1. 概况
2. 故障诊断
   1. 光伏阵列和汇流箱故障
3. 某一支路电流为零

设置阈值和累计次数n，获取当前支路电流值，若支路电流连续n次小于阈值，则进行全局支路（相同规格）电流判断结果横向比较，如所有（xx%的支路，设置扰动偏差范围）的结果均为支路电流为零，则说明此时处于不发电状态（类似于夜晚的时候），否则诊断为故障发生。

1. 支路电流偏低

根据当前运行状态下，计算出一个支路电流偏低的阈值，设置比较的累计次数n，如支路电流连续n次低于，则认为发生支路电流偏低故障。

求有以下方法：

1. 计算全局支路电流平均值（以某一节点单元为参考）和方差，

设定偏移比率，则得到自适应当前运行环境下的阈值为

1. 固定偏移比率，自适应阈值为
2. 计算光伏支路理论电流*I*，固定偏移比率，则自适应阈值为
3. 异常监测算法

再同一条件下，认为相同规格（组件数、型号一致和投产时间一致，下同）的支路点电流相同，只存在一个服从正太分布的扰动，即所有支路电流服从正太分布，设其均值为，方差为。在同一采集时刻，获取所有的支路电流，以该数据作为训练数据集，训练出参数和（可以利用1）中的方法获取），若使得

则认为第*k*路电流偏低。其中为使得评分最大时所取得的值。

1. 所有支路电流为零

以汇流箱为单位，设定汇流箱输出电流为零的阈值和累计次数n，设置支路电流为零的阈值。

1. 若汇流箱输出电流连续n次小于；
2. 若汇流箱输入的m条支路在连续n次测量的电流中，每一次测量都存在超过（其中为不大于1的正系数，设定为某一固定值）条支路电流小于；
3. 如果1)和2)两个条件同时满足则判定该故障发生。
4. 汇流箱漏电流故障

直接信号故障。

1. 汇流箱母线电压偏低

类似(2)中所述方法。

* 1. 逆变器故障

1. 绝缘组坑低

直接信号故障。

1. 漏电流故障

直接信号故障。

1. 过温
2. 逆变器过温告警信号（）；
3. 针对采集到的温度信号，设置死区区间上下限分别为，，当温度大于时触发故障告警，当前一次已经告警，但温度大于，仍然告警，当温度小于时取消告警。
4. 逆变器交流输出谐振，保护停机或内部设备烧毁

直接信号故障。

1. 交流频率故障
2. 逆变器过频欠频保护信号；
3. 设定频率允许波动的偏差，根据逆变器监测频率数据，若落在工频得范围之外，则判断为交流频率故障。
4. 交流过压、欠压故障
5. 逆变器过压欠压保护信号；
6. 设定电压允许波动的偏差，根据逆变器监测输出电压数据，若落在正常值得范围之外，则判断为交流过压或欠压故障。
7. 直流过压、欠压故障

同(6)。

1. 逆变器输出功率偏低

根据当前环境信息计算逆变器的理论发电量，设定修正偏差系数*a*，若实时逆变器功率数据小于理论发电量与修正偏差系数的乘积，则判定发生该异常。

1. 逆变器损耗过高

根据逆变器的输入输出功率，计算逆变器的损耗(效率)，若损耗(效率)低于给定允许值，则判定发生该异常。

1. 其他故障
2. 箱变故障

直接读取箱变故障信息。

1. 通信故障

某通信线路传输信号长时间不变。

1. 寿命评估
   1. 组件寿命预测

以光伏电池的光电转换率为寿命指标，根据光伏汇流箱采集的光伏电流电压以及环境辐照度进行光伏电池寿命预测，当转换率衰减到投产时转换率的80%时判定为寿命终点。利用回归算法对组件历史转化率数据进行拟合，预测组件剩余寿命。

* 1. 汇流箱寿命预测

采用汇流箱损耗和平均故障发生频率(间隔)为汇流箱的寿命指标，利用隶属函数对汇流箱损耗和平均故障发生频率(间隔)进行权重分配。采用数据拟合算法对平均故障发生频率(间隔)进行拟合，从而进行平均故障发生频率(间隔)的预测，当超过(低于)某一界限时判定为汇流箱寿命终点；若未超过(低于)某一界限时，综合汇流箱损耗数据进行预测。

* 1. 逆变器寿命预测

采用逆变器的转换效率，结合电容器寿命，和IGBT寿命综合指标来预测逆变器寿命，提供不同标准下的逆变器效率计算方法供选择。

* 1. 综合健康度评估

利用模糊综合法对电站的健康度进行评估。

1. 能效评估
   1. 损耗计算

所计算段落的输出功率减去输入功率。

1. 多变天气降低干扰方法

结合天气预报和现场采集系统实时数据，针对一下几类天气情况使用不同的策略。

* 1. 多云有风

在一个逆变器下的方阵中的各个电流测点中，利用2中的“异常监测算法”对每个测点电流值进行异常监测，根据异常值的占比大小，可以得到一个表征异常占比系数，该系数可以在每个周期做一次计算并保存。在多云有风的天气下，异常测点往往是跳动的，即存在区域跳动，可以用前后两次异常点相异率来表征，

其中为异常点相似率，为前一次异常点集合，为本次异常点集合。

因此在该天气下，设定异常占比和相异率的阈值，若两个表征系数均大于设定的阈值，则认为中的异常点为误报异常点，而中的异常点为实际异常点。上述可以结合天气预报对阈值进行设置。

* 1. 多云无风

在该类天气下，表现为云层遮蔽长时间不变或者很缓慢移动。

* 1. 无云

正常情况。

1. 光伏电站系统效率PR（performance ratio）分析

6.1 根据IEC标准给出的定义

：在T时间段内电站的平均系统效率

：在T时间段内电站输入电网的电量

：电站组件装机的标称容量

：是T时间段内方阵面上的峰值日照时数

6.1.1 PR的几点说明

（1）默认，PR一般指的年平均效率。

（2）PR每时每刻都在变化

（3）峰值日照时数，是指不考虑任何遮挡下的1㎡方阵面上接收到的总辐射量（kWh/㎡）与STC对应的1000W/㎡的比值，单位：h。

6.1.2 PR的计算和测量

需要的两个量：

（1）某一时间段的发电量；

（2）某一时间段方阵面上的总辐射量。

前者是电费结算的依据；后者通常有2种测量方式。

6.1.3总辐射量的测量有两种方式：

（1）利用方阵面上的总辐射表测量。

（2）利用标定的太阳能电池板测量。

前者：不能采用普通的总辐射仪器，要用达到3%的准确度，需要采用[二等标准]等级。

后者：要注意硅电池对光谱吸收的选择性以及相对透射率的影响。

6.2 根据CNCA/CTS0016-2015-6.3给出的定义

E：测试周期内系统发电量；

P：电站装机容量 ；

：测试周期内组件同一水平面累计辐照量；

G：标准测试条件辐照度, 1000W/m2。

简单来说，PR即为电站实际发电量/电站期望发电量。

1. 层次分析法

用来评估设备和电站的健康度。具体实施如一下流程：

1. 构建系统层次结构



1. 建立判断矩阵

利用九分位标度法来标度每一层各元素的相对重要程度

其中(i=1,2,…,n;j=1,2,…,n)取值来自下面的比例表，表示针对上一层某元素而言，第i元素相对于第j元素的重要程度。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 重要程度 | 极重要 | 很重要 | 重要 | 略重要 | 同等 | 略次要 | 次要 | 很次要 | 级次要 |
| 标度 | 9 | 7 | 5 | 3 | 1 | 1/3 | 1/5 | 1/7 | 1/9 |

1. 归一化处理

对于一个判断矩阵A，采用方根法将判断矩阵进行归一化处理，即对于每矩阵的每一列，各列的归一化为

从未得到归一化矩阵W

1. 一致性检验

计算矩阵W的最大特征值，计算一致性指标

计算随机一致性比率

其中RI为度量同阶平均随机一直性指标，通过阶数n来确定，n与RI对应关系表如下

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 阶数(n) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| RI | 0.00 | 0.00 | 0.58 | 0.90 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 | 1.45 |

1. 计算权重

如第(4)步通过了一致性检测，则各因素的权重为矩阵W相应行的几何平均值

1. 计算综合评分(健康度)

其中H为节点健康度，为子节点评分(100分制)，在每一次计算后即可将每一个设备(组串，汇流箱，逆变器)和电站的健康度计算出来。

1. 理论计算
   1. 理论发电量
2. 参数拟合法

其中a是常数，，，是自变量参数。

模型以发电量为因变量，辐照度、温度和交互项为自变量的线性回归模型

1. 综合评估法

其中A为总太阳能电池板面积(㎡)，r为太阳能电池板效率(%)，H为倾斜面板上的年平均辐射(不包含阴影)，PR为性能比，损耗系数，在0.5和0.9之间，默认取0.75

* 1. PR值计算

实际发电量为某一周期内电站的实际发电量；理论发电量为某一周期内电站的理论发电量。计算理论发电量需要确定计算周期T，周期内平均辐照度G，光伏板有效发电总面积S，光伏电池平均光电转换率。则