



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108693496 A

(43)申请公布日 2018. 10. 23

(21)申请号 201810425572.2

(22)申请日 2018.05.07

(71)申请人 国网山东省电力公司电力科学研究院

地址 250002 山东省济南市市中区望岳路2000号

申请人 国家电网公司

(72)发明人 张志 徐新光 杨剑 梁波 杜艳 代燕杰 王平欣 李琮琮 董贤光 李付存 陈祉如 朱红霞

(74)专利代理机构 济南诚智商标专利事务有限公司 37105

代理人 黄晓燕

(51) Int. Cl.

G01R 35/04(2006.01)

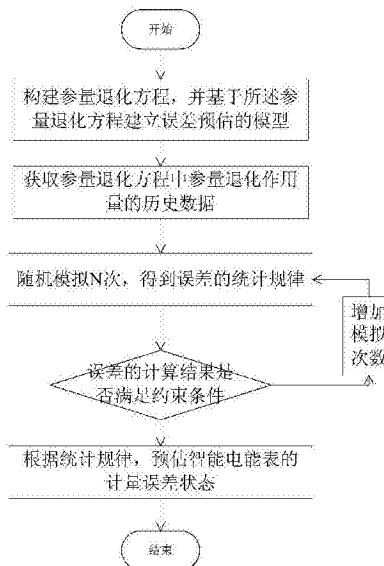
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

一种基于参量退化方程的智能电能表误差预估方法

(57)摘要

本发明实施例公开了一种基于参量退化方程的智能电能表误差预估方法,包括构建参量退化方程,并基于所述参量退化方程建立误差预估的模型;获取参量退化方程中参量退化作用量的历史数据;利用所述历史数据,对所述模型进行若干次模拟计算,至计算结果满足误差的约束条件,得到计量误差的统计规律;根据所述计量误差的统计规律,预估智能电能表的计量误差状态。本发明无需定期检定和停电检修,脱离了标准电能表,也不用额外设置传感器,提高了供电可靠性,降低了运维成本,且考虑误差的多种影响因素,提高了预估结果的准确性。



1. 一种基于参量退化方程的智能电能表误差预估方法,其特征是:包括以下步骤:
构建参量退化方程,并基于所述参量退化方程建立误差预估的模型;
获取参量退化方程中参量退化作用量的历史数据;
利用所述历史数据,对所述模型进行若干次模拟计算,至计算结果满足误差的约束条件,得到计量误差的统计规律;

根据所述计量误差的统计规律,预估智能电能表的计量误差状态。

2. 根据权利要求1所述的一种基于参量退化方程的智能电能表误差预估方法,其特征是:所述参量退化方程式为 $\varepsilon = A\alpha$,式中 ε 是退化参量, α 为参量退化作用量,解矩阵A是退化参量在参量退化作用量作用下的退化关系式。

3. 根据权利要求2所述的一种基于参量退化方程的智能电能表误差预估方法,其特征是:所述参量退化作用量包括误差影响因素、误差影响因素间的相互作用、误差影响因素在每个时间步长内的变化量和上一时刻智能电能表的计量误差。

4. 根据权利要求3所述的一种基于参量退化方程的智能电能表误差预估方法,其特征是:获取所述上一时刻智能电能表的计量误差的具体过程为:

将测量线路中的信号获取通道分为两路,分别为标准通道和被测通道,标准通道上通过标准电压互感器和标准电流互感器分别获取电压和电流信号,得到标准电能量,被测通道上利用待预估智能电能表获取电压和电流信号;

待预估智能电能表同时输出脉冲数,并根据电能表脉冲常数得到被测电能量;

利用所述被测电能量与标准电能量,计算得到智能电能表的计量误差。

5. 根据权利要求1所述的一种基于参量退化方程的智能电能表误差预估方法,其特征是:所述误差的约束条件为:

$$\frac{W' - W}{W} < \delta$$

式中, W' 为待预估智能电能表的电能示值, W 为采用标准电压互感器和标准电流互感器测量计算所得的标准电能量, δ 为允许误差设定值。

6. 根据权利要求1所述的一种基于参量退化方程的智能电能表误差预估方法,其特征是:所述预估误差的模型为蒙特卡罗模型。

7. 根据权利要求6所述的一种基于参量退化方程的智能电能表误差预估方法,其特征是:利用所述历史数据,对所述模型进行若干次模拟计算的具体过程为:

输入参量退化作用量中的一项或多项 x_n ,并生成N个在参量退化作用量变化范围内均匀分布的参量退化作用量的变化量 $\Delta x_n(i)$ ($i=1,2,\dots,N$);

利用 $x_n' = x_n + \Delta x_n(i)$,得到模拟退化参量作用量 x_n' ;

读取智能电能表在 x_n' 作用下的电能读数,计算比差 $e(i)$,并对比差 $e(i)$ 结果进行统计。

8. 根据权利要求1所述的一种基于参量退化方程的智能电能表误差预估方法,其特征是:在对所述模型进行若干次模拟计算后,若不满足误差的约束条件,则增加模拟次数,并继续进行模拟计算,至计算结果满足误差的约束条件为止。

一种基于参量退化方程的智能电能表误差预估方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电力设备在线监测技术领域,具体地说是一种基于参量退化方程的智能电能表误差预估方法。

背景技术

[0002] 智能电能表是电力系统进行电能计量的关键设备,是电能贸易结算的依据。智能电能表的计量准确性直接关系到电网的经济利益和电力用户的交易公平性。

[0003] 目前对智能电能表准确性的监测依旧是采取定期检定,或者是发现智能电能表误差超差之后停电检修的方式,且目前大多数智能电能表计量误差评估方式均只考虑了单一因素的影响或者将各单一因素对误差的影响直接叠加进行计量误差的评估。

[0004] 现有检测方法均无法保证能够及时的发现智能电能表的计量误差,也影响了供电可靠性,增加了运维成本。且并未考虑多种误差因素的耦合作用影响,无法准确评估智能电能表的计量误差。

发明内容

[0005] 本发明实施例中提供了一种基于参量退化方程的智能电能表误差预估方法,以解决现有技术中对智能电能表计量误差的评估准确性地、对智能电能表的运维成本高的问题。

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明实施例公开了如下技术方案:

[0007] 一种基于参量退化方程的智能电能表误差预估方法,包括以下步骤:

[0008] 构建参量退化方程,并基于所述参量退化方程建立误差预估的模型;

[0009] 获取参量退化方程中参量退化作用量的历史数据;

[0010] 利用所述历史数据,对所述模型进行若干次模拟计算,至计算结果满足误差的约束条件,得到计量误差的统计规律;

[0011] 根据所述计量误差的统计规律,预估智能电能表的计量误差状态。

[0012] 进一步地,所述参量退化方程式为 $\varepsilon = A\alpha$,式中 ε 是退化参量, α 为参量退化作用量,解矩阵A是退化参量在参量退化作用量作用下的退化关系式。

[0013] 进一步地,所述参量退化作用量包括误差影响因素、误差影响因素间的相互作用、误差影响因素在每个时间步长内的变化量和上一时刻智能电能表的计量误差。

[0014] 进一步地,获取所述上一时刻智能电能表的计量误差的具体过程为:

[0015] 将测量线路中的信号获取通道分为两路,分别为标准通道和被测通道,标准通道上通过标准电压互感器和标准电流互感器分别获取电压和电流信号,得到标准电能量,被测通道上利用待预估智能电能表获取电压和电流信号;

[0016] 待预估智能电能表同时输出脉冲数,并根据电能表脉冲常数得到被测电能量;

[0017] 利用所述被测电能量与标准电能量,计算得到智能电能表的计量误差。

[0018] 进一步地,所述误差的约束条件为:

$$[0019] \quad \frac{W' - W}{W} < \delta,$$

[0020] 式中, W' 为待预估智能电能表的电能示值, W 为采用标准电压互感器和标准电流互感器测量计算所得的标准电能, δ 为允许误差设定值。

[0021] 进一步地, 所述预估误差的模型为蒙特卡罗模型。

[0022] 进一步地, 利用所述历史数据, 对所述模型进行若干次模拟计算的具体过程为:

[0023] 输入参量退化作用量中的一项或多项 x_n , 并生成 N 个在参量退化作用量变化范围内均匀分布的参量退化作用量的变化量 $\Delta x_n(i)$ ($i=1, 2, \dots, N$);

[0024] 利用 $x_n' = x_n + \Delta x_n(i)$, 得到模拟退化参量作用量 x_n' ;

[0025] 读取智能电能表在 x_n' 作用下的电能读数, 计算比差 $e(i)$, 并对比差 $e(i)$ 结果进行统计。

[0026] 进一步地, 在对所述模型进行若干次模拟计算后, 若不满足误差的约束条件, 则增加模拟次数, 并继续进行模拟计算, 至计算结果满足误差的约束条件为止。

[0027] 发明内容中提供的效果仅仅是实施例的效果, 而不是发明所有的全部效果, 上述技术方案中的一个技术方案具有如下优点或有益效果:

[0028] 1、通过构建基于参量退化方程, 并引入蒙特卡罗模型来计算的计量误差, 在模型建立过程中不断获取历史数据, 适时进行智能电能表测量数据的采集, 无需定期检定和停电检修, 脱离了标准电能表, 也不用额外设置传感器, 提高了供电可靠性, 降低了运维成本。

[0029] 2、参量退化方程中引入多种参量退化作用量, 同时研究了多种智能电能表误差影响因素相互耦合带来的计能性能劣化, 并在满足约束条件的情况下结束模拟计算, 提高了预估结果的准确性。

附图说明

[0030] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案, 下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍, 显而易见地, 对于本领域普通技术人员而言, 在不付出创造性劳动的前提下, 还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0031] 图1是本发明的发明流程图;

[0032] 图2是本发明建立所述蒙特卡罗模型的流程示意图;

[0033] 图3是本发明在线监控系统的结构示意图;

[0034] 图4是本发明实施例中获取的温度数据样本图;

[0035] 图5是本发明实施例中获取的使读数据样本图;

[0036] 图6是本发明实施例中获取的电能消耗数据样本图;

[0037] 图7是本发明实施例中得到的智能电能表误差数据样本图;

[0038] 图8是本发明实施例中得到的预估误差结果与实际运行误差对比图。

具体实施方式

[0039] 为能清楚说明本方案的技术特点, 下面通过具体实施方式, 并结合其附图, 对本发明进行详细阐述。下文的公开提供了许多不同的实施例或例子用来实现本发明的不同结构。为了简化本发明的公开, 下文中对特定例子的部件和设置进行描述。此外, 本发明可以

在不同例子中重复参考数字和/或字母。这种重复是为了简化和清楚的目的，其本身不指示所讨论各种实施例和/或设置之间的关系。应当注意，在附图中所图示的部件不一定按比例绘制。本发明省略了对公知组件和处理技术及工艺的描述以避免不必要地限制本发明。

[0040] 如图1所示，本发明的基于参量退化方程的智能电能表误差预估方法包括以下步骤：

[0041] S1, 构建参量退化方程，并基于所述参量退化方程建立误差预估的蒙特卡罗模型；

[0042] S2, 获取参量退化方程中参量退化作用量的历史数据；

[0043] S3, 利用历史数据，对蒙特卡罗模型进行若干次模拟计算，至计算结果满足误差的约束条件，得到计量误差的统计规律；

[0044] S4, 根据所述计量误差的统计规律，预估智能电能表的计量误差状态。

[0045] 智能电能表的测量值受多方面影响，包括环境温度、湿度、降雨情况等自然因素；电能消耗、电能质量等电气环境因素；以及供应商、挂网运行时间等自身的属性以及失压、断流等电网事件。

[0046] 步骤S1中，参量退化方程为

[0047]

$$f_w(t) = F \left(g_1(x_1), g_2(x_2), g_3(x_3), \dots, g_n(x_n), g_4(x_1, x_2), g_5(x_1, x_3), g_6(x_2, x_3), \dots, g_{\frac{n(n-1)}{2}}(x_{n-1}, x_n), \Delta x_1, \Delta x_2, \Delta x_3, \dots, \Delta x_n, f_w(t-\Delta t) \right)$$

[0048] 式中 x_n 为参量退化作用量 n ， $f_w(t)$ 为 t 时刻智能电能表在 $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$ 共同作用下的计量误差， F 为智能电能表计量误差 $f_w(t)$ 在 $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$ 共 n 个参量退化作用量共同作用下的退化方程式， $g_n(x_n)$ ($n=1, 2, 3$)为 x_n 的退化作用方程式， $g_{\frac{n(n-1)}{2}}(x_{n-1}, x_n)$ 为考虑了 x_{n-1} 、 x_n 的相互耦合作用的退化作用方程式， Δx_n ($n=1, 2, 3$)为 x_n 在每个时间步长 Δt 内的变化量， $f_w(t-\Delta t)$ 为智能电能表上一时刻的计量误差。

[0049] 为了使下面的讲述清晰，进一步简化误差预估模型，本实施例中选取3个对智能电能表计量稳定性影响较大的持续性因素进行建模，分别为环境温度 Temp、湿度Hum和电能消耗Load。三个影响因素共同作用于智能电能表，影响退化参量，将上述步骤S1中的退化方程表示如下：

[0050]

$$f_w(t) = F \left(g_1(\text{Temp}), g_2(\text{Hum}), g_3(\text{Load}), g_4(\text{Temp}, \text{Hum}), g_5(\text{Temp}, \text{Load}), g_6(\text{Hum}, \text{Load}), \Delta \text{Temp}, \Delta \text{Hum}, \Delta \text{Load}, f_w(t-\Delta t) \right) \quad (1)$$

[0051] 式(1)中， $f_w(t)$ 为 t 时刻智能电能表在环境温度、湿度以及电能消耗随时间变化的共同作用下的计量误差， F 为智能电能表计量误差 $f_w(t)$ 在环境温度、湿度以及电能消耗三个参量退化作用量共同作用下的退化方程式， $g_1(\text{Temp})$ 、 $g_2(\text{Hum})$ 、 $g_3(\text{Load})$ 分别为环境温度变化、湿度变化以及电能消耗变化对 f_w 的退化作用方程式， $g_4(\text{Temp}, \text{Hum})$ 为考虑了温度变化和湿度变化的相互耦合作用的退化作用方程式， $g_5(\text{Temp}, \text{Load})$ 为考虑了温度变化和电能消耗的相互耦合作用的退化作用方程式， $g_6(\text{Hum}, \text{Load})$ 为考虑了湿度变化和电能消耗变化的相互耦合作用的退化作用方程式， ΔTemp 、 ΔHum 、 ΔLoad 分别为环境温度、湿度以及电

能消耗在每个时间步长 Δt 内的变化量, $f_w(t-\Delta t)$ 为智能电能表上一时刻的计量误差。在本实施例中, 采样频率设定为每分钟一次, 即时间步长 $\Delta t=1\text{min}$ 。

[0052] 令:

$$[0053] \quad \varepsilon = f_w(t), \alpha = (\text{Temp}, \text{Hum}, \text{Load}, \Delta \text{Temp}, \Delta \text{Hum}, \Delta \text{Load}, f_w(t-\Delta t)) \quad (2)$$

[0054] 式(2)中, ε 为所述智能电能表的退化参量, α 为参量退化作用量;

[0055] 将式(1)的解矩阵记为A, 则式(1)可以写作:

$$[0056] \quad \varepsilon = A\alpha \quad (3)$$

[0057] 式(3)定义为智能电能表的参量退化方程, 其中, ε 是退化参量, α 为参量退化作用量, 解矩阵A是退化参量在参量退化作用量作用下的退化关系式。

[0058] 求解所述参量退化关系的实质是根据已知的参量退化作用量和退化参量求解式(3)的系数矩阵A。目前的研究现状下, 矩阵A的元素不可解析, 不能用一般的常量或者简单初等函数描述。

[0059] 如图2所示, 本实施例建立了蒙特卡罗模型, 利用该模型进行模拟计算的具体过程为: 输入三个退化参量作用量, 如温度 $x_1=25$, 湿度 $x_2=55$, 电能消耗 $x_3=0.5$, 设置它们的变化量取值范围为: 温度 $\Delta x_1:-40\sim 20$; 湿度 $\Delta x_2:-55\sim 45$; 电能消耗 $\Delta x_3:-0.5\sim 1.5$; 生成N个在对应取值范围内的均匀分布的参量退化作用量的变化量 $\Delta x_n(i)$ ($i=1, 2, \dots, N$), 本实施例中, n 取3。利用 $x_n' = x_n + \Delta x_n(i)$, 得到模拟退化参量作用量 x_n' ; 读取智能电能表在 x_n' 作用下的电能读数, 计算比差 $e(i)$, 并对比差 $e(i)$ 结果进行统计, 分析统计规律。其中比差 $e(i)$ 的计算公式为:

$$[0060] \quad e(i) = \frac{W_i' - W_i}{W_i} \quad (4)$$

[0061] 式(4)中, W_i' 为N取i时的误差预估值, W_i 为N取i时的标准误差值。

[0062] 步骤S3中误差的约束条件为

$$[0063] \quad \frac{W_N' - W_N}{W_N} < \delta \quad (5)$$

[0064] 式(5)中, W_N' 为N次随机模拟计算后的误差预估值, W_N 为对应的标准误差值, 在本实施例中, 设置 $\delta=0.1\%$ 。

[0065] 在进行N次模拟计算后, 若不满足误差的约束条件, 则增加模拟次数, 并继续进行模拟计算, 至计算结果满足误差的约束条件为止。

[0066] 如图3所示, 在线监控系统包括两路信号获取通道, 利用该在线监控系统获取上一时刻智能电能表的计量误差。监测方式具体可以描述为: 信号经过两路通道进行对比计算误差, 一路为标准通道, 采用标准电压互感器和标准电流互感器分别测量电压和电流信号, 采样单元采集信号并进行计算得到标准电能量; 一路为被测通道, 待评估智能电能表测量电压电流信号, 输出与电能量成比例的脉冲数, 秒冲采集单元将脉冲数与电能表脉冲常数结合计算得到被测电能量; 标准电能量和被测电能量输入到误差计算单元, 最终得到上一时刻智能电能表的计量误差, 即式(4)中 W_i 的值, W_i 的计算公式为

$$[0067] \quad \frac{W_{t-1}' - W_{t-1}}{W_{t-1}} \quad (6)$$

[0068] 式(6中) W_{t-1}' 为 $t-1$ 时刻待预估智能电能表的电能示值, W_{t-1} 为 $t-1$ 时刻采用标准电压互感器和标准电流互感器测量计算所得的标准电能量。

[0069] 为验证实施例采用方法的可行性, 下面结合实际应用过程进行说明:

[0070] 截取2015年4月12日上午10时至下午5时的温湿度、电能消耗和智能电能表的电能比差数据作为样本, 温湿度数据采用Rotronic Instruments HP22温湿度仪每分钟采集一次, 电能消耗以电能表显示的电能来表示, 每分钟记录一次。温度、湿度、电能消耗和电能比差的数据图如图4、5、6、7所示;

[0071] 采用数据建立蒙特卡罗模型, 经过3万次随机模拟, 得到退化参量作用量及其变化量影响下的智能电能表计量误差的统计规律;

[0072] 根据得到的统计规律, 预估智能电能表在4月12日下午5时之后短时间的误差状态, 并分析在线监测系统在同一时间段内所获取的数据, 结果如图8所示, 由图8可以看出, 基于参量退化方程的智能电能表误差预估结果, 与实际运行结果趋势基本符合, 短时间预估误差与实际误差相比, 绝对误差不大于0.1%。

[0073] 以上所述只是本发明的优选实施方式, 对于本技术领域的普通技术人员来说, 在不脱离本发明原理的前提下, 还可以做出若干改进和润饰, 这些改进和润饰也被视为本发明的保护范围。

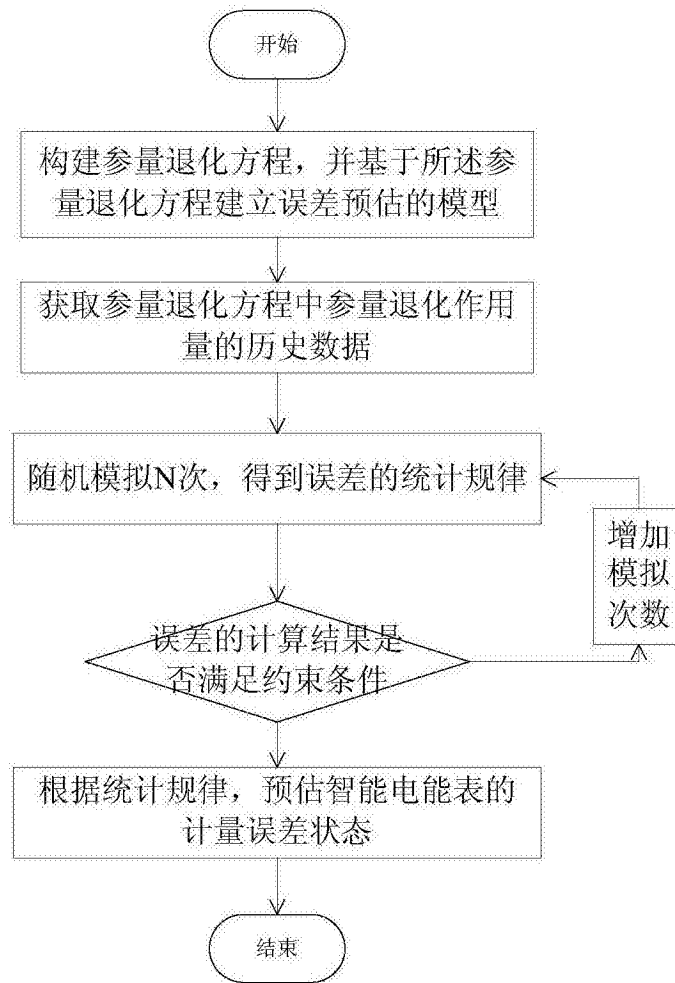


图1

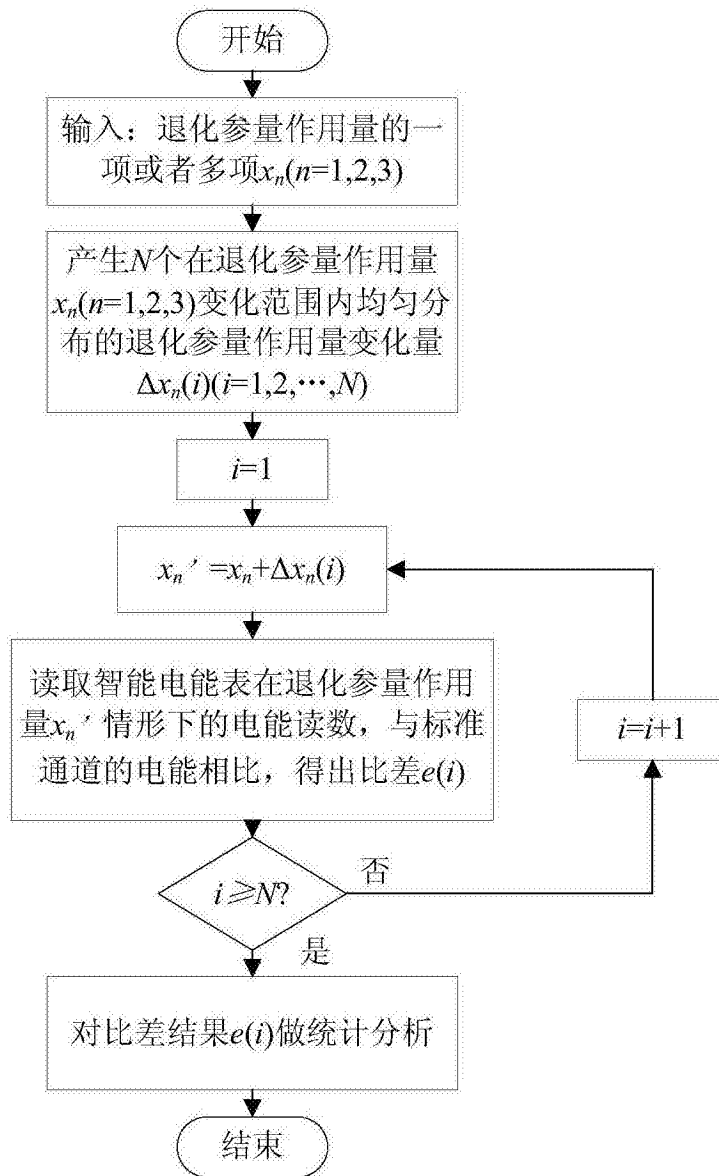


图2

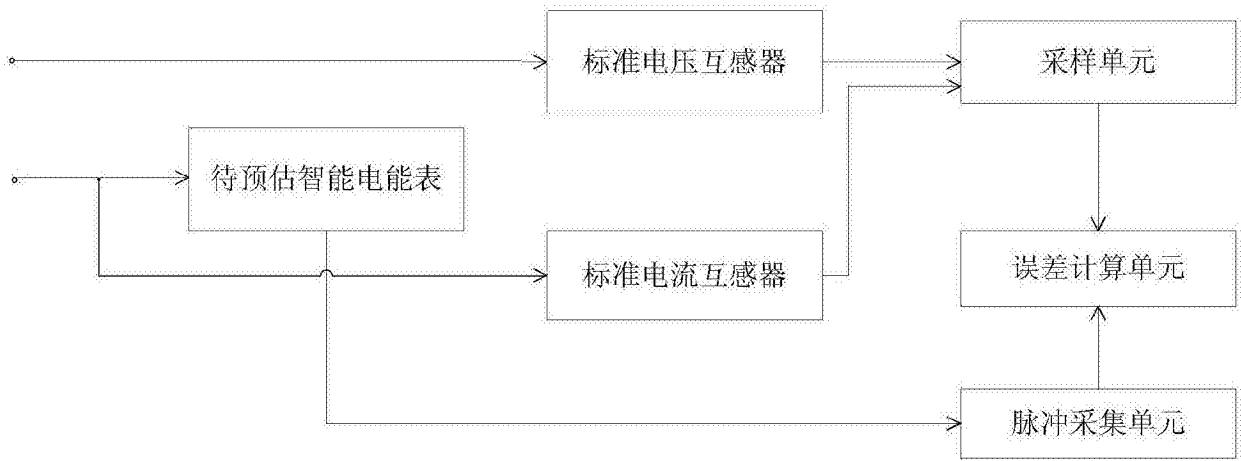


图3

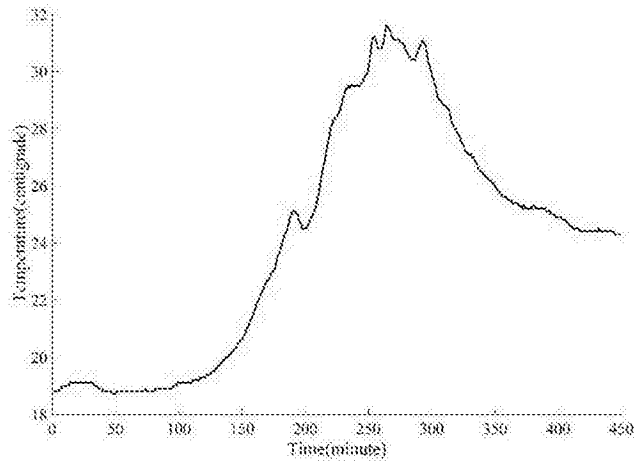


图4

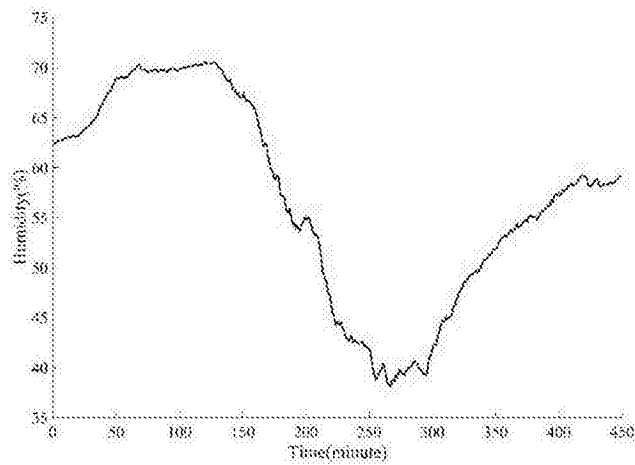


图5

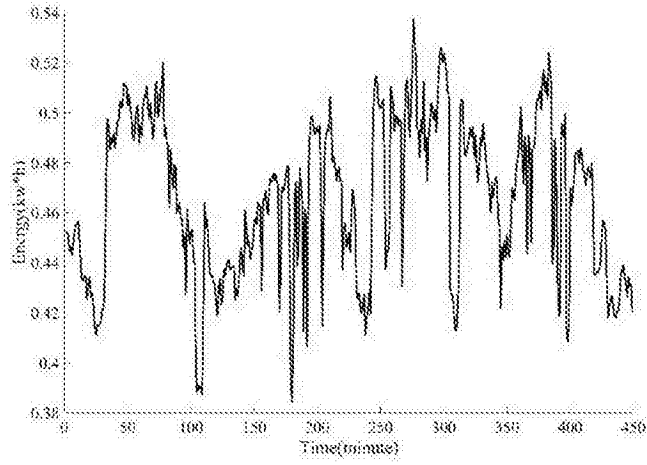


图6

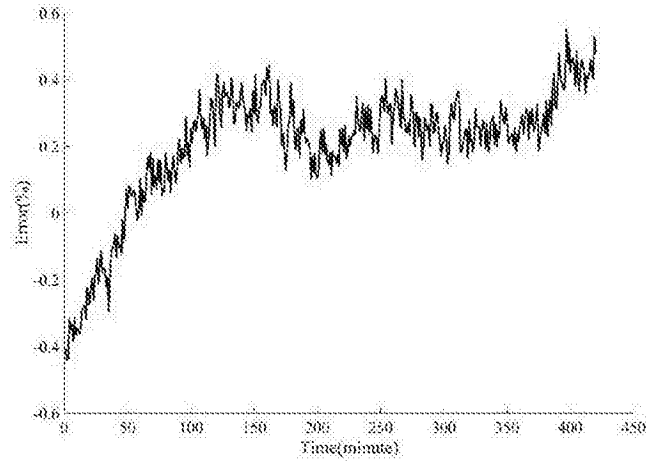


图7

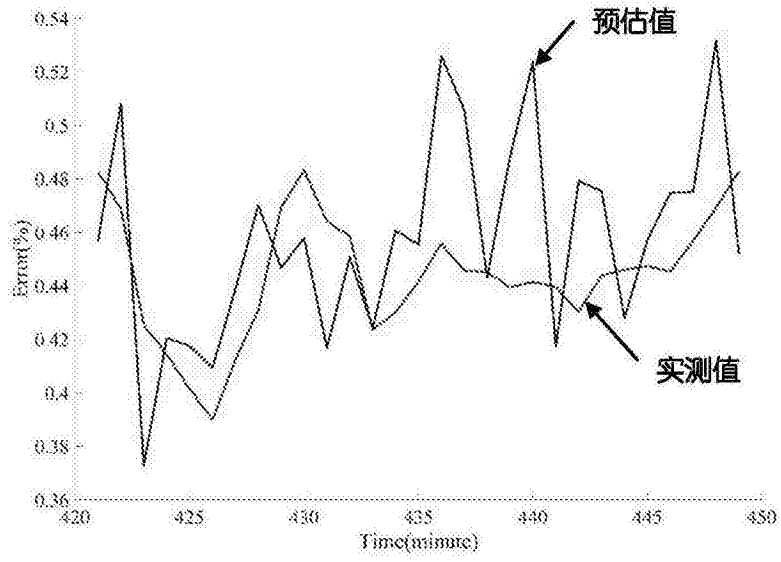


图8