



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101349731 B

(45) 授权公告日 2010. 12. 01

(21) 申请号 200810119924. 8

JP 特开平 11-32433 A, 1999. 02. 02, 全文 .

(22) 申请日 2008. 09. 10

JP 特开平 10-290528 A, 1998. 10. 27, 全文 .

CN 101118265 A, 2008. 02. 06, 全文 .

(73) 专利权人 中国电力科学研究院

地址 100192 北京市海淀区清河小营东路
15 号中国电力科学研究院科技部

审查员 汤莎亮

(72) 发明人 马世英 杜三恩 印永华 李柏青
王英涛

(74) 专利代理机构 北京安博达知识产权代理有
限公司 11271

代理人 徐国文

(51) Int. Cl.

G01R 31/00 (2006. 01)

G01R 19/00 (2006. 01)

H02J 3/00 (2006. 01)

H02J 3/16 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开 2002-300722 A, 2002. 10. 11, 全文 .

权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 2 页

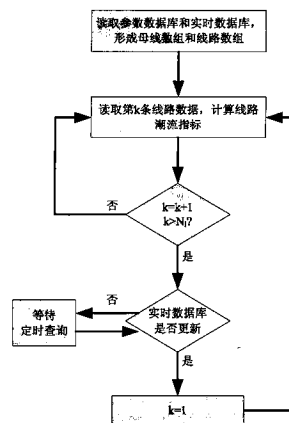
(54) 发明名称

一种电压稳定性实时评估方法

(57) 摘要

本发明根据线路潮流过重将导致受端母线电压下降、线路潮流方程无实数解这一事实, 提出了线路潮流指标。在此基础上, 将线路潮流指标应用于实时电压稳定监测, 发明了基于线路潮流指标的电压稳定性实时评估方法。该方法计算简单、能快速评估电网的电压稳定性。应用该方法对全网线路的线路潮流指标扫描计算, 可以发现电网中电压稳定性薄弱的线路。应用该方法对电网进行电压稳定实时监测, 可以了解各条线路电压稳定性的变化趋势, 确定导致电压稳定性问题的起始地点。

CN 101349731 B



1. 一种电压稳定性实时评估方法,其特征在于包括以下步骤:

(1) 读取系统状态实时数据和网络参数:

从实时数据库中读取总母线数、各母线编号、电压幅值和电压相角,保存在预先定义的母线数据结构中;从实时数据库中读取总线路数、各线路编号、I 侧母线编号、J 侧母线编号、正向有功功率、正向无功功率、反向有功功率、反向无功功率,保存在预先定义的线路数据结构中,同时,根据 I 侧母线编号和 J 侧母线编号设置对应母线数据结构中的关联线路编号;从参数数据库中读取相应线路的线路电阻、线路电抗和对地电纳,保存在线路数据结构中;

(2) 读取线路数据,计算线路阻抗值和阻抗角:

按线路编号依次读取线路数据结构中的第 k 条线路的电阻 R、电抗 X、对地电纳 B、反向有功功率 P_j 、反向无功 Q_{j0} ,计算出线路阻抗 Z 和阻抗角 θ ,其中 k 为正整数

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{X}{R}\right);$$

(3) 根据线路有功功率的正负确定线路两端母线的首末关系:

如果线路的反向有功功率 P_j 为负,说明 I 侧母线为线路首端, J 侧母线为线路末端,那么读取线路 I 侧母线编号,在母线数据结构中查找该母线电压幅值 V_i 和电压相角 δ_i ,读取线路 J 侧母线编号,在母线数据结构中查找该母线电压幅值 V_j 和电压相角 δ_j ;如果线路的反向有功功率 P_j 为非负,说明 J 侧母线为线路首端, I 侧母线为线路末端,那么读取正向有功 P_j 和正向无功 Q_{j0} ,读取线路 J 侧母线编号,在母线数据结构中查找该母线电压幅值 V_i 和电压相角 δ_i ,读取线路 I 侧母线编号,在母线数据结构中查找该母线电压幅值 V_j 和电压相角 δ_j ;

(4) 对部分数据作必要处理,为线路潮流指标计算做准备:

从线路数据结构和母线数据结构中读取的数据还不能直接应用于线路潮流指标的计算,还需要作以下必要的处理:

$$P_j = -P_j$$

$$Q_{j0} = -Q_{j0}$$

$$Q_j = Q_{j0} - \frac{1}{2}BV_j^2$$

$$\delta = \delta_i - \delta_j$$

(5) 计算线路潮流指标,实时判断电压稳定性:

经过上述 (1)-(4) 步的准备工作,直接将前面的各个变量数值带入下式,即可计算出线路潮流指标:

$$L_{PQ} = \frac{4(\cos\theta + \sin\theta)(P_j + Q_j)Z}{V_i^2[1 + \sin 2(\theta - \delta)]}$$

如果 $L_{PQ} > \Delta 1$,其中 $\Delta 1$ 为给定的线路潮流指标门槛值,则给出警告信息;

(6) 循环计算各条线路的线路潮流指标:

从线路数据结构中读取第 k+1 条线路的数据,如果 k+1 大于总线路数,则结束本轮计

算,进入第(7)步;否则,按照第(2)-(5)步计算第 $k+1$ 条线路的线路潮流指标;

(7) 判断实时数据库是否更新:

如果实时数据库有更新,则进入第(1)步,读取母线数据和线路数据,更新母线数据结构和线路数据结构;否则,等待,定时查询、判断实时数据库是否更新。

一种电压稳定性实时评估方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种电压稳定性实时评估方法,属于电力系统分析与控制、电力系统电压稳定性实时分析与控制领域。

背景技术

[0002] 电压崩溃事故可能发生在主网或局部地区电网中,具有突发性和隐蔽性,在形成初期往往难以明显觉察,这就需要对电力系统运行状态进行实时连续监测,同时要具有对数据的快速处理功能和系统电压稳定的快速判断功能,以便及时发现问题。近年来受到广泛关注的 WAMS(Wide Area Measurements System,广域测量系统)系统可以在同一参考时间框架下捕捉到大规模互联电力系统各地点的实时稳态和动态信息,并且具有较高的准确性,为实现大规模互联电力系统运行状态实时连续监测提供了新的视角和条件。为防止发生电压崩溃事故,调度运行人员最为关心的是:当前电力系统运行状态离崩溃点还有多远或稳定裕度还有多大。因此,基于广域测量系统的电压稳定指标的确定成为电压稳定动态实时监测分析的主要功能之一。

[0003] 要准确评估电压稳定性,就必须有一个性能良好的电压稳定评估指标。具有高的准确度,这是对电压稳定评估指标的基本要求。作为实时监测的电压稳定评估指标,还必须计算快速和具有良好的线性性。国内外很多电力工作者对电压稳定评估指标进行了研究,抓住电压失稳的不同特征提出了很多形式多样的电压稳定评估指标。

[0004] (1) 灵敏度指标:它以潮流方程为基础,利用系统中某些物理量的变化关系,即它们之间的微分关系来研究系统的电压稳定性。该指标需要全网大量的数据,甚至包括部分动态元件参数,因此难以用于电压稳定实时监测。

[0005] (2) 特征值/奇异值指标:该指标通过雅可比矩阵是否奇异来判断系统电压是否稳定。雅可比矩阵的形成需要全网的网络参数,同时,对雅克比矩阵进行特征值分析/奇异值分析需要大量的计算,而且通常在临界点处,奇异值和特征值有非常陡的快速下降的过程。可见该指标计算速度慢、线性性差。

[0006] (3) 裕度指标:从系统给定运行状态出发,按照某种模式,通过负荷增长或传输功率的增长逐步逼近电压崩溃点,则系统当前运行点到电压崩溃点的距离可作为电压稳定程度的指标,称之为裕度指标。裕度指标主要优点有:直观地量度当前运行点的电压稳定程度、良好的线性性、可以考虑多种限制因素等。但是,该指标的计算量很大,很难满足实时监测的要求。

[0007] 本发明提出了一种可用于实时监测的电压稳定评估指标——线路潮流指标,该指标依据线路潮流是否有实数解来判断电压稳定与否,同时结构简单,物理意义明确,计算速度快,准确度高,线性性好,适用于电网状态完全可观的广域测量系统电压稳定实时监测。在此基础上,发明了基于线路潮流指标的电压稳定性实时评估方法。该方法计算简单、能快速评估电网的电压稳定性。通过送端母线电压恒定系统、送端母线电压变化系统、IEEE9 节点系统分别在负荷恒功率因数增长、负荷恒有功功率增长、负荷恒无功功率增长多种负荷

增长方式下的仿真测试,验证了该指标具有良好的计算速度、准确度和线性性,同时也验证了基于线路潮流指标的电压稳定性实时评估方法的可行性和有效性。

发明内容

[0008] 本发明以单条线路潮流是否有实数解作为受端母线电压稳定与否的条件,首次提出了线路潮流指标,通过多个不同特性的电网仿真验证显示,该指标具有广泛的适用性、良好的准确度和线性性,适用于实时电压稳定监测。

[0009] 对于实时电压稳定监测,对电压稳定评估指标有较高的要求。首先,要求电压稳定评估指标准确可靠,不至于错误评估系统电压稳定性,导致严重后果。其次,计算速度要快,因为实时系统没有太多的时间用于数据处理,要求能够快速给出电压稳定性评估结果。另外,要求电压稳定评估指标具有良好的线性性,以便在监测到系统电压稳定性问题后有足够的时间采取控制措施,避免电压稳定性事故的发生。因此,本项目经过分析研究,提出了一种可用于实时监测的电压稳定评估指标——线路潮流指标。在此基础上,发明了基于线路潮流指标的电压稳定性实时评估方法。

[0010] 因此,本发明提出了一种电压稳定性实时评估方法,其特征在于包括以下步骤:

[0011] (1) 读取系统状态实时数据和网络参数:

[0012] 从实时数据库中读取总母线数、各母线编号、电压幅值、电压相角,保存在预先定义的母线数据结构中;从实时数据库中读取总线路数、各线路编号、I 侧母线编号、J 侧母线编号、正向有功功率、正向无功功率、反向有功功率、反向无功功率,保存在预先定义的线路数据结构中,同时,根据 I 侧母线编号和 J 侧母线编号设置对应母线数据结构中的关联线路编号;从参数数据库中读取相应线路的线路电阻、线路电抗和对地电纳,保存在线路数据结构中;

[0013] (2) 读取线路数据,计算线路阻抗值和阻抗角:

[0014] 按线路编号依次读取线路数据结构中的第 k 条线路的电阻 R、电抗 X、对地电纳 B、反向有功 P_j 、反向无功 Q_{j0} ,计算出线路阻抗 Z 和阻抗角 θ ,其中 k 为正整数

$$[0015] \quad Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$[0016] \quad \theta = \arctan\left(\frac{X}{R}\right);$$

[0017] (3) 根据线路有功功率的正负确定线路两端母线的首末关系:

[0018] 如果线路的反向有功功率 P_j 为负,说明 I 侧母线为线路首端, J 侧母线为线路末端,那么读取线路 I 侧母线编号,在母线数据结构中查找该母线电压幅值 V_i 和电压相角 δ_i ,读取线路 J 侧母线编号,在母线数据结构中查找该母线电压幅值 V_j 和电压相角 δ_j ;如果线路的反向有功功率 P_j 为非负,说明 J 侧母线为线路首端, I 侧母线为线路末端,那么读取正向有功 P_j 和正向无功 Q_{j0} ,读取线路 J 侧母线编号,在母线数据结构中查找该母线电压幅值 V_i 和电压相角 δ_i ,读取线路 I 侧母线编号,在母线数据结构中查找该母线电压幅值 V_j 和电压相角 δ_j ;

[0019] (4) 对部分数据作必要处理,为指标计算做准备:

[0020] 从线路数据结构和母线数据结构中读取的数据还不能直接应用于线路潮流指标的计算,还需要作以下必要的处理:

[0021] $P_j = -P_j$

[0022] $Q_{j0} = -Q_{j0}$

[0023] $Q_j = Q_{j0} - \frac{1}{2}BV_j^2$

[0024] $\delta = \delta_i - \delta_j$

[0025] (5) 计算线路潮流指标, 实时判断电压稳定性:

[0026] 经过上述 (1)-(4) 步的准备工作, 直接将前面的各个变量数值带入下式, 即可计算出线路潮流指标:

[0027]
$$L_{PQ} = \frac{4(\cos\theta + \sin\theta)(P_j + Q_j)Z}{V_i^2[1 + \sin 2(\theta - \delta)]}$$

[0028] 如果 $L_{PQ} > \Delta 1$, 其中 $\Delta 1$ 为给定的指标门槛值, 则给出警告信息;

[0029] (6) 循环计算各条线路的线路潮流指标:

[0030] 从线路数据结构中读取第 $k+1$ 条线路的数据, 如果 $k+1$ 大于总线路数, 则结束本轮计算, 进入第 (7) 步; 否则, 按照第 (2)-(5) 步计算第 $k+1$ 条线路的线路潮流指标;

[0031] (7) 判断实时数据库是否更新:

[0032] 如果实时数据库有更新, 则进入第 (1) 步, 读取母线数据和线路数据, 更新母线数据结构和线路数据结构; 否则, 等待, 定时查询、判断实时数据库是否更新。

[0033] (一). 原理介绍

[0034] 对于如附图 1 所示的简单线路模型, 其有功潮流和无功潮流可用式 (1) 和式 (2) 表示:

[0035]
$$P_j = \frac{V_i V_j}{Z} \cos(\theta - \delta) - \frac{V_j^2}{Z} \cos\theta \quad (1)$$

[0036]
$$Q_j = \frac{V_i V_j}{Z} \sin(\theta - \delta) - \frac{V_j^2}{Z} \sin\theta \quad (2)$$

[0037] 其中, $\delta = \delta_i - \delta_j$ 。将式 (1)、式 (2) 稍加整理变形

[0038]
$$V_j^2 \cos\theta - V_i \cos(\theta - \delta)V_j + P_j Z = 0 \quad (3)$$

[0039]
$$V_j^2 \sin\theta - V_i \sin(\theta - \delta)V_j + Q_j Z = 0 \quad (4)$$

[0040] 将式 (3) 和式 (4) 相加

[0041]
$$V_j^2(\cos\theta + \sin\theta) - V_i[\cos(\theta - \delta) + \sin(\theta - \delta)]V_j + (P_j + Q_j)Z = 0 \quad (5)$$

[0042] 式 (5) 是一个关于 V_j 的二次方程, 根据二次方程有实数解的判别式, 可得

[0043]
$$V_i^2[\cos(\theta - \delta) + \sin(\theta - \delta)]^2 - 4(\cos\theta + \sin\theta)(P_j + Q_j)Z \geq 0 \quad (6)$$

[0044] 式 (6) 等价于式 (7)

[0045]
$$V_i^2[1 + \sin 2(\theta - \delta)] \geq 4(\cos\theta + \sin\theta)(P_j + Q_j)Z \quad (7)$$

[0046] 将式 (7) 变换、整理, 可得式 (8)

[0047]
$$0 \leq \frac{4(\cos\theta + \sin\theta)(P_j + Q_j)Z}{V_i^2[1 + \sin 2(\theta - \delta)]} \leq 1 \quad (8)$$

[0048] 称式 (8) 所示表达式为线路潮流指标, 记作 L_{PQ} , 则

$$[0049] \quad L_{PQ} = \frac{4(\cos \theta + \sin \theta)(P_j + Q_j)Z}{V_j^2[1 + \sin 2(\theta - \delta)]} \quad (9)$$

[0050] 本发明的线路潮流指标在受端母线电压稳定时的取值范围为 $[0, 1]$ ，并且在取值范围内随着视在功率 S_j 的增大呈单调递增的趋势。当 $L_{PQ} = 1$ 时，受端母线电压 V_j 有两个相同的实数解，受端母线电压临界稳定；当 $L_{PQ} > 1$ 时，受端母线电压 V_j 没有实数解，受端母线电压不稳定。通过对全网先路的线路潮流指标的扫描，比较各条线路的线路潮流指标，指标值较大者即为电网中电压稳定性较薄弱的线路。通过实时的计算监测，可以了解各条线路电压稳定性的变化趋势，确定导致电压稳定性问题的起始地点。

$$[0051] \quad S_j = \sqrt{P_j^2 + Q_j^2} \quad (10)$$

[0052] 在实际工程使用中，多使用如附图 2 所示的 II 型线路模型，提供的功率也是母线注入功率，因此，在应用式 (9) 进行线路潮流指标计算时需要对无功功率进行一定的转换处理。

$$[0053] \quad Q_j = Q_{j0} + Q_{j1} = Q_{j0} - \frac{1}{2}BV_j^2 \quad (11)$$

[0054] (二). 具体实现

[0055] 如附图 3 所示，为本发明的线路潮流指标在实时电压稳定监测应用中的实现方法的流程图，其具体实现步骤如下：

[0056] 1. 初始化

[0057] (1) 母线数组的形成：读取实时数据库，形成母线数组，总母线数为 N_b ，每一个数组元素结构如下：

[0058]

母线编号	电压幅值	电压相角	关联线路编号指针
------	------	------	----------

[0059] (2) 线路数组的形成：读取参数数据库和实时数据库，形成线路数组，总线路数为 N_l ，每一个数组元素结构如下：

[0060]

线路编号	I 侧母线编号	J 侧母线编号	线路电阻	线路电抗	对地电纳
正向有功	正向无功	反向有功	反向无功		

[0061] 2. 循环计算

[0062] (1) 从线路数组中读取第 k 条线路的电阻 R 、电抗 X 、对地电纳 B 、反向有功 P_j 、反向无功 Q_{j0} ，计算出 Z 和 θ ，其中 k 为正整数

$$[0063] \quad Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$[0064] \quad \theta = \arctan\left(\frac{X}{R}\right)$$

[0065] (2) 如果反向有功为负数，读取线路 I 侧母线编号，在母线数组中查找该母线电压幅值 V_i 和电压相角 δ_i ，读取线路 J 侧母线编号，在母线数组中查找该母线电压幅值 V_j 和电压相角 δ_j ，进入第 (4) 步；如果反向有功为非负数，则进入第 (3) 步。

[0066] (3) 读取正向有功 P_j 和正向无功 Q_{j0} ，读取线路 J 侧母线编号，在母线数组中查找该母线电压幅值 V_i 和电压相角 δ_i ，读取线路 I 侧母线编号，在母线数组中查找该母线电压幅值 V_j 和电压相角 δ_j 。

[0067] (4) 对部分数据做调整

$$[0068] \quad P_j = -P_j$$

$$[0069] \quad Q_{j0} = -Q_{j0}$$

$$[0070] \quad Q_j = Q_{j0} - \frac{1}{2}BV_j^2$$

$$[0071] \quad \delta = \delta_i - \delta_j$$

[0072] (5) 计算线路潮流指标 L_{PQ}

$$[0073] \quad L_{PQ} = \frac{4(\cos\theta + \sin\theta)(P_j + Q_j)Z}{V_i^2[1 + \sin 2(\theta - \delta)]}$$

[0074] 如果 $L_{PQ} > \Delta 1$, 其中 $\Delta 1$ 为给定的指标门槛值, 则给出警告信息。

[0075] (6) $k = k+1$, 如果 $k > N_1$, 则进入第 (7) 步; 否则, 进入第 (1) 步。

[0076] (7) 检测实时数据库是否更新。如果实时数据库更新, 则进入第 (8) 步; 否则, 等待, 定时查询。

[0077] (8) 读取实时母线信息、实时线路信息, 存入母线数组和线路数组, 进入第 (1) 步。

[0078] (三). 线路潮流指标的特点

[0079] (1) 计算简单

[0080] 该指标的输入数据少, 只涉及到线路本身物理参数、线路运行参数和线路两端母线的电压参数。

[0081] (2) 物理意义明确

[0082] 随着线路潮流的增加, 受端母线电压的降低, 线路潮流将不存在实数解, 这也就导致了受端母线电压失稳。

[0083] (3) 准确度高

[0084] 仿真结果显示, 当线路潮流邻近不收敛时, 该指标取值都相应地趋近于临界值 1, 很好地显示了电压的稳定情况。

[0085] (4) 线性性好

[0086] 仿真结果显示, 该指标具有很好的线性性, 随着线路潮流的增大, 该指标保持着很好的线性性。

[0087] (5) 适用范围广范

[0088] 由于该指标的推导条件是线路潮流无实数解, 所以, 只要是由于线路潮流过重导致的电压失稳情况都可以由该指标显示出来。

[0089] 本发明的优点是:

[0090] 本发明提出的线路潮流指标, 物理意义明确, 具有较广泛的适用性, 计算简单, 准确度高, 具有较好的线性性。在此基础上, 提出的基于线路潮流指标的电压稳定性实时评估方法计算简单, 能快速评估电网的电压稳定性, 所得结果对电网的调度运行有一定的指导意义。

附图说明

[0091] 下面结合附图对本发明进一步说明。

[0092] 图 1 是简单线路模型;

[0093] 图 2 是 II 型线路模型；

[0094] 图 3 是线路潮流指标实时应用流程图。

具体实施方式

[0095] 以下是本发明方法的一个实施例，以 IEEE9 节点系统进行仿真试验作实施例，进一步说明如下：

[0096] 通过如下方法模拟电网实时采集数据：在基本负荷条件下缓慢增加负荷，应用 PSD-BPA 潮流程序反复计算潮流，从而得到一系列系统状态（即各母线电压相量、各线路有功和无功）时间序列；将这些系统状态时间序列写入文件，在以下应用中通过读取这些文件将系统状态量存入实时数据库，以此来模拟实时数据采集过程。

[0097] 本发明提出的电压稳定性实时评估方法具体实施包括以下步骤：

[0098] (1) 读取系统状态实时数据和网络参数：

[0099] 从实时数据库中读取总母线数、各母线编号、电压幅值、电压相角，保存在预先定义的母线数据结构中；从实时数据库中读取总线路数、各线路编号、I 侧母线编号、J 侧母线编号、正向有功功率、正向无功功率、反向有功功率、反向无功功率，保存在预先定义的线路数据结构中，同时，根据 I 侧母线编号和 J 侧母线编号设置对应母线数据结构中的关联线路编号；从参数数据库中读取相应线路的线路电阻、线路电抗和对地电纳，保存在线路数据结构中；

[0100] (2) 读取线路数据，计算线路阻抗值和阻抗角：

[0101] 按线路编号依次读取线路数据结构中的第 k 条线路的电阻 R、电抗 X、对地电纳 B、反向有功 P_j 、反向无功 Q_{j0} ，计算出线路阻抗 Z 和阻抗角 θ ，其中 k 为正整数

$$[0102] \quad Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$[0103] \quad \theta = \arctan\left(\frac{X}{R}\right)$$

[0104] (3) 根据线路有功功率的正负确定线路两端母线的首末关系：

[0105] 如果线路的反向有功功率 P_j 为负，说明 I 侧母线为线路首端，J 侧母线为线路末端，那么读取线路 I 侧母线编号，在母线数据结构中查找该母线电压幅值 V_i 和电压相角 δ_i ，读取线路 J 侧母线编号，在母线数据结构中查找该母线电压幅值 V_j 和电压相角 δ_j ；如果线路的反向有功功率 P_j 为非负，说明 J 侧母线为线路首端，I 侧母线为线路末端，那么读取正向有功 P_j 和正向无功 Q_{j0} ，读取线路 J 侧母线编号，在母线数据结构中查找该母线电压幅值 V_i 和电压相角 δ_i ，读取线路 I 侧母线编号，在母线数据结构中查找该母线电压幅值 V_j 和电压相角 δ_j ；

[0106] (4) 对部分数据作必要处理，为指标计算做准备：

[0107] 从线路数据结构和母线数据结构中读取的数据还不能直接应用于线路潮流指标的计算，还需要作以下必要的处理：

$$[0108] \quad P_j = -P_j$$

$$[0109] \quad Q_{j0} = -Q_{j0}$$

$$[0110] \quad Q_j = Q_{j0} - \frac{1}{2}BV_j^2$$

[0111] $\delta = \delta_i - \delta_j$

[0112] (5) 计算线路潮流指标, 实时判断电压稳定性:

[0113] 经过上述 (1)-(4) 步的准备工作, 直接将前面的各个变量数值带入下式, 即可计算出线路潮流指标:

$$[0114] \quad L_{PQ} = \frac{4(\cos\theta + \sin\theta)(P_j + Q_j)Z}{V_i^2[1 + \sin 2(\theta - \delta)]}$$

[0115] 如果 $L_{PQ} > \Delta 1$, 其中 $\Delta 1$ 为给定的指标门槛值, 则给出警告信息;

[0116] (6) 循环计算各条线路的线路潮流指标:

[0117] 从线路数据结构中读取第 $k+1$ 条线路的数据, 如果 $k+1$ 大于总线路数, 则结束本轮计算, 进入第 (7) 步; 否则, 按照第 (2)-(5) 步计算第 $k+1$ 条线路的线路潮流指标;

[0118] (7) 判断实时数据库是否更新:

[0119] 如果实时数据库有更新, 则进入第 (1) 步, 读取母线数据和线路数据, 更新母线数据结构和线路数据结构; 否则, 等待, 定时查询、判断实时数据库是否更新。

[0120] 在本实施例中, 应用系统状态各实时断面的数据, 快速计算各条线路的线路潮流指标, 当指标值大于一定门槛值时, 给出警告信息。计算结果显示, 本发明所提出的线路潮流指标计算简单、线性性好、准确度高; 本发明所提出的基于线路潮流指标的电压稳定性实时评估方法计算简单, 能快速评估电网的电压稳定性。

[0121] 此处已经根据特定的示例性实施例对本发明进行了描述。对本领域的技术人员来说在不脱离本发明的范围下进行适当的替换或修改将是显而易见的。示例性的实施例仅仅是例证性的, 而不是对本发明的范围的限制, 本发明的范围由所附的权利要求定义。

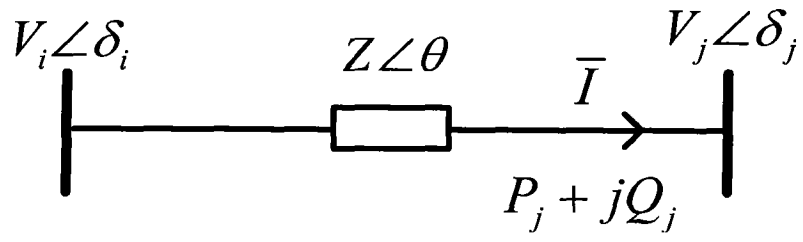


图 1

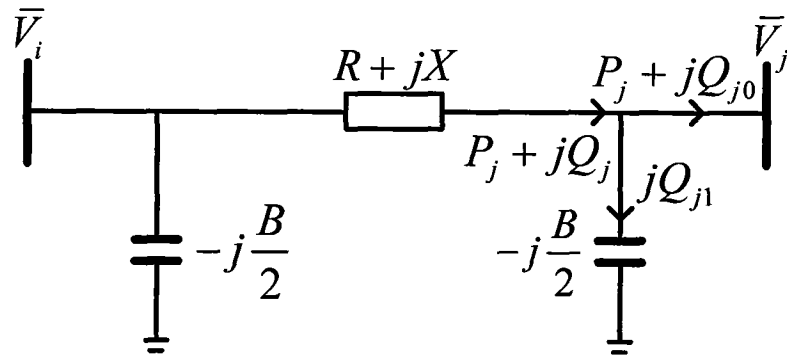


图 2

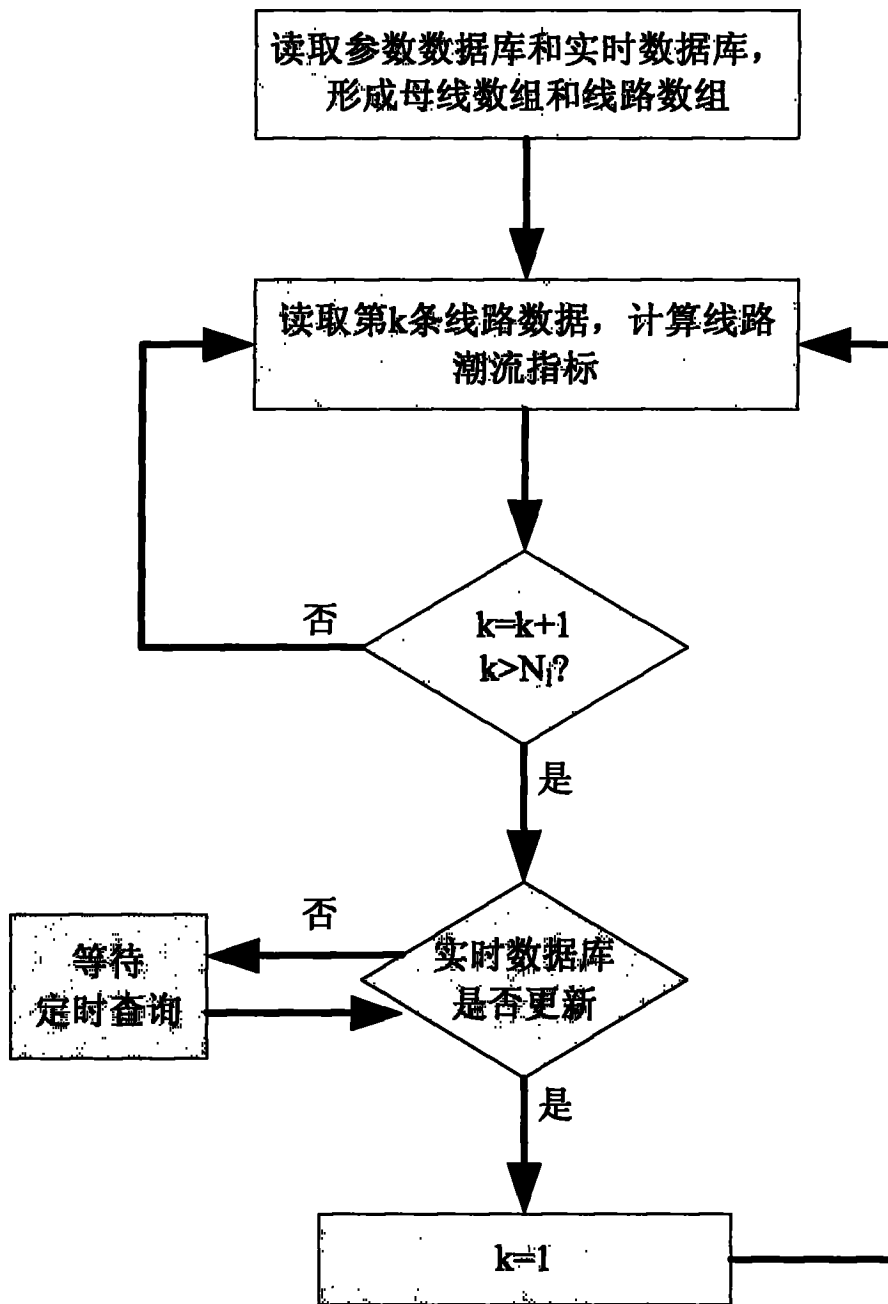


图 3