(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108648580 A
(43)申请公布日 2018.10.12

(21)申请号 201810454069.X

(22)申请日 2018.05.14

(71)申请人 国网江苏省电力有限公司连云港供电分公司
地址 222003 江苏省连云港市海州区幸福路1号
申请人 国家电网公司

(72)发明人 张长营 江苏 崔建胜 夏振雨 夏宏 胡林 阎诚 刘晗 杨紫涵

(74)专利代理机构 南京理工大学专利中心 32203
代理人 陈鹏

(51)Int.Cl.
G09B 23/18(2006.01)

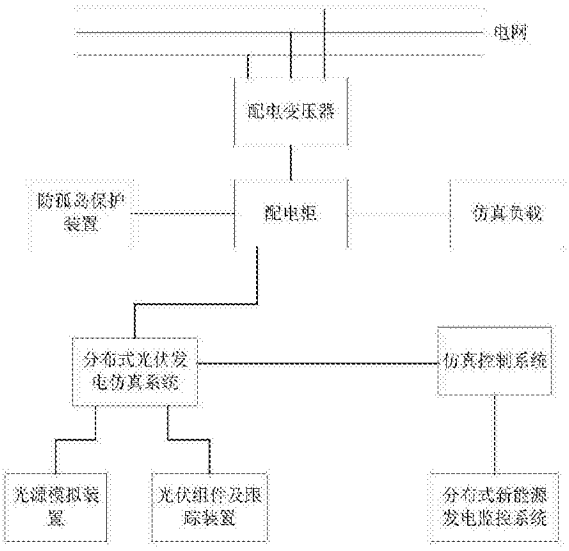
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

分布式光伏发电运维仿真实训系统

(57)摘要

本发明公开了一种分布式光伏发电运维仿真实训系统，包括分布式光伏发电监控系统、仿真控制系统、仿真配电变压器、配电柜、防孤岛保护装置箱、光源模拟装置、光伏组件及跟踪装置、分布式光伏发电仿真系统。本发明具备多种发电系统运行模式、计量模式的演示功能，系统连接的实操演练功能，发电系统孤岛效应及防孤岛保护的模拟与演示功能，模拟光照变化对光伏发电组件发电效率的影响。



CN 108648580 A

1.一种分布式光伏发电运维仿真实训系统，其特征在于，包括分布式光伏发电监控系统、仿真控制系统、配电变压器、配电柜、防孤岛保护装置箱、仿真负载、光源模拟装置、光伏组件及跟踪装置、分布式光伏发电仿真系统；

分布式光伏发电监控系统为系统运行控制提供人机交互的操作界面，采集系统各电气回路的电流、电压、有功、无功、功率因数、频率数据；采集开关位置信号，进行开关遥控操作；

仿真控制系统进行系统运行支撑数据的计算储存，同仿真实训系统包含的各个子装置进行通讯，实现控制指令、设置信息的发送；

配电变压器内置隔离变压器，为仿真实训系统提供经过隔离后的380V电源；

配电柜为配电变压器输出的电压进行电能分配；

防孤岛保护装置箱用于监视母线电压和测量电流；

光源模拟装置通过光照强度的调节，仿真太阳光照由弱到强以及由强的弱的变化；通过控制灯光角度，以模拟太阳的东升西落运行轨迹；

光伏组件及跟踪装置仿真光伏组件发电效率的变化，通过台体光伏组件电压表直观显示光伏组件输出电压；

分布式光伏发电仿真系统实现对光源模拟装置及跟踪装置的控制、光伏组件输出电压的模拟。

2.根据权利要求1所述的分布式光伏发电运维仿真实训系统，其特征在于，分布式光伏发电监控系统的监控界面展示多种信息，包括主进网线的电压、电流和频率，断路器开关状态，光伏组件的工作状态和工作数据，以及蓄电池组的相关数据。

3.根据权利要求1所述的分布式光伏发电运维仿真实训系统，其特征在于，配电变压器仿真10/0.38kV配变，安装于两根柱式仿真塔杆之间，内置0.38/0.38kV隔离变压器，给分布式光伏发电运维仿真实训系统提供经过隔离后的380V电源，提供系统运行所需要的工作电压。

4.根据权利要求1所述的分布式光伏发电运维仿真实训系统，其特征在于，配电柜包含1路交流总进断路器、2路交流输出断路器和1台仿真三相四线智能电能表；

变压器输出端经过仿真三相四线智能电能表后与交流总进断路器连接，然后一路分两路分别通过两个交流输出断路器与仿真负载、分布式光伏发电仿真系统相连。

5.根据权利要求1所述的分布式光伏发电运维仿真实训系统，其特征在于，光源模拟装置包括卤钨灯、灯杆、伺服器、步进电机和电动推杆；卤钨灯设置在灯杆上模拟太阳光，通过改变灯两端的电压实现对光照强度的调节，仿真太阳光照由弱到强以及由强的弱的变化；通过伺服器驱动步进电机和电动推杆来控制灯杆的左右、俯仰摆动，以模拟太阳的东升西落运行轨迹。

6.根据权利要求1所述的分布式光伏发电运维仿真实训系统，其特征在于，光伏组件及跟踪装置由2块100W的单晶硅太阳能电池板、1台立式双轴跟踪支架、光线控制器、控制箱组成，在光源模拟装置提供的模拟环境中，仿真光伏组件发电效率的变化，通过台体光伏组件电压表显示光伏组件输出电压；在光线控制器的控制下，跟踪支架跟随模拟太阳的摆动进行追日跟踪。

7.根据权利要求1所述的分布式光伏发电运维仿真实训系统，其特征在于，分布式光伏

发电仿真系统包括仿真单相电表、双向电能表、微型单相逆变器、控制器、仿真卸荷器、隔离刀闸、仿真双电源切换装置、仿真汇流箱、蓄电池组和用户负载；

仿真单相电表用于计量光伏所发电能；双向电能表用于计量并网电量；微型单相逆变器用于将光伏组件所发的直流电逆变为满足并网要求的交流电，并实现并网功能；仿真卸荷器是为了防止蓄电池过充，通过卸荷器把多余的电卸载掉；控制器能够对光伏发电进行调节和控制，一方面把调整后的能量送往逆变器，另一方面把多余的能量按蓄电池的特性曲线对蓄电池组进行充电；仿真双电源切换装置用于切换用户负载的供电电源，当电网失电时自动切换至光伏发电系统供电，反之，自动切换至电网供电；隔离刀闸用于将光伏发电系统与电网隔离；

光伏组件所发电能经过仿真汇流箱汇入控制器，通过控制器的调节和控制后，一部分为蓄电池组充电，一部分输入微型单相并网逆变器，多余电能则流入仿真卸荷器；逆变器将满足并网要求的交流电输入仿真单相电表用于计量光伏所发电能；然后仿真电能表分别与仿真双电源切换装置、双向电能表连接，双向电能表经过隔离刀闸与电网连接，仿真双电源切换装置与负载连接。

分布式光伏发电运维仿真实训系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种运维仿真实训系统，具体涉及一种分布式光伏发电运维仿真实训系统。

背景技术

[0002] 分布式新能源是清洁能源，是指在自然界中可以不断再生、永续利用、取之不尽、用之不竭的资源，它对环境无害或危害极小，而且资源分布广泛，适宜就地开发利用，是一种能与环境相兼容的独立电源系统，具有灵活的变负荷性调峰性能，能满足电力系统和用户的特殊要求，可为边远用户或商业区提供较高的供电可靠性，节省输变电投资，是缓解我国能源问题、解决我国环境污染和保障我国电力安全的重要途径之一。

[0003] 基于可再生能源的分布式新能源发电是国民经济可持续发展战略和环境保护的重要组成部分。这就要求电力系统运维人员对新能源发电原理和操作规范有更加清晰地认识。然而，目前的关于新能源发电的培训类产品实际操作性较低，重在对发电原理和流程的演示。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种分布式光伏发电运维仿真实训系统。

[0005] 实现本发明目的的技术解决方案为：一种分布式光伏发电运维仿真实训系统，包括分布式光伏发电监控系统、仿真控制系统、配电变压器、配电柜、防孤岛保护装置箱、仿真负载、光源模拟装置、光伏组件及跟踪装置、分布式光伏发电仿真系统；

[0006] 分布式光伏发电监控系统为系统运行控制提供人机交互的操作界面，采集系统各电气回路的电流、电压、有功、无功、功率因数、频率数据；采集开关位置信号，进行开关遥控操作；

[0007] 仿真控制系统进行系统运行支撑数据的计算储存，同仿真实训系统包含的各个子装置进行通讯，实现控制指令、设置信息的发送；

[0008] 配电变压器内置隔离变压器，为仿真实训系统提供经过隔离后的380V电源；

[0009] 配电柜为仿真配电变输出的电压进行电能分配；

[0010] 防孤岛保护装置箱用于监视母线电压和测量电流；

[0011] 光源模拟装置通过光照强度的调节，仿真太阳光照由弱到强以及由强的弱的变化；通过控制灯光角度，以模拟太阳的东升西落运行轨迹；

[0012] 光伏组件及跟踪装置仿真光伏组件发电效率的变化，通过台体光伏组件电压表直观显示光伏组件输出电压；

[0013] 分布式光伏发电仿真系统实现对光源模拟装置及跟踪装置的控制、光伏组件输出电压的模拟。

[0014] 进一步的，分布式光伏发电监控系统的监控界面展示多种信息，包括主进网线的电压、电流和频率，断路器开关状态，光伏组件的工作状态和工作数据，以及蓄电池组的相

关数据。

[0015] 进一步的，配电变压器仿真10/0.38kV配变，安装于两根柱式仿真塔杆之间，内置0.38/0.38kV隔离变压器，给分布式光伏发电运维仿真实训系统提供经过隔离后的380V电源，提供系统运行所需要的工作电压。

[0016] 进一步的，配电柜包含1路交流总进断路器、2路交流输出断路器和1台仿真三相四线智能电能表；

[0017] 配电变压器输出端经过仿真三相四线智能电能表后与交流总进断路器连接，然后一路分两路分别通过两个交流输出断路器与仿真负载、分布式光伏发电仿真系统相连；防孤岛保护装置通过采集输出断路器处的状态与电能信息，并对其进行分析处理从而进行相应动作；

[0018] 交流总进断路器改变系统运行方式，控制系统潮流运算，交流输出断路器改变分支线路运行方式，控制分支线路潮流运算；

[0019] 仿真三相四线智能电能表采集系统用电信息，将用电信息以RS485的方式上传至仿真监控系统并接收仿真监控系统所发送的数据。

[0020] 进一步的，光源模拟装置包括卤钨灯、灯杆、伺服器、步进电机和电动推杆；卤钨灯设置在灯杆上模拟太阳光，通过改变灯两端的电压实现对光照强度的调节，仿真太阳光照由弱到强以及由强的弱的变化；通过伺服器驱动步进电机和电动推杆来控制灯杆的左右、俯仰摆动，以模拟太阳的东升西落运行轨迹。

[0021] 进一步的，光伏组件及跟踪装置由2块100W的单晶硅太阳能电池板、1台立式双轴跟踪支架、光线控制器、控制箱组成，在光源模拟装置提供的模拟环境中，仿真光伏组件发电效率的变化，通过台体光伏组件电压表显示光伏组件输出电压；在光线控制器的控制下，跟踪支架跟随模拟太阳的摆动进行追日跟踪。

[0022] 进一步的，分布式光伏发电仿真系统包括仿真单相电表、双向电能表、微型单相逆变器、控制器、仿真卸荷器、隔离刀闸、仿真双电源切换装置、仿真汇流箱、蓄电池组和用户负载；

[0023] 仿真单相电表用于计量光伏所发电能；双向电能表用于计量并网电量；微型单相逆变器用于将光伏组件所发的直流电逆变为满足并网要求的交流电，并实现并网功能；仿真卸荷器是为了防止蓄电池过充，通过卸荷器把多余的电卸载掉；控制器能够对光伏发电进行调节和控制，一方面把调整后的能量送往逆变器，另一方面把多余的能量按蓄电池的特性曲线对蓄电池组进行充电；仿真双电源切换装置用于切换用户负载的供电电源，当电网失电时自动切换至光伏发电系统供电，反之，自动切换至电网供电；隔离刀闸用于将光伏发电系统与电网隔离；

[0024] 光伏组件所发电能经过仿真汇流箱汇入控制器，通过控制器的调节和控制后，一部分为蓄电池组充电，一部分输入微型单相并网逆变器，多余电能则流入仿真卸荷器；逆变器将满足并网要求的交流电输入仿真单相电表用于计量光伏所发电能；然后仿真电能表分别与仿真双电源切换装置、双向电能表连接，双向电能表经过隔离刀闸与电网连接，仿真双电源切换装置与负载连接。

[0025] 本发明与现有技术相比，其显著优点为：分布式光伏发电运维仿真实训系统针对从事分布式光伏发电相关的运维服务、营销管理、综合服务、用户代维人员设计开发。具备

多种发电系统运行模式、计量模式的演示功能，不同发电系统设备的选型以及系统连接的实操演练功能，发电系统孤岛效应及防孤岛保护等保护现象的模拟与演示功能，模拟光照变化对光伏发电组件发电效率的影响。

附图说明

[0026] 图1为本发明的分布式光伏发电运维仿真实训系统原理框图。

[0027] 图2为本发明的配电柜接线原理图。

[0028] 图3为本发明的分布式光伏发电仿真系统图。

具体实施方式

[0029] 下面结合附图对本发明做进一步详细说明。

[0030] 结合图1，一种分布式光伏发电运维仿真实训系统，包括分布式光伏发电监控系统、仿真控制系统、配电变压器、配电柜、防孤岛保护装置箱、光源模拟装置、光伏组件及跟踪装置、分布式光伏发电仿真系统；

[0031] 分布式光伏发电监控系统为系统运行控制提供人机交互的操作界面，采集系统各电气回路的电流、电压、有功、无功、功率因数、频率等遥测数据；采集开关位置信号；进行开关遥控操作；进行系统运行模式控制；与控制器、逆变器等设备传输信息，相关数据进行采集，设备运行监视、设置模式；进行历史数据存储，数据统计分析，报表功能等。可以根据监控界面清晰了解到多种信息：包括主进网线的电压、电流和频率；断路器开关状态；光伏组件的工作状态和工作数据；以及蓄电池组的相关数据。为使用户更好的把握整体数据走势，采用线条，柱状图，饼状图，曲线图，动态潮流图直观展示。在人机交互界面，实时显示系统接线图，浏览采样值，浏览开关量状态，查询各部分主要工作数据，记录故障数据、操作记录等。

[0032] 仿真控制系统进行系统运行支撑数据的计算储存。同仿真实训系统包含的各个子装置进行通讯，实现支撑数据、控制指令、设置信息的发送；

[0033] 配电变压器仿真10/0.38kV配变，仿真配变外观，安装于两根柱式仿真塔杆之间，内置0.38/0.38kV隔离变压器，给分布式光伏发电运维仿真实训系统提供经过隔离后的380V电源，提供系统运行所需要的工作电压。保证人身安全，减少仿真发电系统对真实配电网的影响。

[0034] 结合图2，配电柜将仿真配电变输出的电压进行电能分配，含1路交流总进断路器和2路交流输出断路器，1台仿真三相四线智能电能表WT-F05，仿真电能表同仿真监控系统通过RS485接口通讯，实现电能表数据的采集；仿真监控系统对当前分布式光伏发电运维仿真实训系统各节点的工作状态和运行模式进行数据分析、潮流运算，将仿真电能表显示电气量信息修改为运行结果值，实现发电系统电能计量数据的模拟。通过与终端用户发电计量箱、用户计量箱数据分析比较，实现分布式光伏系统发电设备接入系统后对电网电压波动、电网质量影响模拟。通过智能电压、电流源模拟电网电压、频率、谐波、功率因数变化，仿真配电系统电能质量监测装置显示数据的模拟。柜体本身可进行装表接电技能训练；

[0035] 防孤岛保护装置箱具备孤岛跳闸和孤岛恢复远方合闸功能，系统运行中，该装置不断监视母线电压和测量电流，具有对异常电流和电压报警功能，配合虚负荷电压电流源

实现如下保护功能。

[0036] 过电压跳闸、低电压跳闸、有压自动合闸、过频率跳闸、低频率跳闸、瞬时逆功率判别跳闸、防孤岛保护判别、可选择的自动恢复合闸功能。

[0037] 光源模拟装置采用仿太阳光的500W卤钨灯模拟太阳光，通过改变灯两端的电压实现对光照强度的调节，仿真太阳光照由弱到强以及由强的弱的变化；通过伺服器驱动步进电机和电动推杆来控制灯杆的左右、俯仰摆动，以模拟太阳的东升西落运行轨迹。给光伏组件及跟踪装置的工作提供模拟的运行环境。

[0038] 光伏组件及跟踪装置由2块100W的单晶硅太阳能电池板、1台立式双轴跟踪支架、光线控制器、控制箱组成，在光源模拟装置提供的模拟环境中，仿真光伏组件发电效率的变化，通过台体光伏组件电压表直观显示光伏组件输出电压。在光线控制器的控制线，跟踪支架跟随模拟太阳的摆动进行追日跟踪，最大程度的使太阳能电池板接受最大范围的光照强度与时间。可进行自动跟踪功能的演示及控制原理的培训。

[0039] 结合图3，分布式光伏发电仿真系统以台体形式展示，采用仿真单相电表、微型单相逆变器、控制器、仿真卸荷器、隔离刀闸、仿真双电源切换装置、仿真汇流箱等组成，以光伏发电为主，柜体面板预先配好多种运行模式电缆接线，通过关键节点转换短接连片，实现不同运行模式的切换，可灵活展示光伏并网全额上网运行模式、光伏并网余电上网模式、光伏离网运行模式等，均可进行含储能和不含储能运行演示，采用XC3-60R-E PLC控制模块控制台体面板内置LED指示灯点亮的形式进行展示，显示多种运行模式下带电路径。柜体同光源模拟机跟踪装置采用航空插头对接，减少现场施工，面板设置有光源位置调节按钮、光源强度转换开关、运行模式选择按钮、直流电源模块，实现远方对光源模拟装置及跟踪装置的控制、光伏组件输出电压的模拟。利用直流电源模块实现直流过压、欠压时控制器、逆变器保护动作的模拟。

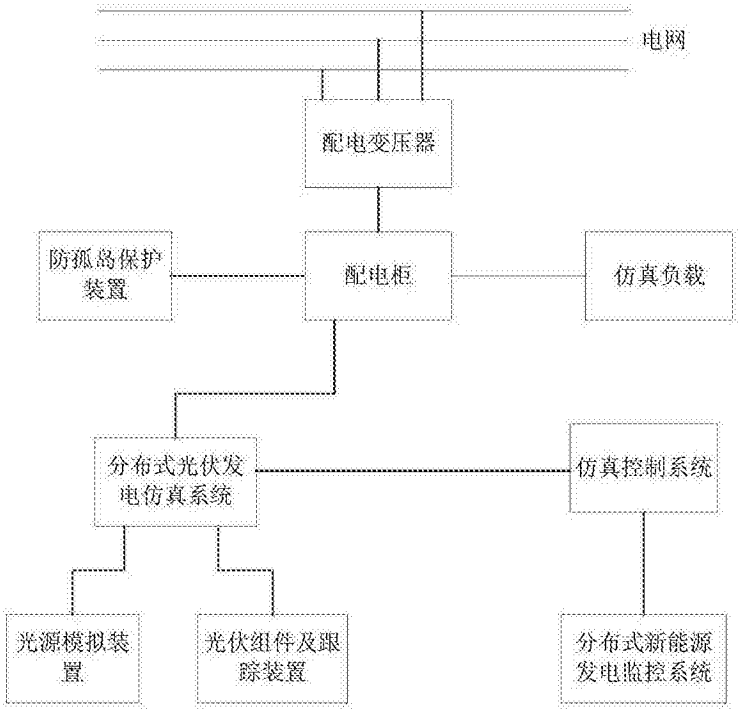

电网
配电变压器
防孤岛保护装置
配电柜
仿真负载
分布式光伏发电仿真系统
仿真控制系统
光源模拟装置
光伏组件及跟踪装置
分布式新能源发电监控系统

图1

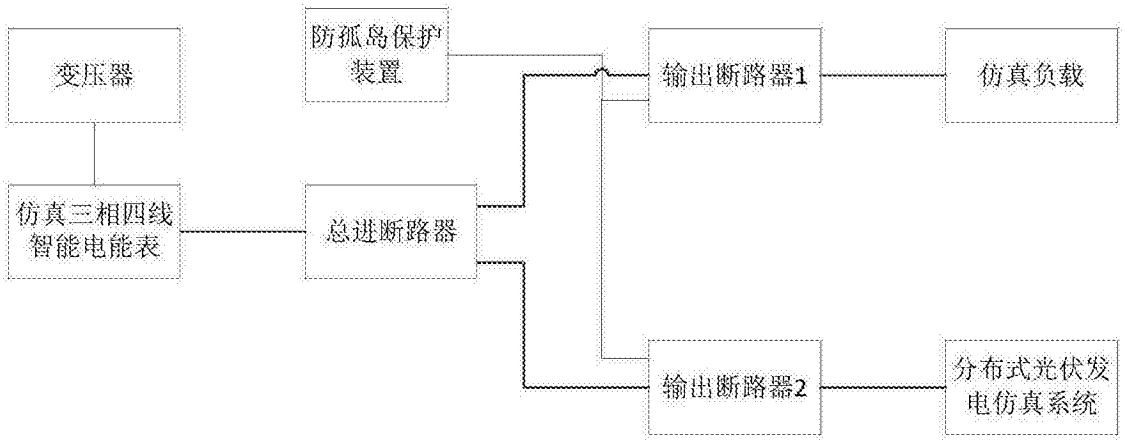

变压器
防孤岛保护装置
输出断路器1
仿真负载
仿真三相四线智能电能表
总进断路器
输出断路器2
分布式光伏发电仿真系统

图2

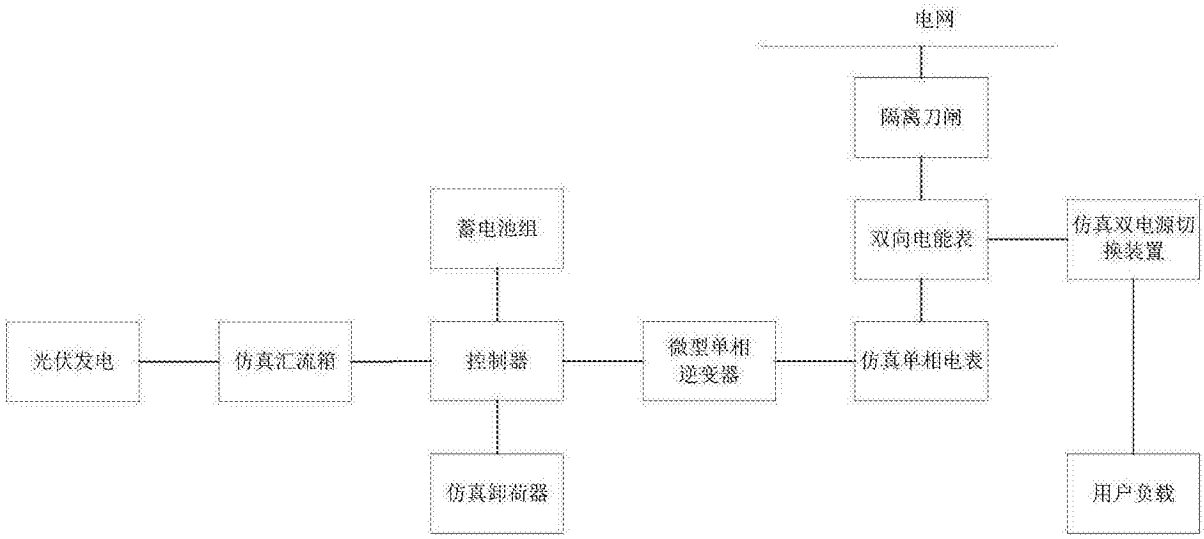

电网
隔离刀闸
蓄电池组
双向电能表
仿真双电源切换装置
光伏发电
仿真汇流箱
控制器
微型单相逆变器
仿真单相电表
仿真卸荷器
用户负载

图3