(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 204168234 U
(45)授权公告日 2015.02.18

(21)申请号 201420691588.5

(22)申请日 2014.11.18

(73)专利权人 湖北工业大学
地址 430068 湖北省武汉市武昌区南湖李家墩1村1号

(72)发明人 吕辉 盛飞 陈敬杰 黄楚云 刘文 官成钢

(74)专利代理机构 武汉科皓知识产权代理事务所(特殊普通合伙) 42222
代理人 赵丽影 肖明洲

(51)Int.Cl.
H02S 50/00(2014.01)

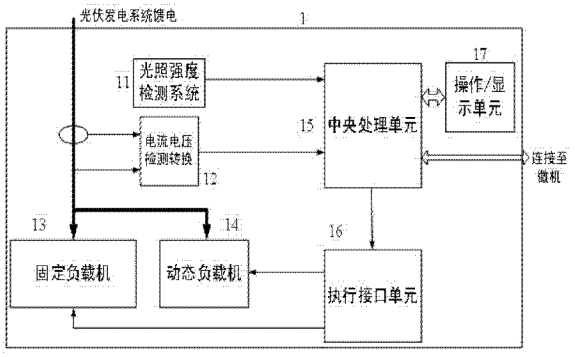
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54)实用新型名称

一种光伏发电系统的能效检测仪

(57)摘要

本实用新型提供一种光伏发电系统的能效检测仪，包括光照强度检测系统(11)、电流电压检测转换电路(12)、固定负载机(13)、动态负载机(14)、中央处理单元(15)、执行接口单元(16)、操作显示单元(17)；其连接关系是：中央处理单元(15)分别与光照强度检测系统(11)、电流电压检测转换电路(12)、执行接口单元(16)、操作/显示单元(17)相连；执行接口单元(16)分别与固定负载机(13)、动态负载机(14)相连。该检测仪可测量不同容量等级、不同输出方式的光伏系统，该检测仪在现场安装、操作简单。



CN 204168234 U

1. 一种光伏发电系统的能效检测仪，其特征在于：包括光照强度检测系统（11）、电流电压检测转换电路（12）、固定负载机（13）、动态负载机（14）、中央处理单元（15）、执行接口单元（16）、操作显示单元（17）；其连接关系是：中央处理单元（15）分别与光照强度检测系统（11）、电流电压检测转换电路（12）、执行接口单元（16）、操作 / 显示单元（17）相连；执行接口单元（16）分别与固定负载机（13）、动态负载机（14）相连。

2. 根据权利要求 1 所述的一种光伏发电系统的能效检测仪，其特征在于：所述光照强度检测系统（11）包括追日系统、支架、圆筒、光电传感器；所述追日系统包括太阳跟踪器、电机、跟踪传感器，其控制支架旋转使圆筒内始终有光照射进来；所述圆筒固定在支架上，支架设置在地面上；所述光电传感器安装在圆筒的底部，圆筒的顶部用玻璃片密封。

3. 根据权利要求 1 所述的一种光伏发电系统的能效检测仪，其特征在于：所述固定负载机包括固定大功率电阻器（131）、固定半功率电阻器（132）、大功率电子开关（133）、功率开关控制器（134）；固定大功率电阻器（131）、固定半功率电阻器（132）分别与大功率电子开关（133）连接；大功率电子开关（133）与功率开关控制器（134）连接。

4. 根据权利要求 1 所述的一种光伏发电系统的能效检测仪，其特征在于：所述固定负载机包括多个固定的电阻负载。

一种光伏发电系统的能效检测仪

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种能源设备中的检测仪，尤其涉及一种用于光伏发电系统的能效检测仪。

背景技术

[0002] 随着化石能源价格的不断上涨和供应的日趋紧张，全球对新能源的需求日趋增长。随着环境问题日益突出，绿色发展理念逐渐深入人心，全球经济的发展方向和导航标已然转向低碳经济，太阳能光伏产业受到世界各国的重视。太阳能是未来最清洁、安全和可靠的能源，发达国家正在把太阳能的开发利用作为能源革命主要内容长期规划，光伏产业正日益成为国际上继 IT、微电子产业之后又一 爆炸式发展的行业。

[0003] 一般太阳能光伏发电系统包括太阳能电池组件及电源转换系统。太阳能电池组件通过光伏效应将太阳光能转换为直流电流，电源转换系统则将直流电流转换为可供用户方便使用的直流电源或交流电源。太阳能光伏发电系统一个很重要的指标是光电转换效率，目前通用的测试方法是在标准光强下对太阳能电池组件进行电池转换效率测试，测试项目一般包括电池组件的开路电压、短路电流、最大功率、最大功率值时的输出电压、输出电流等参数。电池组件的这些参数一般在工厂进行测试，而光伏发电系统作为一个工作在户外的能源转换系统，其转换效率不仅与光伏组件的转换效率有关，还受到电源转换系统效率及最大功率点跟踪(MPPT)的影响。为了对光伏发电系统的效率有一个更全面客观的评价，必须对整个光伏发电系统的效率进行全天候的测试，这样才能反映该系统在现场使用的效果。

[0004] 测试电源的最大输出功率一般采用电子负载机，但当电源的输出功率较大时，就需要配备容量较大的电子负载机，这是很不经济的。如果让固定负载承载大部分功率，而电子负载机只承载小部分功率，通过对电子负载的调节使整个电源的输出功率始终保持在最大值，这样就能保证测试是有效的且是经济的。

实用新型内容

[0005] 本实用新型的目的就在于提供一种能够方便检验光伏发电系统整体光电转换效率的检测仪，该检测仪可测量不同容量等级、不同输出方式的光伏系统，该检测仪在现场安装、操作简单。

[0006] 为解决上述技术问题，本实用新型采用如下技术方案 ：

[0007] 一种光伏发电系统的能效检测仪，包括光照强度检测系统(11)、电流电压检

[0008] 测转换电路(12)、固定负载机(13)、动态负载机(14)、中央处理单元(15)、执行接口单元(16)、操作显示单元(17)；其连接关系是 ：中央处理单元(15) 分别与光照强度检测系统(11)、电流电压检测转换电路(12)、执行接口单元(16)、操作 / 显示单元(17)相连 ；执行接口单元(16) 分别与固定负载机(13)、动态负载机(14) 相连。

[0009] 所述光照强度检测系统(11) 包括追日系统、支架、圆筒、光电传感器 ；所

[0010] 述追日系统包括太阳跟踪器、电机、跟踪传感器，其控制支架旋转使圆筒内始终有光照射进来；所述圆筒固定在支架上，支架设置在地面上；所述光电传感器安装在圆筒的底部，圆筒的顶部用玻璃片密封。

[0011] 所述固定负载机包括固定大功率电阻器（131）、固定半功率电阻器（132）、

[0012] 大功率电子开关（133）、功率开关控制器（134）；固定大功率电阻器（131）、固定半功率电阻器（132）分别与大功率电子开关（133）连接；大功率电子开关（133）与功率开关控制器（134）连接。

[0013] 所述固定负载机包括多个固定的电阻负载。

[0014] 与现有技术相比，本实用新型具有下列优点和积极效果：

[0015] ①本实用新型实现了对光伏发电系统整体转换效率进行能效测试的要求，解决了以前只能对光伏发电系统中的部分部件进行单独测量的缺陷；

[0016] ②本实用新型负载测试中采用了固定负载机和动态负载机共同作为负载的测试方法，投入成本低，且对光伏发电系统的容量没有要求，适应面广；

[0017] 总之，本检测仪能够方便地检测光伏发电系统的能量转换效率，投入成本低，适应面广，适用于光伏发电系统的整体鉴定和现场评估。

附图说明

[0018] 图 1 是本检测仪的结构方框图；

[0019] 图 2 光照强度检测系统；

[0020] 图 3 固定负载机结构图；

[0021] 图 4 中央处理单元处理流程；

[0022] 图 5 能效检测仪上位机界面；

[0023] 图 6 能效检测仪测试数据截图；

[0024] 图 7 发电系统能效检测仪测试结果；

[0025] 其中，1—能效检测仪； 11—光照强度检测系统；12—电流电压转换电路；13—固定负载机；14—动态负载机；15—中央处理单元；16—执行接口单元；17—操作 / 显示单元；111- 追日系统；112- 支架；113- 圆筒；114- 光电传感器；115- 信号输出；131—固定大功率电阻器；132—固定半功率电阻器；133—大功率电子开关；134—功率开关控制器；135—光伏发电系统的电源输出母线。

具体实施方式

[0026] 下面结合附图所示的实施例对本实用新型作进一步说明。

[0027] 如图 1 所示，本实用新型的能效检测仪 1 由光照强度检测系统 11、电流电压检测转换 12、固定负载机 13、动态负载机 14、中央处理单元 15、执行接口单元 16、操作显示单元 17 组成。

[0028] 其连接关系是：中央处理单元 15 分别与光照强度检测系统 11、电流电压检测转换 12、执行接口单元 16、操作 / 显示单元 17 相连；执行接口单元 16 还分别与固定负载机 13、动态负载机 14 相连。

[0029] 1—能效检测仪（本实用新型），用于对整个光伏发电系统的效率进行检测与评估。

[0030] 11—光照强度检测系统，用于检测太阳光的实时光强度值，并将光强度值输送给中央处理单元 15。

[0031] 12—电流电压转换电路，检测光伏发电系统馈线上的电流电压值并输送给中央处理单元 15。

[0032] 13—固定负载机，由并联的电阻负载组成，通过切换电阻片组合可生成不同功率的固定负载。

[0033] 14—动态负载机，动态负载机为电子负载机，中央处理单元 15 通过指令对动态负载机进行控制，使固定负载机和动态负载机的并行功率处于最大值。

[0034] 15—中央处理单元，收集外部状态信号并通过执行接口单元控制固定负载机和动态负载机，使两者的并行负载功率达到最大值为电子负载机，中央处理单元 15 通过指令对动态负载机进行控制，使固定负载机和动态负载机的并行功率处于最大值；同时该中央处理单元还负责和微机进行通讯，通过微机界面也可以对检测仪进行操作。

[0035] 16—执行接口单元，用于将中央处理单元 15 的指令输送给固定负载机和动态负载机。

[0036] 17—操作 / 显示单元，用于对检测仪进行操作及读取相关数据，实现人机对话。

[0037] 设计原理：

[0038] 检测仪的核心部分为采用固定负载机和动态负载机并行进行最大功率检测的方法，其中固定负载机通过开关切换改变其接入电路的功耗并消耗发电系统的大部分功率，动态负载机则更精确的检测剩余部分的功率。光照强度检测系统检测太阳光强度大小，根据检测到的最大功率和太阳光强度大小，再结合发电系统装机面积便可检测出光伏发电系统的转换效率。

[0039] 工作原理：

[0040] 太阳辐射强度在一天中是变化的。早晨日出后，当太阳辐射强度达到一定值后，太阳能电池的输出功率大于太阳能光伏发电系统自身消耗所需的功率后，太阳能光伏发电系统开始向外输出功率。动态负载机 14 开始从最小功率启动，中央处理单元 15 根据电流电压检测转换单元 12 传回的电流电压值计算此时动态负载机上消耗的功率。为了使动态负载机工作在最大功率点，中央处理单元 15 根据动态负载机消耗的功率数据，输出相应的指令给执行接口单元 16，动态负载机 14 根据执行接口单元 16 的指令调整负载大小，使动态负载机工作在最大功率点。随着太阳光的强度增大，光伏发电系统输出的功率也在增大，当输出功率大于动态负载机所能承受的功率时，固定负载机的部分负载开始投运。固定负载机由多个固定负载组成，所需投入的固定负载和光伏发电系统的输出功率相关。随着光照强度的减弱，固定负载机的负载逐步切除。当太阳光强度减小到光伏发电系统无功率输出时，固定负载机和动态负载机也被自动切除。

[0041] 由于能效检测仪的光照强度检测系统能够 24 小时实时记录太阳能光照强度，固定负载机和动态负载机也能 24 小时跟踪光伏发电系统的最大输出功率点，通过对两者实时能量值进行 24 小时积分，再通过对两者的总能量进行比对，就可以得出光伏发电系统 24 小时工作的平均转换效率。

[0042] 如图 2 所示，光照强度检测系统 11 由光电传感器、圆筒、旋转支架、追日系统构成。

[0043] 111- 追日系统，由太阳跟踪器、电机、跟踪传感器构成，控制支架旋转使圆筒内始

终有光照射进来。

[0044] 112- 支架，将圆筒固定在支架上，支架可固定在地面上。

[0045] 113- 圆筒，有了圆筒，对准太阳后只有太阳的直射光才能照到光电传感器上，避免散色光的影响。

[0046] 114- 光电传感器，安装在长圆筒的底部，顶部用玻璃片密封。

[0047] 115- 信号输出。

[0048] 太阳光从圆筒顶部直射进来照到传感器上，光电传感器输出模拟信号，该信号经过放大与滤波后、A/D 转换成数字信号后，输入到中央处理单元 15，将得到的数字信号进行处理并计算出光照强度值，该转换方法，根据标准的光照检测系统进行标定得出。

[0049] 电流电压检测转换电路 12 分别由电流传感器和电压传感器组成。电流传感器采用霍尔传感器，能够检测直流电流或交流电流，适应直流发电系统和交流发电系统。电流传感器和电压传感器均采用隔离技术使控制单元和主回路隔离。

[0050] 如图 3 所示，固定负载机由多个固定的电阻负载组成；一般在进行固定负载投切时，根据光伏发电系统输出的功率大小来决定需要投切的电阻器的个数。功率开关控制器 134 接受外部指令，确定电子开关 133 的闭合状态。为了减少投切过程中的功率跃变，在负载机中配置了一个半功率电阻 132，可以增加切换步进，使切换过程更加平稳。

[0051] 动态负载机 14

[0052] 中央处理单元通过执行接口，实时的控制动态负载机负载能耗情况，并保存电压、电流以及功率等数据，以便做进一步的分析处理。

[0053] 中央处理单元 15

[0054] 中央处理单元 15 为整个系统的控制核心部分，包括数据测量、分析计算、执行输出以及显示等。其工作流程如图 4 所示。

[0055] 151- 从光照强度检测系统（11）中获取光照强度数据。并计算出光照强度值

[0056] 152- 从电压电流检测采集电压电流数据，计算出功率。

[0057] 153- 根据光照指数以及负载消耗的功率指数，计算固定负载接入功率以及动态负载的控制方式。

[0058] 154-MCU 发出的指令经过执行接口输出到负载。

[0059] 155- 接受 MCU 的控制，固定负载功率不变，动态负载测试功率。

[0060] 156- 显示输出相关参数以及输入 MCU 的控制信号。

[0061] 157- 完成一个循环，返回。

[0062] 在确定固定负载功率的过程中，先关闭动态负载，固定负载从小逐渐增大的过程中实时采集对应的实际消耗功率，找出大致的最大功率点。再启动动态负载，找出更精确的最大功率点。从而计算出发电系统的能效。

[0063] 执行接口 16 作为固定负载机和动态负载机的驱动部分，在收到中央处理单元的指令后，直接调整固定负载机和控制动态负载机的工作方式。

[0064] 操作 / 显示单元 17 作为人机交互界面，包含显示界面和操作输入两部分。显示界面显示当前测量的能效值大小和电压、电流等数据。通过操作输入部分可以改变检测仪的工作方式。

[0065] 光伏发电系统能效检测仪测试结果：

[0066] 使用该能效检测仪，上位机软件通过通信接口与能效仪进行通信，将能效仪检测到的数据保存起来，上位机软件显示界面如图 5 所示。

[0067] 通过对光伏发电系统一天中四个小时的能效检测，获得如图 6 表格所示的数据；经过分析，使用该能效检测仪测得发电系统的能效结果如图 7 所示。

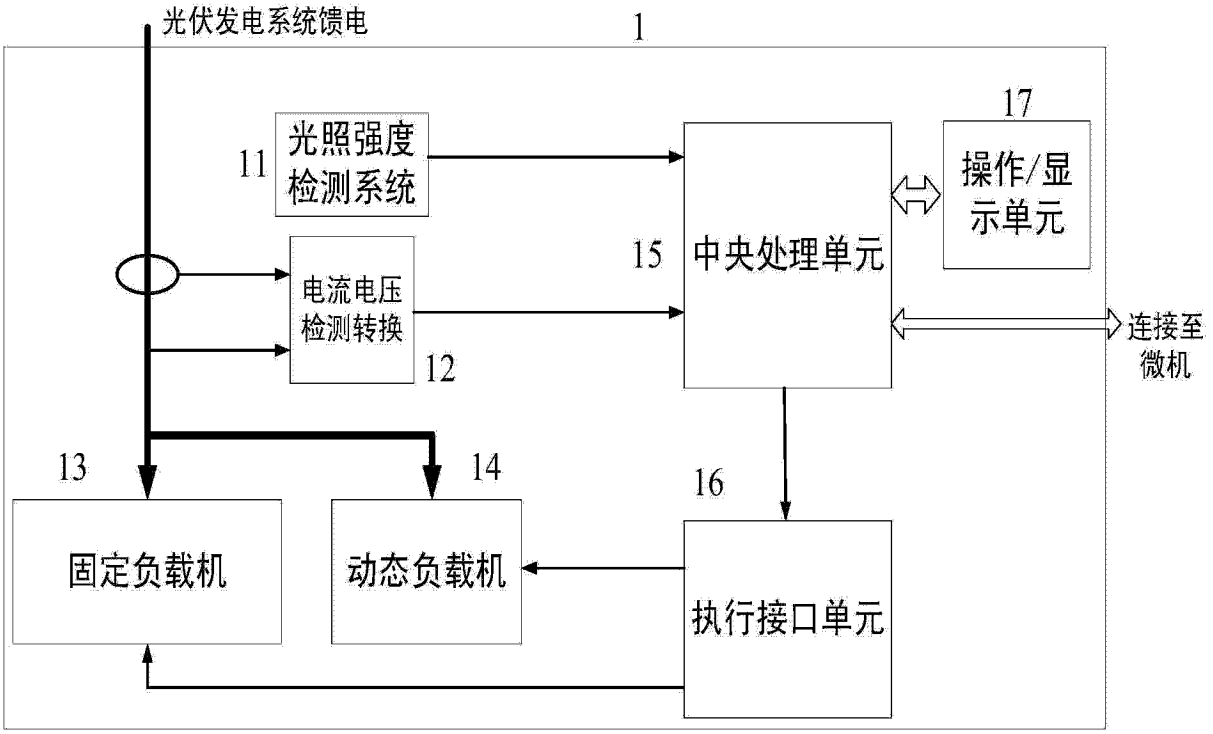

光伏发电系统馈电
1
11
光照强度检测系统
17
操作/显示单元
15
中央处理单元
电流电压检测转换
12
连接至微机
13
14
16
固定负载机
动态负载机
执行接口单元

图 1

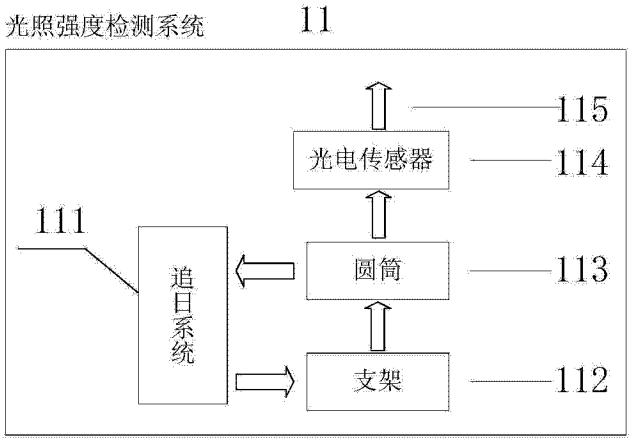

光照强度检测系统
11
115
光电传感器
114
111
追日系统
圆筒
113
支架
112

图 2

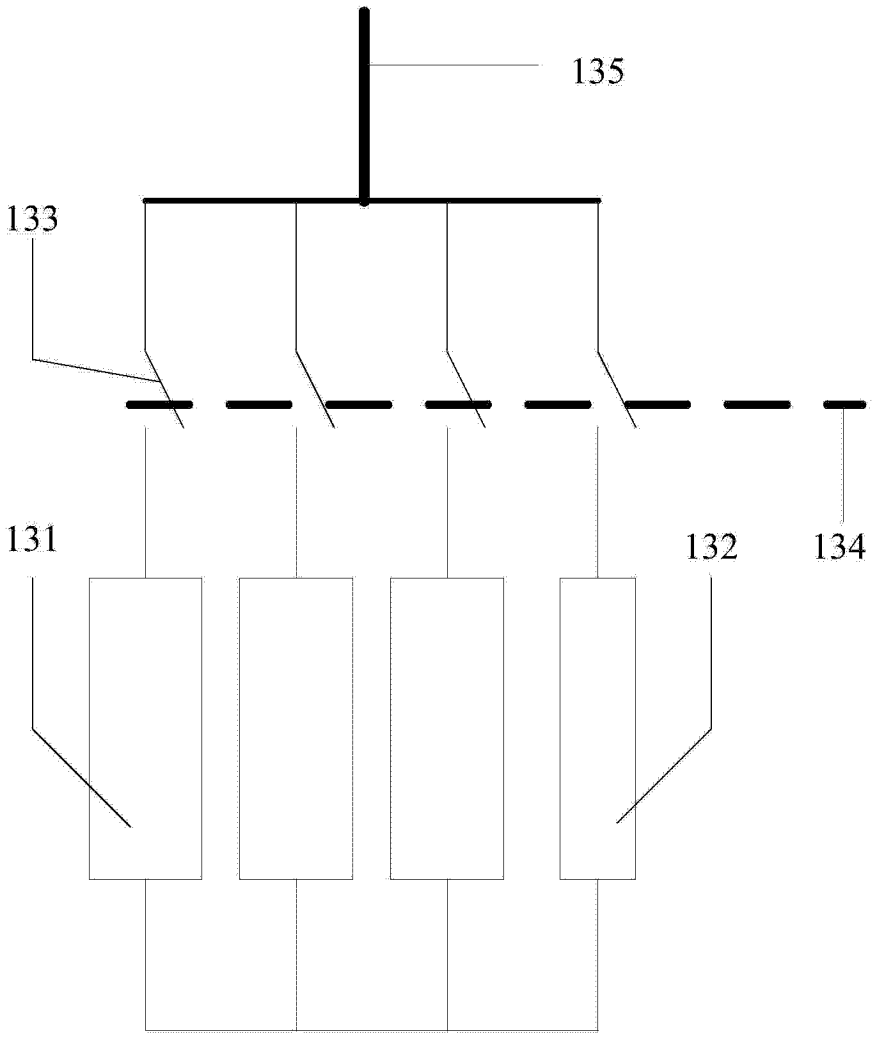


图 3

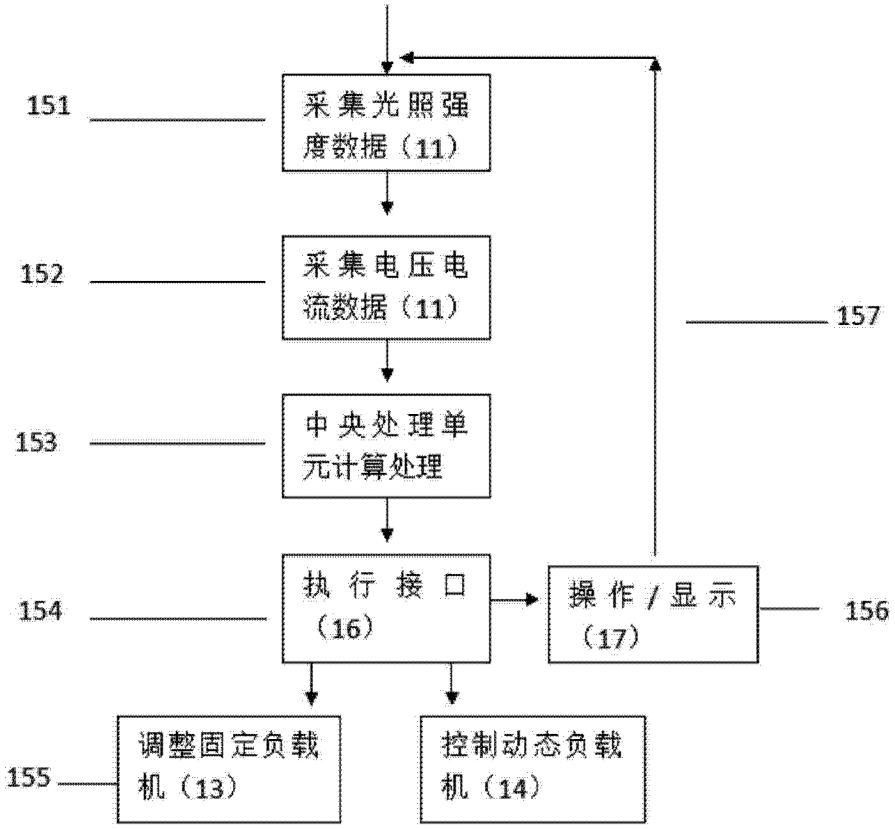

151
采集光照强度数据（11）
152
采集电压电流数据（11）
157
153
中央处理单元计算处理
154
执行接口（16）
操作/显示（17）
156
155
调整固定负载机（13）
控制动态负载机（14）

图 4

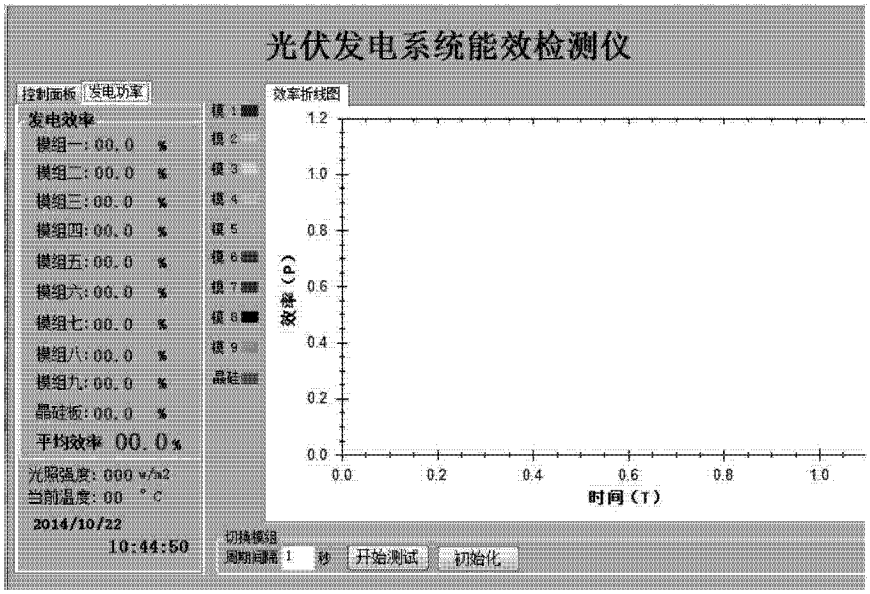

光伏发电系统能效检测仪
控制面板
发电功率
发电效率
模组一: 00.0 %
模组二: 00.0 %
模组三: 00.0 %
模组四: 00.0 %
模组五: 00.0 %
模组六: 00.0 %
模组七: 00.0 %
模组八: 00.0 %
模组九: 00.0 %
晶硅板: 00.0 %
平均效率 00.0%
光照强度: 000 W/m2
当前温度: 00 °C
2014/10/22
10:44:50
模 1
模 2
模 3
模 4
模 5
模 6
模 7
模 8
模 9
晶硅
效率折线图
效率（P）
时间（T）
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
切换模组
周期间隔: 1 秒
开始测试
初始化

图 5

编号	电压	电流	功率	VOC	ISC	FF值	光强	效率（%）	温度	时间
1	32.54	1.8	58.579	43.82	1.85	0.723	643	10.932317	30	9:18:51
2	33.24	1.8	59.839	43.85	1.85	0.738	654	10.979633	31	9:20:54
3	32.76	1.85	60.613	43.87	1.9	0.727	659	11.037269	30	9:22:58
4	33.15	1.85	61.334	43.89	1.9	0.735	659	11.168558	30	9:25:02
5	32.69	1.9	62.114	43.92	1.95	0.725	664	11.225422	29	9:27:08
6	32.89	1.9	62.494	43.84	1.95	0.731	664	11.294096	29	9:29:16
7	32.1	2	64.203	43.83	2.05	0.715	678	11.363363	29	9:31:26
8	32.55	2	65.103	43.73	2.05	0.726	687	11.371703	30	9:33:40
9	31.73	2.05	65.05	43.59	2.1	0.711	685	11.39562	30	9:35:55
10	32.2	2.05	66.013	43.59	2.1	0.721	690	11.480522	30	9:38:10
11	31.76	2.1	66.699	43.53	2.15	0.713	697	11.483329	28	9:40:28
12	32.28	2.1	67.791	43.7	2.15	0.721	698	11.654613	28	9:42:48
13	31.76	2.15	68.287	43.74	2.2	0.71	704	11.63983	29	9:45:09
14	32.04	2.15	68.889	43.72	2.2	0.716	703	11.759147	30	9:47:31
15	31.68	2.2	69.702	43.67	2.25	0.709	713	11.731052	30	9:49:55
16	31.7	2.2	69.746	43.6	2.25	0.711	712	11.754944	30	9:52:18
17	32.22	2.2	70.89	43.65	2.25	0.722	720	11.815	30	9:54:44
18	32.05	2.25	72.116	43.57	2.3	0.72	737	11.74209	31	9:57:11
19	31.76	2.3	73.054	43.46	2.35	0.715	747	11.735582	31	9:59:43
20	31.67	2.35	74.428	43.63	2.4	0.711	763	11.705583	30	10:02:17
21	31.42	2.4	75.411	43.63	2.45	0.705	770	11.752364	30	10:04:53
22	31.36	2.4	75.267	43.6	2.45	0.705	766	11.791175	30	10:07:31
23	31.68	2.4	76.035	43.5	2.45	0.713	776	11.75799	30	10:10:20
24	31.14	2.45	76.296	43.37	2.5	0.704	773	11.84414	30	10:13:11
25	31.49	2.4	75.579	43.42	2.45	0.71	767	11.824615	30	10:16:02

图 6

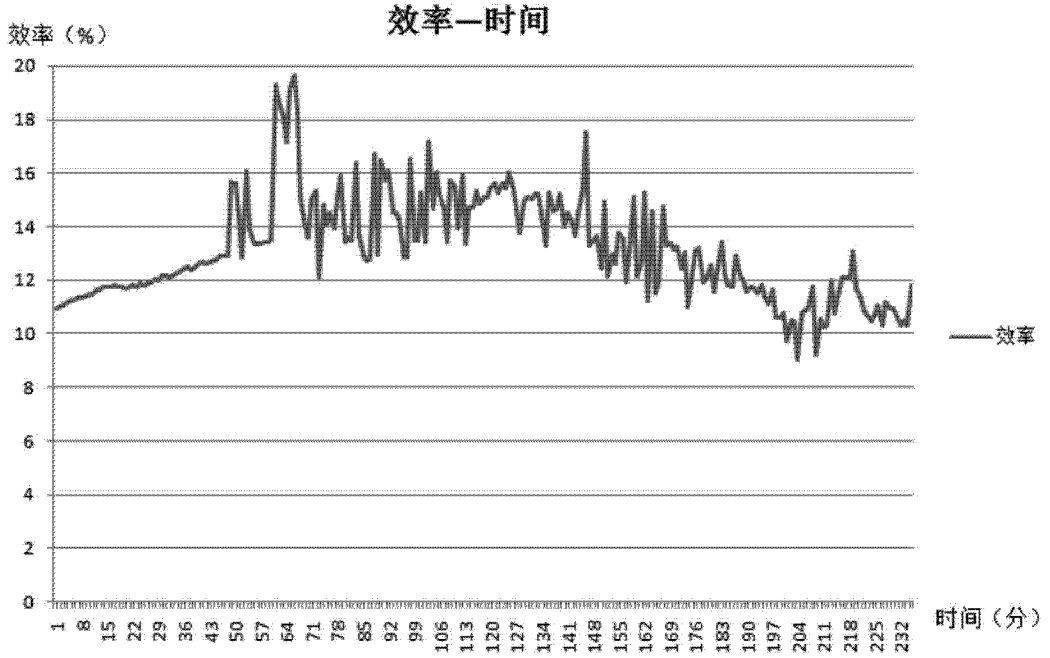


图 7