

泛在电力物联网中光伏发电系统常见故障研究

龚 超,崔 屹

(国网浙江安吉县供电有限公司,浙江 湖州 313000)

Common faults of photovoltaic power generation system in ubiquitous power Internet of Things

GONG Chao, CUI Yi

(State Grid Zhejiang Anji Power Supply Co., Ltd., Huzhou 313000, China)

摘要:光伏发电作为泛在电力物联网能源生产端的新能源代表具有很广阔的发展前景。目前分布式光伏已得到大规模应用,以浙江为例,每年新增用户中绝大多数为低压配电网的用户。光伏发电系统由光伏组件串并而成,为了研究光伏系统中几种常见故障及其影响,按照国网低压光伏系统的参数要求搭建了仿真模型;并模拟了共4种常见故障状态下的光伏系统出力情况,仿真发现4种故障中即只有一片光伏电池片出现4类故障时,开路对输出功率的影响最大,其次是热斑,然后是短路,最后是老化。

关键词:光伏发电;低压光伏系统;故障分析;新能源;常见故障

Abstract: As a representative of new energy in the production end of ubiquitous power Internet of things, photovoltaic power generation has a very broad development prospect. At present, distributed photovoltaic has been widely used. Taking Zhejiang as an example, the majority of new users belong to low-voltage distribution network every year. Photovoltaic power generation system is composed of photovoltaic modules in series and in parallel. In order to study several common faults and their effects in photovoltaic system, a simulation model is built according to the parameters requirements of low-voltage photovoltaic system in national grid. The output of photovoltaic system under four common faults is simulated. It is concluded that there is only one of the four faults. When there are four kinds of faults in photovoltaic cells, open circuit has the greatest impact on the output power, followed by hot spot, short circuit, and aging.

Key words: photovoltaic power generation; low voltage photovoltaic system; fault analysis; new energy; common faults

0 引言

2019年国家电网公司“两会”做出全面推进“三型两网”建设,加快打造具有全球竞争力的世界一流能源互联网企业的战略部署。建设泛在电力物联网是落实“三型两网、世界一流”战略目标的核心任务。承载电力流的坚强智能电网与承载数据流的泛在电力物联网,相辅相成、融合发展,形成强大的价值创造平台,共同构成能源流、业务流、数据流“三流合一”的能源互联网。而光伏发电作为泛在电力物联网能源生产端的新能源代表具有很广阔的发展前景。目前,分布式用户光伏已得到大规模应用,以浙江省为例,2016年底接入浙江省电网公司电能量采集系统的用户光伏达3万户,2017年1—9月,浙江家庭屋顶光伏即户用光伏新增近85 000户,浙江省的光伏用户平均每户规模在6 kW左右,加上20万户的扶贫项目,因此到2020年浙江省的户用光伏总装机规模约在6 GW。

光伏阵列由光伏组件串并形成。组串中发生短路、开路,组件出现老化、热斑等现象,将导致光伏输出功率下降,并影响其寿命。文献[1]—文献[3]阐述了太阳电池组件中某些电池单片本身缺陷也可能使组件在工作时局部发热,这种现象叫“热斑效应”。若热斑效应产生的温度超过了一定极限将会使电池组件上的焊点熔化并毁坏栅线,从而导致整个太阳电池组件的报废。据国外权威统计,热斑效应使太阳电池组件的实际使用寿命至少减少10%。

文献[4]—文献[6]阐述了对于以上4类光伏片、组件、阵列出现的及时检测和告警,成为光伏系统故障检测的核心内容;目前对于大型发电站,具有大量的光伏组件检测方法的研究以及专业检测系统。但是,对于低压光伏系统,特别是居民家庭用户,本身没有专业知识,且没有相应的运行维护力量,因此此类光伏系统存在着运维盲区,可能导致用户投资及可再生能源的大量浪费。

因此,对于低压光伏系统,要研究针对其的故障检测系统,首先要对4种故障对系统的影响进行研究。下面本文将搭建低压光伏发电系统模型,分

别模拟4种故障状态进行仿真分析,最后得出结论。

1 常规低压光伏系统配置

1.1 光伏电池

光伏发电元件构成:光伏板+逆变器+汇流装置+计量装置+接地(对于采取板级微逆变器,或分区光伏板安装等场景)。

按照国网《Q/GDW1867—2012小型户用光伏发电系统并网技术规定》,装机容量不超过8 kW的新建、扩建或改建并网光伏发电系统适用于220 V单相接入,包括有隔离变压器与无隔离变压器连接方式。220 V单相的最大载荷量在8 kW左右,常用单相户用表计的最大容量也是8 kW,因此本标准将220 V单相接入的小型户用光伏发电系统装机容量限定在8 kW以内。

1.2 安全与保护

根据接入电网技术规定,户用光伏发电系统应在并网点设置易于操作、具有明显开断点、可开断故障电流的开断设备。另外,需要配置:

防孤岛保护——户用光伏发电系统应具备快速监测孤岛且立即断开与电网连接的能力,防孤岛保护动作时间不大于2 s。

剩余电流保护——户用光伏发电系统应在并网点安装剩余电流保护装置,并应符合GB13955和GB50054的相关要求。

电压与频率保护——电压保护:户用光伏发电系统逆变器电压保护动作时间要求应满足如表1所示相关要求, U 为并网点电压。

频率保护:户用光伏发电系统逆变器频率保护动作时间要求应满足如表2所示相关要求, f 为电网频率。

表1 电压异常时保护动作时间要求
Table 1 Protection action time requirements when voltage is abnormal

并网点电压	保护动作时间
$U < 187\text{ V}$	$\leq 0.1\text{ s}$
$187\text{ V} \leq U \leq 242\text{ V}$	连续运行时间
$U > 242\text{ V}$	$\leq 0.1\text{ s}$

表2 频率异常时保护动作时间要求
Table 2 Protection operation time requirements when frequency is abnormal

电网频率	保护动作时间
$f < 48\text{ Hz}$	$\leq 0.1\text{ s}$
$48\text{ Hz} \leq f < 49.5\text{ Hz}$	对其是否并网运行无要求
$49.5\text{ Hz} \leq f \leq 50.2\text{ Hz}$	连续运行
$50.2\text{ Hz} < f \leq 50.5\text{ Hz}$	对其是否并网运行无要求
$f > 50.5\text{ Hz}$	$\leq 0.1\text{ s}$

2 模型的搭建与仿真

2.1 系统仿真模型

图1为光伏组件一般结构示意图,光伏组件一般由 m 个光伏电池片串联组成,将 m 个光伏电池片又分成 m/n 组,每组含 n 个光伏电池片,且每组并联1个旁路二极管,使每组串联电池保持相互独立。按照图1在matlab中搭建仿真模型。

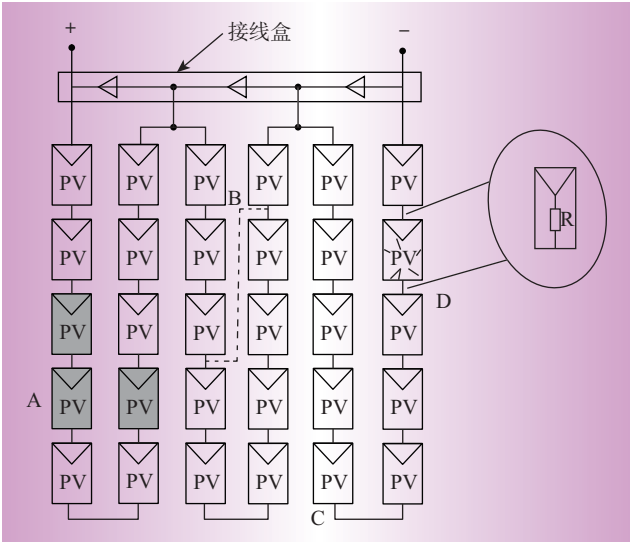


图1 光伏组件一般结构示意图
Fig. 1 General structure diagram of photovoltaic modules

2.2 4种故障下的系统仿真结果

对4种故障下的光伏系统进行了仿真研究,仿真结果如图2所示。

假设 d_{pdy} 、 d_{psc} 、 d_{pop} 、 d_{psd} 分别为相同日照下的老化、短路、开路、热斑4类故障下的光伏出力变化,由图2、图3得出以下结论:

(1) 日照等比变化时,光伏出力几乎等比变化,因此日照 C_{pv} 与光伏出力 P_{pv} 存在线性关系,可以假设: $P_{pv} = C_{pv} \times R$,其中 R 为比例系数。

(2) 假设以光伏电池片为基本故障程度作为4个故障的严重程度,则明显有: $d_{pdy}(1) < d_{psc}(1) < d_{psd}(1) < d_{pop}(1)$,即只有一片光伏电池片出现4类故障时,开路的出力下降最高,其次是热斑,然后是短路,最后是老化。

3 结束语

为了研究4种常见故障对低压光伏系统输出功率的影响,本文按照国网低压光伏系统的参数要求搭建了仿真模型;并模拟了4种故障状态下的

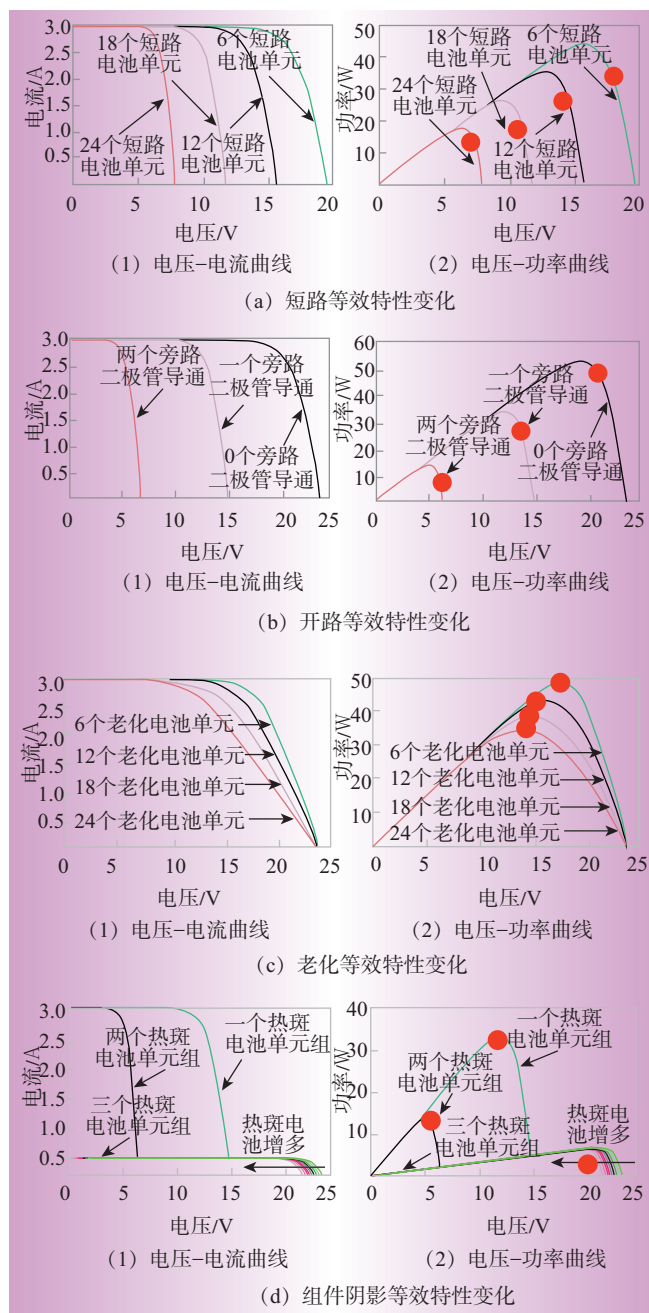


图2 光伏组件等效特性变化

Fig. 2 Changes in equivalent characteristics of photovoltaic modules

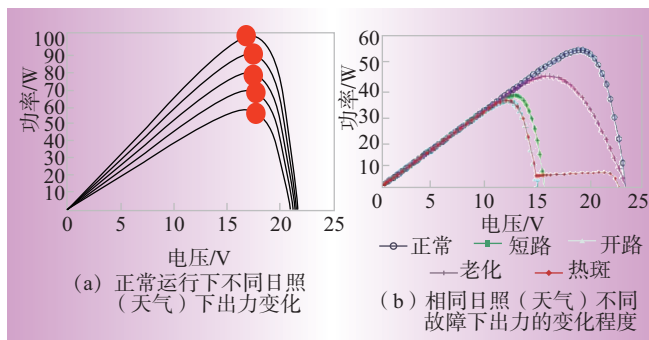


图3 正常及不同故障状态下的电压-功率曲线

Fig. 3 Voltage-power curves under normal and different failure states

光伏系统出力情况,最后得出结论:4种故障中即只有一片光伏电池片出现4类故障时,开路对输出功率的影响最大,其次是热斑,然后是短路,最后是老化。

参考文献:

- [1] 蔡永翔,唐巍,徐鸥洋,等. 含高比例户用光伏的低压配电网电压控制研究综述[J]. 电网技术,2018,42(1): 220-229.
CAI Yongxiang, TANG Wei, XU Ouyang, et al. Review of voltage control research in LV distribution network with high proportion of residential PVs[J]. Power System Technology, 2018, 42 (1):220-229.
- [2] 蔡永翔,唐巍,张璐,等. 基于光伏逆变器无功调节的低压配电网多模式电压控制[J]. 电力系统自动化 2017,41(13):133-141.
CAI Yongxiang, TANG Wei, ZHANG Lu, et al. Multi-mode voltage control in low distribution networks based on reactive power regulation of photovoltaic inverters[J]. Automation of Electric Power Systems, 2017, 41 (13): 133-141.
- [3] MORRIS B,ETTORE D,LUCA D,et al. Automatic distributed voltage control algorithm in smart grids applications [J]. IEEE Transactions on Smart Grid, 2013, 4(2): 877-885.
- [4] TONKOSKI R, LOPES L. Impact of active power curtailment on overvoltage prevention and energy production of PV inverters connected to low voltage residential feeders [J]. Renewable Energy, 2011, 36(12):3 566-3 574.
- [5] EFKARPIDIS N, DE RYBEL T, DRIESEN J. Technical assessment of centralized and localized voltage control strategies in low voltage networks[J]. Sustainable Energy, Grids and Networks, 2016(8):85-97.
- [6] OLIVIER F, ARISTIDOU P, ERNST D, et al. Active management of low-voltage networks for mitigating overvoltages due to photovoltaic units [J]. IEEE Transactions on Smart Grid, 2016, 7(2):926-936.

作者简介:

龚超(1985),男,湖北荆门人,工程师,从事采集计量方面的工作;

崔屹(1990),男,山西长治人,助理工程师,从事变电检修工作。

(责任编辑 李雅超 邵海雯)