



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104267270 B

(45)授权公告日 2017.04.05

(21)申请号 201410383751.6

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2014.08.06

G01R 31/00(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

(56)对比文件

申请公布号 CN 104267270 A

CN 103150633 A, 2013.06.12, 全文.

CN 103163420 A, 2013.06.19, 全文.

(43)申请公布日 2015.01.07

CN 103926491 A, 2014.07.16, 全文.

(73)专利权人 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司检修试验中心

CN 102759670 A, 2012.10.31, 全文.

KR 1064202 B1, 2011.09.14, 全文.

地址 510663 广东省广州市萝岗区科学城

US 5563506 A, 1996.10.08, 全文.

科学大道181号A4栋检修试验中心

CN 103454516 A, 2013.12.18, 全文.

专利权人 清华大学

审查员 齐爽

(72)发明人 王奇 邓军 常安 宋云海 张晗 陈翔宇 胡军

(74)专利代理机构 广州科粤专利商标代理有限公司 44001

代理人 孔德超 黄培智

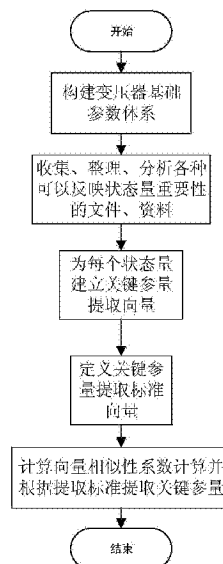
权利要求书2页 说明书9页 附图2页

(54)发明名称

基于向量相似性的变压器关键参量提取方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于向量相似性的变压器关键参量提取方法,其包括以下步骤:步骤1、构建由多个基础状态量组成的变压器基础参数体系;步骤2、获取每个基础状态量的关键参量提取向量;步骤3、将变压器设备每个关键参量提取向量与关键参量提取标准向量进行向量相似性系数计算,以获取每个关键参量提取向量的相似性系数;步骤4、将所述每个关键参量提取向量的相似性系数与相似性系数标准进行比对,若关键参量提取向量的相似性系数不小于相似性系数标准,则将该关键参量提取向量定为变压器关键参量;反之,则淘汰该关键参量提取向量。本发明通过向量相似性系数,给出变压器关键参量提取方法,使运行人员可以准确掌握变压器的健康状态。



1. 一种基于向量相似性的变压器关键参量提取方法,其特征在于,其包括以下步骤:

步骤1、根据变压器设备状态信息与设备运行状态之间的关系、以及各种基础性资料,构建由多个基础状态量组成的变压器基础参数体系;

步骤2、根据关键参数提取依据从所述变压器基础参数体系中获取每个基础状态量的关键参量提取向量;

步骤3、将变压器设备每个关键参量提取向量与关键参量提取标准向量进行向量相似性系数计算,以获取每个关键参量提取向量的相似性系数;

步骤4、将所述每个关键参量提取向量的相似性系数与相似性系数标准进行比对,若关键参量提取向量的相似性系数不小于相似性系数标准,则将该关键参量提取向量定为变压器关键参量;反之,则淘汰该关键参量提取向量;

所述步骤2中的关键参数提取依据包括:

统计性结论,所述统计性结论为根据缺陷记录、故障记录、出厂试验报告、预防性试验报告进行统计分析,得到较易出现的缺陷和故障问题,并结合故障树,找出与常见设备问题相关性强的基础状态量;

规程、规范、方案中规定的在重要的工作标准、工作规程重点提及的基础状态量以及关注内容;

原理性的分析结论,所述原理性的分析结论为变压器中设计较为特殊或重要的部分以及该部分相关的基础状态量;

所述步骤2中关键参量提取向量为:

$$\beta_i = [A_1, A_2, \dots, A_m]$$

其中,  $A_m$  为第  $m$  个关键参数提取依据,  $\beta_i$  为第  $i$  个关键参量提取向量,  $i$  为正整数;

所述步骤3中关键参量提取标准向量  $\beta_0$  为由  $m$  个均为 1 的元素组成:

$$\beta_0 = [1, 1, 1, 1, \dots];$$

所述步骤3中的每个关键参量提取向量的相似性系数为:

$$T_i = T(\beta_0, \beta_i) = \frac{\beta_0 \cdot \beta_i}{\|\beta_i\|^2 + \|\beta_0\|^2 - \beta_0 \cdot \beta_i}$$

其中,  $T_i$  为第  $i$  个关键参量提取向量的相似性系数;

所述步骤4中的相似性系数标准为由专家讨论并结合现场实际运行经验而确定的关键参数提取的相似性系数标准  $T_0$ 。

2. 根据权利要求1所述的基于向量相似性的变压器关键参量提取方法,其特征在于,所述变压器基础参数体系包括静态参数、动态参数以及准动态参数。

3. 根据权利要求2所述的基于向量相似性的变压器关键参量提取方法,其特征在于,所述静态参数包括:

设备台账参数,所述设备台账参数包括设备名称、生产厂家、型号、出厂日期、投运日期、设备详细参数;

投运前试验参数,所述投运前试验参数包括型式试验、出厂试验、交接试验、启动调试、抽检试验获取的参数数据。

4. 根据权利要求2所述的基于向量相似性的变压器关键参量提取方法,其特征在于,所

述动态参数包括：

运行记录数据,所述运行记录数据包括设备内置在线量测记录的各种运行参数、设备运行负荷/过负荷情况、短路电流水平及持续时间、开关动作情况及跳闸次数、保护动作情况,以及环境气象条件/不良工况;

巡视记录参数,所述巡视记录参数包括设备外观、振动与声响、负荷情况、表计指示、位置指示、测温情况、阀门位置、开关位置;

带电检测参数,所述带电检测参数包括红外、紫外成像检测,不停电取油、气样试验获取的参数数据;

在线监测参数,所述在线监测参数包括油色谱在线监测、容性设备介损在线监测获取的参数数据。

5. 根据权利要求2所述的基于向量相似性的变压器关键参量提取方法,其特征在于,所述准动态参数包括:

检修试验参数,所述检修试验参数包括例行试验、诊断性试验、专业化巡检、检修获取的参数数据;

缺陷/故障参数,所述缺陷/故障参数包括缺陷/故障发生时间、部位、现象及程度、原因分析,消缺/故障处理情况,以及家族性缺陷信息。

## 基于向量相似性的变压器关键参量提取方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及变压器设备关键状态参数提取与分析领域,尤其涉及一种基于向量相似性的变压器关键参量提取方法。

### 背景技术

[0002] 建立科学、客观的评估指标体系,是建立正确、合理的评价模型的前提,也是建立评价模型的必要步骤。然而,影响变电站设备运行状态的因素多而复杂,这就要求对变电站设备的影响因素及其相互关系进行分析。以变压器为例,从理论的角度出发考虑,凡是对变压器运行状态有影响、能够反映变压器健康状态的因素都应作为评估指标。但实际上,并非所有指标都是切实可操作的,亦或是易于量化评估的。因此,考虑到实际情况,目前主要的参数体系包括在线系统的监测数据、人工巡检、断电试验和实验、检修及设备物理缺陷和家族型缺陷等。

[0003] 从目前各个电网公司实际使用的标准导则来看,按照状态信息的来源分,包括变压器在内的变电设备的基础状态量参数主要来自:

[0004] (1) 原始材料:包括设备出厂资料,厂家规定的一些设备的设定参数等。

[0005] (2) 运行资料:设备运行状况的指标,主要来自于在运行的终端设备在线监测系统的

[0006] (3) 检修资料:包括自动监测系统的相关数据。

[0007] (4) 其他资料:包括其他同类型变电设备的运行状况的一些资料。

[0008] 但从目前的现状来看,以上参数体系的出现,都是服务于状态评估,而状态评估的参数,考虑实际业务的开展和高级层面的关注点,变压器设备并非全部基础状态量获取后均需要报送并呈现至更高级;另外,目前的参数体系是通过总结变压器设备大且全的参量形成的,而其中大部分参量并不能够十分充分从而能够做到强有力的体现变压器设备状态;从生产管理角度来说,也并不是其最核心的关注点。因此,需要对变压器设备基础状态量加以整理,提炼出重要基础状态量,形成变压器设备关键参数体系。可以说,抓住变压器设备的关键参数,便可以较好得取得设备相对正确的变压器状态情况,这对电网公司的高级部了解变压器这一电网主设备的运行基本状态,具有重要意义。

[0009] 针对上述现有技术的缺点,本发明是在国家863计划项目基金(2012AA050209)资助下,提出了一种《基于向量相似性的变压器关键参量提取方法》。

### 发明内容

[0010] 本发明在于通过向量相似性系数,给出变压器关键参量提取方法,通过关键参量的表征,使运行人员可以准确掌握变压器的健康状态,尽早发现异常。

[0011] 为解决上述问题,本发明采用的技术方案是:

[0012] 一种基于向量相似性的变压器关键参量提取方法,其包括以下步骤:

[0013] 步骤1、根据变压器设备状态信息与设备运行状态之间的关系、以及各种基础性资

料,构建由多个基础状态量组成的变压器基础参数体系;

[0014] 步骤2、根据关键参数提取依据从所述变压器基础参数体系中获取每个基础状态量的关键参量提取向量;

[0015] 步骤3、将变压器设备每个关键参量提取向量与关键参量提取标准向量进行向量相似性系数计算,以获取每个关键参量提取向量的相似性系数;

[0016] 步骤4、将所述每个关键参量提取向量的相似性系数与相似性系数标准进行比对,若关键参量提取向量的相似性系数不小于相似性系数标准,则将该关键参量提取向量定为变压器关键参量;反之,则淘汰该关键参量提取向量。将定为变压器关键参量的所有关键参量提取向量组合即形成变压器的关键参量体系。

[0017] 所述变压器基础参数体系包括静态参数、动态参数以及准动态参数。

[0018] 所述静态参数包括:

[0019] 设备台账参数,所述设备台账参数包括设备名称、生产厂家、型号、出厂日期、投运日期、设备详细参数;

[0020] 投运前试验参数,所述投运前试验参数包括型式试验、出厂试验、交接试验、启动调试、抽检试验获取的参数数据。

[0021] 静态参数自记录后不再发生变化。从设备状态评估的需求考虑,静态参数的作用往往是作为某项状态参量评分时的参考值和判断依据,用作初始值、限制阈值等。

[0022] 所述动态参数包括:

[0023] 运行记录数据,所述运行记录数据包括设备内置在线量测记录的各种运行参数、设备运行负荷/过负荷情况、短路电流水平及持续时间、开关动作情况及跳闸次数、保护动作情况,以及环境气象条件/不良工况;

[0024] 巡视记录参数,所述巡视记录参数包括设备外观、振动与声响、负荷情况、表计指示、位置指示、测温情况、阀门位置、开关位置;

[0025] 带电检测参数,所述带电检测参数包括红外、紫外成像检测,不停电取油、气样试验获取的参数数据;

[0026] 在线监测参数,所述在线监测参数包括油色谱在线监测、容性设备介损在线监测获取的参数数据。

[0027] 动态参数按照规程要求定期获取并更新,周期通常以天为单位,最大周期一般不超过1个月。动态参数数据更新周期较短,时效性较好。从设备状态评估的需求考虑,动态参数是最主要、最关键的数据来源,能最及时地反应设备的健康状态及风险。

[0028] 所述准动态参数包括:

[0029] 检修试验参数,所述检修试验参数包括例行试验、诊断性试验、专业化巡检、检修获取的参数数据;

[0030] 缺陷/故障参数,所述缺陷/故障参数包括缺陷/故障发生时间、部位、现象及程度、原因分析,消缺/故障处理情况,以及家族性缺陷信息。

[0031] 准动态通常定期或不定期获取并更新,周期通常以月为单位。由于数据更新周期较长,相比动态参数,其时效性相对较差,但对于设备状态评估的准确性起到关键作用。采用多维度设备状态评估方法分析设备潜在的具体缺陷/故障时,准动态参数的作用尤为重要。

[0032] 所述步骤2中的关键参数提取依据包括：

[0033] 统计性结论，所述统计性结论为根据缺陷记录、故障记录、出厂试验报告、预防性试验报告进行统计分析，得到较易出现的缺陷和故障问题，并结合故障树，找出与常见设备问题相关性强的基础状态量；

[0034] 规程、规范、方案中规定的在重要的工作标准、工作规程重点提及的基础状态量以及关注内容；

[0035] 原理性的分析结论，所述原理性的分析结论为变压器中设计较为特殊或重要的部分以及该部分相关的基础状态量。

[0036] 所述步骤2中关键参量提取向量为：

$$[0037] \beta_i = [A_1, A_2, \dots, A_m]$$

[0038] 其中， $A_m$ 为第m个关键参数提取依据， $\beta_i$ 为第i个关键参量提取向量，i为正整数。

[0039] 所述步骤2中关键参量提取标准向量 $\beta_0$ 为由m个均为1的元素组成：

$$[0040] \beta_0 = [1, 1, 1, 1, \dots]$$

[0041] 所述步骤3中的每个关键参量提取向量的相似性系数为：

$$[0042] T_i = T(\beta_0, \beta_i) = \frac{\beta_0 \cdot \beta_i}{\|\beta_i\|^2 + \|\beta_0\|^2 - \beta_0 \cdot \beta_i}$$

[0043] 其中， $T_i$ 为第i个关键参量提取向量的相似性系数。

[0044] 所述步骤4中的相似性系数标准为由专家讨论并结合现场实际运行经验而确定的关键参数提取的相似性系数标准 $T_0$ 。

[0045] 本发明通过向量相似性系数，给出变压器关键参量提取方法，对变压器设备基础状态量加以整理，提炼出重要状态量，形成变压器设备关键参数体系，通过关键参量的表征，使运行人员可以准确掌握变压器的健康状态，尽早发现异常。

## 附图说明

[0046] 图1示出了基于向量相似性的变压器关键参量提取方法的流程示意图；

[0047] 图2示出了提取关键参数的具体流程示意图。

## 具体实施方式

[0048] 下面结合附图和具体实施方式对本发明的内容做进一步详细说明。

[0049] 实施例

[0050] 以油浸式变压器本体为例：

[0051] 参见图1，基于向量相似性的变压器关键参量提取方法，包括如下步骤：

[0052] 步骤一：

[0053] 通过对运规以及相关检修导则的整理，包括收集静态参数、动态参数、以及准动态参数等参数，形成的油浸式变压器本体部分的基础参数体系由下表所示，共有35项基础状态量：

[0054]

基础状态量序号	分类	基础状态量
1	运行工况	短路情况
2		过励磁次数
3		变压器过负荷
4		中性点直流电流
5	巡视及检查	渗漏油
6		本体油位
7		分接开关油位
8		噪声及振动
9		基础下沉
10		绕组热点温度
11		运行油温
12		继电器动作情况
13		呼吸器
14		二次端子
15		锈蚀
16		红外测温
17	高压试验	绕组连同套管直流电阻
18		绕组介损与电容量
19		铁芯绝缘
20		高频局部放电检测
21		绕组变形测试
22		绕组直流泄漏电流
23		绝缘电阻测试
24	色谱分析	总烃
25		乙炔
26		一氧化碳
27		氢气

[0055]	28	简化试验	油中糠醛含量
	29		油介质损耗因数
	30		油击穿电压
	31		水分
	32		油中含气量
	33		绝缘纸聚合度
	34		油中颗粒度测试
	35		腐蚀性硫

[0056] 步骤二：

[0057] 基于某辖区内的设备、变电站资料以及其他相关的资料，对变压器本体部分的关键参数进行提取。

[0058] 从技术监督的关注度以及参数的重要性角度，参照南网调度规程、反事故措施、风险预控措施、特维方案、运行数据多维度分析工作规范等相关报告以及规定，同时考虑设备缺陷/故障记录统计情况以及预防性试验异常报告，并采用基于向量相似性度量的设备关键参数提取模型，构建兼顾“监测对象及基础状态量重要性”的分层、分级的主设备状态监测与评价体系，形成科学、合理的设备关键参数体系。所采用的提取依据如下表所示。

参量提取依据角度	相关依据
技术监督关注度	$A_7$ 、运行数据多维度分析工作规范 $A_4$ 、调度规程
状态参量重要性	$A_1$ 、缺陷记录统计 $A_2$ 、故障记录统计 $A_3$ 、预防性试验异常报告 $A_4$ 、调度规程 $A_5$ 、反事故措施 $A_6$ 、风险预控措施及特维方案

[0060] 步骤三：

[0061] 建立变压器本体的关键参量提取向量。由于基础状态量在各依据中的描述程度难以量化，因此，在建立提取模型的过程中，只要对基础状态量有较为明显的涉及，便认为该基础状态量在该依据中有所体现，关键参量提取向量在该基础状态量的该依据中设定为1，反之则为0。

[0062] 建立的关键参数提取向量如下表所示：



[0063]

基础状态 量序号	分类	基础状态量	提取依据							关键参数提取向 量
			A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	
1	运行 工况	短路情况		√			√			[0,1,0,0,1,0,0]
2		过励磁次数								[0,0,0,0,0,0,0]
3		变压器过负荷								[0,0,0,0,0,0,0]
4		中性点直流电流					√			[0,0,0,0,1,0,0]
5	巡视 及检 查	渗漏油	√					√		[1,0,0,0,0,1,0]
6		本体油位							√	[0,0,0,0,0,0,1]
7		分接开关油位							√	[0,0,0,0,0,0,1]
8		噪声及振动								[0,0,0,0,0,0,0]
9		基础下沉								[0,0,0,0,0,0,0]
10		绕组热点温度						√		[0,0,0,0,0,1,0]
11		运行油温							√	[0,0,0,0,0,0,1]
12		继电器动作情况								[0,0,0,0,0,0,0]
13		呼吸器								[0,0,0,0,0,0,0]
14		二次端子								[0,0,0,0,0,0,0]
15		锈蚀						√		[0,0,0,0,0,1,0]
16		红外测温	√					√		[1,0,0,0,0,1,0]
17	高压 试验	绕组连同套管直流电阻		√						[0,1,0,0,0,0,0]
18		绕组介损与电容量		√				√		[0,1,0,0,0,1,0]
19		铁芯绝缘		√	√			√		[0,1,1,0,0,1,0]
20		高频局部放电检测		√					√	[0,1,0,0,0,0,1]
21		绕组变形测试		√			√			[0,1,0,0,1,0,0]
22		绕组直流泄漏电流								[0,0,0,0,0,0,0]
23		绝缘电阻测试								[0,0,0,0,0,0,0]

[0064]

24	色谱分析	总烃						√		[0,0,0,0,0,1,0]
25		乙炔		√				√		[0,1,0,0,0,1,0]
26		一氧化碳						√		[0,0,0,0,0,1,0]
27		氢气						√		[0,0,0,0,0,1,0]
28	简化试验	油中糠醛含量		√				√		[0,1,0,0,0,1,0]
29		油介质损耗因数		√				√		[0,1,0,0,0,1,0]
30		油击穿电压		√				√		[0,1,0,0,0,1,0]
31		水分		√				√		[0,1,0,0,0,1,0]
32		油中含气量		√				√		[0,1,0,0,0,1,0]
33		绝缘纸聚合度								[0,0,0,0,0,0,0]
34		油中颗粒度测试								[0,0,0,0,0,0,0]
35		腐蚀性硫		√					√	

[0065] 然后将各基础状态量在各提取依据中的提及情况汇总,并建立各基础状态量的关键参数提取向量。在上表中,A<sub>1</sub>为缺陷记录统计,A<sub>2</sub>为故障记录统计,A<sub>3</sub>为预防性试验异常报告,A<sub>4</sub>为调度规程,A<sub>5</sub>为反事故措施,A<sub>6</sub>为风险预控措施及特维方案,A<sub>7</sub>为运行数据多维度分析工作规范。

[0066] 步骤四:

[0067] 定义关键参量提取标准向量如下式:

[0068]  $\beta_0 = [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]$

[0069] 即代表关键参量在每项提取依据中均被提及,定义符合上式这种各项提取依据中均有提及的参量为标准关键参量,其向量为关键参量提取标准向量。

[0070] 步骤五:

[0071] 参见图2,所述的关键参量具体的提取过程,包括以下步骤:

[0072] 51) 通过计算关键参量提取向量和关键参量提取标准向量的Tanimoto(相似性)系数,可以得到如下结果:

[0073]

基础状态量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tanimoto系数	0.29	0	0	0.14	0.29	0.14	0.14	0	0	0.14	0.14	0
基础状态量	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Tanimoto系数	0	0	0.14	0.29	0.14	0.29	0.43	0.29	0.29	0	0	0.14

[0074]

基础状态量	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Tanimoto系数	0.29	0.14	0.14	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0	0	0.29

[0075] 52) 经过专家讨论,结合现场实际运行经验,确定变压器设备本体部件的关键参数提取的相似性系数标准为0.1。

[0076] 53) 基于步骤52),提取关键参数提取向量大于等于0.1的基础状态量,形成关键参

数体系,结果如下:

[0077]

分类	基础状态量描述
检修资料	缺陷记录
	家族缺陷
专项	三维冲击记录仪
运行工况	短路情况
	中性点直流电流
巡视及检查	渗漏油
	本体油位
	分接开关油位
	绕组热点温度
	运行油温
	二次端子
	红外测温
高压试验	绕组连同套管直流电阻
	绕组直流电阻
	绕组介损与电容量
	铁芯绝缘
	高频局部放电检测
	绕组变形测试
色谱分析	总烃
	乙炔
	一氧化碳

	氢气
[0078]	油中糠醛含量
	油介质损耗因数
	油击穿电压
	水分
	油中含气量
	腐蚀性硫

[0079] 最后说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,而不脱离本发明技术方案的宗旨和范围,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

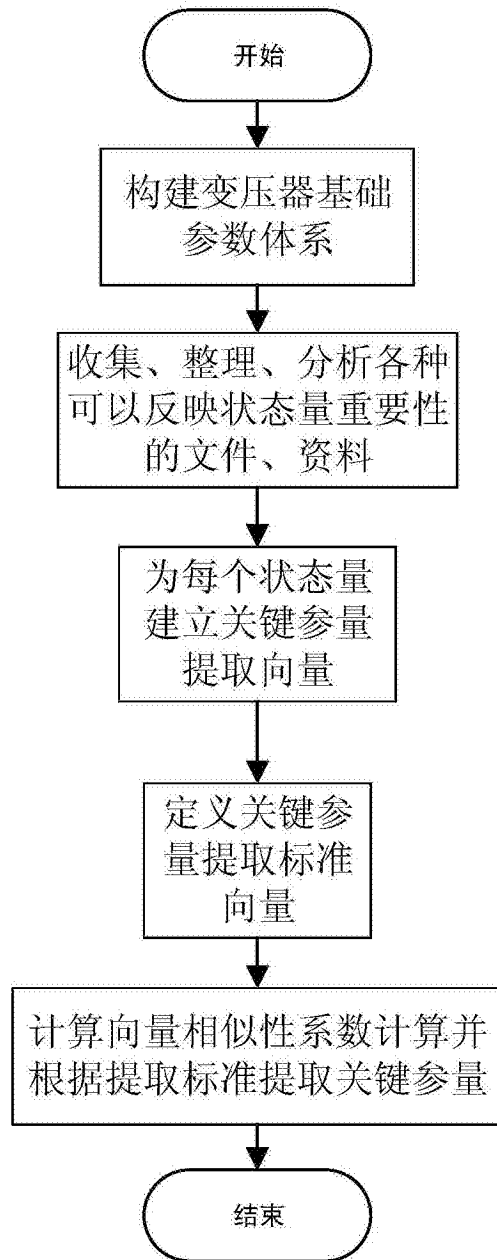


图1

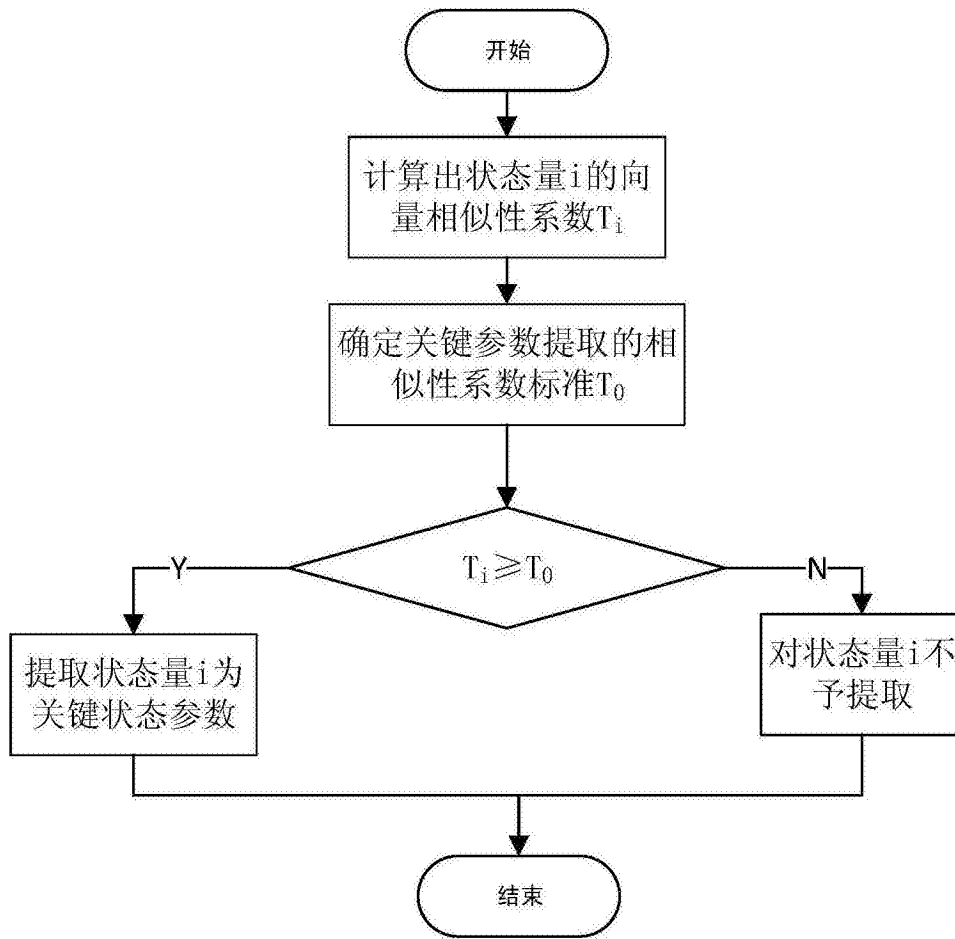


图2