

文章编号:1005-0523(2018)03-0112-07

户用光伏发电的自助式运维系统

李大虎¹,陈睿博²,方华亮²,黄 烁²,罗俊阳³,孙建波¹

(1. 国网湖北省电力公司,湖北 武汉 430077;2. 武汉大学电气工程学院,湖北 武汉 430072;
3. 武汉理工大学自动化学院,湖北 武汉 430072)

摘要:目前户用光伏发电系统缺乏专业运行维护,出现问题不能及时解决,影响发电效率和经济收益。提出了一种基于手机APP客户端的户用光伏发电自助式运维系统,该系统具有实时监测模块、故障预警模块、故障上报模块和手动控制模块,并建立事件数据库为系统提供数据支持。业主能够通过APP查看光伏发电系统的实时监测、设备预警和设备故障情况,从而及时发现所存在的问题。业主可以在通过APP查找相应的解决方案后,对光伏设备进行自助式维护。最后以1.8 kW的户用型光伏发电系统为例,对所提系统的维护效益进行评估,结果表明该系统能有效降低光伏运维成本、提高发电效益。

关键词:户用光伏;自助式维护;事件库;APP

中图分类号:TM615

文献标志码:A

近年来随着光伏发电技术的进步,户用式光伏系统的成本逐渐下降,再加上国家补贴政策的扶持,户用式的光伏电站在最近几年里实现了快速发展。而户用光伏容量较小、专业维护成本过高,当前缺乏对光伏设备的专业维护。此外户用式光伏发电系统的业主缺乏设备维护的专业知识,即使系统出现常规故障也难以应对。而且光伏设备种类繁多,安装地点、运行环境差异较大,故障表现形式多样,业主很难对光伏电站进行有效地管理维护。

目前文献[1]较为全面的总结了分布式光伏系统的常见故障和处理方法,为业主对光伏设备出现故障后的维护提供了一定的指导。文献[2]提出了一种基于Web应用的分布式光伏电站的监控平台,能够对无人值守的光伏系统进行有效监控。文献[3]采用决策树模型对小型光伏电站进行故障分类,是一种比较有效的故障分类方法,可以用于户用光伏系统中的故障诊断。文献[4]提出了基于地理位置相关性的光伏电站故障实时监测方法,能够对光伏电站的异常和故障进行定位。文献[5]中对分布式光伏电站的常见维护问题进行了探讨。文献[6]建立了双极型光伏并网系统的模型,对系统中逆变器的典型故障进行了分析。文献[7]提出了一种基于小波分析的逆变器故障诊断方法。上述文献为户用光伏的逆变器故障及诊断提供了参考,但户用分布式光伏中故障与具体位置及气候密切相关,不同地方差别较大,无法得到统一故障检修方案。文献[8]介绍了大型光伏电站中设备运行维护的要点,为户用光伏系统的维护提供了参考,但户用小容量光伏具有不同特点。文献[9]提出了一种基于串口服务器的光伏监控系统。目前的光伏电站,没有具体针对户用光伏运维系统的设计实现,缺乏一种具体框架和可操作性运维方式来解决设备故障的问题。因此,本文设计一种自助式运维系统,业主可以在APP的指导下对光伏系统的完成常规运维、监控、检修操作。

当前光伏监控系统主要应用于中大型光伏电站,而户用式光伏发电系统缺乏便捷简单的监控维护系统,本文提出一种基于APP客户端的户用光伏发电的自助式运维系统。系统通过APP客户端与业主进行交互,并通过事件数据库对系统提供数据支持。此系统一方面能够实时地将设备运行情况显示给业主,另一方面当设备出现故障时业主能够对故障进行查询从而自行找到解决方案。最后以1.8 kW的户用光伏发电系统为例进行了分析计算。

收稿日期:2017-09-14

基金项目:湖北省科技支撑计划项目(2015BAA110)

作者简介:李大虎(1978—),男,教授级高级工程师,博士,研究方向为新能源接入系统后的调度与控制。

1 自助式运维系统的结构设计

根据户用光伏电站规模小的特点,自助式运维系统采用 C/S 体系进行结构设计,其中 APP 端用于向业主显示设备运行信息并进行交互;服务器端的主要任务在于对设备运行数据进行异常状态监测和故障预警。系统的体系结构如图 1 所示,连接方式如图 2 所示。

从结构框图可以看出自助式运维系统由表现层、应用层、数据层和设备层共同组成,下面对各层的功能进行描述。

1.1 表现层

表现层能够将设备运行数据和预警提醒等信息通过 APP 客户端显示给业主。APP 客户端主要用于显示光伏设备的实时监测情况、设备预警情况以及设备故障情况。

1.2 应用层

应用层是自助式运维系统的核心部分,主要包括实时监测模块、故障预警模块、故障上报模块和手动控制模块。这些模块通过对来自数据层或业主输入的数据进行处理,然后将处理结果反馈给使用 APP 客户端的业主。

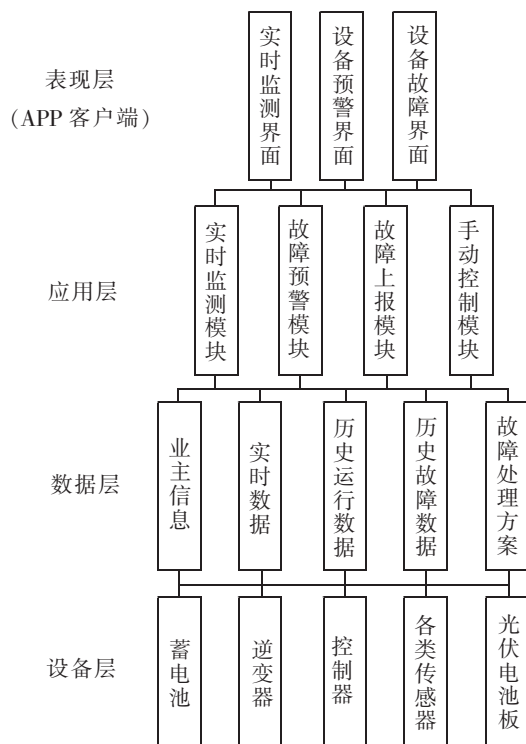


图 1 系统框架结构

Fig.1 System frame structure

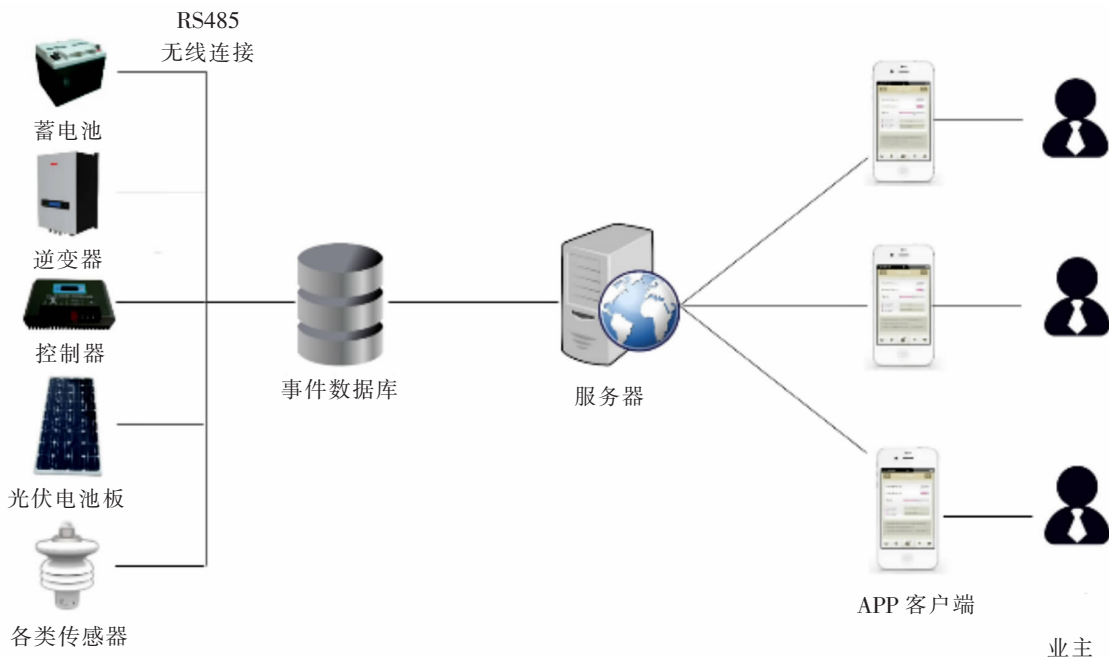


图 2 系统连接方式

Fig.2 System connection mode

1.3 数据层

数据采集设备通过 RS485 端口与光伏电池板、逆变器、控制器、蓄电池和各类传感器无线连接,将采集到的数据上传至服务器。为了防止采集频率过高,产生过多的数据量影响服务器的工作效率,一般系统采样

频率为 15 min 一次。数据采集设备主要把光伏设备的输出电压、输出电流、有功功率和运行时各类环境数据上传到事件数据库。

1.4 设备层

户用式光伏发电系统一般由光伏电池板、蓄电池、逆变器、控制器和各类传感器等辅助设备组成。这些设备正常工作状态、预警状态和故障状态的信息将通过各类传感器与数据采集设备进行数据交互。

使用自助式运维系统的业主能够通过手机上的 APP 实时地监测光伏系统运行情况并查看 APP 上设备的监测情况。如果遇到故障,业主能够通过事件数据库得到故障的解决方案和操作步骤,按照具体方案,对于一般故障业主可自己完成故障检修。而遇到复杂情况,业主则可以通过 APP 得到专家的运维指导从而解决故障。随着业主使用 APP 时间越长,积累了更多的运维经验,业主能够对自行对常见故障进行维护。

2 自助式运维系统的功能模块设计

2.1 实时监测模块

实时监测模块每隔 15 min 会向服务器发送请求,服务器接受到请求后会将数据层中的数据上传给该模块。因此实时监测模块能够实时地展示发电数据和设备运行数据,并通过环境数据对今日发电量 Q 进行预测。业主通过查看这些数据能够对光伏发电系统的运行状态有所了解。此外该模块还提供历史数据的对比功能,业主能够将预测发电量 Q_F 、相似环境条件下历史发电量 Q_H 与光伏发电系统的实时设备监测情况进行对比,从而为判断设备是否出现故障提供数据参考。

2.2 故障预警模块

故障预警模块将采集到的设备实时运行数据与该设备的历史运行数据进行交叉比对,通过设定好的运行数据指标分析设备的运行状态。若自助式运维系统经过判断确定设备处于预警状态,则根据运行数据指标的输出生划分设备的预警类型,然后将预警类型判别结果上传至系统的服务器。

服务器根据确定的预警类型在事件数据库中查找相应的解决方案,再通过 APP 客户端的消息推送功能将预警类型和解决方案发送给业主,提醒业主及时对设备进行排查和处理。当遇到台风、暴雪等极端天气时,APP 客户端也会通过消息推送的方式提醒业主注意光伏设备的使用安全。例如当遇到台风时,业主需要对支架的底部进行加固,防止太阳能板被吹飞。而遇到雨雪天气后,业主则应该及时对太阳能板表面进行清洁,避免由于阴影遮挡导致发电效率降低造成经济损失。

2.3 故障上报模块

对于光伏设备某些突发故障和系统没有监测到的故障,业主可以在 APP 客户端上将故障进行上报。服务器接受到业主上传的故障信息后会及时进行分析,把设备的实时运行数据与事件数据库中的历史故障数据进行对比。随后系统将数据输入故障判别模型中进行判别,得出设备的故障类型和解决方案。系统再将解决方案发送给业主,让业主对设备及时进行维护。

2.4 手动控制模块

当系统检测出故障时,业主可以通过 APP 客户端对光伏设备进行远程控制开断,例如当需要对设备需要检修时,可以先将设备断开,从而保证业主维护时的安全。

业主也可以根据自身情况每个月通过手动控制来调节光伏电池板的倾角和方位角,使得光伏电池板与太阳光线垂直,从而达到最大发电功率。其中模块与系统的关系如图 3 所示。

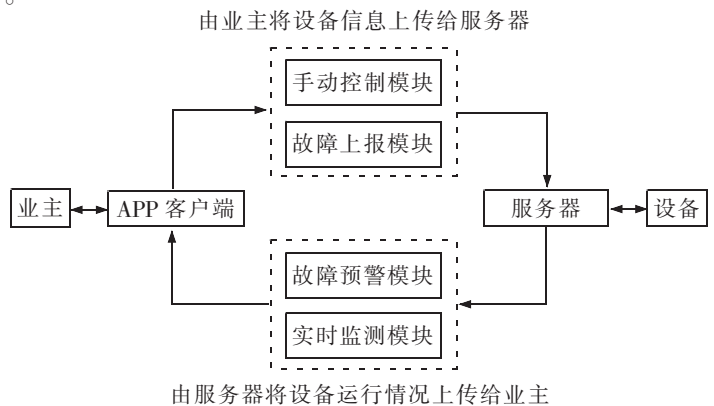


图3 模块与系统的关系

Fig.3 The relationship between modules and systems

3 事件数据库

3.1 事件数据库的设计

自助式运维系统的核心在于事件数据库的建立,事件数据库中保存着光伏设备的相关运行数据,是系统对设备进行故障判别和实时监测的基础。事件数据库的合理设计能够提高故障解决的效率,对提高系统经济效率起着重要作用。在本文提出的系统中,事件数据库包含业主信息、光伏设备实时运行数据、各个设备的历史故障数据、光伏历史运行数据以及常见的设备故障解决方案。因为光伏发电系统中有多个不同类型的设备,因此为了简化提高分析效率,本事件数据库将把逆变器、蓄电池、光伏电池板、和气象数据传感器作为主要研究对象。

事件数据库中的具体故障信息由业主上传给数据库对其进行更新,故障信息包括光伏设备出现异常的可能位置、数据指标和故障发生时间。事件数据库会将业主上传的数据与数据库中已有的故障信息进行比较,如果数据库中已有相似的故障信息,则数据库会把该故障信息的解决方案发送给业主,让用户对设备自行进行维护。如果数据库中没有类似的信息,则事件数据库会对故障信息进行存储。随后事件数据库会把故障信息输入故障判别模型中对故障类型进行划分,根据故障类型将相应的故障解决方案发送给业主。

事件数据库中的原始故障判别模型和故障解决方案一开始由设备生产厂商提供,并存储在事件数据库中用于对业主上传的故障信息进行故障判别。模型的判别效果会由运维的专业人员进行评估,事件数据库根据专业人士的评估信息会对模型进行更新,以实现更好的判别效果。

运维的专业人员也会根据业主的反馈对事件数据库中的故障解决方案进行更新。业主收到故障解决方案后,如果成功地对设备进行维护,业主也可以将故障具体信息和故障解决方案进行共享。若其他业主出现相似故障,可以通过查询事件数据库进而快速进行维护。事件数据库的更新方式如图 4 所示。

3.2 事件数据库的更新

为了提高自助式运维系统的故障识别准确度,将会根据业主的设备故障数据,对事件数据库进行更新从而使得故障判别模型的识别效果得到改进,基本步骤如下,如图 5 所示。

- 1) 通过数据采集设备每隔 15 min 读取设备的运行数据 D_0 。
- 2) 对读取的数据进行预处理,删去错误的数 据并对缺失值进行填充,得到数据 D_1 。
- 3) 将数据 D_{1i} 输入故障判别模型 M 中对设备进行故障识别,推断出设备的故障类型 $(n_k, k=1, 2, \dots, n)$ 。若预测结果为已知故障 $(n_k \in N, N$ 为故障类型集),则通过 APP 客户端对业主进行提醒并发送故障的解决方案。
- 4) 若预测结果为未知故障 $(n_k \notin N, N$ 为故障类型集),则将此条设备运行数据写入事件数据库,并由专业人员进行模型更新、提供解决方案。

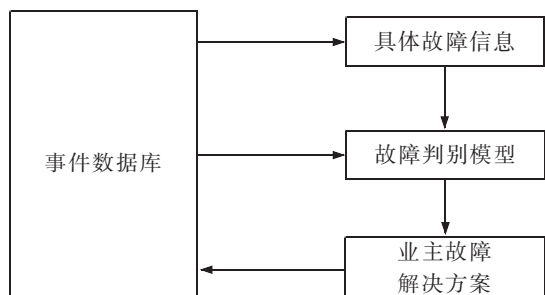


图 4 事件数据库的使用流程
Fig.4 The use flow of the event database

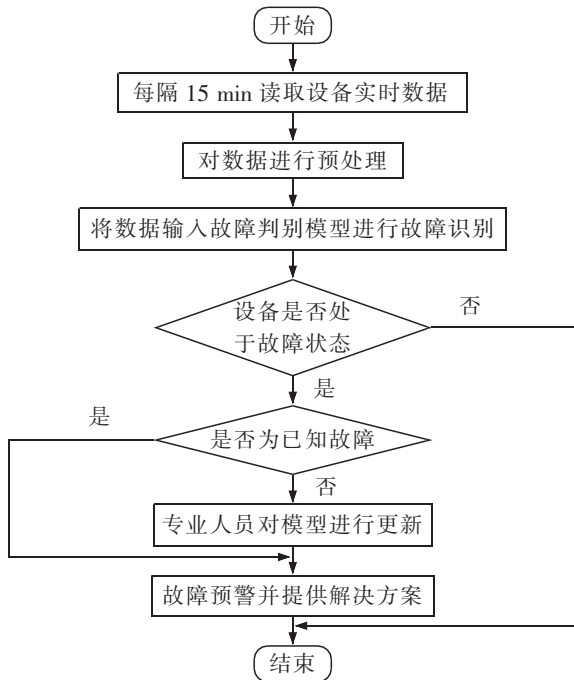


图 5 事件数据库更新方式
Fig.5 Event database updating mode

4 APP 维护效益评估

假设在某地安装1.8 kW 的户用光伏发电系统,该光伏系统由24 V 1.5 kW 的逆变器、8块230 W 的光伏电池板和2块12 V 的蓄电池串联组成。其中该系统的光伏阵列效率为85%,逆变器的转换效率为97%,光伏电池板的正常工作温度为25℃。该地光伏发电上网电价为1元/(kW·h),假定该户用光伏发电系统正常运行时全年发电量可达2 140 kW·h。

4.1 实时监测模块

其中专业维护是指由业主请专业的设备运维人员对设备进行维护,故障持续天数是指由故障出现到业主发现故障后请专业人员解决所需的天数。积灰、阴影遮挡和MPPT异常不会出现明显异常现象,业主不太容易注意,因此当上述事件出现时,业主发现时间较长。

当实际发电量 Q 与系统预测发电量 Q_F 、或历史发电量 Q_H 、同一地区其他业主的光伏发电量 Q_0 不一致时,业主可以通过实时监测模块及时发现异常。当光伏电池板上出现灰尘堆积和阴影遮挡时,光伏系统每日会产生10%~20%的电量损失。业主也可以对比上述数据发现MPPT异常运行时发电功率降低的现象,如表1所示。

表1 实时监测模块效益评估
Tab.1 Benefit evaluation of real time monitoring module

事件	维护	故障持续天数/d	效率损失 /%	发电损失 /(kW·h)	维修费 /元	总损失 /元
灰尘堆积	自助维护	0.5	20	0.59	0	0.59
	专业维护	30		35.18	300	335.18
阴影遮挡	自助维护	0.5	15	0.44	0	0.44
	专业维护	20		17.59	300	317.59
MPPT 异常	自助维护	1	30	1.76	0	1.76
	专业维护	20		35.18	300	335.18

4.2 故障预警模块

由表2可知,如果光伏组件温度达到40℃时,系统会通过APP向业主进行故障预警,让业主及时对光伏组件进行降温。由于组件温度升高的影响将导致发电量下降15%~18%。当业主所在地区遇到台风、暴雪等极端天气时,APP也会及时提醒业主,让业主对设备进行适当的加固、维护,造成的损失如表2所示。

表2 故障预警模块效益评估
Tab.2 Benefit evaluation of fault warning module

事件	维护	故障持续天数/d	效率损失 /%	发电损失 /(kW·h)	维修费 /元	总损失 /元
温度过高	自助维护	1	15	0.88	0	0.88
	专业维护	30		26.38	300	326.38
极端天气	自助维护	2	100	11.73	0	11.73
	专业维护	3		17.59	300	317.59

4.3 故障上报模块

当发电量下降而系统并未监测出来时,业主可以通过APP将设备情况上报。业主不易发现,可以根据预测发电量与实际发电量对比,或与历史发电量作进一步对比,发现故障,例如逆变器效率下降至60%时,业主可以将故障信息上报向系统寻求解决方案。若出现设备接线脱落的情况,业主可将故障上报从而获得正确的接线方式,从而自行完成设备维护,减少故障持续时间,降低维修成本,如表3所示。

表3 故障上报模块效益评估
Tab.3 Benefit evaluation of failure reporting module

事件	维护	故障持续天数/d	效率损失 /%	发电损失 /(kW·h)	维修费 /元	总损失 /元
温度过高	自助维护	2	40	4.69	0	4.69
	专业维护	20		46.90	300	346.90
极端天气	自助维护	1	100	5.86	0	5.86
	专业维护	7		41.04	300	341.04

4.4 手动控制模块

从表4中可以看出,在一年中选取冬季、夏季的典型时段,业主通过手动控制光伏电池板的倾角和方向角,让太阳光垂直于光伏电池板,可以将发电效率提高10%~15%。

表4 手动控制模块效益评估
Tab.4 Benefit evaluation of manual control module

时间	控制	持续天数/d	效率提高 /%	新增发电量 /(kW·h)	新增收益 /元
7月	手动控制	30	15	26.38	26.38
	不控制	30	/	/	/
1月	手动控制	30	10	17.59	17.59
	不控制	30	/	/	/

根据以上分析,通过使用这种基于APP的自助运维系统,业主能够有效地降低光伏运维成本、提高发电效益。而且随着业主使用APP对设备维护的经验增多,业主往后遇见故障时所需地维护时间更短,光伏发电系统的效率将进一步提高。

5 结论

自助式运维系统基于APP客户端技术,可实现对光伏设备的实时监测和自助式维护。正常运行时,业主能够通过查看APP发现潜在问题,也可手动控制光伏电池板提高发电效率。当外界出现极端天气时,该系统也能够及时预警并且将解决方案发送给业主。设备发生故障时,业主能够使用APP从而自行解决光伏设备出现的故障,提高户用光伏发电系统的发电效率。

本文系统可为户用光伏运维系统提供设计方法,本应用如实际推广,可整体上降低业主的设备运维成本。业主与厂家、专业人员通过APP实时互动,将进一步推进户用式光伏应用的发展。

参考文献:

- [1] 江月新,叶向阳. 小型分布式光伏发电系统常见故障分析与处理[J]. 科技视界,2013(22):141-141.
- [2] 邢毓华,罗林洁. 分布式光伏充电站 Web 实时监控平台设计[J]. 计算机测量与控制,2017,25(3):73-76.
- [3] ZHAO Y, YANG L, LEHMAN B, et al. Decision tree-based fault detection and classification in solar photovoltaic arrays[C]//Applied Power Electronics Conference and Exposition. IEEE, 2012:93-99.

- [4] 沈金荣,惠杰,董炜. 基于地理位置相关性的光伏故障监控方法研究[J]. 可再生能源,2016,34(12):1754-1761.
- [5] 李林. 分布式光伏电站维护中常见问题探析[J]. 科技与企业,2014(17):366-366.
- [6] 张艳丽,帕孜来·马合木提,唐彬伟,等. 双极型光伏并网系统逆变器故障分析[J]. 电源技术,2013,37(9):1638-1640.
- [7] 樊京路,易韵岚. 基于小波分析的光伏并网逆变器故障诊断[J]. 大功率变流技术,2014(5):12-16.
- [8] 象征,曹有连,马生亮,等. 大型光伏电站电气设备的运行维护要点[J]. 太阳能,2014(3):52-54.
- [9] 海涛,梁挺兴,彭舜杰,等. 一种基于串口服务器的光伏监控系统的设计[J]. 自动化仪表,2015,36(12):87-90.
- [10] 易伟. 光伏电站设备故障检测与诊断方法研究[D]. 电子科技大学,2013.
- [11] 孙岩冰. 光伏电站电气设备运行维护检修探究[J]. 科技展望,2016(25).
- [12] 侯志卫,陈洪雨,常生强,等. 互联网+分布式光伏发电监控运维平台[J]. 电测与仪表,2016,53(S1):205-207.
- [13] 杨利荣,李伟. 基于 Android 平台的空气质量监测 APP 的设计与开发[J]. 科技创新与应用,2016(10):76-76.
- [14] 张晓诺. 基于 Android 的智能家居环境监测系统 APP 设计与实现[J]. 软件,2015(2):77-79.

Self-operated Operation and Maintenance System for Household Photovoltaic Power Generation

Li Dahu¹, Chen Ruibo², Fang Hualiang², Huang Shuo², Luo Junyang³, Sun Jianbo¹

(1.State Grid Hubei Electric Power Company, Wuhan 430077, China; 2. School of Electrical Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072; 3. School of Automation, Wuhan University of Iechnolkgg, Wuhan 430072, China)

Abstract: Currently, the photovoltaic power generation system lacks professional operation and maintenance, and the problems can not be solved in time, which affects the power generation efficiency and economic benefits. This paper proposed a self-service operation and maintenance system based on mobile APP client through photovoltaic power generation. This system has real-time monitoring module, fault warning module, fault reporting module and manual control module, together with the establishment of event database, which can be able to provide data support for the system. The owner can view the real time monitoring of the photovoltaic power generation system, the equipment warning and the equipment failure through the APP, so as to find out the problems in time. The owner can carry out the self-service maintenance of the photovoltaic equipment after obtaining the corresponding solutions through APP. Finally, by taking 1.8kW's household type photovoltaic power generation system as an example, this paper evaluated the maintenance benefit of the proposed system. The research results show that the system can effectively reduce the cost of photovoltaic operation and maintenance, and improve the efficiency of power generation.

Key words: household photovoltaic system; self-service maintenance; event database; APP