

浅析智能诊断技术在光伏电站中的应用

李庆东 戴蔚 毕昌松

淮河能源电力集团有限责任公司工程技术部 安徽淮南 232000

摘要: 现阶段,随着科学技术越来越发达,工业技术同样也得到了前所未有的发展,从而提升了光伏电站的工作质量以及工作效率。所以在光伏电站运行中,结合智能诊断技术的全部功能是十分有必要的,与此同时,在功能结合的过程中,对其各项功能进行不断优化,从而提升光伏电站和智能诊断技术之间的融合性,这同样也是优化光伏电站工作的重要保障。基于此,本文主要研究了智能诊断技术在光伏电站中的应用。

关键词: 智能诊断技术;光伏电站;应用分析

Application of intelligent diagnosis technology in photovoltaic power station

Qingdong Li, Wei Dai, Changsong Bi

Engineering and Technology Department of Huaihe Energy and Power Group Co., LTD., Huainan, Anhui 232000

Abstract: At this stage, with the development of science and technology, industrial technology has also achieved unprecedented development, thus improving the work quality and efficiency of photovoltaic power plants. Therefore, in the operation of photovoltaic power plants, it is necessary to combine all the functions of intelligent diagnosis technology. The integration between them is also an important guarantee for optimizing the work of photovoltaic power plants. Based on this, this paper mainly studies the application of intelligent diagnosis technology in photovoltaic power plants.

Keywords: intelligent diagnosis technology; photovoltaic power station; application analysis

1. 背景与现状

近年来,随着光伏组件成本的大幅降低,光伏产业发展迅速。光伏电站装机容量快速增长;截至2018年底,中国光伏累计装机容量达到174.63GW,新增装机容量44.1GW。光伏电站有大量组件,由于在自然环境中运行,难免出现相关故障。组件故障会降低光伏阵列的运行效率,甚至严重危及光伏电站的安全运行。因此,实时监控运行状态,及时发现光伏阵列故障,对其有效运行至关重要。

光伏电站的故障诊断策略主要有两种类型。第一种方法依赖于光伏模块/阵列的测试设备。Madeti^[6]等人通过在光伏阵列上放置传感器直接诊断故障,胡宜华^[7]等人通过在阵列中安装电压传感器收集电压数据,然后利用这些数据实现光伏故障诊断。Livera^[8]等人总结了基于红外的故障诊断方法的缺点和基于光伏电参数的方法的优点,这种方法需要大量的测试设备,大大增加了诊断成本,难以在实际光伏发电厂中进行应用。因此越来越

多的学者尝试利用运行数据来开发光伏电站的故障诊断方法。

第二种方法是基于光伏阵列的运行数据。Chine^[9]等人使用ANN(人工神经网络)构建光伏组件的参考模型。Harrou^[10]等人从历史数据中开发了光伏组件的参考模型,并利用实际输出与理论输出之间的偏差进行故障诊断。Chaibi^[11]等人使用人工群体优化算法建立PV模型,基于测量值和参考值的偏差进行故障诊断。此类方法可以通过偏差分析有效确定故障类型,但由于建模过程复杂、组件间性能差异以及光伏电站老化导致的光伏组件输出参数非线性失真,模型精度难以满足故障诊断要求。

2. 研究目的

通过数据挖掘,对光伏电站及其设备组件数据进行智能分析,诊断出存在问题的设备,通过告警的方式进行呈现,告知用户发电设备的实时健康状态。诊断目标包括电站、逆变器、组串。

3. 算法约束

(1) 部分诊断算法依赖层级关系, 包括集中式逆变器下挂汇流箱层级关系、箱变下挂逆变器层级关系;

(2) 智能诊断仅在日出、日落时间段内进行。

4. 实现过程分析

4.1 诊断整体流程

在线诊断算法包括电站、逆变器、组串等不同设备范围的故障或低效诊断。由于光伏电站主要在白天进行发电, 我们在设计在线诊断的时候考虑将诊断放在白天进行, 因此我们将诊断时间设定为电站所在地区的日出、日落时间。而根据故障树逻辑的诊断重要程度我们将诊断顺序按照电站-逆变器-组串进行。

a. 电站级故障诊断

按优先级分四种方式来判断, 包括: 环境检测仪辐照强度判断、通讯状况判断、电表功率判断、逆变器直流侧电流和电压判断。

b. 逆变器级故障诊断

根据电流电压功率信息判断逆变器是否存在故障。

c. 组串级故障诊断

根据电流电压功率信息判断组串是否存在故障和低效。

诊断的整体流程如下:

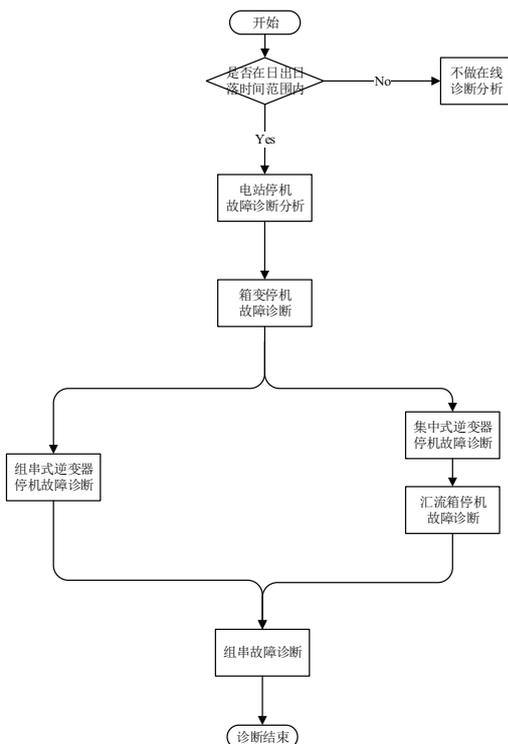


图 4.1 智能诊断整体流程图

4.2 电站诊断

电站故障诊断分析周期为 15 分钟, 诊断流程如下图

所示:

电站诊断逻辑具体流程如下:

(1) 判断当前时间段是否在日出日落时间范围内;

(2) 电站故障判断;

电站故障判决依据按优先级依次为:

a) 分析周期内环境监测仪辐照强度是否满足分析要求;

b) 分析周期内电站并网点信号是否可用且电站所有并网点断开;

c) 分析周期内电站功率是否满足电站最低功率判断要求;

d) 分析周期内电站下逆变器是否满足最低功率判断要求。

(3) 故障告警输出:

故障分析完成, 系统会对分析出的异常进行判断, 并将所有告警保存入库;

电站诊断结束, 会启动箱变诊断。

4.3 组串故障诊断

组串故障诊断分析周期默认 15 分钟, 诊断流程如下图所示:

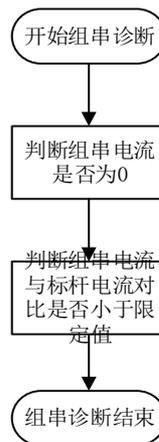


图 4.3 组串故障判断流程图

组串诊断逻辑具体流程如下:

(1) 判断当前时间段是否在日出日落时间范围内;

(2) 组串故障判断;

启动组串故障诊断, 具体判断条件如下:

a) 分析周期内组串电流是否为 0 或限定极小值条件;

b) 分析周期内组串电流与标杆电流对比是否小于限定值。

(3) 故障告警输出:

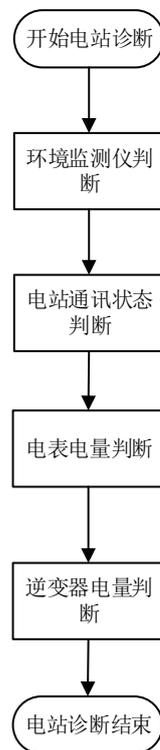


图 4.2 电站诊断流程图

故障分析完成，系统会对分析出的异常进行判断，所有告警保存入库。

4.4 告警恢复机制

新的分析周期诊断完成，告警整体机制如下：系统在下一轮诊断周期开始时，按照电站-箱变-逆变器-直流汇流箱-组串顺序使用最新的数据进行分析，若满足恢复条件则进行复归，若不满足恢复条件，则保持告警，且不进行下一层告警判断。具体逻辑如下：

(1) 电站告警恢复根据产生条件进行判断，若满足以下其一则复归已有电站告警，并进行下一个告警恢复判断。

- a) 分析周期内环境监测仪辐照强度是否满足分析要求；
- b) 分析周期内电站并网点信号可用且电站所有并网点断开；
- c) 分析周期内电站功率是否满足电站最低功率判断要求；

d) 分析周期内电站下逆变器是否满足最低功率判断要求。

(2) 箱变告警恢复根据产生条件进行判断，若满足以下其一则复归已有箱变告警，并进行下一个告警恢复

(1) 组串电压电流实际测量值

厂站名称	设备名称	组串1 电压 V/ 电流 A	组串2 电压 V/ 电 流 A	组串3 电压 V/ 电 流 A	组串4 电压 V/ 电 流 A	组串5 电压 V/ 电 流 A	组串6 电压 V/ 电 流 A	组串7 电压 V/ 电 流 A	组串8 电压 V/ 电 流 A
青岛胶州XX 光伏电站	组串式 逆变器01	713.885/ 2.935	713.885/ 2.941	713.885/ 2.891	713.885/ 2.975	713.885/ 0.0	713.885/ 3.121	713.885/ 3.026	713.885/ 2.971
青岛胶州XX 光伏电站	组串式 逆变器02	690.665/ 3.087	690.665/ 3.181	690.665/ 3.097	690.665/ 0.0	690.665/ 3.048	690.665/ 3.099	690.665/ 3.098	690.665/ 2.85
青岛胶州XX 光伏电站	组串式 逆变器03	699.785/ 2.974	699.785/ 3.062	699.785/ 2.932	699.785/ 2.973	699.785/ 2.763	699.785/ 3.001	699.785/ 1.969	699.785/ 2.997
青岛胶州XX 光伏电站	组串式 逆变器04	694.598/ 3.003	694.598/ 3.14	694.598/ 3.047	694.598/ 0.0	694.598/ 2.97	694.598/ 3.043	694.598/ 3.083	694.598/ 3.006
青岛胶州XX 光伏电站	组串式 逆变器05	704.838/ 2.98	704.838/ 3.113	704.838/ 2.97	704.838/ 3.069	704.838/ 0.0	704.838/ 3.134	704.838/ 3.077	704.838/ 3.049
青岛胶州XX 光伏电站	组串式 逆变器06	647.244/ 3.211	647.244/ 2.007	647.244/ 1.943	647.244/ 3.085	647.244/ 2.945	647.244/ 3.229	647.244/ 3.194	647.244/ 3.133
青岛胶州XX 光伏电站	组串式 逆变器07	683.614/ 3.021	683.614/ 3.12	683.614/ 2.969	683.614/ 3.007	683.614/ 2.686	683.614/ 3.107	683.614/ 2.934	683.614/ 1.012

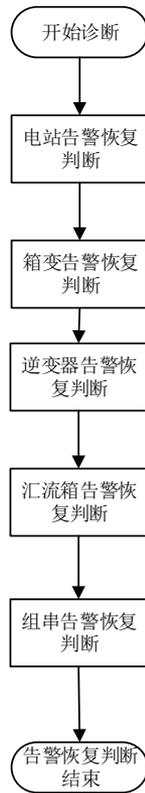


图 4.4 诊断预警恢复机制流程图

判断。

a) 分析周期内箱变最大线电压为 0V；

b) 分析周期内箱变下所有逆变器的有功功率是否为 0 或限定极小值条件；（该条件只在 a 条件满足的情况下进行判定）。

(3) 逆变器告警恢复根据产生条件进行判断，若满足以下其一则复归已有逆变器告警，并进行下一个告警恢复判断；

a) 分析周期内逆变器功率是否满足停机阈值；

b) 分析周期内逆变器日发电量增量是否满足增量为 0 或限定极小值条件。

(4) 直流汇流箱告警恢复根据产生条件进行判断，若满足以下其一则复归已有直流汇流箱告警，并进行下一个告警恢复判断；

a) 分析周期内汇流箱数据不为死值；

b) 分析周期内直流汇流箱所有 PV 支路电流是否为 0 或限定极小值条件。

(5) 组串告警恢复根据产生条件进行判断，若满足以下其一则复归已有组串告警，并进行下一个告警恢复判断；

a) 分析周期内组串电流是否为 0 或限定极小值条件；

分析周期内组串电流与标杆电流对比是否小于限定值。

4.5 诊断结果分析

下图为某光伏电站组串逆变器异常或低效识别结果：

(2) 诊断结果

厂站名称	设备类型	设备名称	告警名称	级别	产生时间
青岛胶州XX光伏电站	组串式逆变器	组串式逆变器01	组串式逆变器PV5功率为0	重要	2022-8-709: 10
青岛胶州XX光伏电站	组串式逆变器	组串式逆变器02	组串式逆变器PV4功率为0	重要	2022-8-710: 04
青岛胶州XX光伏电站	组串式逆变器	组串式逆变器03	组串式逆变器PV7低效	重要	2022-8-711: 22
青岛胶州XX光伏电站	组串式逆变器	组串式逆变器04	组串式逆变器PV4功率为0	重要	2022-8-711: 29
青岛胶州XX光伏电站	组串式逆变器	组串式逆变器05	组串式逆变器PV5功率为0	重要	2022-8-711: 47
青岛胶州XX光伏电站	组串式逆变器	组串式逆变器06	组串式逆变器PV3低效	重要	2022-8-712: 09
青岛胶州XX光伏电站	组串式逆变器	组串式逆变器07	组串式逆变器PV8低效	重要	2022-8-713: 36

5. 结论

通过智能诊断技术,可以实时并且快速的对光伏电站及其设备组件数据进行智能分析,从而诊断出存在问题的设备,以告警的方式进行呈现,及时发现设备的健康状态及隐藏的问题。可以帮助电站运维人员快速识别故障设备及低效的组串,有效降低了电站运维人员处理低效和异常设备的时间,节约了运维成本,提升了光伏发电量,从而保证了光伏发电的正常收益率。

参考文献:

[1]于全,潘宏伟.光伏电站发电单元输出功率离散率分析方法[J].太阳能,2017(11):40-42.
 [2]傅国轩,李雪,高旭冬.并网光伏电站基于汇流箱组串电流离散率的分析方法及应用[J].电网与清洁能源,2014,30(11):109-113.
 [3]刘略.遮挡对分布式光伏电站阴影识别的影响研究[J].电子元器件与信息技术,2022,6(06):184-186.
 [4]陈全超,张彦昌.光伏组串东西向阴影遮挡整改方案的讨论[J].太阳能,2022(06):14-19.
 [5]谭建斌,欧阳萍,段春艳,江洋.基于局部阴影遮挡下的光伏组件效率提升优化控制技术及实验分析[J].科学技术创新,2022(24):37-40.
 [6]S. R. Madeti and S. N. Singh, "Online modular level fault detection algorithm for grid-tied and off-grid PV systems," Sol. Energy, vol. 157, no. May, pp. 349 - 364, 2017, doi: 10.1016/j.solener.2017.08.047.

[7]Y. Hu et al., "Online Two-Section PV Array Fault Diagnosis with Optimized Voltage Sensor Locations," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 62, no. 11, pp. 7237 - 7246, 2015, doi: 10.1109/TIE.2015.2448066.

[8]A. Livera, M. Theristis, G. Makrides, and G. E. Georgiou, "Recent advances in failure diagnosis techniques based on performance data analysis for grid-connected photovoltaic systems," Renew. Energy, vol. 133, pp. 126 - 143, 2019, doi: 10.1016/j.renene.2018.09.101.

[9]W. Chine, A. Mellit, V. Lughi, A. Malek, G. Sulligoi, and A. Massi Pavan, "A novel fault diagnosis technique for photovoltaic systems based on artificial neural networks," Renew. Energy, vol. 90, pp. 501 - 512, 2016, doi: 10.1016/j.renene.2016.01.036.

[10]F. Harrou, Y. Sun, B. Taghezouit, A. Saidi, and M. E. Hamlati, "Reliable fault detection and diagnosis of photovoltaic systems based on statistical monitoring approaches," Renew. Energy, vol. 116, pp. 22 - 37, 2018, doi: 10.1016/j.renene.2017.09.048.

[11]Y. Chaibi, M. Malvoni, A. Chouder, M. Boussetta, and M. Salhi, "Simple and efficient approach to detect and diagnose electrical faults and partial shading in photovoltaic systems," Energy Convers. Manag., vol. 196, no. May, pp. 330 - 343, 2019, doi: 10.1016/j.enconman.2019.05.086.