

## (12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2017年2月23日 (23.02.2017)



(10) 国际公布号  
WO 2017/028632 A1

- (51) 国际专利分类号:  
G06Q 10/04 (2012.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/087815
- (22) 国际申请日: 2016年6月30日 (30.06.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
201510511780.0 2015年8月19日 (19.08.2015) CN
- (71) 申请人: 中国电力科学研究院 (CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE) [CN/CN]; 中国北京市海淀区清河小营东路15号, Beijing 100192 (CN)。 国家电网公司 (STATE GRID CORPORATION OF CHINA) [CN/CN]; 中国北京市西城区西长安街86号, Beijing 100031 (CN)。 国网山东省电力公司 (STATE GRID SHANDONG ELECTRIC POWER COMPANY) [CN/CN]; 中国山东省济南市经二路150号, Shandong (CN)。 国网山东省电力公司电力科学研究院 (STATE GRID ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE IN SHANDONG

PROVINCE POWER COMPANY) [CN/CN]; 中国山东省济南市市中区望岳路2000号, Shandong (CN)。

- (72) 发明人: 刁赢龙 (DIAO, Yinglong); 中国北京市海淀区清河小营东路15号, Beijing 100192 (CN)。 刘科研 (LIU, Keyan); 中国北京市海淀区清河小营东路15号, Beijing 100192 (CN)。 孟晓丽 (MENG, Xiaoli); 中国北京市海淀区清河小营东路15号, Beijing 100192 (CN)。 盛万兴 (SHENG, Wanxing); 中国北京市海淀区清河小营东路15号, Beijing 100192 (CN)。 何开元 (HE, Kaiyuan); 中国北京市海淀区清河小营东路15号, Beijing 100192 (CN)。 贾东梨 (JIA, Dongli); 中国北京市海淀区清河小营东路15号, Beijing 100192 (CN)。 胡丽娟 (HU, Lijuan); 中国北京市海淀区清河小营东路15号, Beijing 100192 (CN)。 叶学顺 (YE, Xueshun); 中国北京市海淀区清河小营东路15号, Beijing 100192 (CN)。 唐建岗 (TANG, Jiangang); 中国北京市海淀区清河小营东路15号, Beijing 100192 (CN)。 孙勇 (SUN, Yong); 中国北京市海淀区清河小营东路15号, Beijing 100192 (CN)。 张世栋 (ZHANG, Shidong); 中国北京市海淀区清河小营东路15号, Beijing 100192 (CN)。 邵志敏 (SHAO, Zhimin); 中

[见续页]

(54) Title: METHOD OF PREDICTING DISTRIBUTION NETWORK OPERATION RELIABILITY

(54) 发明名称: 一种配电网运行可靠性的预测方法

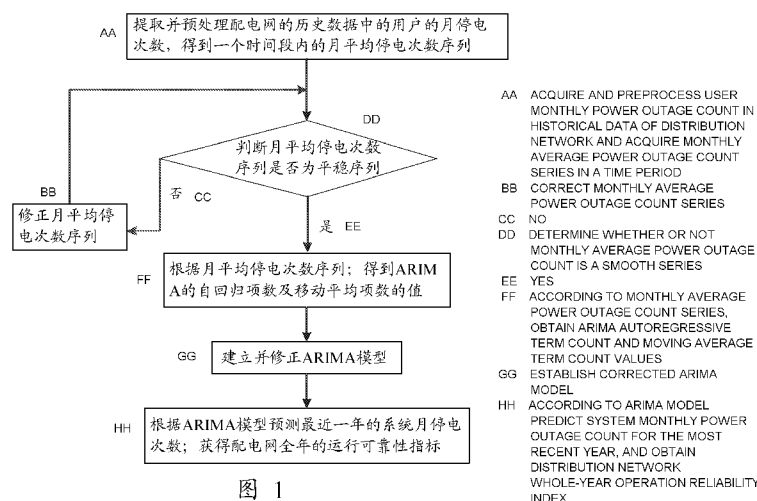


图 1

(57) Abstract: A method of predicting the operation reliability of a distribution network, the method being based on an ARIMA model. By establishing an ARIMA model predict a user monthly power outage count; convert a non-smooth element outage count time series to a smooth time series; perform regression on only lagged values of a dependent variable, and on current values and lagged values of a stochastic error term, so as to establish a user monthly power outage count model; according to a prediction result sample an outage point, and at the same time, taking into account a real time load operating state, establish a failure mode effects table based on TLOC criteria and PLOC criteria; and calculate a system recovery time for each instance of device outage, and finally obtain a whole-year reliability index. The prediction method effectively and accurately guides future distribution network planning, design, operation and maintenance, improves the accuracy of predicting and evaluating distribution network operating reliability, realizing safe and stable distribution network operation and decreasing outage frequency and reducing the range of outages.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2017/028632 A1



国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。 **李建修 (LI, Jianxiu)**; 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。

**张林利 (ZHANG, Linli)**; 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing (CN)。 **刘合金 (LIU, Hejin)**; 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。 **李立生 (LI, Lisheng)**; 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。

(74) **代理人: 北京派特恩知识产权代理有限公司 (CHINA PAT INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE)**; 中国北京市海淀区海淀南路 21 号中关村知识产权大厦 B 座 2 层, Beijing 100080 (CN)。

(81) **指定国** (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR,

IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) **指定国** (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

**本国际公布:**

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种配电网运行可靠性的预测方法, 所述方法基于 ARIMA 模型, 通过建立 ARIMA 模型预测用户月停电次数, 将非平稳元件失效次数时间序列转化为平稳时间序列, 然后将因变量仅对它的滞后值以及随机误差项的现值和滞后值进行回归建立用户月停电次数模型; 根据预测结果抽样停运点, 同时考虑实时负荷运行状况基于 TLOC 准则和 PLOC 准则建立故障模式影响表; 计算每次设备停运的系统恢复时间最终获得全年可靠性指标。所述预测方法, 有效且准确的指导未来配电网的规划、设计、运行和维修, 提高了配电网运行可靠性预测评估的准确性, 实现了配电网安全稳定运行降低停电频率、缩小停电范围。

## 一种配电网运行可靠性的预测方法

### 技术领域

本发明涉及配电网运行可靠性评估领域，具体涉及一种配电网运行可靠性的预测方法。

### 5 背景技术

配电网处于电力系统末端与用户直接相连起分配电能作用，大规模和长时间的停电不仅造成巨大的损失而且威胁到社会秩序，配电网的可靠性直接影响用户是否获得合格的电能，所以电力公司不断提高供电质量和不间断的电力供应能力，使得电网能够在合理的投资范围内减少停电的可能。

10 配电网的结构复杂庞大设备繁多，由架空线路、电缆连接大量的电源点、负荷、变压器、开关以及各类一次及二次设备等元件组成，网络结构由于故障、负荷转移或是运行调整经常发生变化，导致配电网一些设备停运模型复杂、系统动态特性较强和失效后果多变，给实时运行中的配电网可靠性评估带来了一定的难度。现有对配电网进行可靠性评估的方法主要  
15 可以分两种：基于传统解析法的配电网可靠性评估和基于蒙特卡洛抽样的可靠性评估。基于传统解析法的配电网可靠性评估用数学模型来描述元件与系统间的可靠性关系，通过输入元件和系统的全过程寿命求得最终的可靠性指标，主要包括故障模式后果分析法、最小路算法、网络等值法、馈线分区算法等，解析法具有严格的数学逻辑但随着系统模型的扩大时间复  
20 杂度呈指数型增加。基于蒙特卡洛等模拟算法的配电网可靠性评估以概率统计理论为数学基础，使用计算机抽样方法对系统可靠性进行评估，由于抽样算法基于大数定理，所以在系统元件较少或者故障频率较少的情况下样本方差过大导致最终结果不准确。运行可靠性评估不同于规划和设计可

靠性评估，随着量测设备的大量覆盖，配电网运行中具有详实的统计资料和实时的运行维修策略，除了可以提供元件的平均失效率和修复率，还能提供修复时间，转供方案、实时/历史遥信遥测量，历史停电数据等。其次在实际生产环节中，系统的状态改变存在记忆性即事件发生的时间不满足指数分布，设备元件发生停运事件并非相互独立而是具有一定的相关性。再次可靠性指标本质上是一个取决于网络拓扑、运行方式、系统负荷和元件随机停运及随机修复等诸多相关因素的随机变量，作为反馈的信息量还是存在不确定性。

综上所述，如何利用好历史或实时数据实现配电网可靠性的精确预测评估成为当前亟待解决的问题。

## 发明内容

有鉴于此，本发明实施例期望提供一种配电网运行可靠性的预测方法，该方法能够有效且准确的指导未来配电网的规划、设计、运行和维修，提高配电网运行可靠性预测评估的准确性，实现配电网安全稳定运行降低停电频率、缩小停电范围。

本发明的目的是通过以下技术方案实现的：

一种配电网运行可靠性的预测方法，所述方法基于自回归积分滑动平均模型(Autoregressive Integrated Moving Average Model, ARIMA)，所述方法包括如下步骤：

步骤 1、提取并预处理所述配电网系统的历史数据中的用户的月停电次数，得到一个时间段内的月平均停电次数序列；

步骤 2、判断所述月平均停电次数序列是否为平稳序列；

若是，则进入步骤 4；

若否，则进入步骤 3；

步骤 3、修正所述月平均停电次数序列；返回步骤 2；

步骤 4、根据所述月平均停电次数序列；得到 ARIMA 的自回归项数及移动平均项数的值；

步骤 5、建立并修正 ARIMA 模型；

步骤 6、根据 ARIMA 模型预测最近一年的所述配电网系统月停电次数；获得所述配电网全年的运行可靠性指标。

在一实施例中，所述步骤 1，包括：

1-1、提取所述配电网的历史数据中的用户的月停电次数序列 Y；

1-2、预处理所述月停电次数序列 Y，得到一个时间段内的月平均停电次数序列  $Y_t$ ：

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-q} \quad (1)$$

式中， $Y_t$  为 0 至 t 时刻的月平均停电次数序列值，p 为该模型的自回归项数，q 为该模型的移动平均项数，e 为每次序列变化的白噪声； $\phi$  与  $\theta$  为不同的未知待求参数；t 是计算窗口中所含的月数。

在一实施例中，所述步骤 2，包括：

根据公式 (2) 和公式 (3) 判断所述月平均停电次数序列是否为平稳序列：

$$A_n = \frac{\sum_{i=0}^n y_i}{n} = K \quad (2)$$

$$\gamma_{t,t-k} \approx \gamma_{0,k} \quad (3)$$

式中， $A_n$  为常数、表示月停电次数的均值； $\gamma_{t,t-k} \approx \gamma_{0,k}$  表示序列  $Y_{t-k}$ 、 $Y_t$  和序列 Y、 $Y_k$  的协方差是近似的；k 是存在一个参数 k 使得任意时刻公式 (3) 都成立；K 表示一个常数；t 是计算窗口中所含的月数。

若公式 (2) 和公式 (3) 均成立，则进入步骤 4；

若公式 (2) 或公式 (3) 中的任一不成立，则进入步骤 3；

在一实施例中，所述步骤 3 中修正所述月平均停电次数序列的方法为修改所述月平均停电次数序列的时间频率、或对所述月平均停电次数序列进行对数差分。

在一实施例中，所述步骤 4，包括：

5 4-1、建立所述月平均停电次数序列的自相关函数及偏自相关函数；

4-2、求解所述月平均停电次数序列的自相关函数及偏自相关函数；得到 ARIMA 模型的自回归项数及移动平均项数的值集；

4-3、建立最小信息准则 AIC 函数：

$$AIC = n \log \sigma^2 + 2(p + q) \quad (4)$$

10 式中，n 为月平均停电的样本数， $\sigma$  是残差平方和，p 为该模型的自回归项数，q 为该模型的移动平均项数；

4-4、筛选出得出使得 AIC 的值最小的  $p_m$  和  $q_m$  作为所述自回归项数 p 及移动平均项数 q 的最终取值； $p_m$  是所述自回归项数 p 的所述值集中的某一个值； $q_m$  是所述移动平均项数 q 的所述值集中的某一个值。

15 在一实施例中，所述步骤 5，包括：

5-1、根据最小二乘法对所述自回归项数及移动平均项数的值进行回归分析，得到所述 ARIMA 模型的初型；

5-2、检测所述初型的残差序列；

20 若所述残差序列为白噪声，则所述初型即为所述 ARIMA 模型的最终型；所述 ARIMA 模型建立完成；

若所述残差序列不为白噪声，则返回 5-1。

在一实施例中，所述步骤 6，包括：

6-1、根据所述 ARIMA 模型，预测并提取最近一年的所述配电网系统月停电次数；并建立历史故障信息样本集；

25 6-2、根据历史故障信息样本集，建立拉普拉斯平滑的故障元件样本集，

并得到失电负荷点的停电次数、停电时间和缺供电量;

6-3、获得所述配电网全年的运行可靠性指标。

在一实施例中,所述 6-1,包括:

a、基于所述配电网系统实时运行情况的 TLOC 准则及 PLOC 准则对  
5 所述配电网系统进行分区并建立事故模式影响 FMEA 表;

b、求解所述 ARIMA 模型,得到预测的全年的所述配电网系统月停电次数;并建立历史故障信息样本集。

在一实施例中,所述 6-2,包括:

c、根据所述历史故障信息样本集,建立拉普拉斯平滑的故障元件样  
10 本集  $Res_i(e, w)$ :

设元件样本集为  $E$ ,历史故障集合为  $S$ ,则故障元件样本集合  $Res_i(e, w)$  按以下的规则建立;

对于某元件  $e_i$ ,若在历史故障集合  $S$  中出现的次数为  $w_i$  若没有发生,则有以下公式:

$$15 \quad w_i = \begin{cases} \min(w') - 1 & \text{if } \min(w') \geq 1 \\ 1 & \text{if } \min(w') > 1 \end{cases} \quad (5)$$

上式中  $w'$  为所有  $e \in S$  元件的次数,  $\min(w')$  表示其中  $e$  出现过次数的最小值,  $e$  表示事故元件,  $w$  表示事故概率权重;

d、循环读取所述故障元件样本集中的每一次停电事件,同时在所述故障元件样本集中抽取对应的失效元件;

20 e、读取所述事故模式影响 FMEA 表,并查找本次停电事件的所述失效元件在故障时所影响的失电负荷点;

f、记录所述失电负荷点的停电次数、停电时间和缺供电量;

g、判断所述故障元件样本集中的全部停电事件是否均循环完成;

若是,则跳转到 6-3;

25 若否,则返回到 d。

在一实施例中, 所述 6-3, 包括:

h、统计各个所述失电负荷点的停电次数、停电时间和缺供电量;

i、计算出整个所述配电网系统的全年的运行可靠性指标整个所述配电网系统的可靠性指标。

5 从上述的技术方案可以看出, 本发明提供了一种基于 ARIMA 模型的配电网运行可靠性的预测方法, 通过建立 ARIMA 模型预测用户月停电次数, 将非平稳元件失效次数时间序列转化为平稳时间序列, 然后将因变量仅对它的滞后值以及随机误差项的现值和滞后值进行回归建立用户月停电次数模型; 根据预测结果抽样停运点, 同时考虑实时负荷运行状况基于 TLOC  
10 准则和 PLOC 准则建立故障模式影响表; 计算每次设备停运的系统恢复时间最终获得全年可靠性指标。本发明提出的预测方法, 综合考虑配电网实时运行状态和调整策略, 深度挖掘历史数据中的系统风险特性, 有效且准确的指导未来配电网的规划、设计、运行和维修, 提高了配电网运行可靠性预测评估的准确性, 实现了配电网安全稳定运行降低停电频率、缩小停  
15 电范围, 加强了系统中可靠性的薄弱环节, 并提出有效的改进措施, 能够精确挖掘系统内在风险的统计特性和发展规律性。突出配电网可靠性的趋势性、季节性和周期性。

与最接近的现有技术比, 本发明实施例提供的技术方案具有以下优异效果:

20 1、本发明实施例所提供的技术方案中, 采用 ARIMA 方法进行配电网运行可靠性评估, 综合考虑配电网实时运行状态和调整策略, 深度挖掘历史数据中的系统风险特性, 实现配电网可靠性的准确有效预测评估; 有效且准确的指导未来配电网的规划、设计、运行和维修, 提高了配电网运行可靠性预测评估的准确性。

25 2、本发明实施例所提供的技术方案, 其考虑历史数据和实时运行条件

能够真实反映系统中负荷和网架的动态变化对配电网可靠性的影响，算法高效且不因数据噪音过多而影响结果精度。

3、本发明实施例所提供的技术方案，实现的对系统停电次数的预测是一种科学有效的短期预测方法，能够精确挖掘系统内在风险的统计特性和  
5 发展规律性。突出配电网可靠性的趋势性、季节性和周期性。

4、本发明实施例提供的技术方案，应用广泛，具有显著的社会效益和经济效益。

### 附图说明

图 1 是本发明实施例的配电网运行可靠性的预测方法的流程示意图；  
10 图 2 是本发明实施例的预测方法中的步骤 1 的流程示意图；  
图 3 是本发明实施例的预测方法中的步骤 4 的流程示意图；  
图 4 是本发明实施例的预测方法中的步骤 5 的流程示意图；  
图 5 是本发明实施例的预测方法中的步骤 6 的流程示意图；  
图 6 是本发明实施例的预测方法的应用例的流程示意图；  
15 图 7 是本发明实施例的预测方法中的应用例的基于历史故障集抽样计算可靠性指标的流程示意图。

### 具体实施方式

下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，  
20 而不是全部的实施例。基于本发明的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

如图 1 所示，本发明实施例提供一种配电网运行可靠性的预测方法，所述方法基于 ARIMA 模型，依据用户历史停电次数作为 ARIMA 模型的输

入，预测未来一年的可靠性指标。因为复杂配电网的节点较多，月停电次数与负荷变化、季节和天气这些与时间相关的属性关联度较大，因为负荷预测、天气预测都可以使用自回归差分滑动平均模型来解决，基于实际的生产数据结果差分或调频后的自相关系数也大于 0.5，所以月停电次数用时间序列模型来解决具有一定的科学性；

包括如下步骤：

步骤 1、提取并预处理配电网的历史数据中的用户的月停电次数，得到一个时间段内的月平均停电次数序列；

步骤 2、判断月平均停电次数序列是否为平稳序列；

若是，则进入步骤 4；

若否，则进入步骤 3；

步骤 3、修正月平均停电次数序列；返回步骤 2；

步骤 4、根据月平均停电次数序列；得到 ARIMA 的自回归项数及移动平均项数的值；

步骤 5、建立并修正 ARIMA 模型；其中，ARIMA 模型又称为 box-jenkins 模型、博克思-詹金斯法。其中 ARIMA (p, d, q) 称为差分自回归移动平均模型，AR 是自回归，p 为自回归项；MA 为移动平均，q 为移动平均项数，d 为时间序列成为平稳时所做的差分次数。所谓 ARIMA 模型，是指将非平稳时间序列转化为平稳时间序列，然后将因变量仅对它的滞后值以及随机误差项的现值和滞后值进行回归所建立的模型。ARIMA 模型根据原序列是否平稳以及回归中所含部分的不同，包括移动平均过程 (MA)、自回归过程 (AR)、自回归移动平均过程 (ARMA) 以及 ARIMA 过程。

步骤 6、根据 ARIMA 模型预测最近一年的系统月停电次数；获得配电网全年的运行可靠性指标。

如图 2 所示, 步骤 1, 包括:

1-1、提取配电网的历史数据中的用户的月停电次数序列  $Y$ ;

1-2、预处理月停电次数序列  $Y$ , 得到一个时间段内的月平均停电次数序列  $Y_t$ :

$$5 \quad Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-q} \quad (1)$$

式中,  $Y_t$  为 0 至  $t$  时刻的月平均停电次数序列值,  $p$  为该模型的自回归项数,  $q$  为该模型的移动平均项数,  $e$  为每次序列变化的白噪声;  $\phi$  与  $\theta$  为不同的未知待求参数;  $t$  是计算窗口中所含的月数。

步骤 2, 包括:

10 根据公式 (2) 和公式 (3) 判断月平均停电次数序列是否为平稳序列:

$$A_n = \frac{\sum_{i=0}^n y_i}{n} = K \quad (2)$$

$$\gamma_{t,t-k} \approx \gamma_{0,k} \quad (3)$$

若公式 (2) 和公式 (3) 均成立, 则进入步骤 4;

若公式 (2) 或公式 (3) 中的任一不成立, 则进入步骤 3;

15 式中,  $A_n$  为常数、表示月停电次数的均值;  $\gamma_{t,t-k} \approx \gamma_{0,k}$  表示序列  $Y_{t-k}$ 、 $Y_t$  和序列  $Y$ 、 $Y_k$  的协方差是近似的;  $k$  是存在一个参数  $k$  使得任意时刻公式 (3) 都成立;  $K$  表示一个常数;  $t$  是计算窗口中所含的月数。

步骤 3 中修正月平均停电次数序列的方法为修改月平均停电次数序列的时间频率、或对月平均停电次数序列进行对数差分。

20 如图 3 所示, 步骤 4, 包括:

4-1、建立月平均停电次数序列的自相关函数及偏自相关函数;

4-2、求解月平均停电次数序列的自相关函数及偏自相关函数; 得到 ARIMA 模型的自回归项数及移动平均项数的值集;

4-3、建立最小信息准则 AIC 函数，将值集中的值依次代入 AIC 函数求解 AIC 的值：

$$AIC = n \log \sigma^2 + 2(p + q) \quad (4)$$

5 式中，n 为月平均停电的样本数， $\sigma$  是残差平方和，p 为该模型的自回归项数，q 为该模型的移动平均项数；

4-4、筛选出得出使得 AIC 的值最小的  $p_m$  和  $q_m$  作为自回归项数 p 及移动平均项数 q 的最终取值。

如图 4 所示，步骤 5，包括：

5-1、根据最小二乘法对自回归项数及移动平均项数的值进行回归分析，得到 ARIMA 模型的初型；

5-2、检测初型的残差序列；

若残差序列为白噪声，则初型即为 ARIMA 模型的最终型；ARIMA 模型建立完成；

若残差序列不为白噪声，则返回 5-1。

15 如图 5 所示，步骤 6，包括：

6-1、根据 ARIMA 模型，预测并提取最近一年的系统月停电次数；并建立历史故障信息样本集；包括：

20 a、基于系统实时运行情况的 TLOC 准则及 PLOC 准则对输电网的预测系统进行分区并建立事故模式影响 FMEA 表；TLOC 准则为全部失去连通性准则；PLOC 准则为部分失去连通性准则；

b、求解 ARIMA 模型，得到预测的全年的系统月停电次数；并建立历史故障信息样本集。

6-2、根据历史故障信息样本集，建立拉普拉斯平滑的故障元件样本集，并得到失电负荷点的停电次数、停电时间和缺供电量；包括：

25 c、根据历史故障信息样本集，建立拉普拉斯平滑的故障元件样本集

$Res_i(e, w)$ :

其中,  $Res_i(e, w)$  的求解过程为: 在历史故障信息样本集中进行抽样, 每一个设备被抽到的次数若为 0, 则赋一个最小值, 反则增加该设备被抽样到的次数。形成  $Res_i(e, w)$  集合;

- 5 设元件样本集为  $E$ , 历史故障集合为  $S$ , 则故障元件样本集合  $Res_i(e, w)$  按以下的规则建立;

对于某元件  $e_i$ , 若在历史故障集合  $S$  中出现的次数为  $w_i$  若没有发生, 则有以下公式:

$$w_i = \begin{cases} \min(w') - 1 & \text{if } \min(w') \geq 1 \\ 1 & \text{if } \min(w') > 1 \end{cases} \quad (5)$$

- 10 上式中  $w'$  为所有  $e \in S$  元件的次数,  $\min(w')$  表示其中  $e$  出现过次数的最小值,  $e$  表示事故元件,  $w$  表示事故概率权重;

d、循环读取故障元件样本集中的每一次停电事件, 同时在故障元件样本集中抽取对应的失效元件;

- e、读取事故模式影响 FMEA 表, 并查找本次停电事件的失效元件在  
15 故障时所影响的失电负荷点;

f、记录失电负荷点的停电次数、停电时间和缺供电量;

g、判断故障元件样本集中的全部停电事件是否均循环完成;

若是, 则跳转到 6-3;

若否, 则返回到 d。

- 20 6-3、获得配电网全年的运行可靠性指标, 包括:

h、统计各个失电负荷点的停电次数、停电时间和缺供电量;

i、计算出整个输电网系统的全年的运行可靠性指标整个系统的可靠性指标。

如图 6 所示, 本发明实施例提供一种配电网运行可靠性的预测方法的

应用例,依据用户历史停电次数作为 ARIMA 模型的输入,预测未来一年的可靠性指标。因为复杂配电网的节点较多,月停电次数与负荷变化、季节和天气这些与时间相关的属性关联度较大,因为负荷预测、天气预测都可以使用自回归差分滑动平均模型来解决,基于实际的生产数据结果差分或

5 调频后的自相关系数也大于 0.5,所以月停电次数用时间序列模型来解决具有一定的科学性。本发明包括建立 ARIMA 模型和基于历史故障集抽样计算可靠性指标两个关键步骤,具体步骤如下:

1、时间序列分析的预处理,确定时间序列周期为月,从历史数据中提取用户月停电次数观测值为序列  $Y$ 。建立自回归滑动模型:

$$10 \quad Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-q} \quad (2)$$

上式中,  $Y_t$  为 0 至  $t$  时刻的月平均停电次数序列值,  $p$  为该模型的自回归项数,  $q$  为该模型的移动平均项数,  $e$  为每次序列变化的白噪声。

2、检测由用户月停电次数组成的时间序列是否满足平稳条件,即满足:

$$A_n = \frac{\sum_{i=0}^n y_i}{n} = K \quad (3)$$

$$15 \quad \gamma_{t,t-k} \approx \gamma_{0,k} \quad (4)$$

其中 (3) 中表示月停电次数的均值  $A_n$  为常数,式 (4) 表示对于任意  $t$  时刻,序列  $Y_{t-k}$ 、 $Y_t$  和序列  $Y$ 、 $Y_k$  的协方差是近似的。

3、首先基于平稳时间序列自相关函数和偏相关函数求得 ARIMA 模型阶数范围,然后低至高分别计算其 AIC 值也就是利用最小信息定则确定使

20 得 AIC 最小的阶数。AIC 函数定义如下:

$$AIC = n \log \sigma^2 + 2(p+q) \quad (5)$$

式中,  $n$  为停电样本数,  $\sigma$  是残差平方和,  $p$ 、 $q$  是 ARIMA 模型的阶数。

4、基于步骤 3 确定的模型阶数使用最小二乘法进行回归分析,拟合 ARIMA 模型,同时检测模型的残差序列是否为白噪声,若检测不通过继续

回归分析。

5 5、利用生成的 ARIMA 模型预测最近一年的系统月停电次数，提取系统历史故障信息使用拉普拉斯平滑建立故障点样本集，循环读取每一次停电事件进行抽样求出每一次停电所故障修复时间、故障隔离时间和负荷转供时间。最终获得全年可靠性指标。

如图 7 所示，该应用例中的基于历史故障集抽样计算可靠性指标，包括以下步骤：

1、基于系统实时运行情况的 TLOC、PLOC 准则对系统进行分区并建立 FMEA 表（事故模式影响表），利用 ARIMA 模型预测结果建立全年停电事件集。基于历史故障信息样本集对每一个元件基于拉普拉斯平滑建立故障元件样本集。设元件集合为  $E$ ，历史故障集合为  $S$ ，则故障元件样本集合  $Res_i(e, w)$  按以下的规则建立（其中  $e$  表示事故元件， $w$  表示事故概率权重）。

对于某元件  $e_i$ ，若在集合  $S$  中出现过则  $w_i$  为其出现的次数，若没有发生，则有以下公式：

$$15 \quad w_i = \begin{cases} \min(w') - 1 & \text{if } \min(w') \geq 1 \\ 1 & \text{if } \min(w') < 1 \end{cases} \quad (6)$$

上式中  $w'$  为所有  $e \in S$  元件的次数， $\min(w')$  表示其中  $e$  出现过次数的最小值。

2、循环读取每一次停电事件，同时在样本集中抽取对应失效元件。

3、读取 FMEA 表，查找本次停电事件失效元件故障时影响的负荷点，记录这些失电负荷点的停电次数、停电时间、缺供电量等信息。判断停电事件集是否循环完成，若达到则跳转到步骤 4，否则返回到步骤 2。

4、循环结束，统计各个模拟年的负荷点和系统的可靠性指标，进而计算整个系统的可靠性指标。

以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其限制，尽管参照上述实施例对本发明进行了详细的说明，所属领域的普通技术人员依然可以

对本发明的具体实施方式进行修改或者等同替换，而这些未脱离本发明精神和范围的任何修改或者等同替换，其均在申请待批的本发明的权利要求保护范围之内。

### 工业实用性

- 5        本发明实施例提供的配电网运行可靠性的预测方法包括：
- 步骤 1、 提取并预处理所述配电网系统的历史数据中的用户的月停电次数，得到一个时间段内的月平均停电次数序列；
- 步骤 2、 判断所述月平均停电次数序列是否为平稳序列；
- 若是，则进入步骤 4；
- 10       若否，则进入步骤 3；
- 步骤 3、 修正所述月平均停电次数序列，返回步骤 2；
- 步骤 4、 根据所述月平均停电次数序列，得到 ARIMA 的自回归项数及移动平均项数的值；
- 步骤 5、 建立并修正 ARIMA 模型；
- 15       步骤 6、 根据 ARIMA 模型预测最近一年的所述配电网系统月停电次数，获得所述配电网全年的运行可靠性指标。如此，实现了配电网可靠性的准确预测评估，有效且准确的指导未来配电网的规划、设计、运行和维修，提高了配电网运行可靠性预测评估的准确性。

## 权利要求书

1、一种配电网运行可靠性的预测方法，所述方法基于自回归积分滑动平均模型 ARIMA，所述方法包括如下步骤：

步骤 1、提取并预处理所述配电网系统的历史数据中的用户的月停电次数，得到一个时间段内的月平均停电次数序列；

步骤 2、判断所述月平均停电次数序列是否为平稳序列；

若是，则进入步骤 4；

若否，则进入步骤 3；

步骤 3、修正所述月平均停电次数序列，返回步骤 2；

步骤 4、根据所述月平均停电次数序列，得到 ARIMA 的自回归项数及移动平均项数的值；

步骤 5、建立并修正 ARIMA 模型；

步骤 6、根据 ARIMA 模型预测最近一年的所述配电网系统月停电次数，获得所述配电网全年的运行可靠性指标。

2、如权利要求 1 所述的方法，其中，所述提取并预处理所述配电网系统的历史数据中的用户的月停电次数，得到一个时间段内的月平均停电次数序列，包括：

步骤 1-1、提取所述配电网的历史数据中的用户的月停电次数序列 Y；

步骤 1-2、预处理所述月停电次数序列 Y，得到一个时间段内的月平均停电次数序列  $Y_t$ ：

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-q} \quad (1)$$

式中， $Y_t$  为 0 至 t 时刻的月平均停电次数序列值，p 为该模型的自回归项数，q 为该模型的移动平均项数，e 为每次序列变化的白噪声； $\phi$  与  $\theta$  为不同的未知待求参数；t 是计算窗口中所含的月数。

3、如权利要求 2 所述的方法，其中，所述判断所述月平均停电次数序列是否为平稳序列，包括：

根据公式（2）和公式（3）判断所述月平均停电次数序列是否为平稳序列：

$$5 \quad A_n = \frac{\sum_{i=0}^n y_i}{n} = K \quad (2)$$

$$\gamma_{t,t-k} \approx \gamma_{0,k} \quad (3)$$

式中， $A_n$  为常数、表示月停电次数的均值； $\gamma_{t,t-k} \approx \gamma_{0,k}$  表示序列  $Y_{t-k}$ 、 $Y_t$  和序列  $Y$ 、 $Y_k$  的协方差是近似的； $k$  是存在一个参数  $k$  使得任意时刻公式（3）都成立； $K$  表示一个常数； $t$  是计算窗口中所含的月数。

10 若公式（2）和公式（3）均成立，则进入步骤 4；

若公式（2）或公式（3）中的任一不成立，则进入步骤 3。

4、如权利要求 3 所述的方法，其中，所述修正所述月平均停电次数序列，包括：

15 修改所述月平均停电次数序列的时间频率、或对所述月平均停电次数序列进行对数差分。

5、如权利要求 4 所述的方法，其中，所述根据所述月平均停电次数序列，得到 ARIMA 的自回归项数及移动平均项数的值，包括：

步骤 4-1、建立所述月平均停电次数序列的自相关函数及偏自相关函数；

20 步骤 4-2、求解所述月平均停电次数序列的自相关函数及偏自相关函数，得到 ARIMA 模型的自回归项数及移动平均项数的值集；

步骤 4-3、建立最小信息准则 AIC 函数：

$$AIC = n \log \sigma^2 + 2(p+q) \quad (4)$$

式中， $n$  为月平均停电的样本数， $\sigma$  是残差平方和， $p$  为该模型的自回

归项数,  $q$  为该模型的移动平均项数;

步骤 4-4、筛选出得出使得 AIC 的值最小的  $p_m$  和  $q_m$  作为所述自回归项数  $p$  及移动平均项数  $q$  的最终取值;  $p_m$  是所述自回归项数  $p$  的所述值集中的某一个值;  $q_m$  是所述移动平均项数  $q$  的所述值集中的某一个值。

5        6、如权利要求 5 所述的方法, 其中, 所述建立并修正 ARIMA 模型, 包括:

步骤 5-1、根据最小二乘法对所述自回归项数及移动平均项数的值进行回归分析, 得到所述 ARIMA 模型的初型;

步骤 5-2、检测所述初型的残差序列;

10        若所述残差序列为白噪声, 则所述初型即为所述 ARIMA 模型的最终型; 所述 ARIMA 模型建立完成;

若所述残差序列不为白噪声, 则返回步骤 5-1。

7、如权利要求 6 所述的方法, 其中, 所述根据 ARIMA 模型预测最近一年的所述配电网系统月停电次数, 获得所述配电网全年的运行可靠性指  
15        标, 包括:

步骤 6-1、根据所述 ARIMA 模型, 预测并提取最近一年的所述配电网系统月停电次数, 并建立历史故障信息样本集;

步骤 6-2、根据历史故障信息样本集, 建立拉普拉斯平滑的故障元件样本集, 并得到失电负荷点的停电次数、停电时间和缺供电量;

20        步骤 6-3、获得所述配电网全年的运行可靠性指标。

8、如权利要求 7 所述的方法, 其中, 所述根据所述 ARIMA 模型, 预测并提取最近一年的所述配电网系统月停电次数, 并建立历史故障信息样本集, 包括:

步骤 a、基于所述配电网系统实时运行情况的 TLOC 准则及 PLOC 准则对所述配电网系统进行分区并建立事故模式影响 FMEA 表;  
25

步骤 b、求解所述 ARIMA 模型，得到预测的全年的所述配电网系统月停电次数，并建立历史故障信息样本集。

9、如权利要求 8 所述的方法，其中，所述根据历史故障信息样本集，建立拉普拉斯平滑的故障元件样本集，并得到失电负荷点的停电次数、停电时间和缺供电量，包括：

步骤 c、根据所述历史故障信息样本集，建立拉普拉斯平滑的故障元件样本集  $Res_i(e, w)$ ：

设元件样本集为  $E$ ，历史故障集合为  $S$ ，则故障元件样本集合  $Res_i(e, w)$  按以下的规则建立；

10 对于某元件  $e_i$ ，若在历史故障集合  $S$  中出现的次数为  $w_i$  若没有发生，则有以下公式：

$$w_i = \begin{cases} \min(w') - 1 & \text{if } \min(w') \geq 1 \\ 1 & \text{if } \min(w') > 1 \end{cases} \quad (5)$$

上式中  $w'$  为所有  $e \in S$  元件的次数， $\min(w')$  表示其中  $e$  出现过次数的最小值， $e$  表示事故元件， $w$  表示事故概率权重；

15 步骤 d、循环读取所述故障元件样本集中的每一次停电事件，同时在所述故障元件样本集中抽取对应的失效元件；

步骤 e、读取所述事故模式影响 FMEA 表，并查找本次停电事件的所述失效元件在故障时所影响的失电负荷点；

步骤 f、记录所述失电负荷点的停电次数、停电时间和缺供电量；

20 步骤 g、判断所述故障元件样本集中的全部停电事件是否均循环完成；若是，则跳转到步骤 6-3；

若否，则返回到步骤 d。

10、如权利要求 9 所述的方法，其中，所述获得所述配电网全年的运行可靠性指标，包括：

25 步骤 h、统计各个所述失电负荷点的停电次数、停电时间和缺供电量；

步骤 i、 计算出整个所述配电网系统的全年的运行可靠性指标整个所述配电网系统的可靠性指标。

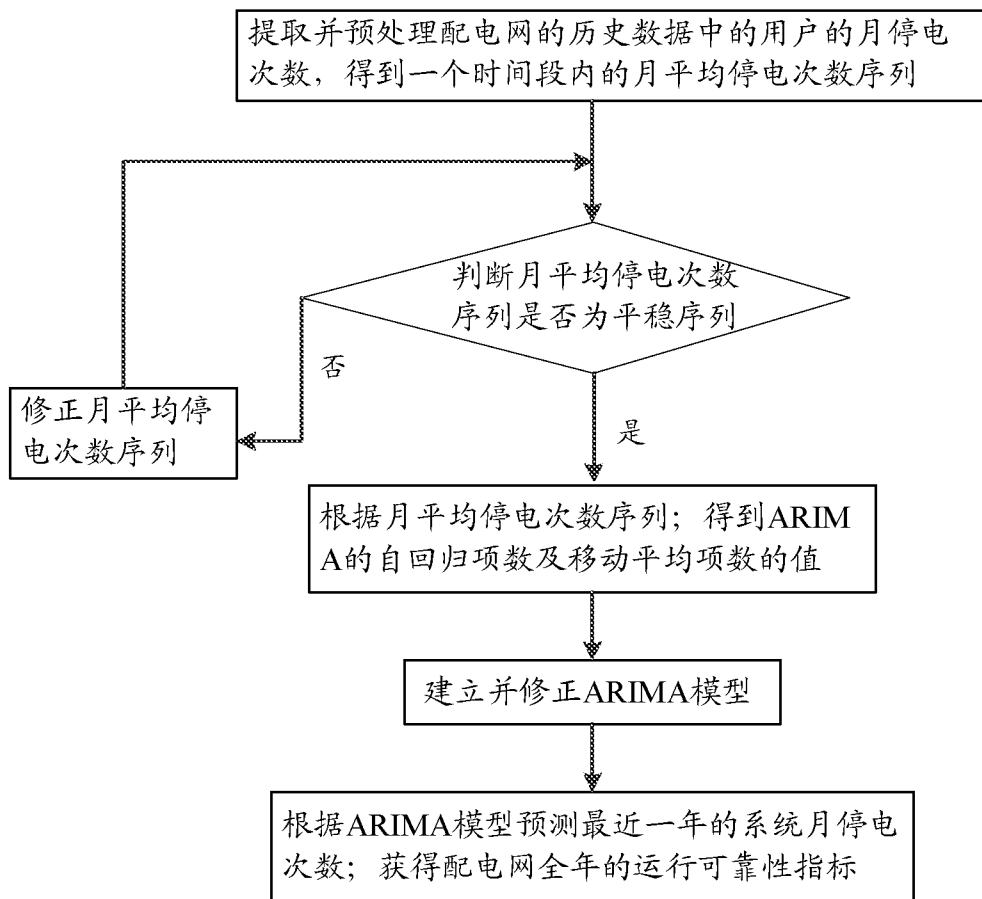


图 1

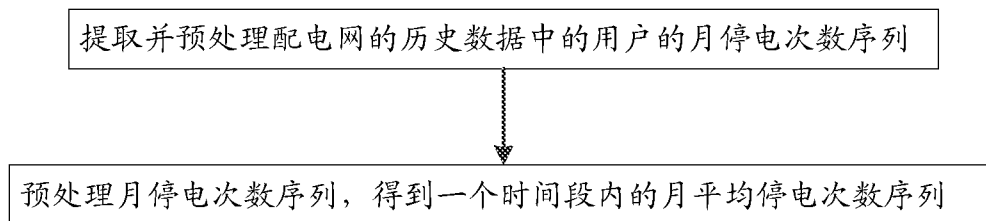


图 2

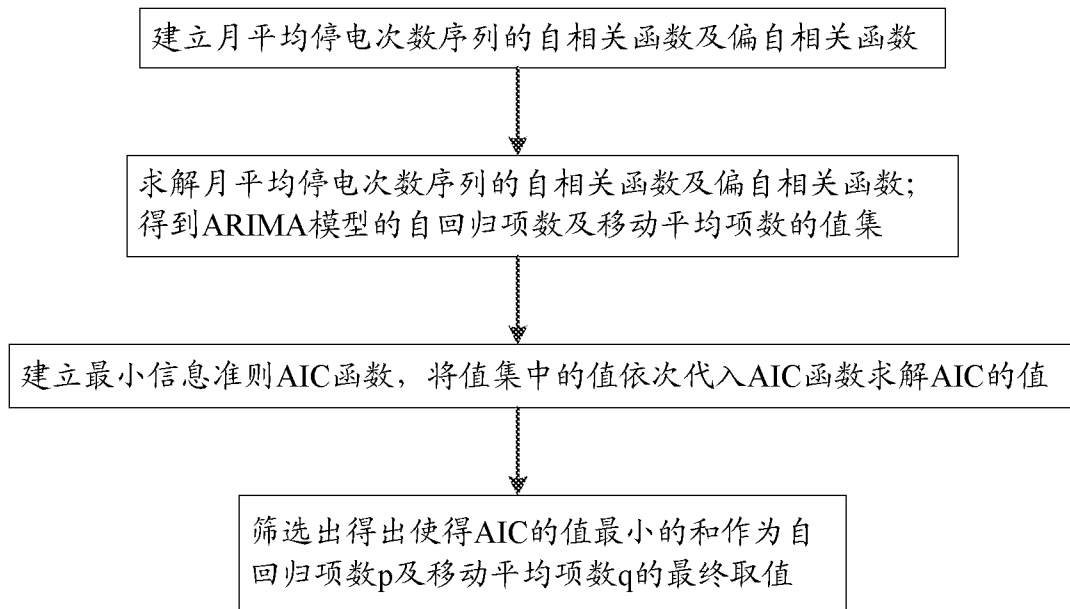


图 3

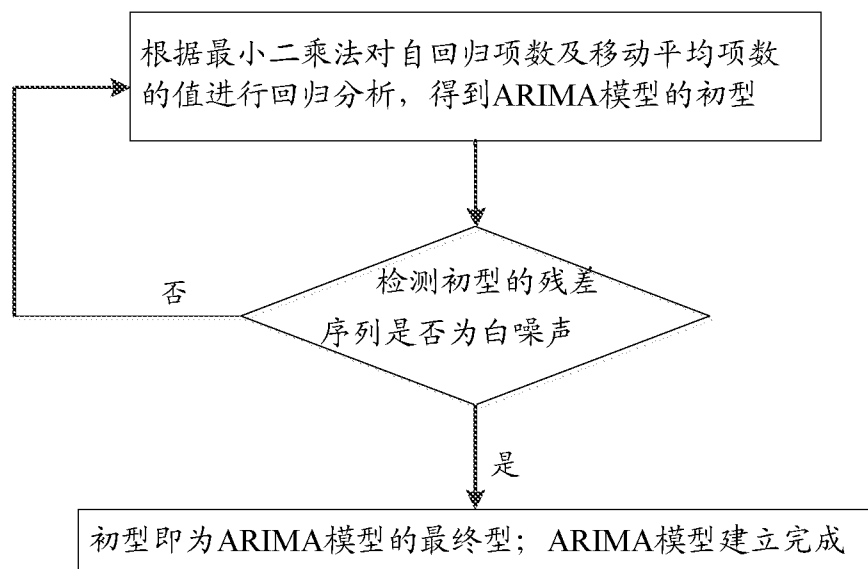


图 4

根据历史故障信息样本集，建立拉普拉斯平滑的故障元件样本集，并得到失电负荷点的停电次数、停电时间和缺供电量

根据ARIMA模型，预测并提取最近一年的系统月停电次数；并建立历史故障信息样本集

获得配电网全年的运行可靠性指标

图 5

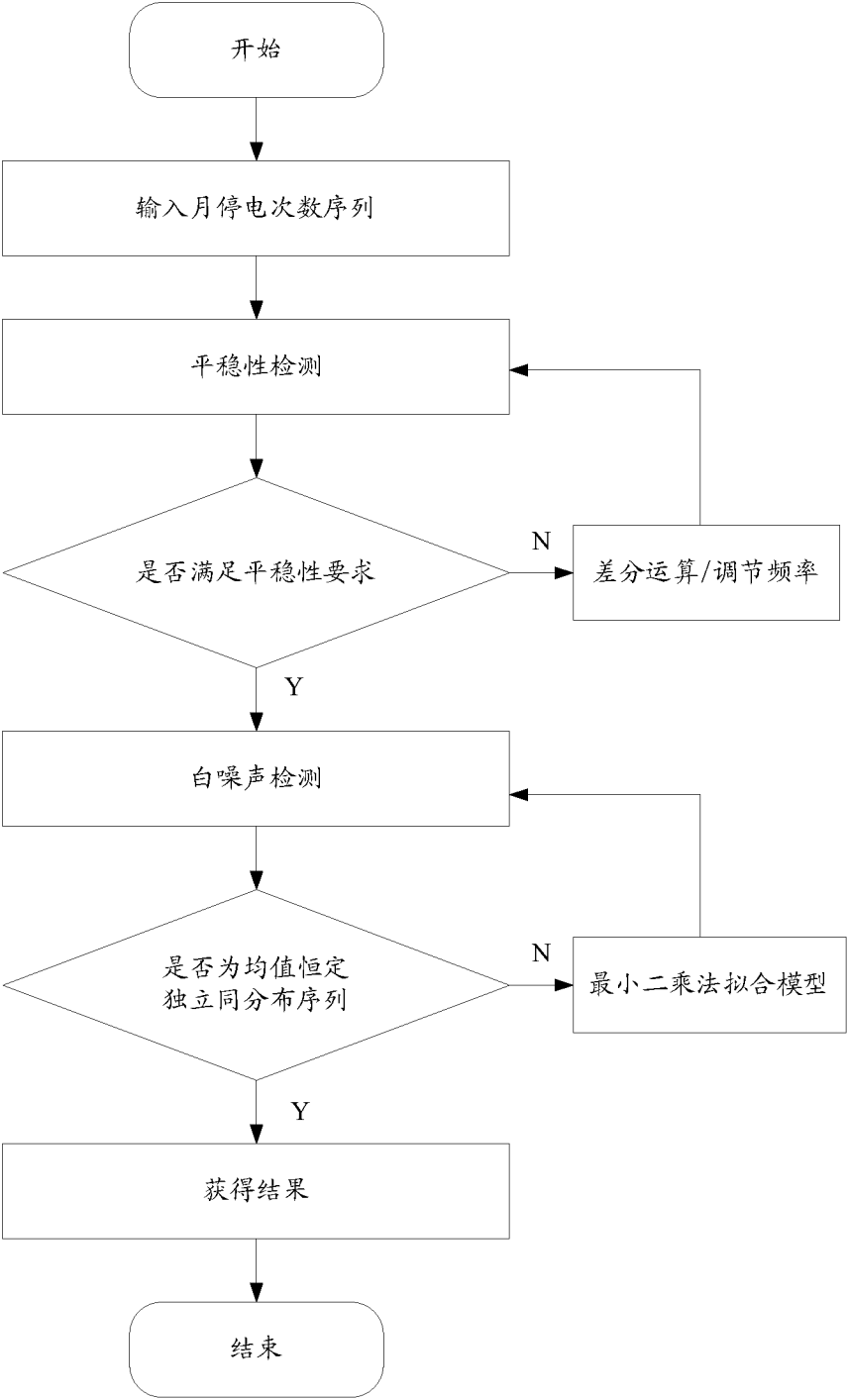


图 6

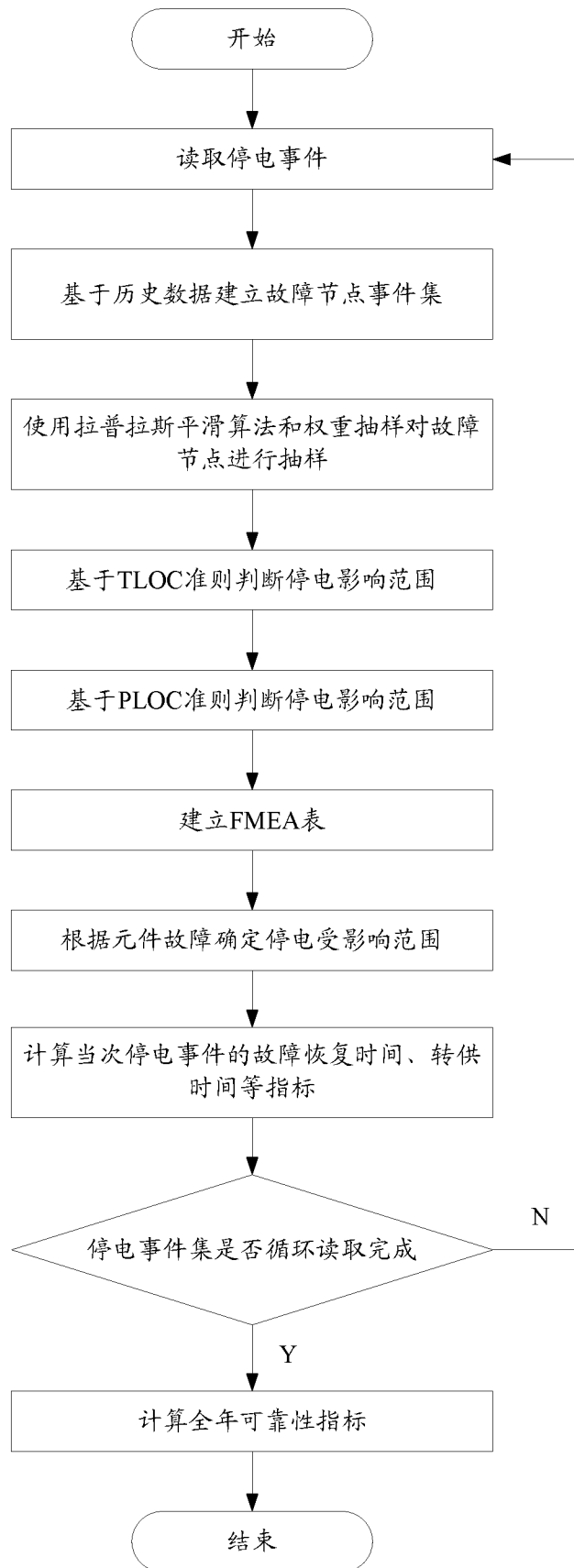


图 7

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/CN2016/087815**

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06Q 10/04 (2012.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI, EPODOC, CNKI, CNPAT: power distribution network, microgrid, reliable, predict, ARMA, ARIMA, autoregressive moving average model, power cut, abnormal, stable, electric+, grid+, net+, distribut+, autoregressive-moving, evaluat+

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                     | Relevant to claim No. |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | CN 104766175 A (SOUTHEAST UNIVERSITY et al.), 08 July 2015 (08.07.2015), description, paragraphs [0011]-[0037], and figure 1                           | 1                     |
| PX        | CN 105069535 A (CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE et al.), 18 November 2015 (18.11.2015), description, paragraphs [0077]-[0152], and figures 1-7 | 1-10                  |
| A         | CN 104318334 A (SHANGHAI UNIVERSITY OF ENGINEERING SCIENCE), 28 January 2015 (28.01.2015), the whole document                                          | 1-10                  |
| A         | CN 102545214 A (CHONGQING UNIVERSITY), 04 July 2012 (04.07.2012), the whole document                                                                   | 1-10                  |
| A         | CN 103198235 A (STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.), 10 July 2013 (10.07.2013), the whole document                                                 | 1-10                  |
| A         | US 2012185414 A1 (VAISALA, INC.), 19 July 2012 (19.07.2012), the whole document                                                                        | 1-10                  |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

|                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| * Special categories of cited documents:                                                                                                                                | “T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention                                              |
| “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance                                                                | “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone                                                                     |
| “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date                                                                               | “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | “&” document member of the same patent family                                                                                                                                                                                                    |
| “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                  |
| “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                  |

|                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Date of the actual completion of the international search<br>24 August 2016 (24.08.2016)                                                                                                                           | Date of mailing of the international search report<br><b>22 September 2016 (22.09.2016)</b> |
| Name and mailing address of the ISA/CN:<br>State Intellectual Property Office of the P. R. China<br>No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao<br>Haidian District, Beijing 100088, China<br>Facsimile No.: (86-10) 62019451 | Authorized officer<br><b>ZHANG, Dan</b><br>Telephone No.: (86-10) <b>01062413215</b>        |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/CN2016/087815**

### C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                              | Relevant to claim No. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | WANG, Youchun et al., "Study on Microgrid Short-term Load Combination Forecasting Based on ARIMA-SVM Model", SHAANXI ELECTRIC POWER, vol. 42, no. 3, 31 December 2014 (31.12.2014), ISSN:1673-7598, pages 19-23 | 1-10                  |

International application No.  
**PCT/CN2016/087815**

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2009)

## 国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2016/087815

## A. 主题的分类

G06Q 10/04(2012.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

## B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G06Q

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

WPI, EPODOC, CNKI, CNPAT: 配电网, 微电网, 电网, 可靠, 预测, 评估, ARMA, ARIMA, 自回归移动平均模型, 自回归滑动平均模型, 停电, 异常, 平稳, electric+, grid+, net+, distribut+, autoregressive-moving, evaluat+

## C. 相关文件

| 类 型* | 引用文件, 必要时, 指明相关段落                                                                      | 相关的权利要求 |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| X    | CN 104766175 A (东南大学 等) 2015年 7月 8日 (2015 - 07 - 08)<br>说明书第[0011]-[0037]段、图1          | 1       |
| PX   | CN 105069535 A (中国电力科学研究院 等) 2015年 11月 18日 (2015 - 11 - 18)<br>说明书第[0077]-[0152]段、图1-7 | 1-10    |
| A    | CN 104318334 A (上海工程技术大学) 2015年 1月 28日 (2015 - 01 - 28)<br>全文                          | 1-10    |
| A    | CN 102545214 A (重庆大学) 2012年 7月 4日 (2012 - 07 - 04)<br>全文                               | 1-10    |
| A    | CN 103198235 A (国家电网公司 等) 2013年 7月 10日 (2013 - 07 - 10)<br>全文                          | 1-10    |
| A    | US 2012185414 A1 (VAISALA, INC.) 2012年 7月 19日 (2012 - 07 - 19)<br>全文                   | 1-10    |

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

\* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&amp;” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2016年 8月 24日

国际检索报告邮寄日期

2016年 9月 22日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)  
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

张丹

电话号码 (86-10)01062413215

### C. 相关文件

| 类 型*  | 引用文件，必要时，指明相关段落                                                                                                         | 相关的权利要求 |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| A     | 王友春 等. “基于ARIMA-SVM模型的微电网短期负荷组合预测研究”<br>陕西电力, 第42卷, 第3期, 2014年 12月 31日 (2014 - 12 - 31),<br>ISSN: 1673-7598,<br>第19-23页 | 1-10    |
| <hr/> |                                                                                                                         |         |

|       |                   |
|-------|-------------------|
| 国际申请号 | PCT/CN2016/087815 |
|-------|-------------------|

| 检索报告引用的专利文件 |            |    | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利 | 公布日<br>(年/月/日)           |
|-------------|------------|----|----------------|------|--------------------------|
| CN          | 104766175  | A  | 2015年 7月 8日    | 无    |                          |
| CN          | 105069535  | A  | 2015年 11月 18日  | 无    |                          |
| CN          | 104318334  | A  | 2015年 1月 28日   | 无    |                          |
| CN          | 102545214  | A  | 2012年 7月 4日    | CN   | 102545214 B 2014年 8月 20日 |
| CN          | 103198235  | A  | 2013年 7月 10日   | CN   | 103198235 B 2015年 12月 2日 |
| US          | 2012185414 | A1 | 2012年 7月 19日   | US   | 8930299 B2 2015年 1月 6日   |

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)