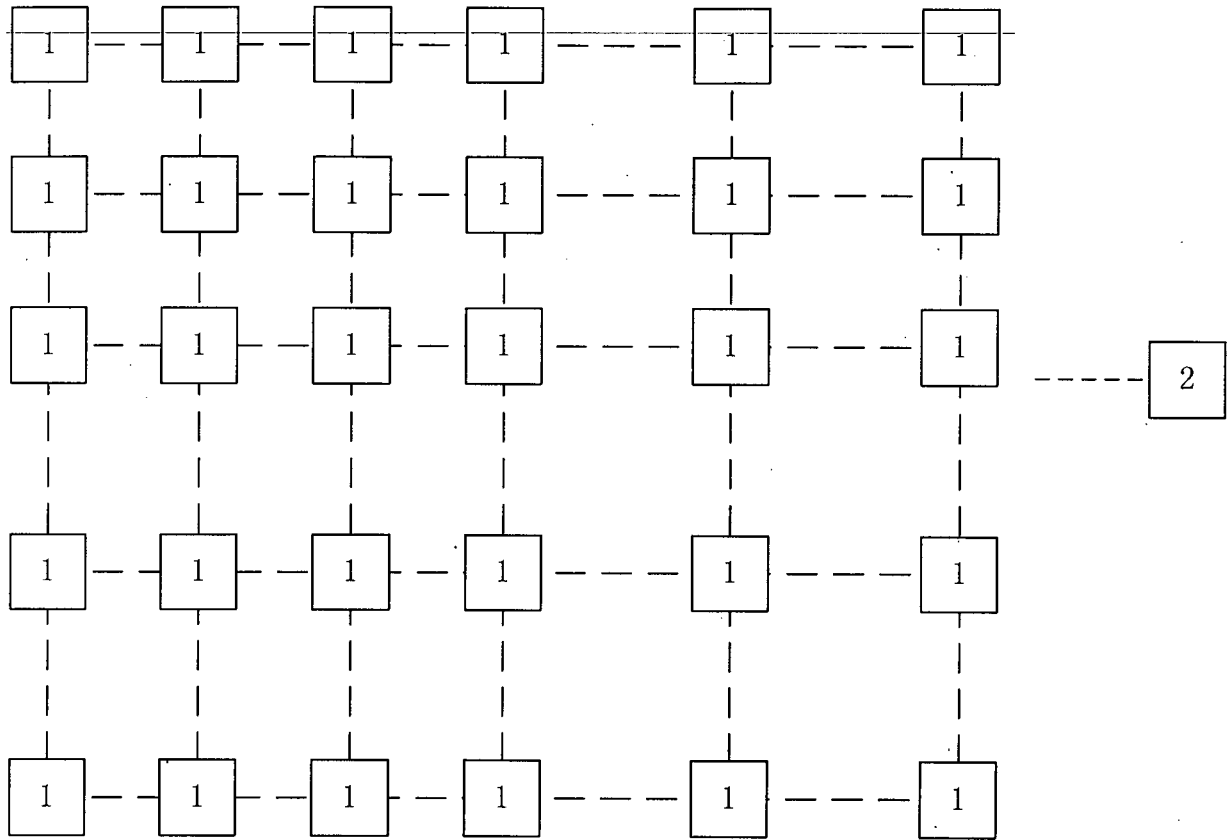


图 1

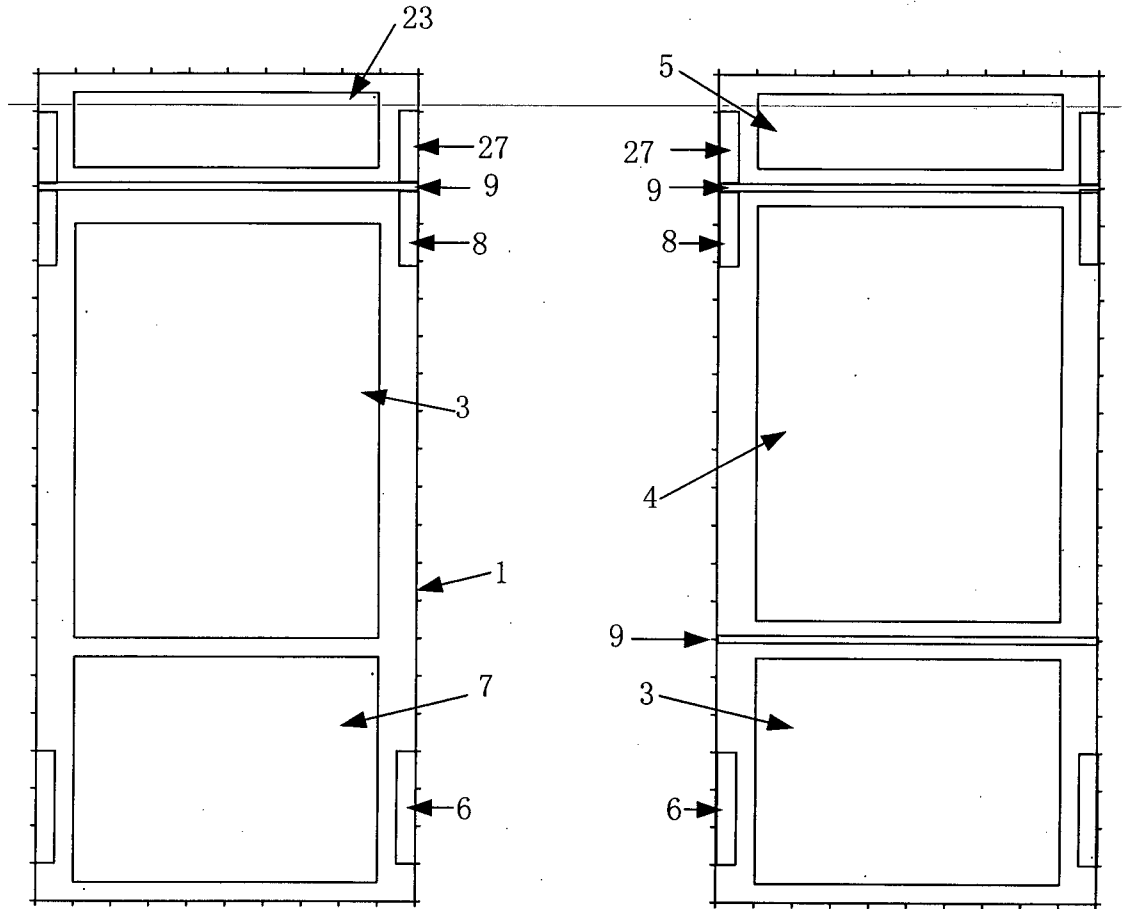


图 2a

图 2b

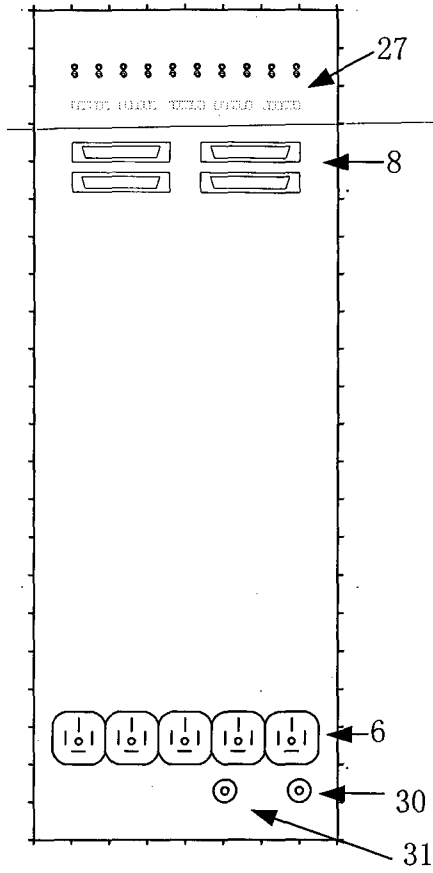


图 2c

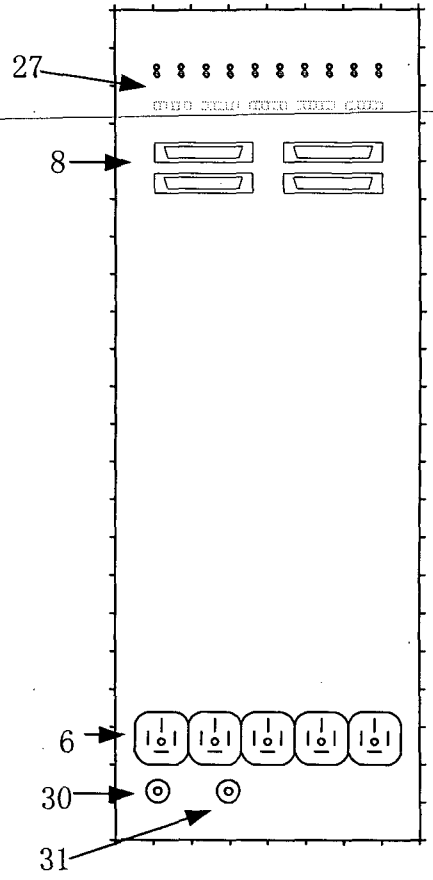


图 2d

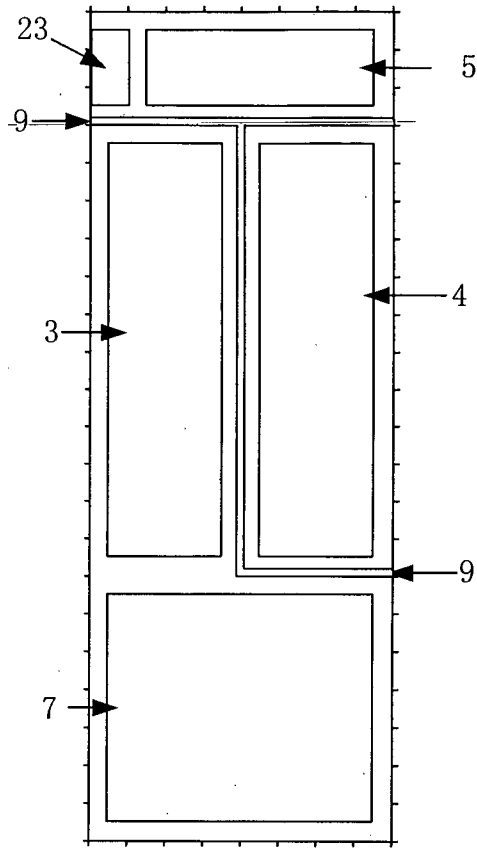


图 2e

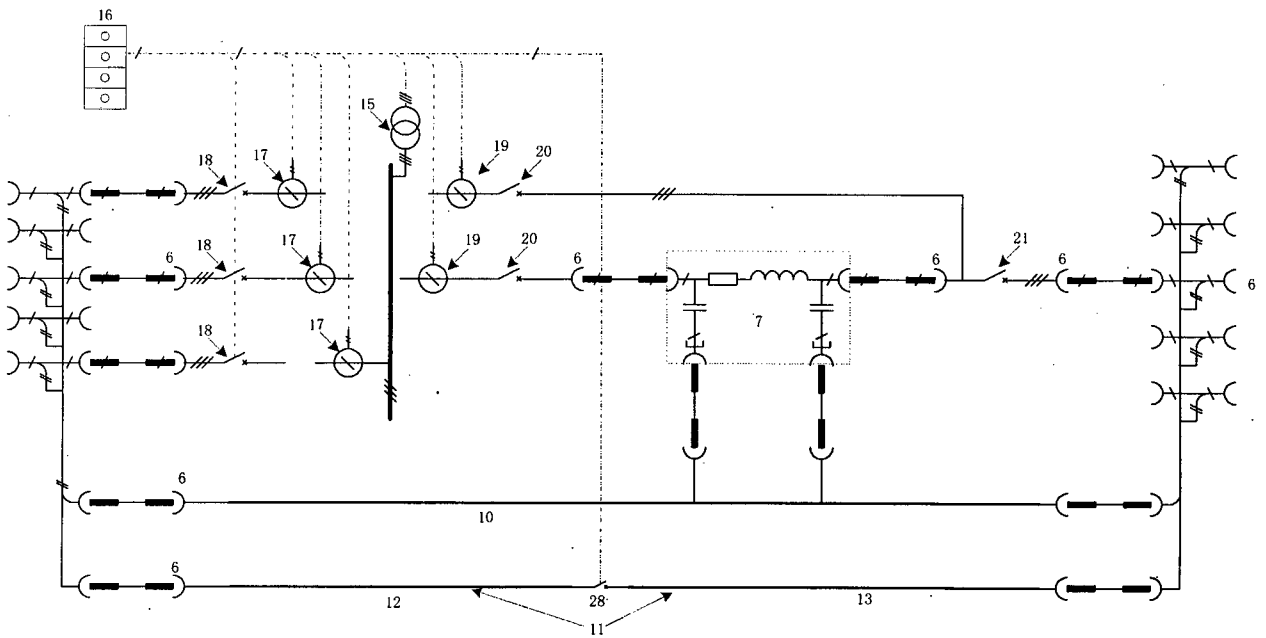


图 3

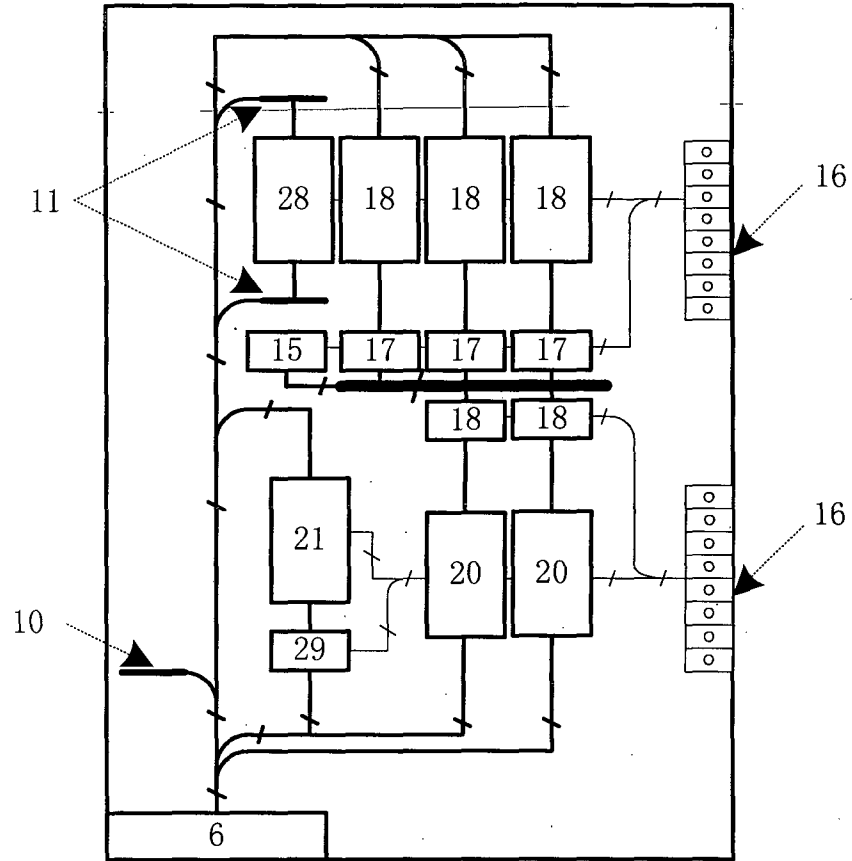


图 3a

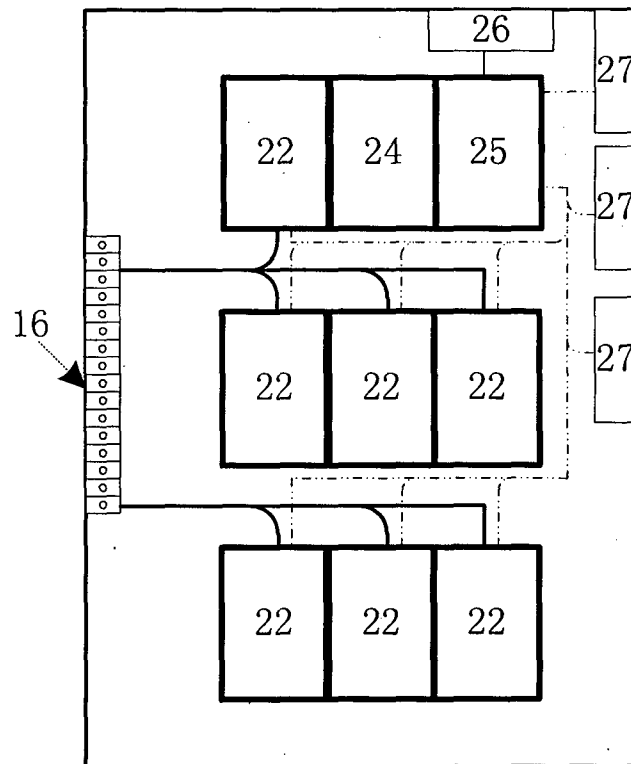


图 4

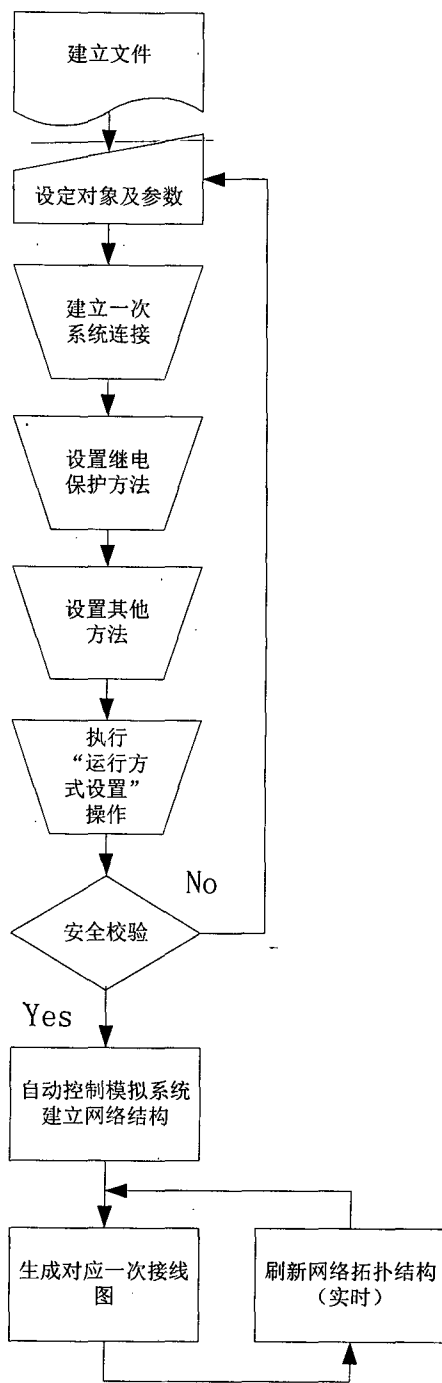


图 5

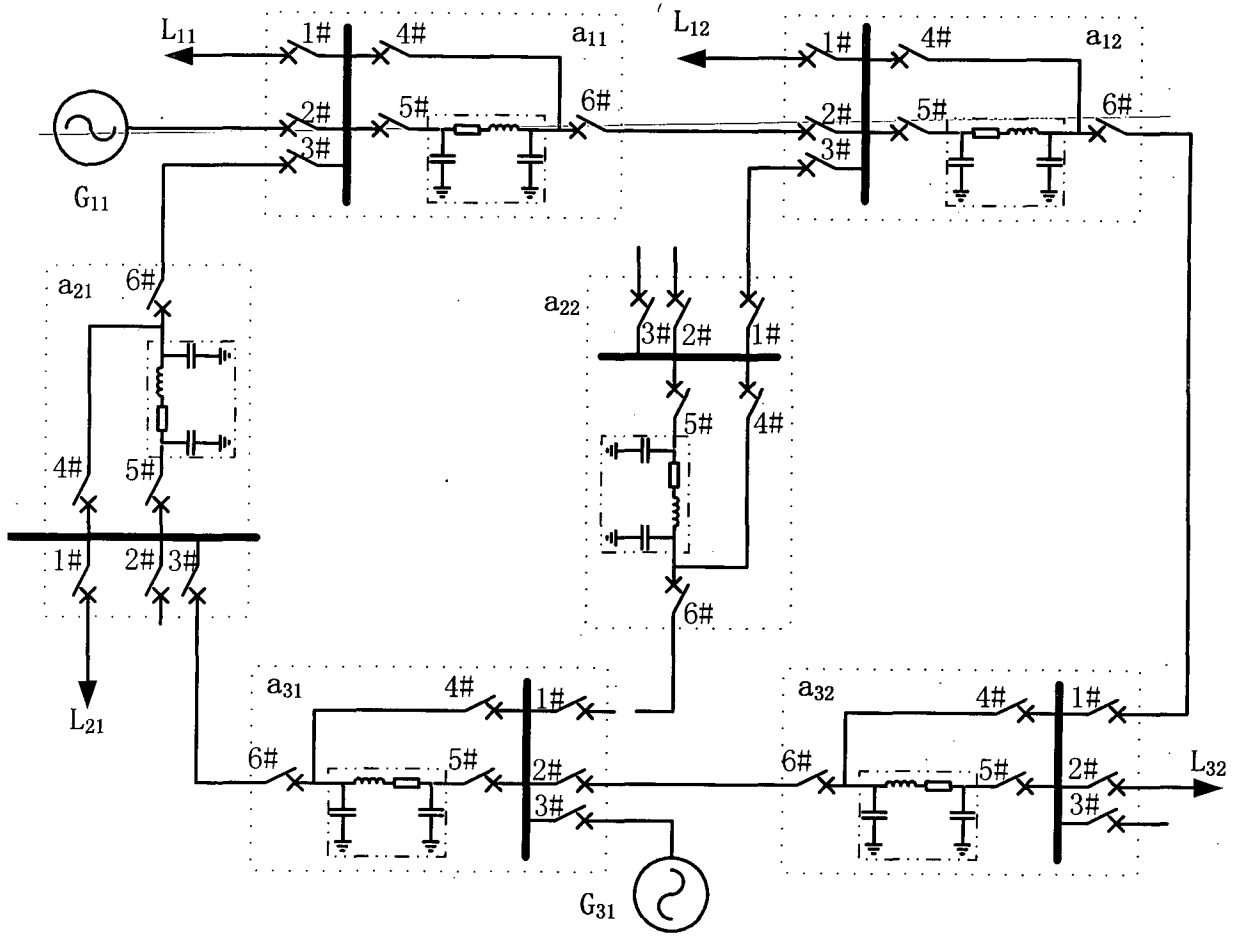


图 6

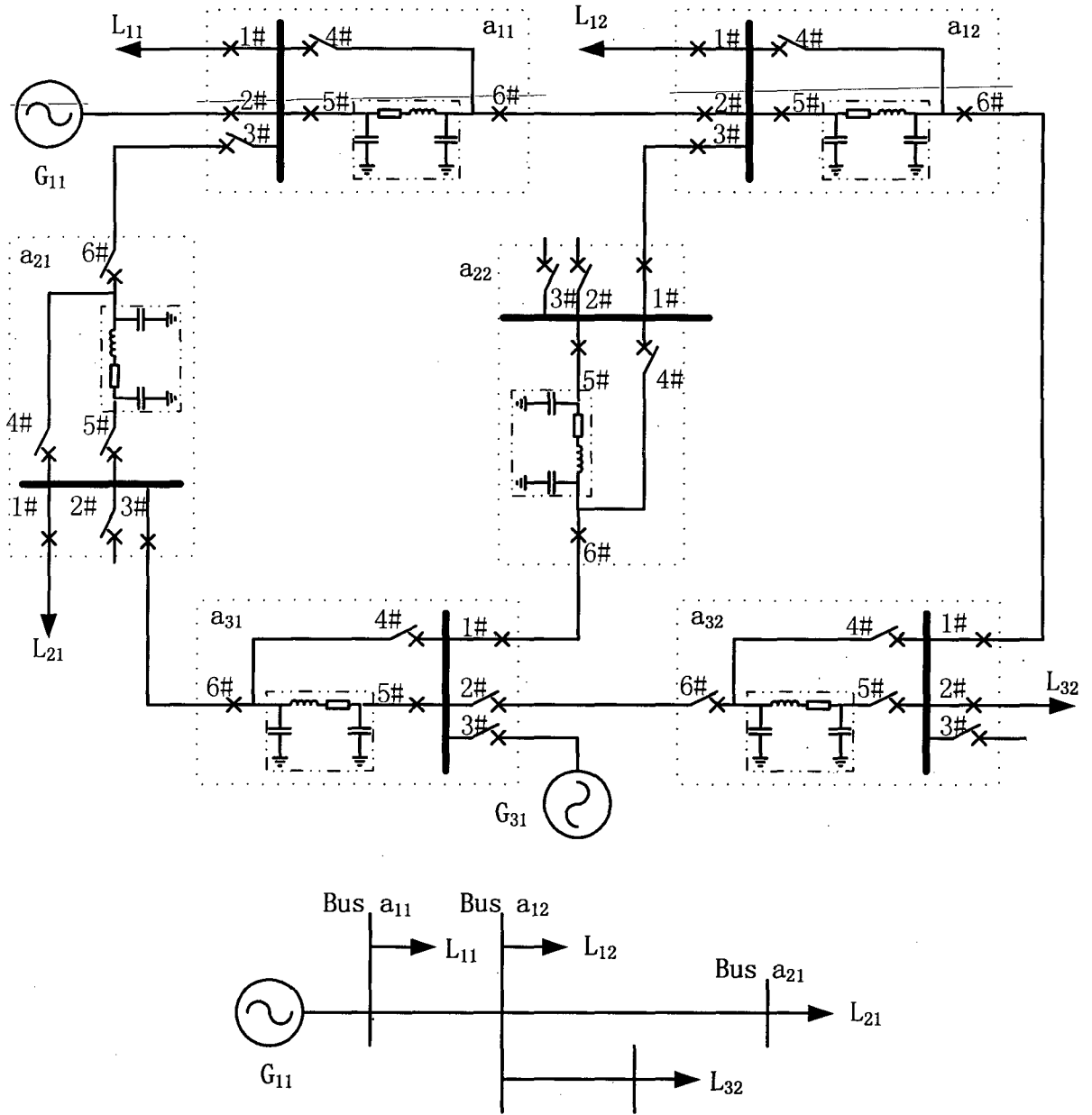


图 7

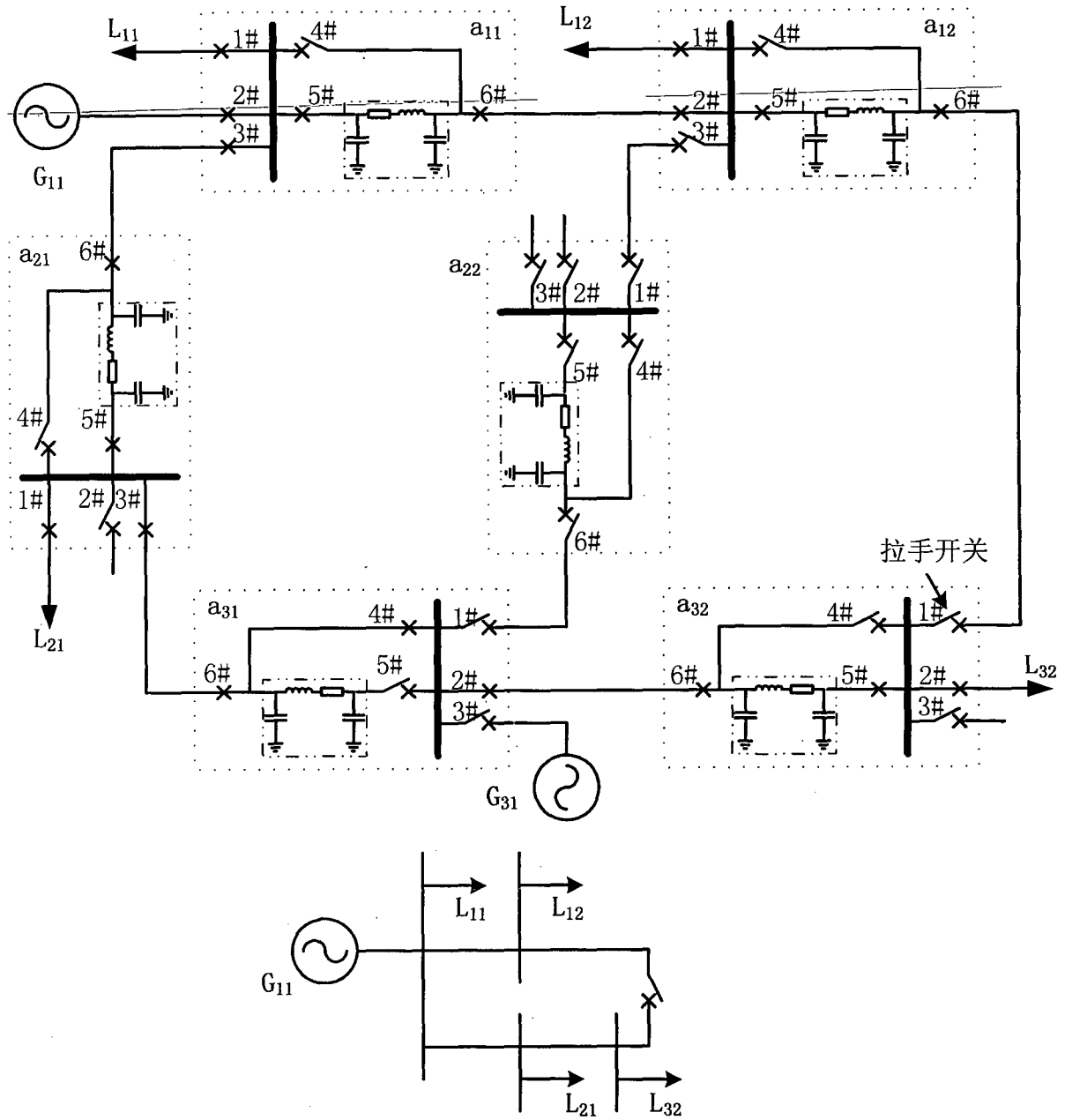


图 8

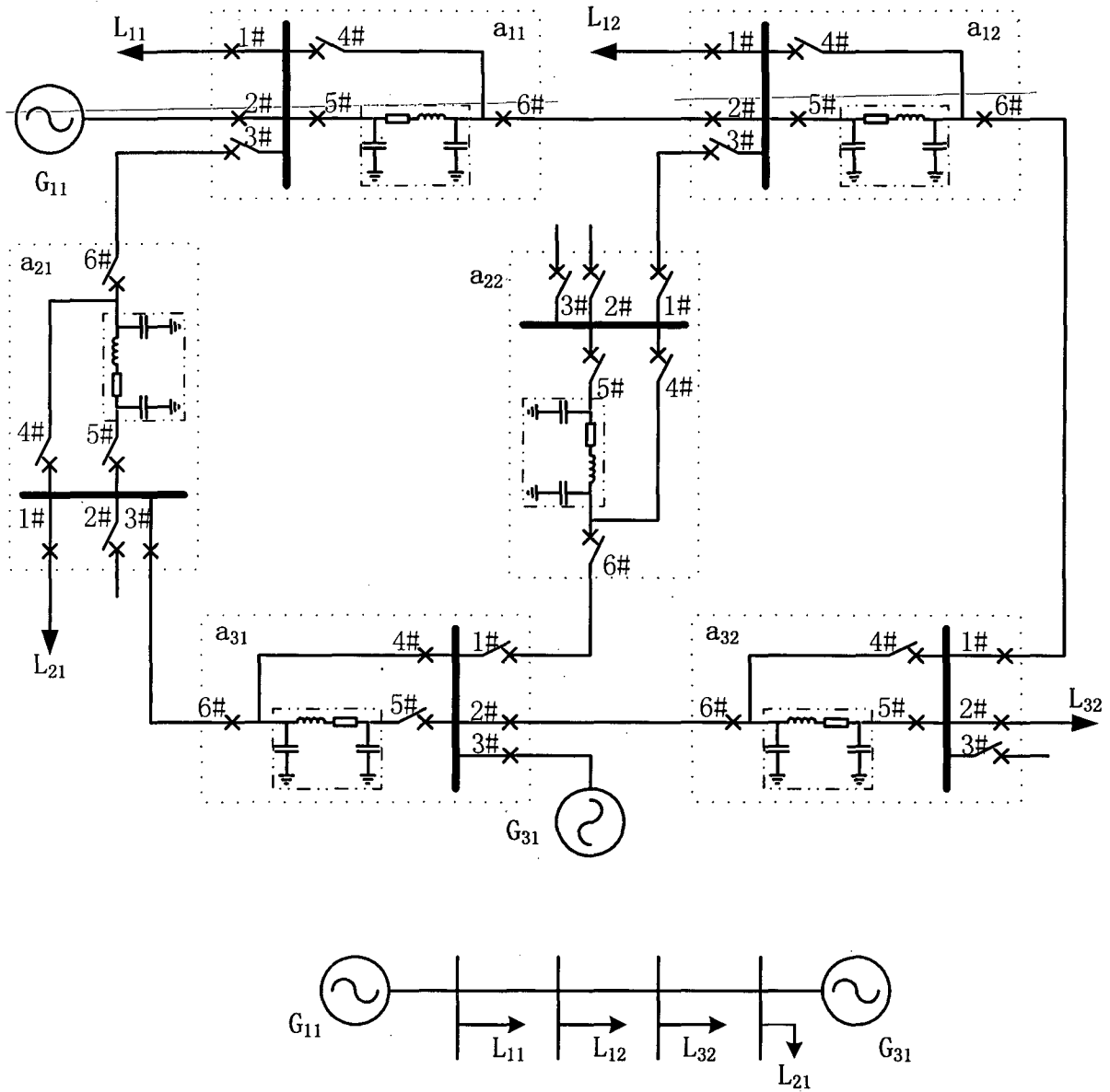


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2011/000890

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J 3/00 (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; G05B;G06F;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)

CNPAT,CNKI,WPI,EPODOC: Plug and play, grid, simulate,cabinet,electric system,voltage, current, monitor

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to
A	CN101944766A (CHINA ELECTRIC POWER RES. INST.), 12 Jan.2011(12.01.2011), the whole document	1-6
A	CN101826752A (STATE GRID ELECTRIC POWER RES. et al.),08 Sep. 2010(08.09.2010), the whole document	1-6
A	CN101799681A (LIU, Wenxiang),11 Aug.2010(11.08.2010),the whole document	1-6
A	US2009/0088907A1(GRIDPOINT INC.) 02 Apr.2009(02.04.2009), the whole document	1-6
A	WO2010/141859A1 (LEVITON MANUFACTURING CO., INC.), 09 Dec.2010(09.12.2010), the whole document	1-6

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&”document member of the same patent family</p>
--	--

<p>Date of the actual completion of the international search</p> <p style="text-align: center;">04 Jan.2012 (04.01.2012)</p>	<p>Date of mailing of the international search report</p> <p style="text-align: center;">01 Mar. 2012 (01.03.2012)</p>
<p>Name and mailing address of the ISA/CN</p> <p>The State Intellectual Property Office, the P.R.China</p> <p>6 Xitucheng Rd., Jimen Bridge, Haidian District, Beijing, China</p> <p>100088</p> <p>Facsimile No. 86-10-62019451</p>	<p>Authorized officer</p> <p style="text-align: center;">LIU, Dongsheng</p> <p>Telephone No. (86-10)62413378</p>

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2011/000890

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN101826752A	08.09.2010	NONE	
CN101944766A	12.01.2011	NONE	
CN101799681A	11.08.2010	NONE	
US2009/0088907A1	02.04.2009	WO2009/046132A1	09.04.2009
WO2010/141859A1	09.12.2010	NONE	

A. 主题的分类		
H02J 3/00 (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; G05B;G06F;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))		
CNPAT,CNKI,WPI,EPODOC:即插即用, 电网, 网格, 模拟, 仿真, 柜, 电力系统, 电压, 电流, 监控, Plug and play, grid, simulate,cabinet,electric system,voltage, current, monitor		
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	CN101944766A (中国电力科学研究院), 12.1 月 2011(12.01.2011),全文	1-6
A	CN101826752A (国网电力科学研究院等),08.9 月 2010(08.09.2010),全文	1-6
A	CN101799681A (刘文祥),11.8 月 2010(11.08.2010),全文	1-6
A	US2009/0088907A1(GRIDPOINT INC.) 02.4 月 2009(02.04.2009) 全文	1-6
A	WO2010/141859A1 (LEVITON MANUFACTURING CO., INC.), 09.12 月 2010(09.12.2010),全文	1-6
<input 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 04.1 月 2012 (04.01.2012)		国际检索报告邮寄日期 01.3 月 2012 (01.03.2012)
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		授权官员 <p style="text-align: center;">刘冬生</p> 电话号码: (86-10) 62413378

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2011/000890

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN101826752A	08.09.2010	无	
CN101944766A	12.01.2011	无	
CN101799681A	11.08.2010	无	
US2009/0088907A1	02.04.2009	WO2009/046132A1	09.04.2009
WO2010/141859A1	09.12.2010	无	