



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102497019 A

(43) 申请公布日 2012.06.13

(21) 申请号 201110397543.8

(22) 申请日 2011.12.02

(71) 申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华园1号

申请人 华东电网有限公司

(72) 发明人 孙宏斌 汪德星 吴文传 郭庆来

张伯明 李青芯

(74) 专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事

务所(普通合伙) 11201

代理人 罗文群

(51) Int. Cl.

H02J 13/00(2006.01)

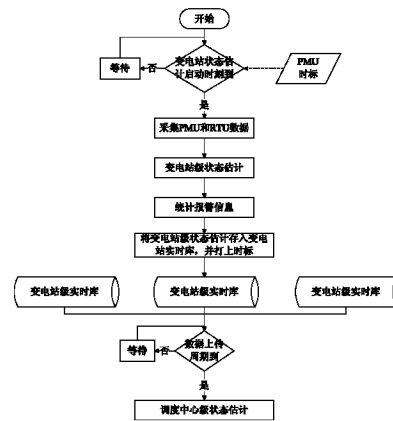
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 1 页

(54) 发明名称

变电站-调度中心两级状态估计多源数据对时与拼接方法

(57) 摘要

本发明涉及一种变电站-调度中心两级状态估计多源数据对时与拼接方法,属于电力系统运行和控制技术领域。首先设定全网统一的变电站状态估计启动时间,进行变电站三相状态估计,计算熟数据并打上时标存放在变电站级实时数据库中。然后,设定调度中心数据采集周期和调度中心级状态估计周期,选择并扩展高效的数据传输规约,采集最新且时标相互一致的变电站熟数据,进行全网状态估计。本发明的优点是实现了变电站内多源量测数据对时、各变电站间量测数据时间统一以及调度中心熟数据时间统一,并扩展数据传输规约进行上传,实现以最小的传输量传递最大的信息量。



1. 一种变电站 - 调度中心两级状态估计多源数据对时与拼接方法,其特征在于该方法包括以下步骤:

(1) 设定一个 1 秒之内的等时间间隔的时间序列 $t_{set} = \{t_{set}^k | \Delta t_{set} = t_{set}^k - t_{set}^{k-1} = mT_{spl}, k=1,2,\dots,n\}$, 作为全网统一的变电站状态估计启动时间,其中, T_{spl} 为全网相量量测单元的采样周期, $m \geq 1$, m 表示两个相邻时刻之间的相量量测单元采样次数,时间间隔 Δt_{set} 满足: $\Delta t_{set} \geq t_{stse}$, t_{stse} 为变电站每进行一次状态估计的耗时;

(2) 当 t_{set}^k 时刻到来时,全网各变电站采集本变电站在该时刻相量量测单元的量测数据以及远方终端单元的与该时刻最临近的量测数据,各变电站进行本变电站的第 k 次三相无阻抗非线性多源状态估计,得到各变电站的三相状态估计结果;

(3) 各变电站根据上述三相状态估计结果,计算熟数据,熟数据包括:模拟量熟数据、数字量熟数据和报警信息,其中,模拟量熟数据包括:变电站的各母线的三相电压不平衡度、各出线节点的电流三相不平衡度、各出线节点的三相注入总有功功率和无功功率、各母线的线电压或正序电压以及各出线节点的单相电流或正序电流,数字量熟数据包括变电站各开关的三相总开合状态,报警信息包括坏数据个数报警信息 $A(N_{bd})$ 和开关的三相状态不一致报警信息 $A(S_{CB})$;

坏数据个数报警信息 $A(N_{bd})$ 定义如下:

$$A(N_{bd}) = \begin{cases} 1, & \text{if } N_{bd} > t_{bd}, \text{ 告警} \\ 0, & \text{if } N_{bd} \leq t_{bd}, \text{ 正常} \end{cases}$$

其中, N_{bd} 为坏数据个数, t_{bd} 为设定的坏数据个数阈值,该阈值根据量测数据的个数及量测精度设定,取值范围为: $5 \sim 10$;

开关的三相状态不一致报警信息 $A(S_{CB})$ 定义如下:

$$A(S_{CB,i}) = \begin{cases} 0, & \text{if } S_{CB,i}^a = S_{CB,i}^b = S_{CB,i}^c, \text{ 正常} \\ 1, & \text{else 告警} \end{cases}$$

其中, $S_{CB,i}^\varphi$ 为变电站中第 i 个开关的第 φ 相开合状态, $\varphi = a, b, c$, 表示三相;

(4) 给每个上述熟数据打上时标 t_{set} , 并存放在各变电站的实时数据库中;

(5) 调度中心以 T_{ts} 为数据采集周期,采集各变电站实时数据库中最新时刻的熟数据,其中,调度中心数据采集周期 $T_{ts} = l \times \Delta t_{set}$, $l \geq 1$, l 表示两次熟数据采集之间的变电站状态估计次数;数据采集过程中,变电站采用 IEC60870-5-104 规约向调度中心上传模拟量熟数据和数字量熟数据,其中,模拟量熟数据采用带品质描述词的短浮点数表示,共占两个字节;数字量熟数据采用带品质描述词的单点信息进行描述,共占一个字节,并扩展该字节第四位,用于描述变电站状态估计结果与采集值的一致性;变电站采用事件顺序记录方式向调度中心上传报警信息,用单点信息进行描述,共占一个字节;

(6) 调度中心以 T_{cse} 为调度中心级状态估计周期,选择与当前时刻最接近、且时标相互一致的变电站熟数据,进行全网状态估计,其中, $T_{cse} \geq T_{ts} + t_{comm}$, t_{comm} 为变电站 - 调度中心两级信息通信所需时间。

变电站—调度中心两级状态估计多源数据对时与拼接方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种变电站—调度中心两级状态估计多源数据对时与拼接方法,属于电力系统运行和控制技术领域。

背景技术

[0002] 电力系统中的能量管理系统 (Energy management system, 以下简称 EMS) 是基于计算机的现代电力系统的调度自动化系统,其任务是对电力系统进行实时采集、监视、分析、优化和控制决策。电力系统状态估计是 EMS 的基础和核心环节,状态估计是利用从电力系统中采集的实时量测信息,排除错误信息,计算出完整、一致和可信的电力系统实时变量,保证 EMS 控制决策的正确性。

[0003] 传统状态估计在电力调度中心实施,利用远方终端单元 (Remote Terminal Unit, 以下简称 RTU) 采集遥测、遥信生数据并通过数据采集与监控系统 (Supervisory Control And Data Acquisition, 以下简称 SCADA) 上传到调度中心,集中完成全网拓扑分析和状态估计。由于传送到调度中心的信息量的先天不足,通过传统状态估计模型和算法的改进,已无法从根本上解决调度中心自动化基础数据的准确性问题,拓扑错误、非线性迭代发散、大误差等导致的集中式状态估计的不可用,已成为世界范围内调度中心高级应用实用化中的一个瓶颈问题。造成上述问题的一个根本原因在于信息分布和处理的不合理。一方面,调度中心的信息过于集中。另一方面,调度中心的信息在局部又不够冗余。此外,这种集中式的调度中心一旦受到灾难打击,很容易导致全部功能的瘫痪,难以自愈。

[0004] 基于全球定位系统 (GPS) 的相量量测单元 (PMU) 为电力系统计算与控制提供了高精度的相角量测信息。出于成本的考虑,在未来相当长的一段时间内,电力系统不可能装设足够多的 PMU,以满足全系统可观测性的要求,因此一种比较可行的方法是把 PMU 和原有的 RTU 构成混合测量系统,利于多源的量测数据对系统进行混合的非线性状态估计,既提高量测冗余度,又具有普遍适用性。

[0005] 变电站是各种量测数据的源头,利用变电站内冗余的多源三相量测对原始量测进行预处理能有效将拓扑错误和模拟量坏数据在本地得以剔除。本申请人曾经提出过一种《一种变电站三相无阻抗非线性多源状态估计方法》,专利申请号为 2010101408113,公开号为 CN101958543A,经过变电站三相状态估计,得到熟数据,并将熟数据上传至调度中心,进行调度中心级全网状态估计,形成变电站—调度中心两级状态估计模式,已成为最近的热点课题。但是,RTU 与 PMU 采集频率不同,RTU 采集较 PMU 慢。如何同时利用 RTU 和 PMU 量测数据并进行对时,以保证进行状态估计的多源量测断面时间最接近,尚未得到深入研究。由于 SCADA 和 WAMS 的采集原理不同,两种测量数据存在很多差异,如数据成分不同、数据刷新频率不同、数据传输延时不同及数据的精度不同等。不经过处理即将二者结合为混合测量数据为状态估计服务,会出现一系列的数据兼容问题,甚至还会降低传统状态估计的性能,因此,需要对混合测量状态估计的数据兼容问题加以重视。

发明内容

[0006] 本发明的目的是提出一种变电站 - 调度中心两级状态估计多源数据对时与拼接方法,在各变电站内使两种量测数据最大程度地匹配,并保证各个变电站状态估计所用测量断面的时间一致,实时进行变电站三相无阻抗非线性多源状态估计。同时,设置合理的两级状态估计计算周期,从而在调度中心对齐多个数据断面。

[0007] 本发明提出的变电站 - 调度中心两级状态估计多源数据对时与拼接方法,包括以下步骤:

[0008] (1) 设定一个 1 秒之内的等时间间隔的时间序列 $t_{set} = \{t_{set}^k | \Delta t_{set} = t_{set}^k - t_{set}^{k-1} = mT_{spl}, k=1,2,\dots,n\}$,作为全网统一的变电站状态估计启动时间,其中, T_{spl} 为全网相量量测单元的采样周期, $m \geq 1$, m 表示两个相邻时刻之间的相量量测单元采样次数,时间间隔 Δt_{set} 满足: $\Delta t_{set} \geq t_{stse}$, t_{stse} 为变电站每进行一次状态估计的耗时;

[0009] (2) 当 t_{set}^k 时刻到来时,全网各变电站采集本变电站在该时刻相量量测单元的量测数据以及远方终端单元的与该时刻最临近的量测数据,各变电站进行本变电站的第 k 次三相无阻抗非线性多源状态估计,得到各变电站的三相状态估计结果;

[0010] (3) 各变电站根据上述三相状态估计结果,计算熟数据,熟数据包括:模拟量熟数据、数字量熟数据和报警信息,其中,模拟量熟数据包括:变电站的各母线的三相电压不平衡度、各出线节点的电流三相不平衡度、各出线节点的三相注入总有功功率和无功功率、各母线的线电压或正序电压以及各出线节点的单相电流或正序电流,数字量熟数据包括变电站各开关的三相总开合状态,报警信息包括坏数据个数报警信息 $A(N_{bd})$ 和开关的三相状态不一致报警信息 $A(S_{CB})$;

[0011] 坏数据个数报警信息 $A(N_{bd})$ 定义如下:

[0012]

$$A(N_{bd}) = \begin{cases} 1, & \text{if } N_{bd} > t_{bd}, \text{ 告警} \\ 0, & \text{if } N_{bd} \leq t_{bd}, \text{ 正常} \end{cases}$$

[0013] 其中, N_{bd} 为坏数据个数, t_{bd} 为设定的坏数据个数阈值,该阈值根据量测数据的个数及量测精度设定,取值范围为: $5 \sim 10$;

[0014] 开关的三相状态不一致报警信息 $A(S_{CB})$ 定义如下:

[0015]

$$A(S_{CB,i}) = \begin{cases} 0, & \text{if } S_{CB,i}^a = S_{CB,i}^b = S_{CB,i}^c, \text{ 正常} \\ 1, & \text{else 告警} \end{cases}$$

[0016] 其中, $S_{CB,i}^\varphi$ 为变电站中第 i 个开关的第 φ 相开合状态, $\varphi = a, b, c$, 表示三相;

[0017] (4) 给每个上述熟数据打上时标 t_{set} , 并存放在各变电站的实时数据库中;

[0018] (5) 调度中心以 T_{ts} 为数据采集周期,采集各变电站实时数据库中最新时刻的熟数据,其中,调度中心数据采集周期 $T_{ts} = l \times \Delta t_{set}$, $l \geq 1$, l 表示两次熟数据采集之间的变电站状态估计次数;数据采集过程中,变电站采用 IEC60870-5-104 规约向调度中心上传模拟量熟数据和数字量熟数据,其中,模拟量熟数据采用带品质描述词的短浮点数表示,共占两个字节;数字量熟数据采用带品质描述词的单点信息进行描述,共占一个字节,并扩展该字节第四位,用于描述变电站状态估计结果与采集值的一致性;变电站采用事件顺序记录方式向调度中心上传报警信息,用单点信息进行描述,共占一个字节;

[0019] (6) 调度中心以 T_{cse} 为调度中心级状态估计周期,选择与当前时刻最接近、且时标相互一致的变电站熟数据,进行全网状态估计,其中, $T_{cse} \geq T_{ts} + t_{comm}$, t_{comm} 为变电站 - 调度中心两级信息通信所需时间。

[0020] 本发明提出的变电站 - 调度中心两级状态估计多源数据对时与拼接方法,其优点是:考虑了 RTU 与 PMU 采集频率的不同,设置变电站级状态估计启动时间,实现在变电站中对 RTU、PMU 两种量测数据进行对时,并保证各个变电站状态估计所用量测断面的时间一致。根据状态估计结果计算得到熟数据,加上时标,并扩展数据传输规约进行上传,实现以最小的传输量传递最大的信息量。同时,设置合理的两级状态估计计算周期,从而保证来自多个变电站的熟数据断面得到对齐。

附图说明

[0021] 图 1 是本发明方法的流程框图。

具体实施方式

[0022] 本发明提出的变电站 - 调度中心两级状态估计多源数据对时与拼接方法,其流程框图如图 1 所示,包括以下步骤:

[0023] (1) 设定一个 1 秒之内的等时间间隔的时间序列 $t_{set} = \{t_{set}^k | \Delta t_{set} = t_{set}^k - t_{set}^{k-1} = mT_{spl}, k=1,2,\dots,n\}$, 作为全网统一的变电站状态估计启动时间,其中, T_{spl} 为全网相量量测单元的采样周期, $m \geq 1$, m 表示两个相邻时刻之间的相量量测单元采样次数,时间间隔 Δt_{set} 满足: $\Delta t_{set} \geq t_{stse}$, t_{stse} 为变电站每进行一次状态估计的耗时;

[0024] (2) 当 t_{set}^k 时刻到来时,全网各变电站采集本变电站在该时刻相量量测单元的量测数据以及远方终端单元的与该时刻最临近的量测数据,各变电站进行本变电站的第 k 次三相无阻抗非线性多源状态估计,得到各变电站的三相状态估计结果。该变电站三相无阻抗非线性多源状态估计方法可参见中国专利申请《一种变电站三相无阻抗非线性多源状态估计方法》,专利申请号为 2010101408113,得到变电站三相状态估计结果;

[0025] (3) 各变电站根据上述三相状态估计结果,计算熟数据,熟数据包括:模拟量熟数据、数字量熟数据和报警信息,其中,模拟量熟数据包括:变电站的各母线的三相电压不平衡度、各出线节点的电流三相不平衡度、各出线节点的三相注入总有功功率和无功功率、各母线的线电压或正序电压以及各出线节点的单相电流或正序电流,数字量熟数据包括变电站各开关的三相总开合状态,报警信息包括坏数据个数报警信息 $A(N_{bd})$ 和开关的三相状态不一致报警信息 $A(S_{CB})$;

[0026] 坏数据个数报警信息 $A(N_{bd})$ 定义如下:

[0027]

$$A(N_{bd}) = \begin{cases} 1, & \text{if } N_{bd} > t_{bd}, \text{ 告警} \\ 0, & \text{if } N_{bd} \leq t_{bd}, \text{ 正常} \end{cases}$$

[0028] 其中, N_{bd} 为坏数据个数, t_{bd} 为设定的坏数据个数阈值,该阈值根据量测数据的个数及量测精度设定,取值范围为: $5 \sim 10$;

[0029] 开关的三相状态不一致报警信息 $A(S_{CB})$ 定义如下:

[0030]

$$A(S_{CB,i}) = \begin{cases} 0, & \text{if } S_{CB,i}^a = S_{CB,i}^b = S_{CB,i}^c, \text{正常} \\ 1, & \text{else 告警} \end{cases}$$

[0031] 其中, $S_{CB,i}^\varphi$ 为变电站中第 i 个开关的第 φ 相开合状态, $\varphi = a, b, c$, 表示三相;

[0032] (4) 给每个上述熟数据打上时标 t_{set} , 并存放在各变电站的实时数据库中;

[0033] (5) 调度中心以 T_{ts} 为数据采集周期, 采集各变电站实时数据库中最新时刻的熟数据, 其中, 调度中心数据采集周期 $T_{ts} = 1 \times \Delta t_{set}$, $1 \geq 1$, 1 表示两次熟数据采集之间的变电站状态估计次数; 数据采集过程中, 变电站采用 IEC60870-5-104 规约向调度中心上传模拟量熟数据和数字量熟数据, 其中, 模拟量熟数据采用带品质描述词的短浮点数表示, 共占两个字节; 数字量熟数据采用带品质描述词的单点信息进行描述, 共占一个字节, 并扩展该字节第四位, 用于描述变电站状态估计结果与采集值的一致性; 变电站采用事件顺序记录方式向调度中心上传报警信息, 用单点信息进行描述, 共占一个字节;

[0034] (6) 调度中心以 T_{cse} 为调度中心级状态估计周期, 选择与当前时刻最接近、且时标相互一致的变电站熟数据, 进行全网状态估计, 其中, $T_{cse} \geq T_{ts} + t_{comm}$, t_{comm} 为变电站 - 调度中心两级信息通信所需时间。

[0035] 以下结合附图, 介绍本发明的一个实施例。

[0036] 假设一个典型的 500kV 变电站配有 PMU, 有 200 个开关刀闸, 100 个节点, 其中母线节点 10 个, 交流输电线 20 条, 三绕组主变两台, 即变压器支路 6 条。其所需上传到调度中心的熟数据量大约为 891Byte, 如表 1 所示。

[0037] 表 1 熟数据传输量分析

[0038]

测点位置	各测点需上传的数据	数据类型	数据量(n*f*N)
交流线路 N=20	$i_{ln}^{(1)}$ 或 i_{ln}^l , P_{ln}^3 , Q_{ln}^3 , ε_{ln} n=5	短浮点型 f=4Byte	400Byte
变压器支路 N=6	$i_{trfm}^{(1)}$ 或 i_{trfm}^l , P_{trfm}^3 , Q_{trfm}^3 , ε_{trfm} n=5	短浮点型 f=4Byte	120Byte
母线 N=10	$\dot{U}_{nd}^{(1)}$ 或 \dot{U}_{nd}^l , ε_{nd} , n=3	短浮点型 f=4Byte	120Byte
开关 N=50	S_{CB}^3 , $A(S_{CB})$, n=2	单点型 f=1Byte	100Byte
刀闸 N=150	S_{SW}^3 , n=1	单点型 f=1Byte	150Byte
坏数据报警信息 N=1	$A(N_{bd})$, n=1	单点型 f=1Byte	1Byte
总数据量			891Byte

[0039] 其中, 各符号含义如下:

[0040] $i_{ln}^{(1)}$ ——交流线路正序电流相量

[0041] i_{ln}^l ——交流线路线电流相量

- [0042] P_n^3 、 Q_n^3 ——分别为交流线路三相总有功功率和无功功率
- [0043] ε_{ln} 、 ε_{trfm} 、 ε_{nd} ——分别为交流线路、变压器支路三相电流不平衡度与母线三相电压不平衡度
- [0044] $i_{trfm}^{(1)}$ ——变压器支路正序电流相量
- [0045] i_{trfm}^l ——变压器支路线电流相量
- [0046] P_{trfm}^3 、 Q_{trfm}^3 ——分别为变压器支路三相总有功功率和无功功率
- [0047] $\dot{U}_{nd}^{(1)}$ ——母线正序电压相量
- [0048] \dot{U}_{nd}^l ——母线线电压相量
- [0049] S_{CB}^3 、 S_{SW}^3 ——分别主开关、刀闸三相总状态
- [0050] A(S_{CB})——开关三相非全相运行报警信息
- [0051] A(N_{bd})——坏数据个数报警信息
- [0052] 单个变电站到调度中心的通讯带宽通常设为 0.2MB/s,因此,数据通讯时间 t_{trans} 大约为 4.5ms。一种典型的变电站-调度中心两级状态估计时间及周期设置如表 5 所示。可见,与传统集中式状态估计相比,分布式状态估计通过减小通信负担和提高数据可靠性,大大提高了全网状态估计的计算效率。
- [0053] 表 2 两级状态估计时间及周期设置
- [0054]

t_{set}	Δt_{set}	t_{stse}	l	T_{ls}	T_{cse}
{0ms, 500ms}	500ms	15ms	4	2s	3s

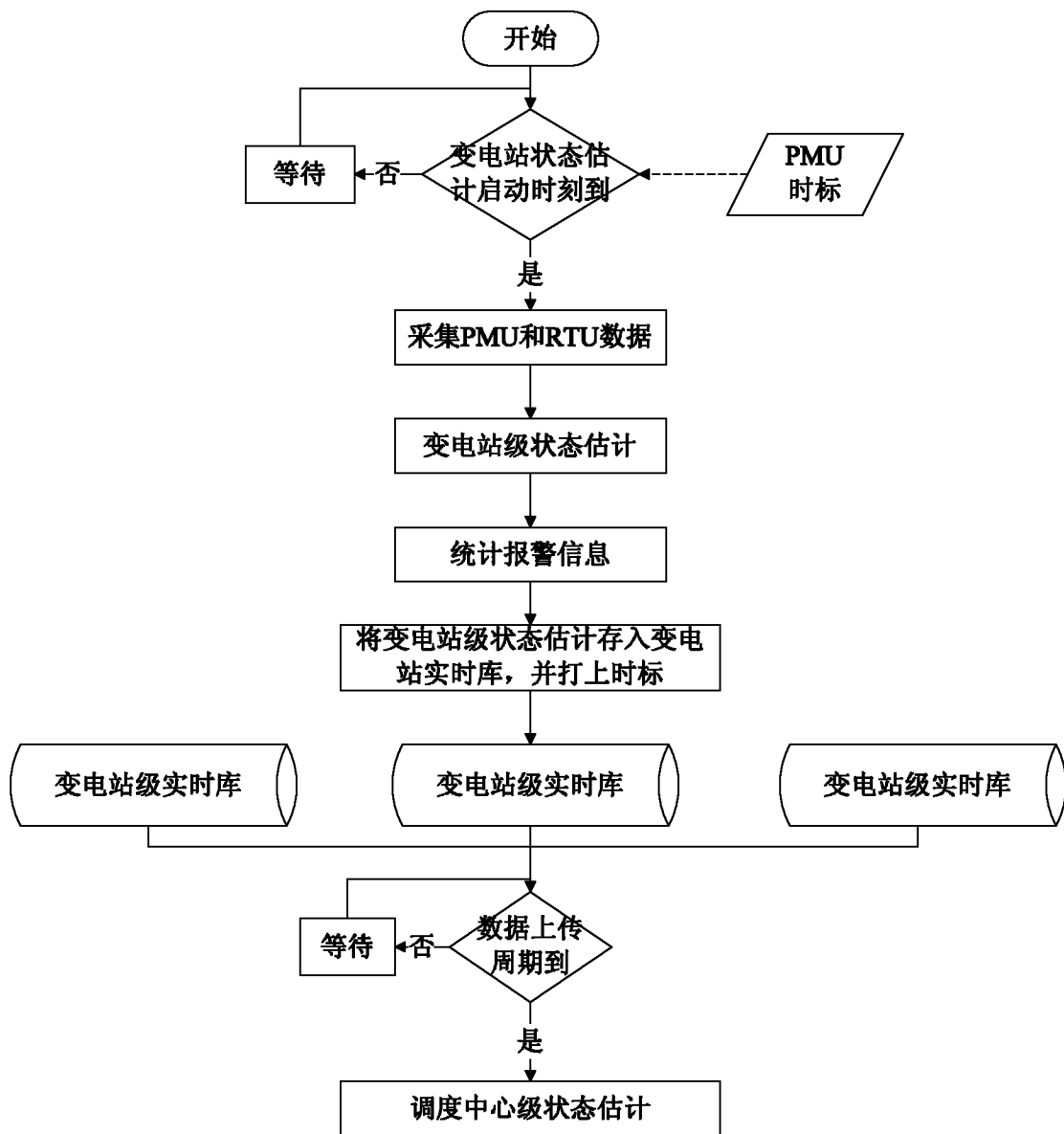


图 1