



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105024644 A

(43) 申请公布日 2015. 11. 04

(21) 申请号 201510493299. 3

(22) 申请日 2015. 08. 12

(71) 申请人 河海大学常州校区

地址 213022 江苏省常州市晋陵北路 200 号
河海大学常州校区

(72) 发明人 丁坤 冯莉 陈富东 顾鸿烨
李元良 覃思宇 高列 刘振飞

(74) 专利代理机构 常州市科谊专利代理事务所
32225

代理人 袁兴隆

(51) Int. Cl.

H02S 50/00(2014. 01)

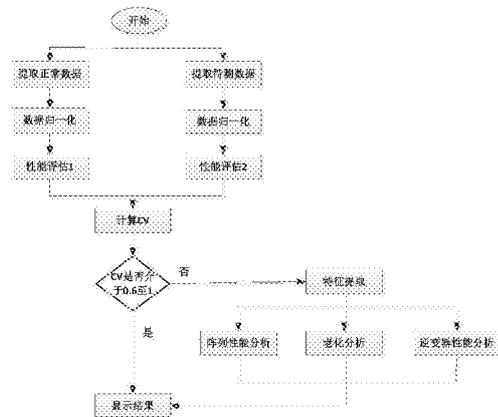
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种光伏系统性能评估系统及方法

(57) 摘要

本发明公开一种光伏系统性能评估系统及方法,系统由数据采集模块和性能评估两部分组成,利用数据采集模块采集到的直流数据、交流数据和气象数据,分别以正常工作数据和待测试数据组成样本,并进行标准化,再以马氏距离作为性能评估的指标,进行直流功率评估,然后分别计算2次评估的相似程度CV值,若 $0.8 < CV < 1$,或 $0.6 < CV < 0.8$,则系统性能较好或良好,重新开始新一轮评估。若 $0 < CV < 0.6$,则系统性能较差,采用主成分分析法提取出影响系统性能的主要因素,对光伏阵列性能、组件老化、逆变器性能进行分析,最后将分析结果显示在上位机界面上。本发明的实施过程简单易实现,能及时地进光伏系统性能的分析,准确的掌握光伏系统的工作状态,提高了系统的稳定性和可靠性。



1. 一种光伏系统性能评估系统,其特征在于:所述系统包括数据采集模块和性能评估模块;

所述数据采集模块用于各个监测数据的采集、传输、存储、显示功能,采集的数据为气象数据、光伏阵列直流数据和逆变器交流数据;然后送入微处理器进行预处理后,通过串口或其他通讯接口送入远程计算机,由计算机对数据进行筛选、存储以及显示,

所述性能评估模块以马氏距离为指标,计算表征系统性能的 CV 值,并进行系统性能等级的评定,若性能较差时,采用主成分分析法提取出影响系统性能的主要因素,包括光伏阵列性能分析,组件的老化分析,逆变器性能分析,最后将分析结果显示在上位机界面上。

2. 根据权利要求 1 所述的一种光伏系统性能评估系统,其特征在于:所述数据采集模块采用 TMS320F2803X 作为主控制器,并配合 12 位 8 通道的 AD 采样芯片。

3. 根据权利要求 1 所述的一种光伏系统性能评估系统,其特征在于:所述气象数据包括水平辐照、共面辐照、环境温度、风向、风速、湿度、大气压;所述光伏阵列直流数据包括光伏阵列的四路电流、四路电压值和四路组件背板温度。

4. 一种光伏系统性能评估方法,其特征在于:利用权利要求 1 所述的系统,其步骤如下:

(1)、通过数据采集模块采集正常工作和待测试的气象数据、光伏阵列直流数据、逆变器交流数据,以正常工作的数据,作为评估函数的原始样本,

(2)、将原始样本和待测试的样本标准化后,以马氏距离作为性能评估的指标,进行直流功率评估,然后分别计算正常状态数据和待测数据的相似程度 CV 值,若 $0.8 < CV < 1$,则系统性能较好,若 $0.6 < CV < 0.8$,则系统性能良好,若 $0 < CV < 0.6$,则系统性能较差,必须进行进一步分析;采用主成分分析法提取出影响系统性能的主要影响因子,分别对光伏阵列性能,组件的老化、逆变器性能进行分析。

5. 根据权利要求 4 所述的一种光伏系统性能评估方法,其特征在于:所述马氏距离作为系统评估指标为:

$$MD_i = \sqrt{(x_i - \bar{x})C_x^{-1}(x_i - \bar{x})^T}$$

其中, x_i 为数据样本, \bar{x} 为数据样本的平均值,

$$C_x^{-1} = \begin{bmatrix} \sigma^2 / \det(C_x) & -\rho_{12}\sigma_1\sigma_2 / \det(C_x) \\ -\rho_{12}\sigma_1\sigma_2 / \det(C_x) & \sigma^2 / \det(C_x) \end{bmatrix}$$

其中, σ_1^2 和 σ_2^2 为方差值, $\det(C_x) = \sigma_1^2\sigma_2^2(1 - \rho_{12}^2)$ 是方差-协方差矩阵, ρ_{12} 为相关系数;由分别计算正常数据和待测试数据的马氏距离,判定性能的等级,确定光伏系统当前的工作状态。

6. 根据权利要求 1 所述的一种光伏系统性能评估系统,其特征在于:所述光伏阵列性能分析基于 VB 和 MATLAB 软件进行分析,利用 VB.net 的 mcc 将 MATLAB 的 M 文件直接编译成 .EXE 文件,然后在 VB 中声明下面三个 API 函数,最后使用 Shell 命令实现 Matlab 程序的调用,当上位机界面 $CV < 0.6$ 时,启动 VB 的运行 MATLAB 程序的标志位,运行光伏阵列性能算法,并将最后的结果返回,进行性能等级和故障原因的显示。

7. 根据权利要求 1 所述的一种光伏系统性能评估系统,其特征在于:所述组件老化分

析,当组件存在异常老化现象时,分 2 种情况进行考虑:老化程度较大,即串联电阻阻值较大的情况;老化程度较小,即串联电阻阻值较小的情况,组件老化影响的输出参数是 V_m 和 I_m ,通过分析最大功率点的电压和电流的变化情况,判定组件的老化程度,引入特征参数因子 α ,来表征组件的老化现象,如下式:

$$\alpha = 1 - \frac{AKT}{qV_{oc}} \ln \left(1 + \frac{qV_m}{AKT} \right) - \frac{AKT}{qV_{oc}} = \frac{V_m I_m}{V_{oc} I_{sc}}$$

其中, V_{oc} 为组件厂商提供的所选用组件的开路电压, I_{sc} 为组件厂商提供的所选用组件的短路电流, V_m 为组件最大功率点的电压, I_m 为组件最大功率点的电流,A为常数,K为玻尔兹曼常数,T为绝对温度,q为电子电量,定义计算求得的 α 的值小于60%,定义为老化故障。

8. 根据权利要求1所述的一种光伏系统性能评估系统,其特征在于:所述的逆变器性能分析,对额定功率不变的光伏逆变器,其逆变效率与输入功率之间近似满足式

$$\eta_{inv} = A + B * P_{DC} + \frac{C}{P_{DC}}$$

其中, P_{DC} 为逆变器直流输入功率,A、B及C为待定系数,利用历史数据模型法计算求得,具体如下:

逆变器的效率为逆变器输出交流功率 P_{ac} 与输入直流功率 P_{dc} 之比,即 $\eta_{inv} = P_{ac}/P_{dc}$ 。由于并网逆变器的效率随实际输出功率而变化,当输出功率小于其额定输出功率时,逆变器效率将会降低,采用基于逆变器输出输入功率数据进行拟合的方法,求得逆变器在各输出功率下的实际效率,定义实时的逆变器输出功率 P_{ac} 与其额定功率 $P_{ac,rate}$ 的比值 $p = P_{ac}/P_{ac,rate}$ 。通过绘制 p 与逆变器效率 η_{inv} 的散点图,并拟合二者的函数关系曲线:

$$\eta_{inv} = 0.02594p - 0.006955/p + 0.914 \eta_{inv}$$

定义当逆变器的效率低于60%时,为逆变器故障。

一种光伏系统性能评估系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光伏发电领域,特别是涉及一种光伏系统性能评估系统及方法。

背景技术

[0002] 随着分布式光伏系统的迅速发展,全国已建或在建的电站数量规模日趋庞大,但运营过程中的问题也不断突显,相对应的数据监控系统及配套设施却不尽完善。加之没有准确可靠地性能评估分析方法,运行一段时间后,无法保证系统能继续工作在最佳状态,降低了投资者收益。此外,很多分布式光伏系统一般安装在城市建筑物屋顶,一旦安装完成之后,难以像传统电站那样进行人工检查与日常维护,若要满足能够实时跟踪了解电站运行情况和发电性能的需求,就必须建立一套光伏系统性能评估平台,实时了解光伏系统运行状态,对其发电性能做出及时准确分析与评估,并在系统出现故障时,快速有效发出故障报警,提示故障位置,方便维护人员进行相关作业,保证光伏系统安全可靠,创造最大效益。

发明内容

[0003] 针对现有技术存在的不足,本发明的目的是及时地对光伏系统的工作状态进行评估,使系统获得最大收益,公开一种光伏系统性能评估方法。

[0004] 为了实现上述目的,本发明是通过如下的技术方案来实现:

[0005] 一种光伏系统性能评估系统,所述系统包括数据采集模块和性能评估模块;

[0006] 所述数据采集模块用于各个监测数据的采集、传输、存储、显示功能,采集的数据为气象数据、光伏阵列直流数据和逆变器交流数据;然后送入微处理器进行预处理后,通过串口或其他通讯接口送入远程计算机,由计算机对数据进行筛选、存储以及显示,

[0007] 所述性能评估模块采用主成分分析法提取出影响系统性能的主要因素,包括光伏阵列性能分析,组件的老化分析,逆变器性能分析,最后将分析结果显示在上位机界面上。

[0008] 上述数据采集模块采用 TMS320F2803X 作为主控制器,并配合 12 位 8 通道的 AD 采样芯片。

[0009] 上述气象数据包括水平辐照、共面辐照、环境温度、风向、风速、湿度、大气压;所述光伏阵列直流数据包括光伏阵列的四路电流、四路电压值和四路组件背板温度。

[0010] 一种光伏系统性能评估方法,利用上述的系统,其步骤如下:

[0011] (1)、通过数据采集模块采集正常工作和待测试的气象数据、光伏阵列直流数据、逆变器交流数据,以正常工作的数据,作为评估函数的原始样本,

[0012] (2)、将原始样本和待测试的样本标准化后,以马氏距离作为性能评估的指标,进行直流功率评估,然后分别计算 2 次评估的相似程度 CV 值,若 $0.8 < CV < 1$,则系统性能较好,若 $0.6 < CV < 0.8$,则系统性能良好,若 $0 < CV < 0.6$,则系统性能较差,必须进行进一步分析。采用主成分分析法提取出影响系统性能的主要影响因子,分别对光伏阵列性能,组件的老化、逆变器性能进行分析。

[0013] 上述马氏距离作为系统评估指标为:

$$[0014] \quad MD_i = \sqrt{(x_i - \bar{x})C_x^{-1}(x_i - \bar{x})^T}$$

[0015] 其中, x_i 为数据样本, \bar{x} 为数据样本的平均值,

$$[0016] \quad C_x^{-1} = \begin{bmatrix} \sigma^2 / \det(C_x) & -\rho_{12}\sigma_1\sigma_2 / \det(C_x) \\ -\rho_{12}\sigma_1\sigma_2 / \det(C_x) & \sigma^2 / \det(C_x) \end{bmatrix}$$

[0017] 其中, σ_1^2 和 σ_2^2 为方差值, $\det(C_x) = \sigma_1^2\sigma_2^2(1 - \rho_{12}^2)$ 是方差 - 协方差矩阵, ρ_{12} 为相关系数; 由上述公式分别计算正常数据和待测试数据的马氏距离, 判定性能的等级, 确定光伏系统当前的工作状态。

[0018] 上述光伏阵列性能分析基于 VB 和 MATLAB 软件进行分析, 利用 VB.net 的 mcc 将 MATLAB 的 M 文件直接编译成 .EXE 文件, 然后在 VB 中声明下面三个 API 函数, 最后使用 Shell 命令实现 Matlab 程序的调用, 当上位机界面 CV < 0.6 时, 启动 VB 的运行 MATLAB 程序的标志位, 运行光伏阵列性能算法, 并将最后的结果返回, 进行性能等级和故障原因的显示。

[0019] 上述组件老化分析, 当组件存在异常老化现象时, 分 2 种情况进行考虑: 老化程度较大, 即串联电阻阻值较大的情况; 老化程度较小, 即串联电阻阻值较小的情况, 组件老化影响的输出参数是 V_m 和 I_m , 通过分析最大功率点的电压和电流的变化情况, 判定组件的老化程度, 引入特征参数因子 α , 来表征组件的老化现象, 如下式:

$$[0020] \quad \alpha = 1 - \frac{AKT}{qV_{OC}} \ln \left(1 + \frac{qV_M}{AKT} \right) - \frac{AKT}{qV_{OC}} = \frac{V_M I_M}{V_{OC} I_{SC}}$$

[0021] 其中, V_{OC} 为组件厂商提供的所选用组件的开路电压, I_{SC} 为组件厂商提供的所选用组件的短路电流, V_m 为组件最大功率点的电压, I_m 为组件最大功率点的电流, A 为常数, K 为玻尔兹曼常数, T 为绝对温度, q 为电子电量, 定义计算求得的 α 的值小于 60%, 定义为老化故障。

[0022] 上述的逆变器性能分析, 对额定功率不变的光伏逆变器, 其逆变效率与输入功率之间近似满足式

$$[0023] \quad \eta_{inv} = A + B * P_{DC} + \frac{C}{P_{DC}}$$

[0024] 其中, P_{DC} 为逆变器直流输入功率, A、B 及 C 为待定系数, 利用历史数据模型法计算求得, 具体如下:

[0025] 逆变器的效率为逆变器输出交流功率 P_{ac} 与输入直流功率 P_{dc} 之比, 即 $\eta_{inv} = P_{ac} / P_{dc}$ 。由于并网逆变器的效率随实际输出功率而变化, 当输出功率小于其额定输出功率时, 逆变器效率将会降低, 采用基于逆变器输出输入功率数据进行拟合的方法, 求得逆变器在各输出功率下的实际效率, 定义实时的逆变器输出功率 P_{ac} 与其额定功率 $P_{ac, rate}$ 的比值 $p = P_{ac} / P_{ac, rate}$ 。通过绘制 p 与逆变器效率 η_{inv} 的散点图, 并拟合二者的函数关系曲线:

$$[0026] \quad \eta_{inv} = 0.02594p - 0.006955/p + 0.914 \eta_{inv}$$

[0027] 定义当逆变器的效率低于 60% 时, 为逆变器故障。

[0028] 本发明与现有技术相比有益的效果是:

[0029] 本发明的实施过程简明易实现, 能及时地进光伏系统性能的分析, 准确的掌握光伏系统的工作状态, 提高了系统的稳定性和可靠性, 能保证系统高效可靠运行。

附图说明

[0030] 下面结合附图和具体实施方式来详细说明本发明；

[0031] 图 1 是一种光伏系统性能评估流程图；

[0032] 图 2 是数据采集模块；

[0033] 图 3 三相逆变器效率曲线。

具体实施方式

[0034] 为使本发明实现的技术手段、创作特征、达成目的与功效易于明白了解，下面结合具体实施方式，进一步阐述本发明。

[0035] 一种光伏系统性能评估系统，所述系统包括数据采集模块和性能评估模块；所述数据采集模块用于各个监测数据的采集、传输、存储、显示功能，采集的数据为气象数据、光伏阵列直流数据和逆变器交流数据；然后送入微处理器进行预处理后，通过串口或其他通讯接口送入远程计算机，由计算机对数据进行筛选、存储以及显示，

[0036] 所述性能评估模块采用主成分分析法提取出影响系统性能的主要因素，包括光伏阵列性能分析，组件的老化分析，逆变器性能分析，最后将分析结果显示在上位机界面上。

[0037] 数据采集模块主要完成各个监测数据的采集、传输、存储、显示功能，采集的数据为气象数据、光伏阵列直流数据和逆变器交流数据。然后送入微处理器进行预处理后，通过串口或其他通讯接口送入远程计算机，由计算机对数据进行筛选、存储以及显示。

[0038] a. 气象数据和光伏阵列直流数据的采集

[0039] 气象数据包括水平辐照、共面辐照、环境温度、风向、风速、湿度、大气压。光伏阵列直流数据包括光伏阵列的四路电流、四路电压值和四路组件背板温度。本发明选用 TMS320F2803X 作为主控制器，并配合 12 位 8 通道的 AD 采样芯片，完全满足了对电流、电压、温湿度、辐照度和风速风向等数据的采样精度要求。

[0040] 光伏阵列的电压、电流分别采用直流电压隔离变送器和直流电流变送器，工作原理是基于将大电压、大电流变成 4-20mA 的小电流，以便测量。光伏组件背板温度的采集选用 PT100 铂热电阻。组件在工作时，背板温度会显著上升。根据环境温度的不同，背板温度在 -10℃ 到 50℃ 的范围内变化。PT100 是一种热电阻，是基于电阻的热效应进行温度测量，即电阻的阻值随着温度的变化而变化。PT100 是铂热电阻，与热敏电阻相比，其特点是测量精度高，稳定性好，适用于 -50-200℃ 范围内的温度测量。本发明温度测量均采用三线制 PT100 铂热电阻作为测量元件。

[0041] 辐照度数据的采集选用锦州阳光气象科技公司的 TBQ-2 型总辐射表和 DL-2 型标准电流变送器相结合的方式。TBQ-2 总辐射表可测量光谱范围在 280-3000nm 范围内的太阳辐射。测量范围 0-2000W/m²，输出信号 0-20mV。配合 DL-2 型变送器，可将信号以 4-20mA 的电流形式输出。

[0042] 风速风向的测量选用锦州阳光气象科技公司的 EC-8SX 型一体化风速风向传感器与风速变送器、风向变送器配合使用的方式。风向传感器利用低惯性轻金属风向标响应风向，带动码盘转动，码盘按格雷码编码并以光电子扫描，配合相应的风向变送器，输出 4-20mA 的电流信号。风速传感器采用低惯性风杯带动同轴截光盘转动，以光电子扫描输出

脉冲波,与响应的风速变送器配合,输出 4-20mA 的电流信号。

[0043] 各个传感器输出的信号经过调理电路处理后,送入主控制器 TMS320F28035 的模数转换器(ADC)中。主控制器 TMS320F28035 定时进行采样、处理、保存,等待上位机的命令。

[0044] 上位机与主控制器 TMS320F28035 之间使用 RS-485 串行通讯标准,通讯协议使用标准 MODBUS 通讯协议。RS-485 串行通讯标准只需两根导线,连接方便,具有良好的抗噪声干扰性,适合远距离传输。此外,RS-485 串行通讯标准可以很方便的组成 485 总线,实现多点互联。

[0045] b. 逆变器交流数据采集

[0046] 光伏阵列经由逆变器输出的三相交流电通过智能电量变送器采集相关数据。本发明所使用的智能电量变送器为三相四线制多参数电量变送器。该变送器的电压测量范围为 0-280V,电流测量范围为 0-20A,可输出三相电流、电压、有功功率、无功功率、功率因数、频率、有功电度、无功电度 12 个电量参数,符合系统要求。该设备由 12V 直流电压供电,数字输出,通讯接口为 RS-485 串行通讯标准,通讯协议为标准 MODBUS 协议,可与直流侧采集单元搭建成 485 总线,方便上位机的控制。

[0047] 如图 1 所示,一种光伏系统性能评估方法,利用上述的系统,其步骤如下:

[0048] a. 通过数据采集模块采集正常工作和待测试的气象数据、光伏阵列直流数据、逆变器交流数据。主要有组件的背板温度、水平辐照度、共面辐照度、直流的电流、直流的电压、直流功率、交流功率。

[0049] b. 以正常工作的数据,作为评估函数的原始样本,将原始样本和待测试的样本剔除不合理的数据点,上述数据的变化幅度较大,需进行标准化,统一为 0-1 的值,公式如下:

$$[0050] \quad x_i = \frac{x_{oi} - \mu}{\sigma}$$

[0051] 其中, x_i 为标准化后的值, x_{oi} 为原始数据值, μ 为原始数据均值, σ 为原始数据的方差。

[0052] 将标准化后的直流功率数据计算马氏距离: $MD_i = \sqrt{(x_i - \bar{x})C_x^{-1}(x_i - \bar{x})^T}$ 其中, x_i

为数据样本, \bar{x} 为数据样本的平均值, $C_x^{-1} = \begin{bmatrix} \sigma^2 / \det(C_x) & -\rho_{12}\sigma_1\sigma_2 / \det(C_x) \\ -\rho_{12}\sigma_1\sigma_2 / \det(C_x) & \sigma^2 / \det(C_x) \end{bmatrix}$

[0053] 其中, σ_1^2 和 σ_2^2 为方差值, $\det(C_x) = \sigma_1^2\sigma_2^2(1 - \rho_{12}^2)$ 是方差 - 协方差矩阵, ρ_{12} 为相关系数。

[0054] c. 然后进行评估,然后分别计算 2 次评估的相似程度 CV 值, $CV = \frac{|MD_0 - MD_1|}{MD_0}$,

其中, MD_0 为正常条件下计算的马氏距离, MD_1 为待测试样本计算的马氏距离。

[0055] 若 $0.8 < CV < 1$, 则系统性能较好,若 $0.6 < CV < 0.8$, 则系统性能良好,若 $0 < CV < 0.6$, 则系统性能较差,可能存在故障,必须进行进一步分析。

[0056] 采用主成分分析法提取出影响系统性能的主要因素,主要有光伏阵列性能分析,组件的老化分析,逆变器的性能分析。

[0057] 光伏阵列性能分析:利用 VB.net 的 mcc 将 MATLAB 的 M 文件直接编译成 .EXE 文

件,然后在 VB 中声明下面三个 API 函数,最后使用 Shell 命令实现 Matlab 程序的调用。当上位机界面 CV<0.6 时,触发 VB 运行 MATLAB 程序的标志位,运行光伏阵列性能算法,并将最后的结果返回,进行性能等级和故障原因的显示。

[0058] 老化分析:当组件存在异常老化现象时,可分 2 种情况进行考虑:老化程度较大,即串联电阻阻值较大的情况;老化程度较小,即串联电阻阻值较小的情况。组件老化主要影响的输出参数是 V_m 和 I_m ,通过分析最大功率点的电压和电流的变化情况,可判定组件的老化程度。本发明引入特征参数因子 α ,来表征组件的老化现象。

$$[0059] \quad \alpha = 1 - \frac{AKT}{qV_{OC}} \ln \left(1 + \frac{qV_M}{AKT} \right) - \frac{AKT}{qV_{OC}} = \frac{V_M I_M}{V_{OC} I_{SC}}$$

[0060] 其中, V_{OC} 为组件厂商提供的所选用组件的开路电压, I_{SC} 为组件厂商提供的所选用组件的短路电流, V_m 为组件最大功率点的电压, I_m 为组件最大功率点的电流,A为常数,K为玻尔兹曼常数,T为绝对温度,q为电子电量。定义计算求得的 α 的值小于 60%,定义为老化故障。

[0061] 逆变器性能分析:对额定功率不变的光伏逆变器,其逆变效率与输入功率之间近似满足式

$$[0062] \quad \eta_{inv} = A + B * P_{DC} + \frac{C}{P_{DC}}$$

[0063] 其中, P_{DC} 为逆变器直流输入功率,A、B及C为待定系数,可利用历史数据模型法计算求得,具体如下:

[0064] 逆变器的效率为逆变器输出交流功率 P_{ac} 与输入直流功率 P_{dc} 之比,即 $\eta_{inv} = P_{ac}/P_{dc}$ 。由于并网逆变器的效率随实际输出功率而变化,当输出功率小于其额定输出功率时,逆变器效率将会降低,因此本文采用基于逆变器输出输入功率数据进行拟合的方法,求得逆变器在各输出功率下的实际效率。定义实时的逆变器输出功率 P_{ac} 与其额定功率 $P_{ac,rate}$ 的比值 $p = P_{ac}/P_{ac,rate}$ 。通过绘制 p 与逆变器效率 η_{inv} 的散点图,如图 3 所示,并拟合二者的函数关系曲线:

$$[0065] \quad \eta_{inv} = 0.02594p - 0.006955/p + 0.914 \eta_{inv}$$

[0066] 定义当逆变器的效率低于 60%时,为逆变器故障。

[0067] 以上显示和描述了本发明的基本原理和主要特征和本发明的优点。本行业描述的只是说明本发明的原理,在不脱离本发明精神和范围的前提下,本发明还会有各种变化和和改进,这些变化和和改进都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等效物界定。

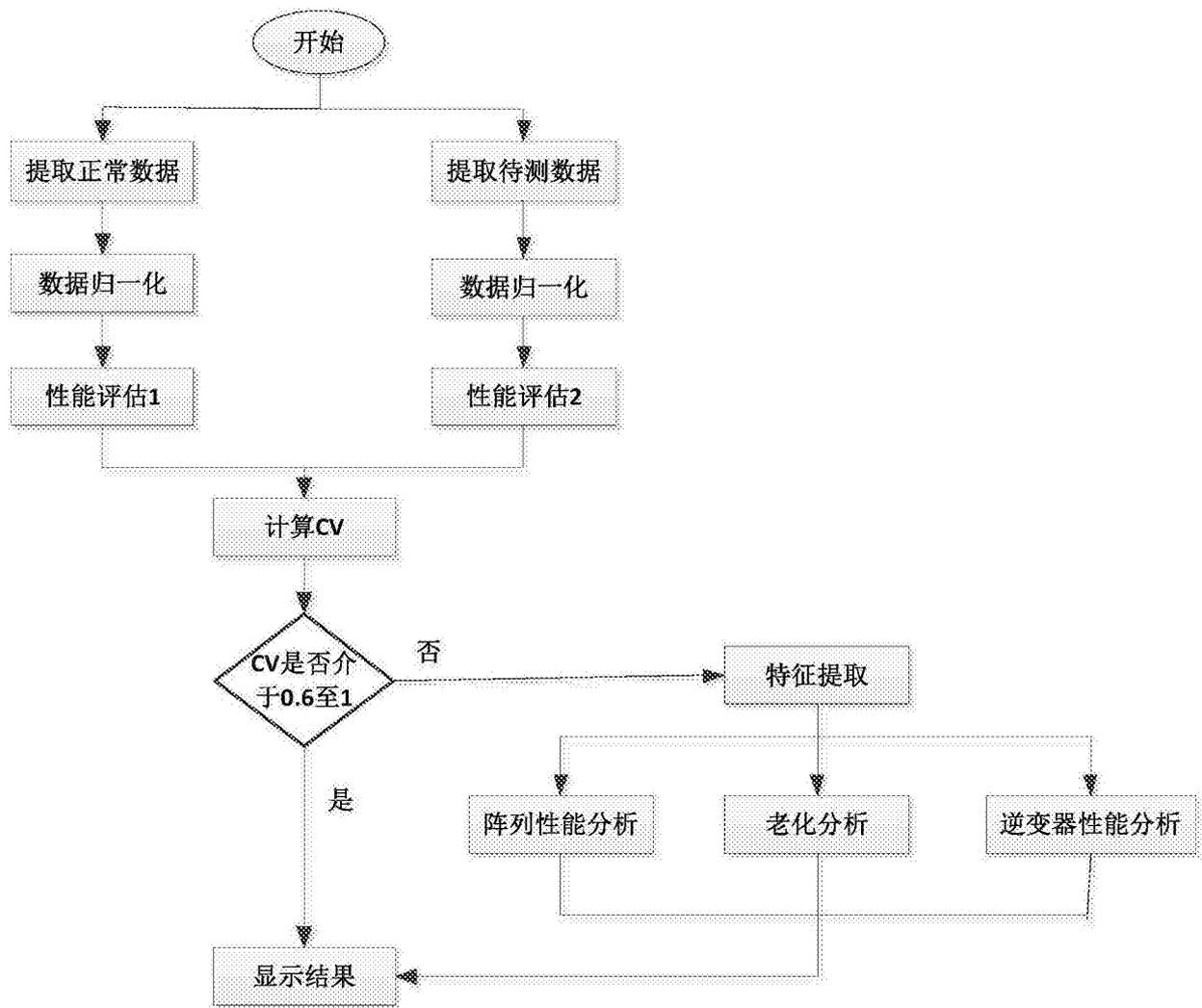


图 1

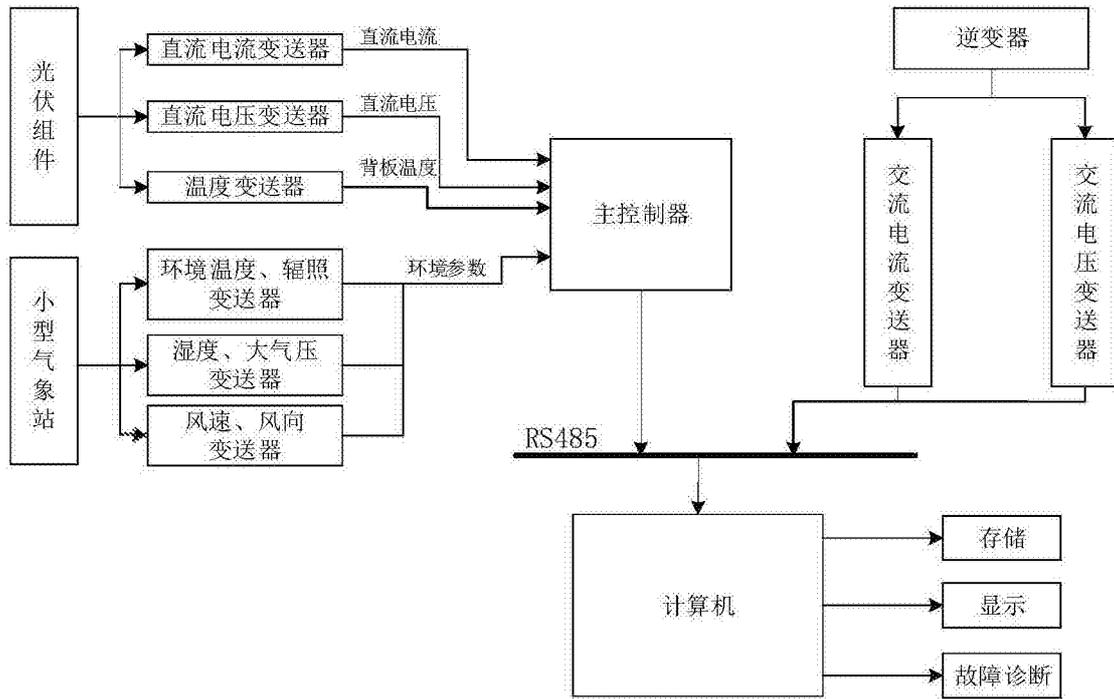


图 2

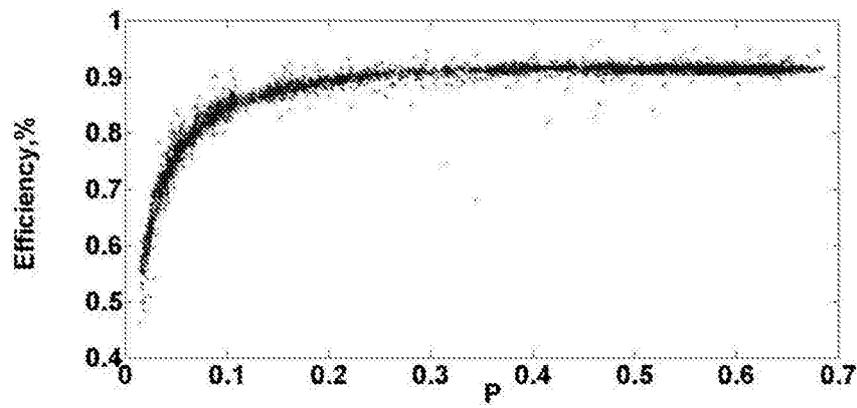


图 3