



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109270443 A
(43)申请公布日 2019.01.25

(21)申请号 201810974320.5

(22)申请日 2018.08.24

(71)申请人 山东理工大学

地址 255086 山东省淄博市高新技术产业
开发区高创园A座313室

申请人 沈阳工业大学

(72)发明人 何柏娜 林莘 徐建源 孔杰

王乐淼 颀雅迪 姜仁卓

(74)专利代理机构 淄博佳和专利代理事务所

37223

代理人 孙爱华

(51)Int.Cl.

G01R 31/327(2006.01)

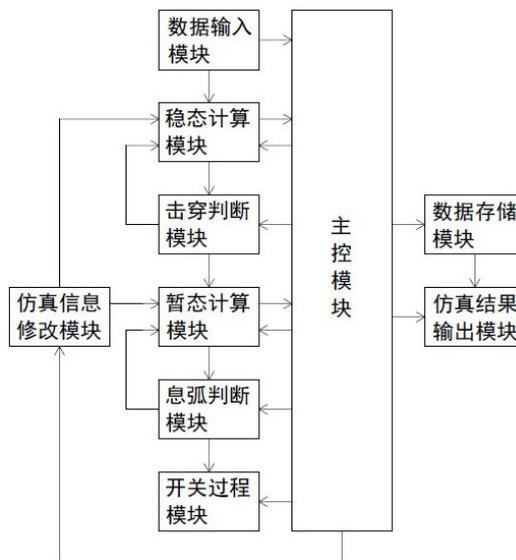
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种快速暂态过电压全过程高效仿真系统及仿真方法

(57)摘要

一种快速暂态过电压全过程高效仿真系统及仿真方法,属于电力系统过电压仿真计算技术领域。其特征在于:包括主控模块以及依次连接的数据输入模块、稳态计算模块、击穿判断模块、暂态计算模块、息弧判断模块、开关过程模块以及数据存储模块。还包括如下步骤:步骤a,输入初始数据;步骤b,进行稳态计算;步骤c,判断是否击穿;步骤d,进行暂态计算;步骤e,判断高频电流是否过零;步骤f,单次燃烧结束,计算燃弧次数;步骤g,开关过程是否结束;步骤h,结束。在本快速暂态过电压全过程高效仿真系统及仿真方法中,通过设置暂态计算模块和稳态计算模块,将仿真过程分为稳态计算和暂态计算两部分,使仿真计算结果更加的准确。



1. 一种快速暂态过电压全过程高效仿真系统,其特征在於:包括主控模块以及依次连接的数据输入模块、稳态计算模块、击穿判断模块、暂态计算模块、息弧判断模块以及开关过程模块,其中数据输入模块、稳态计算模块以及暂态计算模块的输出端与主控模块的输入端相连,主控模块的输出端分别与稳态计算模块、击穿判断模块、暂态计算模块息弧判断模块以及开关过程模块的输入端相连,击穿判断模块的输出端还与稳态计算模块的输入端相连,息弧判断模块的输出端还与暂态计算模块的输入端相连;还设置有数据存储模块,数控模块的输出端与数据存储模块的输入端相连。

2. 根据权利要求1所述的快速暂态过电压全过程高效仿真系统,其特征在於:还设置有仿真信息修改模块,仿真信息修改模块的输出端分别与所述的稳态计算模块以及暂态计算模块相连,主控模块的输出端与仿真信息修改模块的输入端相连。

3. 根据权利要求1所述的快速暂态过电压全过程高效仿真系统,其特征在於:还设置有仿真结果输出模块,所述主控模块以及数据存储模块的输出端与仿真结果输出模块的输入端相连。

4. 根据权利要求1所述的快速暂态过电压全过程高效仿真系统,其特征在於:所述的稳态计算模块采用隔离开关动作过程中电弧熄灭时的稳态计算模型。

5. 根据权利要求4所述的快速暂态过电压全过程高效仿真系统,其特征在於:所述的稳态计算模型包括电源、电源侧母线模型、负载侧母线模型以及 π 型引线模型。

6. 根据权利要求1所述的快速暂态过电压全过程高效仿真系统,其特征在於:所述的暂态计算模块采用电磁暂态模型。

7. 根据权利要求6所述的快速暂态过电压全过程高效仿真系统,其特征在於:所述的电磁暂态模型包括隔离开关模型,变压器模型,均匀传输线的GIS母线模型,避雷器模型和入口套管模型,其中隔离开关模型包括断口对地电容,断口间电容和燃弧电阻。

8. 利用权利要求1~7任一项所述的快速暂态过电压全过程高效仿真系统实现的仿真方法,其特征在於:包括如下步骤:

步骤a,由数据输入模块在开始计算时输入计算需要的初始数据;

步骤b,由主控模块调用稳态计算模块进行稳态计算,计算得到的稳态数据由稳态计算模块送入主控模块,再由主控模块写入数据存储模块;

步骤c,由主控模块调用击穿判断模块根据击穿判据判断触头间隙是否击穿,若触头间隙被击穿则进行步骤d,如果没有击穿则返回步骤b;

步骤d,由主控模块调用暂态计算模块进行暂态计算,计算得到的暂态数据由暂态计算模块送入主控模块,再由主控模块写入数据存储模块;

步骤e,由主控模块调用息弧判断模块根据燃弧判据判断电弧是否熄灭,如果电弧已经熄灭,执行步骤f,如果没有熄灭则返回步骤d;

步骤f,电弧熄灭后,单次燃烧结束,由燃弧判断模块判断燃弧次数;

步骤g,由主控模块调用开关过程模块判断隔离开关的开关过程是否结束,如果已经结束,执行步骤h,如果尚未结束,返回步骤b;

步骤h,仿真过程结束并对仿真结果进行输出。

9. 根据权利要求8所述的快速暂态过电压全过程高效仿真方法,其特征在於:在进行所述的步骤b时,在进行第一次稳态计算时,计算条件依赖于数据输入模块输入的初始数据,

在进行稳态数据的循环计算时,计算条件由仿真信息修改模块根据上一次稳态计算的结果进行修改得到;

在进行所述的步骤d时,暂态计算的计算条件由仿真信息修改模块根据上一次暂态计算的结果进行修改得到。

一种快速暂态过电压全过程高效仿真系统及仿真方法

技术领域

[0001] 一种快速暂态过电压全过程高效仿真系统及仿真方法,属于电力系统过电压仿真计算技术领域。

背景技术

[0002] 气体绝缘开关设备(Gas Insulated Switch-gear,GIS)因其具有维护方便,结构紧凑、占地面积小等优点,在电力系统中的超高压、特高压系统得到了大规模应用。在GIS变电站中,快速暂态过电压(Very Fast Transient Over-voltage,VFTO)主要是由断路器、隔离开关和接地开关操作产生的,其中隔离开关操作是其产生的主要原因,如图3所示。快速暂态过电压对气体绝缘开关设备及其相连的电气设备威胁很大,是近年来研究人员普遍研究的问题。

[0003] 以往对在快速暂态过电压仿真计算的时候,一般仅仅考虑隔离开关操作中一次电弧燃烧产生快速暂态过电压的情景,隔离开关整个动作全过程中产生的快速暂态过电压情况并不能由一次燃弧过程来仿真得出,因此提出一种快速暂态过电压全过程高效仿真的方法及系统,对于快速暂态过电压特性的深化研究有重要的理论意义和实用价值。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是:克服现有技术的不足,提供一种通过设置暂态计算模块和稳态计算模块,将仿真过程分为稳态计算和暂态计算两部分,使仿真计算结果更加准确的快速暂态过电压全过程高效仿真系统及仿真方法。

[0005] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:该快速暂态过电压全过程高效仿真系统,其特征在于:包括主控模块以及依次连接的数据输入模块、稳态计算模块、击穿判断模块、暂态计算模块、息弧判断模块以及开关过程模块,其中数据输入模块、稳态计算模块以及暂态计算模块的输出端与主控模块的输入端相连,主控模块的输出端分别与稳态计算模块、击穿判断模块、暂态计算模块、息弧判断模块以及开关过程模块的输入端相连,击穿判断模块的输出端还与稳态计算模块的输入端相连,息弧判断模块的输出端还与暂态计算模块的输入端相连;还设置有数据存储模块,数控模块的输出端与数据存储模块的输入端相连。

[0006] 优选的,还设置有仿真信息修改模块,仿真信息修改模块的输出端分别与所述的稳态计算模块以及暂态计算模块相连,主控模块的输出端与仿真信息修改模块的输入端相连。

[0007] 优选的,还设置有仿真结果输出模块,所述主控模块以及数据存储模块的输出端与仿真结果输出模块的输入端相连。

[0008] 优选的,所述的稳态计算模块采用隔离开关动作过程中电弧熄灭时的稳态计算模型。

[0009] 优选的,所述的稳态计算模型包括电源、电源侧母线模型、负载侧母线模型以及 π 型引线模型。

[0010] 优选的,所述的稳态计算模型包括电源,电源侧母线和负载侧母线模型和 π 型引线模型。

[0011] 优选的,所述的暂态计算模块采用电磁暂态模型。

[0012] 优选的,所述的电磁暂态模型包括隔离开关模型,变压器模型,均匀传输线的GIS母线模型,避雷器模型和入口套管模型,其中隔离开关模型包括断口对地电容,断口间电容和燃弧电阻。

[0013] 一种利用快速暂态过电压全过程高效仿真系统实现的仿真方法,其特征在于:包括如下步骤:

[0014] 步骤a,由数据输入模块在开始计算时输入计算需要的初始数据;

[0015] 步骤b,由主控模块调用稳态计算模块进行稳态计算,计算得到的稳态数据由稳态计算模块送入主控模块,再由主控模块写入数据存储模块;

[0016] 步骤c,由主控模块调用击穿判断模块根据击穿判据判断触头间隙是否击穿,若触头间隙被击穿则进行步骤d,如果没有击穿则返回步骤b;

[0017] 步骤d,由主控模块调用暂态计算模块进行暂态计算,计算得到的暂态数据由暂态计算模块送入主控模块,再由主控模块写入数据存储模块;

[0018] 步骤e,由主控模块调用息弧判断模块根据燃弧判据判断电弧是否熄灭,如果电弧已经熄灭,执行步骤f,如果没有熄灭则返回步骤d;

[0019] 步骤f,电弧熄灭后,单次燃烧结束,由燃弧判断模块判断燃弧次数;

[0020] 步骤g,由主控模块调用开关过程模块判断隔离开关的开关过程是否结束,如果已经结束,执行步骤h,如果尚未结束,返回步骤b;

[0021] 步骤h,仿真过程结束并对仿真结果进行输出。

[0022] 优选的,在进行所述的步骤b时,在进行第一次稳态计算时,计算条件依赖于数据输入模块输入的初始数据,在进行稳态数据的循环计算时,计算条件由仿真信息修改模块根据上一次稳态计算的结果进行修改得到;

[0023] 在进行所述的步骤d时,暂态计算的计算条件由仿真信息修改模块根据上一次暂态计算的结果进行修改得到。

[0024] 与现有技术相比,本发明所具有的有益效果是:

[0025] 在本快速暂态过电压全过程高效仿真系统及仿真方法中,通过设置暂态计算模块和稳态计算模块,将仿真过程分为稳态计算和暂态计算两部分,分别采用不同的仿真步长,和仿真模型,充分考虑到电弧熄灭时和电弧燃烧时不同的计算条件,使仿真计算结果更加的准确,两部分分别采用不同步长,解决了稳态计算过程中因采用小步长造成计算时间长,同时使内存占用减少。

[0026] 1、本快速暂态过电压全过程高效仿真系统及仿真方法与传统的一次燃弧过程产生的单次快速暂态过电压波形相比,快速暂态过电压全过程仿真能够反映前一次电弧燃烧产生的残余电荷对下一次快速暂态过电压波形的影响,同时还可以计算快速暂态过电压击穿次数等统计特性。

[0027] 2、通过设置数据存储模块,仿真过程的所有数据都存入数据存储模块中,便于对数据进行调用和分析。

[0028] 3、通过建立不同的模块并通过由MATLAB程序实现的主控模块分别对各个模块进

行调用,使整个仿真过程可自动完成,操作简单,提高研究工作的效率,减小人为误差。

附图说明

[0029] 图1为快速暂态过电压全过程高效仿真系统结构示意图。

[0030] 图2为快速暂态过电压全过程高效仿真方法流程图。

[0031] 图3为现有技术隔离开关动作产生快速暂态过电压示意图。

具体实施方式

[0032] 图1~2是本发明的最佳实施例,下面结合附图1~2对本发明做进一步说明。

[0033] 如图1所示,一种快速暂态过电压全过程高效仿真系统(以下简称仿真系统),包括主控模块、数据输入模块、稳态计算模块、击穿判断模块、暂态计算模块、息弧判断模块、开关过程模块、仿真信息修改模块、数据存储模块以及仿真结果输出模块。其中数据输入模块、稳态计算模块、击穿判断模块、暂态计算模块、息弧判断模块、开关过程模块依次连接。在本仿真系统中,主控模块由MATLAB软件实现。

[0034] 其中主控模块的输出端同时与稳态计算模块、击穿判断模块、暂态计算模块、息弧判断模块以及开关过程模块的输入端相连,对稳态计算模块、击穿判断模块、暂态计算模块、息弧判断模块以及开关过程模块进行调用,而其中稳态计算模块和暂态计算模块的输出端与主控模块的输入端相连,将计算得到的数据送入主控模块。击穿判断模块的输出端同时与稳态计算模块的输入端相连,息弧判断模块同时与暂态计算模块的输入端相连。

[0035] 主控模块的输出端还分别与数据存储模块、仿真结果输出模块以及仿真信息修改模块的输入端相连,数据存储模块的输出端与仿真结果输出模块的输入端相连,仿真信息修改模块的输出端还分别与稳态计算模块以及暂态计算模块的输入端相连。

[0036] 数据输入模块用于输入包括GIS中各个模型的参数,电源的电压,仿真步长等各种初始数据。

[0037] 稳态计算模块用于对隔离开关动作过程中稳态计算部分进行计算,稳态计算时采用隔离开关动作过程中电弧熄灭时的稳态计算模型,计算步长为 $1\mu\text{s}$,采用较大步长。主要计算的内容为隔离开关两端之间的电压差(即恢复电压):

$$[0038] \quad \Delta U = U_m \cos(\omega t + \varphi) - U_L(t)$$

[0039] 式中, U_m 表示电源侧电压, ω 表示电源侧电压的角频率, φ 表示开关触头开始运动时电源侧电压的相位, $U_L(t)$ 表示前一次电弧熄灭时负荷侧的母线残压。

[0040] 稳态计算模型包括电源,电源侧母线和负载侧母线模型和 π 型引线模型。

[0041] 暂态计算模块用于对隔离开关动作过程中暂态计算部分进行计算,计算时采用电磁暂态模型,用来反映产生快速暂态过电压的燃弧过程,仿真模型包括集中参数模型和分布参数模型,其中计算步长为 1ns 。暂态计算模块计算的主要内容为隔离开关两端的电压差,在燃弧时GIS设备上和变压器入口处产生的快速暂态过电压的波形和幅值。电磁暂态模型包括隔离开关模型,变压器模型,均匀传输线的GIS母线模型,避雷器模型和入口套管模型,而其中隔离开关模型包括断口对地电容,断口间电容和燃弧电阻,反映隔离开关触头间隙变化特性和电弧变化特性。

[0042] 仿真信息修改模块用于根据上一步的计算结果对下一步的稳态计算和暂态计算

的计算条件进行修改,完成数据的传递。

[0043] 数据存储模块用于对每一次稳态计算的结果,暂态计算的结果和逻辑判断的结果进行存储。

[0044] 仿真结果输出模块用于根据数据存储模块储存的数据对数据进行整合和分析,然后输出仿真结果。

[0045] 击穿判断模块用于对是否发生电弧击穿进行判断,在进行电弧击穿判断时,其起弧判据为:弧隙上的恢复电压 $>$ 击穿电压,即: $\Delta U > U_0$,SF6气体击穿电压为:

[0046] $U_0 = 88.5\delta d + 0.38$

[0047] 式中, δ 为空气相对密度,d为两极间的距离,单位为cm;

[0048] 息弧判断模块用于对是否息弧进行判断,燃弧熄灭判断中电弧熄灭判据为:高频电流是否为零。

[0049] 开关过程模块的判断依据为隔离开关动作时间,隔离开关动作是否完成。

[0050] 如图2所示,快速暂态过电压全过程高效仿真方法,包括如下步骤:

[0051] 步骤1001,开始。

[0052] 步骤1002,输入初始数据;

[0053] 由数据输入模块在开始计算时输入计算时需要的初始数据;

[0054] 初始数据包括GIS中各个模型的参数,电源的电压,仿真步长。

[0055] 步骤1003,进行稳态计算;

[0056] 由主控模块调用稳态计算模块进行稳态计算,计算得到的稳态数据由稳态计算模块送入主控模块,再由主控模块写入数据存储模块。

[0057] 在进行第一次稳态计算时,计算条件依赖于数据输入模块输入的初始数据,在进行稳态数据的循环计算时,计算条件由仿真信息修改模块根据上一次稳态计算的结果进行修改得到。

[0058] 步骤1004,判断是否击穿;

[0059] 由主控模块调用击穿判断模块根据击穿判据判断触头间隙是否击穿,若触头间隙被击穿则进行步骤1005,如果没有击穿则返回步骤1003。

[0060] 步骤1005,进行暂态计算;

[0061] 由主控模块调用暂态计算模块进行暂态计算,计算得到的暂态数据由暂态计算模块送入主控模块,再由主控模块写入数据存储模块。

[0062] 暂态计算的计算条件由仿真信息修改模块根据上一次暂态计算的结果进行修改得到。

[0063] 步骤1006,判断高频电流是否过零;

[0064] 由主控模块调用息弧判断模块根据燃弧判据判断电弧是否熄灭,如果电弧已经熄灭,执行步骤1007,如果没有熄灭则返回步骤1005。

[0065] 步骤1007,单次燃烧结束,计算燃弧次数;

[0066] 电弧熄灭后,单次燃烧结束,由燃弧判断模块判断燃弧次数。

[0067] 步骤1008,开关过程是否结束;

[0068] 由主控模块调用开关过程模块判断隔离开关的开关过程是否结束,如果已经结束,执行步骤1009,如果尚未结束,返回步骤1003。

[0069] 步骤1009,结束,

[0070] 仿真过程结束,由仿真结果输出模块对仿真结果进行输出。

[0071] 输出的仿真结果包括,隔离开关动作的整个过程产生的快速暂态过电压仿真波形,隔离开关动作的整个过程中快速暂态过电压的重燃次数,以及每次重燃产生的快速暂态过电压的波形、极值及频谱图。

[0072] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例而已,并非是对本发明作其它形式的限制,任何熟悉本专业的技术人员可能利用上述揭示的技术内容加以变更或改型为等同变化的等效实施例。但是凡是未脱离本发明技术方案内容,依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与改型,仍属于本发明技术方案的保护范围。

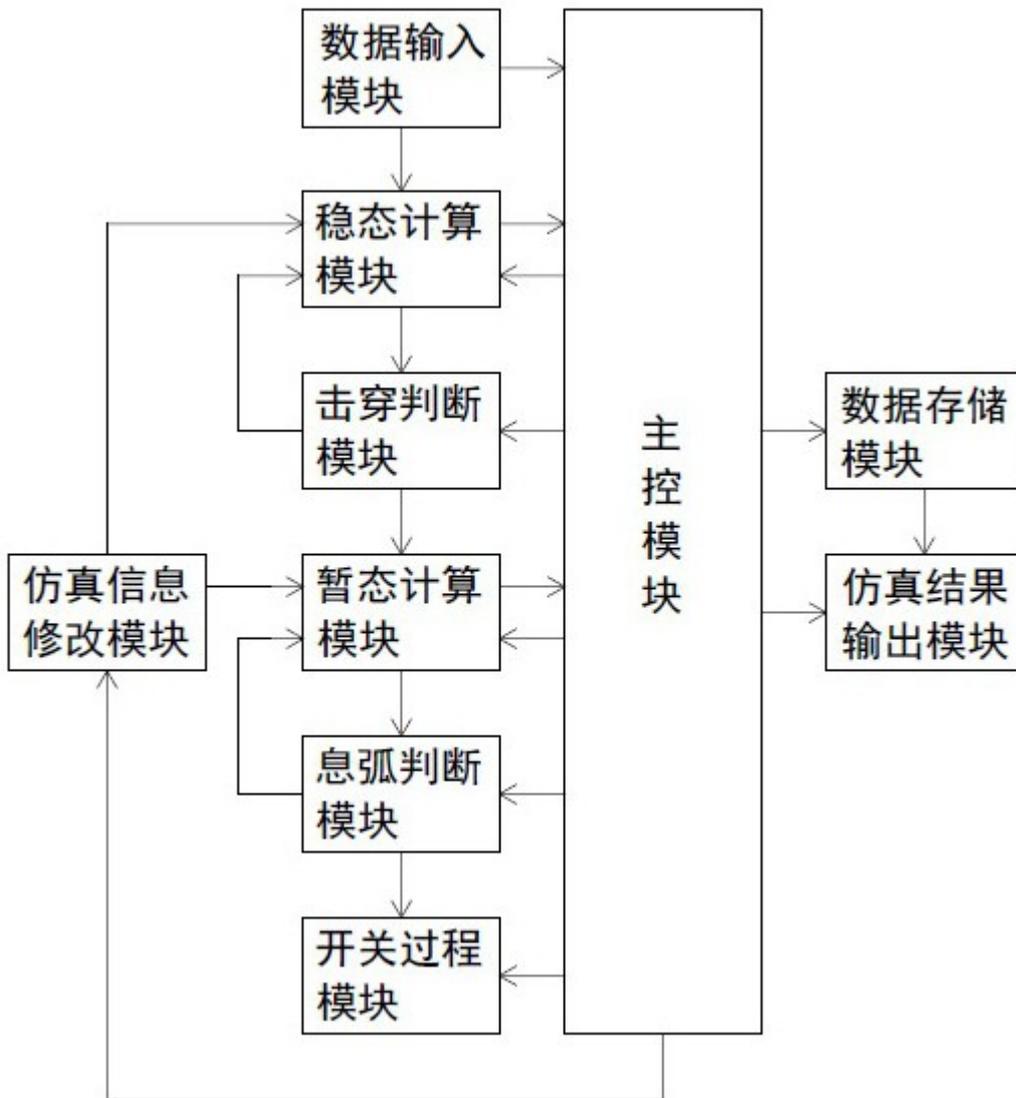


图1

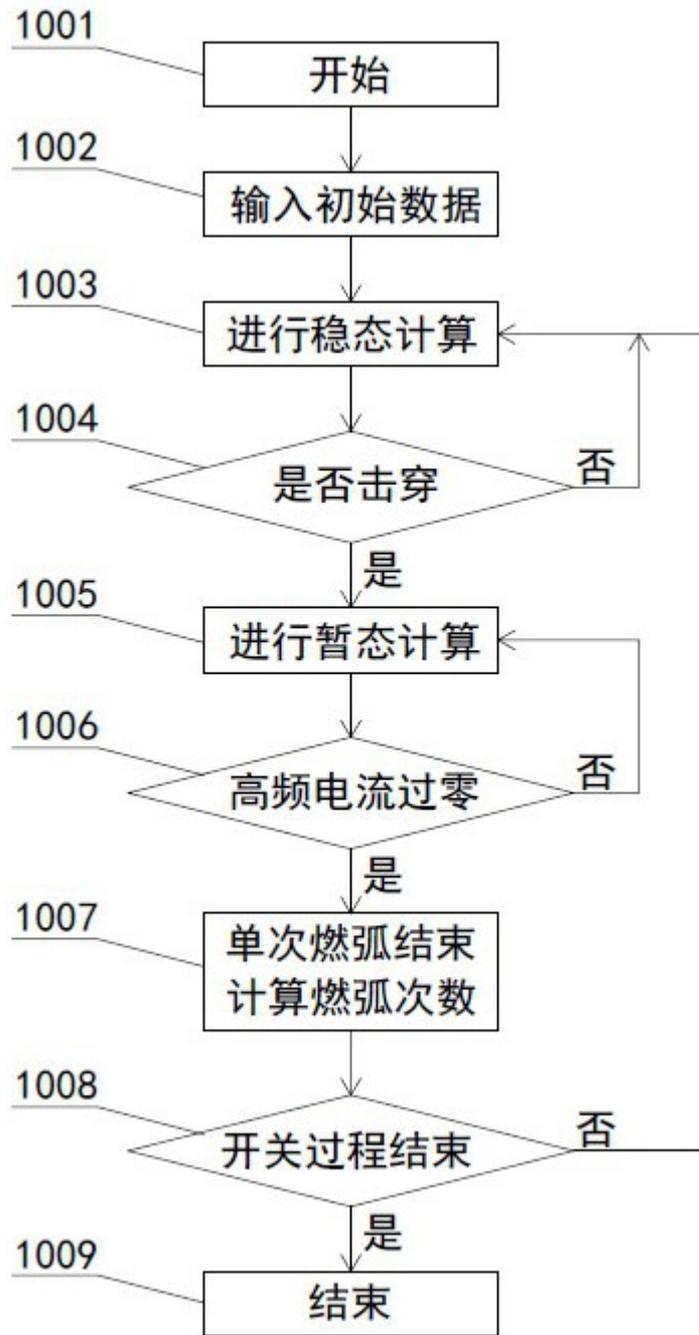


图2



图3