



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104008512 A

(43) 申请公布日 2014. 08. 27

(21) 申请号 201410259657. X

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2014. 06. 12

G06Q 50/06 (2012. 01)

(71) 申请人 国家电网公司

地址 100031 北京市西城区西长安街 86 号

申请人 中国电力科学研究院

江苏省电力公司

国网黑龙江省电力有限公司

国家电网公司华中分部

(72) 发明人 谢梅 严剑峰 李柏青 边二曼

华科 蔡顺有 鲁广明 于之虹

徐友平 邵德军

(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

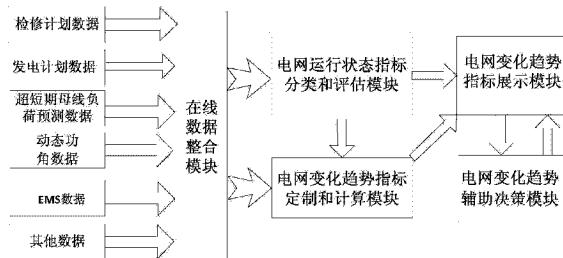
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种电力系统在线稳定评估指标系统

(57) 摘要

本发明提供一种电力系统在线稳定评估指标系统，包括在线数据整合模块、电网运行状态指标分类和评估模块、电网变化趋势指标定制和计算模块、电网变化趋势指标展示模块和电网变化趋势辅助决策模块；以基础数据的在线融合方法为基础，进行指标分类和计算并辅以指标展示，进而为电网未来趋势变化辅助决策提供可靠、合理的依据。本发明从各种角度对可以反映电网未来运行状况的指标进行算法开发、归纳、总结、分类，清晰展示电网未来运行状态。保护点主要包括指标体系系统的设计框架和功能内容，指标分类方法以及平台化的指标定制工具和公式解析器采用的方法。



1. 一种电力系统在线稳定评估指标系统,其特征在于:所述系统包括在线数据整合模块、电网运行状态指标分类和评估模块、电网变化趋势指标定制和计算模块、电网变化趋势指标展示模块和电网变化趋势辅助决策模块;所述在线数据整合模块将接收的趋势数据整合得到未来潮流数据,所述电网运行状态指标分类和评估模块与电网变化趋势指标定制和计算模块分别根据未来潮流数据对电网运行状态指标进行评估及指标定制,得到的评估结果和定制指标均传输给所述电网变化趋势指标展示模块,所述电网变化趋势指标展示模块和电网变化趋势辅助决策模块之间进行信息交互,实现对电力系统稳定运行的控制。

2. 根据权利要求 1 所述的电力系统在线稳定评估指标系统,其特征在于:所述趋势数据包括当前潮流数据、预测数据和计划数据;所述当前潮流数据包括 WAMS 数据和 EMS 数据,所述预测数据为超短期母线负荷预测数据,所述计划数据包括检修计划数据和发电计划数据。

3. 根据权利要求 1 所述的电力系统在线稳定评估指标系统,其特征在于:所述在线数据整合模块采用如下方法进行数据整合:

(1) 通过采用原位解析、格式解析与数据分离以及 OpenMP 并行计算获得加速比,降低多数据源读取时间;

(2) 采用图相关算法生成拓扑,以提高在线运行数据中开关、刀闸的导入对拓扑分析和拓扑搜索的速度;

(3) 进行数据检查,改进数据质量的同时为部分整合调整措施提供基础;

(4) 采用边界潮流匹配的方法完成多源数据拼接,生成在线稳定分析计算的未来潮流数据。

4. 根据权利要求 1 所述的电力系统在线稳定评估指标系统,其特征在于:所述电网运行状态指标分类和评估模块将电网运行状态指标分为稳态指标和稳定指标;

所述稳定指标包括静态稳定指标及暂态和动态指标。

5. 根据权利要求 4 所述的电力系统在线稳定评估指标系统,其特征在于:所述稳态指标包括发电机运行指标、潮流运行指标、频率运行指标、电压运行指标和联络线运行指标;

所述静态稳定指标包括发电机裕度指标、节点裕度指标、线路和设备载荷指标、电力系统输电指标、电压稳态指标、频率合格率指标、谐波合格率指标和功率因素合格率指标;

所述暂态和动态指标包括发电机组轨迹指标、小干扰稳定指标、电压保持能力指标、电网稳定极限指标和短路电流指标。

6. 根据权利要求 1 所述的电力系统在线稳定评估指标系统,其特征在于:所述电网运行状态指标分类和评估模块根据未来潮流数据通过快速定位故障集的方法对电网运行状态指标进行评估,具体过程如下:

(1) 采用电网电压稳定裕度作为电网运行状态的安全稳定指标评价电网的安全性;

(2) 采用关键断面极限传输容量作为电网运行状态的安全稳定指标评价电网的安全性;

(3) 采用故障极限切除时间作为电网运行状态的安全稳定指标评价电网的安全性。

7. 根据权利要求 1 所述的电力系统在线稳定评估指标系统,其特征在于:所述电网变化趋势指标定制和计算模块采用平台化的指标定值工具经过二次指标定制得到的定制指标;所述指标定值工具为公式解析器。

8. 根据权利要求 7 所述的电力系统在线稳定评估指标系统,其特征在于 :所述公式解析器包括客户端接口、服务组件、数据接口组件和公式解析组件 ;

所述客户端接口为服务调用接口,通过发送服务号请求服务,在服务完成后,接收由服务端反馈的计算结果 ;

所述服务组件与数据接口组件、公式解析组件共同构成服务端,服务组件负责配置计算结果的初始化、与客户端接口的通讯、已解析公式的缓存、和公式解析调用前的调度工作 ;

所述数据接口组件从不同的数据源按指定格式读取数据,或者将指定格式的数据写入不同的数据源 ;

所述公式解析组件包括词法解析器、语法解析器和语法解释器 ;所述词法解析器将原始的公式字符串解析为计算符号串序列,所述语法解析器将计算符号串序列解析为抽象语法树,所述抽象语法树作为语法解释器的输入,结合公式解析组件被调用时传入的数据源和数据关系信息解释执行公式,生成计算结果。

9. 根据权利要求 1 所述的电力系统在线稳定评估指标系统,其特征在于 :所述电网变化趋势指标展示模块采用双网双服务器的实时平台,通过分层显示单元对电力系统的整体运行状态进行展示 ;所述分层显示单元包括第一层显示单元、第二层显示单元和第三层显示单元。

10. 根据权利要求 9 所述的电力系统在线稳定评估指标系统,其特征在于 :所述第一层显示单元通过构建基于实时运行状况的分类指标和基于模糊聚类的全局预警指标,客观评估电力系统的整体安全运行状态 ;可视化系统中的母线均为虚拟母线,用来动态表示可能的多段母线电压 ;

所述第二层显示单元显示存在问题的宏观数据分析结果,分析结果包括断面潮流、关键线路的低频震荡、N-I 故障扫描和灵敏度分析结果 ;

第三层显示单元通过标签的方式显示电力系统中设备的具体数据。

11. 根据权利要求 1 所述的电力系统在线稳定评估指标系统,其特征在于 :基于轨迹灵敏度计算的电网变化趋势辅助决策模块首先根据电网运行状态的在线安全稳定分析和预警稳定分析的分析结果,挑选出危害电力系统安全的失稳隐患,然后通过对电力系统线性化,计算电力系统的可调量与系统危险量的相关系数,最后通过相关系数的排序与计算来得到调整电力系统的元件及其调整幅度。

一种电力系统在线稳定评估指标系统

技术领域

[0001] 本发明属于电网稳定分析领域,具体涉及一种电力系统在线稳定评估指标系统。

背景技术

[0002] 现代电网互联及间歇性新能源电源并网规模的扩大,以及各种新电力电子元器件的应用,使得电网运行工况更加复杂,电网统一的稳定机理及评估方法尚未有深入的研究。在电网未来态势预估方面,也仅仅停留在利用未来计划潮流(发电、负荷、检修等)的形式展开,仍属于“预想方式加传统分析”相结合的研究方法。依据电网动态响应轨迹变化特征,映射反映电网未来状态演绎趋势的量化预估方法、指标至今尚属于空白。由此,电网需要构建基于响应的全态势综合量化评估新体系,该体系既要满足电网当前状态的稳定性能评估,还要兼有电网未来运行态势的预估,对此进行研究无论是对理论储备还是对工程指导,无疑有其积极的意义。

发明内容

[0003] 为了克服上述现有技术的不足,本发明提供一种电力系统在线稳定评估指标系统,以基础数据的在线融合方法为基础,进行指标分类和计算并辅以指标展示,进而为电网未来趋势变化辅助决策提供可靠、合理的依据。

[0004] 为了实现上述发明目的,本发明采取如下技术方案:

[0005] 提供一种电力系统在线稳定评估指标系统,所述系统包括在线数据整合模块、电网运行状态指标分类和评估模块、电网变化趋势指标定制和计算模块、电网变化趋势指标展示模块和电网变化趋势辅助决策模块;所述在线数据整合模块将接收的趋势数据整合得到未来潮流数据,所述电网运行状态指标分类和评估模块与电网变化趋势指标定制和计算模块分别根据未来潮流数据对电网运行状态指标进行评估及指标定制,得到的评估结果和定制指标均传输给所述电网变化趋势指标展示模块,所述电网变化趋势指标展示模块和电网变化趋势辅助决策模块之间进行信息交互,实现对电力系统稳定运行的控制。

[0006] 所述趋势数据包括当前潮流数据、预测数据和计划数据;所述当前潮流数据包括WAMS数据和EMS数据,所述预测数据为超短期母线负荷预测数据,所述计划数据包括检修计划数据和发电计划数据。

[0007] 所述在线数据整合模块采用如下方法进行数据整合:

[0008] (1) 通过采用原位解析、格式解析与数据分离以及OpenMP并行计算获得加速比,降低多数据源读取时间;

[0009] (2) 采用图相关算法生成拓扑,以提高在线运行数据中开关、刀闸的导入对拓扑分析和拓扑搜索的速度;

[0010] (3) 进行数据检查,改进数据质量的同时为部分整合调整措施提供基础;

[0011] (4) 采用边界潮流匹配的方法完成多源数据拼接,生成在线稳定分析计算的未来潮流数据。

[0012] 所述电网运行状态指标分类和评估模块将电网运行状态指标分为稳态指标和稳定指标；

[0013] 所述稳定指标包括静态稳定指标及暂态和动态指标。

[0014] 所述稳态指标包括发电机运行指标、潮流运行指标、频率运行指标、电压运行指标和联络线运行指标；

[0015] 所述静态稳定指标包括发电机裕度指标、节点裕度指标、线路和设备载荷指标、电力系统输电指标、电压稳态指标、频率合格率指标、谐波合格率指标和功率因素合格率指标；

[0016] 所述暂态和动态指标包括发电机组轨迹指标、小干扰稳定指标、电压保持能力指标、电网稳定极限指标和短路电流指标。

[0017] 所述电网运行状态指标分类和评估模块根据未来潮流数据通过快速定位故障集的方法对电网运行状态指标进行评估，具体过程如下：

[0018] (1) 采用电网电压稳定裕度作为电网运行状态的安全稳定指标评价电网的安全性；

[0019] (2) 采用关键断面极限传输容量作为电网运行状态的安全稳定指标评价电网的安全性；

[0020] (3) 采用故障极限切除时间作为电网运行状态的安全稳定指标评价电网的安全性。

[0021] 所述电网变化趋势指标定制和计算模块采用平台化的指标定值工具经过二次指标定制得到的定制指标；所述指标定值工具为公式解析器。

[0022] 所述公式解析器包括客户端接口、服务组件、数据接口组件和公式解析组件；

[0023] 所述客户端接口为服务调用接口，通过发送服务号请求服务，在服务完成后，接收由服务端反馈的计算结果；

[0024] 所述服务组件与数据接口组件、公式解析组件共同构成服务端，服务组件负责配置计算结果的初始化、与客户端接口的通讯、已解析公式的缓存、和公式解析调用前的调度工作；

[0025] 所述数据接口组件从不同的数据源按指定格式读取数据，或者将指定格式的数据写入不同的数据源；

[0026] 所述公式解析组件包括词法解析器、语法解析器和语法解释器；所述词法解析器将原始的公式字符串解析为计算符号串序列，所述语法解析器将计算符号串序列解析为抽象语法树，所述抽象语法树作为语法解释器的输入，结合公式解析组件被调用时传入的数据源和数据关系信息解释执行公式，生成计算结果。

[0027] 所述电网变化趋势指标展示模块采用双网双服务器的实时平台，通过分层显示单元对电力系统的整体运行状态进行展示；所述分层显示单元包括第一层显示单元、第二层显示单元和第三层显示单元。

[0028] 所述第一层显示单元通过构建基于实时运行状况的分类指标和基于模糊聚类的全局预警指标，客观评估电力系统的整体安全运行状态；可视化系统中的母线均为虚拟母线，用来动态表示可能的多段母线电压；

[0029] 所述第二层显示单元显示存在问题的宏观数据分析结果，分析结果包括断面潮

流、关键线路的低频震荡、N-1 故障扫描和灵敏度分析结果；

[0030] 第三层显示单元通过标签的方式显示电力系统中设备的具体数据。

[0031] 基于轨迹灵敏度计算的电网变化趋势辅助决策模块首先根据电网运行状态的在线安全稳定分析和预警稳定分析的分析结果，挑选出危害电力系统安全的失稳隐患，然后通过对电力系统线性化，计算电力系统的可调量与系统危险量的相关系数，最后通过相关系数的排序与计算来得到调整电力系统的元件及其调整幅度。

[0032] 与现有技术相比，本发明的有益效果在于：

[0033] 本发明提供的电力系统在线稳定评估指标系统从各种角度对可以反映电网未来运行状况的指标进行算法开发、归纳、总结、分类，清晰展示电网未来运行状态。保护点主要包括指标体系系统的设计框架和功能内容，指标分类方法以及平台化的指标定制工具和公式解析器采用的方法。

附图说明

[0034] 图 1 是本发明实施中电力系统在线稳定评估指标系统结构框图；

[0035] 图 2 是本发明实施中电网运行状态指标分类和评估模块对电网运行状态指标分类图；

[0036] 图 3 是本发明实施中采用快速定位故障集的方法对电网运行状态指标进行评估流程图；

[0037] 图 4 是本发明实施中电网变化趋势指标定制和计算模块结构示意图。

具体实施方式

[0038] 下面结合附图对本发明作进一步详细说明。

[0039] 如图 1，本发明提供一种电力系统在线稳定评估指标系统，所述系统包括在线数据整合模块、电网运行状态指标分类和评估模块、电网变化趋势指标定制和计算模块、电网变化趋势指标展示模块和电网变化趋势辅助决策模块；所述在线数据整合模块将接收的趋势数据整合得到未来潮流数据，所述电网运行状态指标分类和评估模块与电网变化趋势指标定制和计算模块分别根据未来潮流数据对电网运行状态指标进行评估及指标定制，得到的评估结果和定制指标均传输给所述电网变化趋势指标展示模块，所述电网变化趋势指标展示模块和电网变化趋势辅助决策模块之间进行信息交互，实现对电力系统稳定运行的控制。

[0040] 所述趋势数据包括当前潮流数据、预测数据和计划数据；所述当前潮流数据包括广域监测系统 (WAMS) 数据和电能管理系统 (EMS) 数据，所述预测数据为超短期母线负荷预测数据，所述计划数据包括检修计划数据和发电计划数据。

[0041] 以单一来源或多个来源拼接而成的全网在线运行数据为基础，用离线方式数据所包含的电网设备的详细模型及动态参数刷新离线方式数据中相应电网设备。其中，离线方式数据中参与刷新的基本信息包括：交流线、串 / 并联电容电抗器、变压器零序参数，直流线、发电机、负荷模型等。但是，由于在线运行数据设备和离线方式数据设备难以保证一一对应，刷新后的整合数据设备可能不具备详细模型及动态参数或不合理，需要采取必要的处理措施确保后续在线安全评估计算的进行；此外，也要采取数据调整措施确保整合数据

潮流尽可能地与在线运行数据保持一致。因此在线数据整合模块采用如下方法进行数据整合：

[0042] (1) 通过采用原位解析、格式解析与数据分离以及 OpenMP 并行计算获得加速比，降低多数据源读取时间；

[0043] (2) 采用图相关算法生成拓扑，以提高在线运行数据中开关、刀闸的导入对拓扑分析和拓扑搜索的速度；

[0044] (3) 进行数据检查，改进数据质量的同时为部分整合调整措施提供基础；

[0045] (4) 采用边界潮流匹配的方法完成多源数据拼接，生成在线稳定分析计算的未来潮流数据。

[0046] 如图 2，所述电网运行状态指标分类和评估模块将电网运行状态指标分为稳态指标和稳定指标；

[0047] 所述稳定指标包括静态稳定指标及暂态和动态指标。

[0048] 所述稳态指标包括发电机运行指标、潮流运行指标、频率运行指标、电压运行指标和联络线运行指标；

[0049] 所述静态稳定指标包括发电机裕度指标、节点裕度指标、线路和设备载荷指标、电力系统输电指标、电压稳态指标、频率合格率指标、谐波合格率指标和功率因素合格率指标；

[0050] 所述暂态和动态指标包括发电机组轨迹指标、小干扰稳定指标、电压保持能力指标、电网稳定极限指标和短路电流指标。

[0051] 新型快速定位故障集的评估方法利用在线的电网运行数据以及超短期（15mins 后）预测数据，在线评估电网在线运行状态下以及超短期预测状态下故障集下的安全性，给出电网安全稳定性指标，最终给出电网在线运行趋势下的最严重故障和电网安全运行指标。如图 3，所述电网运行状态指标分类和评估模块根据未来潮流数据通过快速定位故障集的方法对电网运行状态指标进行评估，具体过程如下：

[0052] (1) 采用电网电压稳定裕度作为电网运行状态的安全稳定指标评价电网的安全性；

[0053] (2) 采用关键断面极限传输容量作为电网运行状态的安全稳定指标评价电网的安全性；

[0054] (3) 采用故障极限切除时间作为电网运行状态的安全稳定指标评价电网的安全性。

[0055] 如图 4，所述电网变化趋势指标定制和计算模块采用平台化的指标定值工具经过二次指标定制得到的定制指标；所述指标定值工具为公式解析器。

[0056] 所述公式解析器包括客户端接口、服务组件、数据接口组件和公式解析组件；

[0057] 所述客户端接口为服务调用接口，通过发送服务号请求服务，在服务完成后，接收由服务端反馈的计算结果；

[0058] 所述服务组件与数据接口组件、公式解析组件共同构成服务端，服务组件负责配置计算结果的初始化、与客户端接口的通讯、已解析公式的缓存、和公式解析调用前的调度工作；

[0059] 所述数据接口组件从不同的数据源按指定格式读取数据，或者将指定格式的数据

写入不同的数据源；

[0060] 所述公式解析组件包括词法解析器、语法解析器和语法解释器；所述词法解析器将原始的公式字符串解析为计算符号串序列，所述语法解析器将计算符号串序列解析为抽象语法树，所述抽象语法树作为语法解释器的输入，结合公式解析组件被调用时传入的数据源和数据关系信息解释执行公式，生成计算结果。

[0061] 所述电网变化趋势指标展示模块采用双网双服务器的实时平台，通过分层显示单元对电力系统的整体运行状态进行展示；所述分层显示单元包括第一层显示单元、第二层显示单元和第三层显示单元。

[0062] 所述第一层显示单元通过构建基于实时运行状况的分类指标和基于模糊聚类的全局预警指标，客观评估电力系统的整体安全运行状态；可视化系统中的母线均为虚拟母线，用来动态表示可能的多段母线电压；

[0063] 所述第二层显示单元显示存在问题的宏观数据分析结果，分析结果包括断面潮流、关键线路的低频震荡、N-I 故障扫描和灵敏度分析结果；

[0064] 第三层显示单元通过标签的方式显示电力系统中设备的具体数据。

[0065] 调度人员在了解了系统的整体态势后，有时需要对某个具体设备和数据进行分析，因此可视化系统的所有设备都可以通过标签的方式显示具体数据。这里采用电压等高线来显示母线电压，利用距离加权的方法计算出非母线处的电压值，从而将离散的电压着色转化为连续的电压着色。对大规模的电力系统的电压分布问题显示效果好。

[0066] 采用在输电线上叠加箭头的方式显示有功和无功，其中箭头方向对应有功和无功走向，箭头大小和流动的快慢反映有功和无功数址。同时，利用百分数饼图和高线的思想显示线路的负载率。为了解决超大规模电力系统中线路密集时箭头、百分饼图、等高线密集的问题，提出了控制阀值的思想，即在线路有功、无功和负载率超过设定的阀值时才显示对应的箭头、百分数饼图和负载等高线。采用显示变压器，发电机和无功设备的容量及备用情况。纵向维度总长用来显示总的容量，其中一段表示现有功功率，一段表示检修，另一段表示备用情况。每段采用不同的颜色表示。关键线路低频振荡采用线路的波动来表示，同时可以通过局部放大分析波形的详细模式。灵敏度排序显示，线路断面任意组合预警表示，电网的 N-I 故障预警评估，实时状态下电网运行的指标体系都通过 3D 的方式来表示。将信息可视化地集中于一个三维空间中，可以使调度员很容易做到集中比较，便于从比较中获得更深层次的认识。

[0067] 基于轨迹灵敏度计算的电网变化趋势辅助决策模块首先根据电网运行状态的在线安全稳定分析和预警稳定分析的分析结果，挑选出危害电力系统安全的失稳隐患，然后通过对电力系统线性化，计算电力系统的可调量与系统危险量的相关系数，最后通过相关系数的排序与计算来得到调整电力系统的元件及其调整幅度。

[0068] 特别要说明的是，灵敏度辅助决策方法提供了一个快速搜索到相关可调量的方法，最终的辅助决策计算结果仍然需要稳定计算检验。其中，灵敏度计算包含的关键量分为如下几类：

[0069] (1) 系统可调量及其调整成本系数，包括可调机组，可调无功补偿，甚至包括一部分负荷。

[0070] (2) 失稳隐患类型与系统危险量，失稳隐患包括大干扰下的功角失稳，电压失稳，

频率失稳和小干扰下的功角失稳和电压稳定等,每类失稳隐患的机制都不尽相同,系统危险量也不一致。

[0071] 最后应当说明的是: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应当理解: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,而未脱离本发明精神和范围的任何修改或者等同替换,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

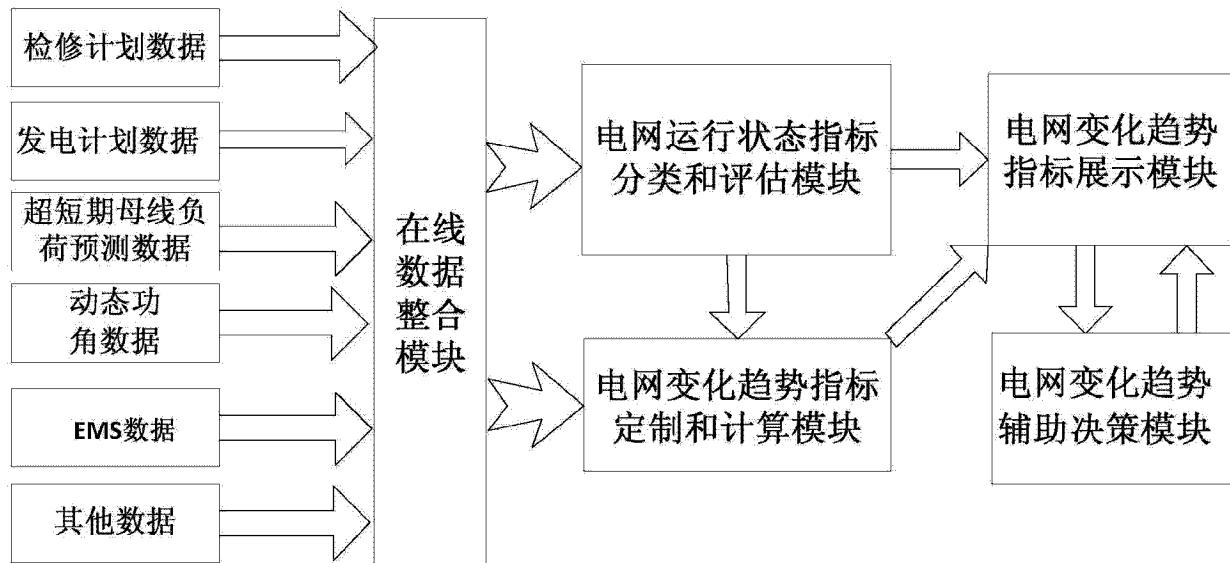


图 1

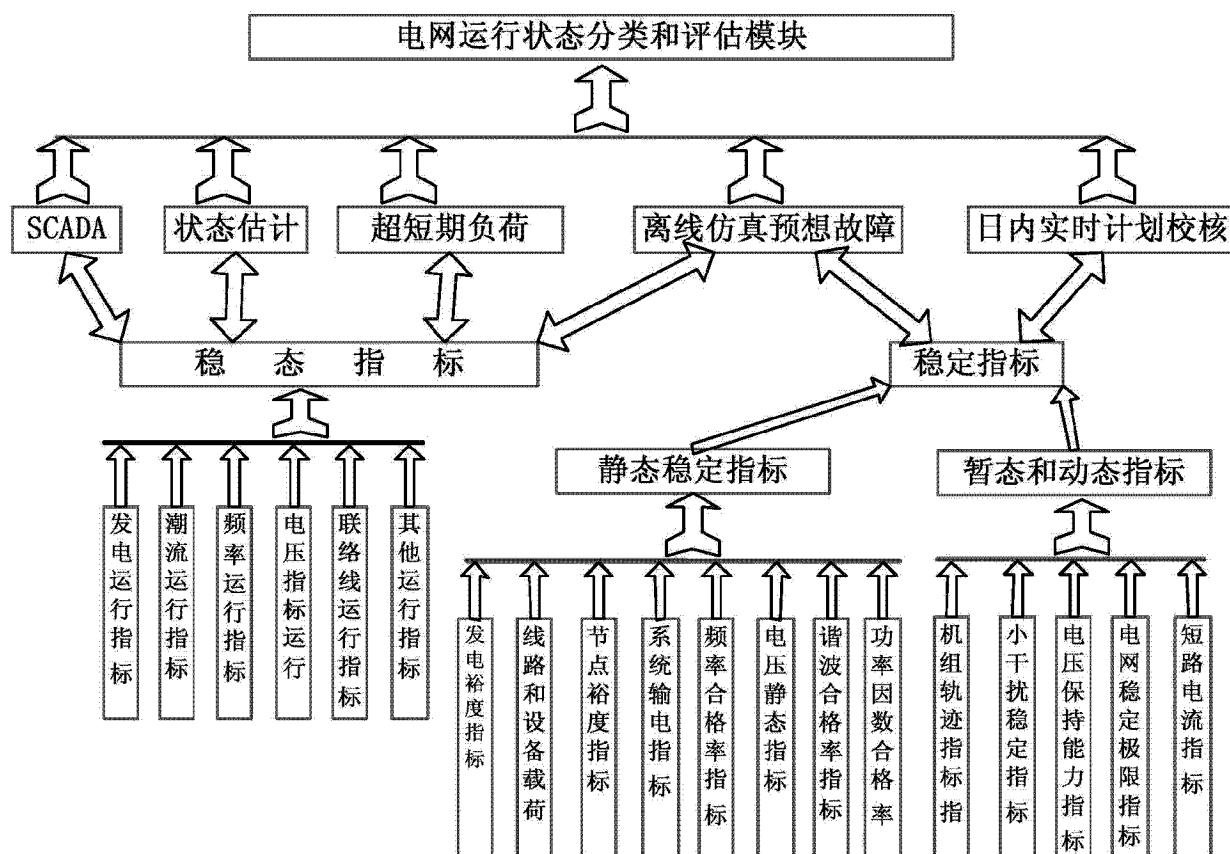


图 2

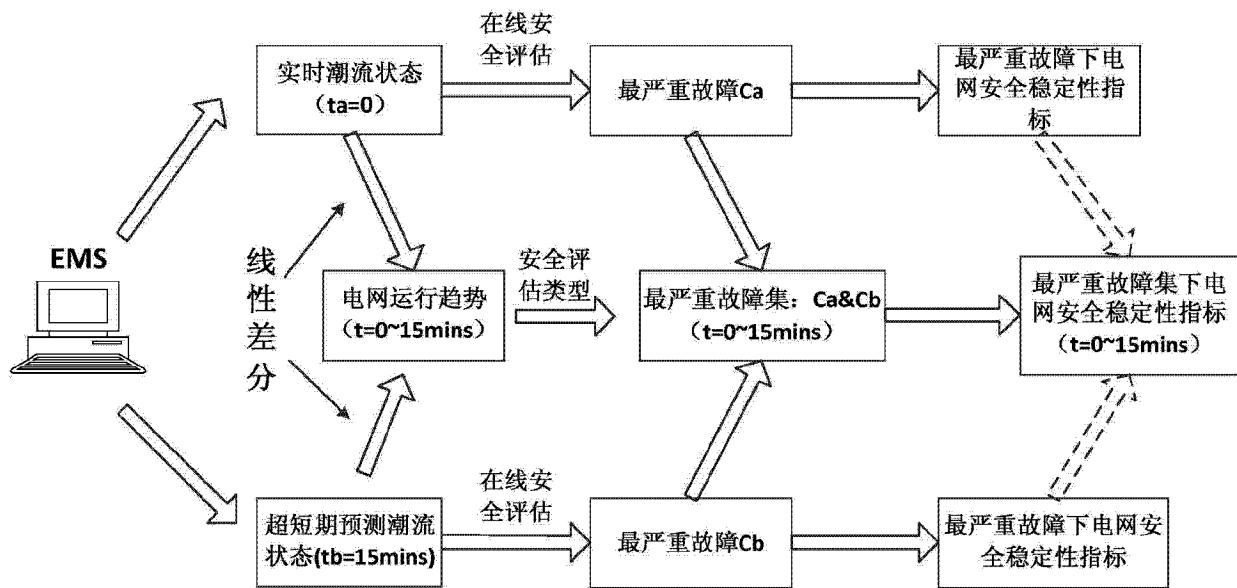


图 3

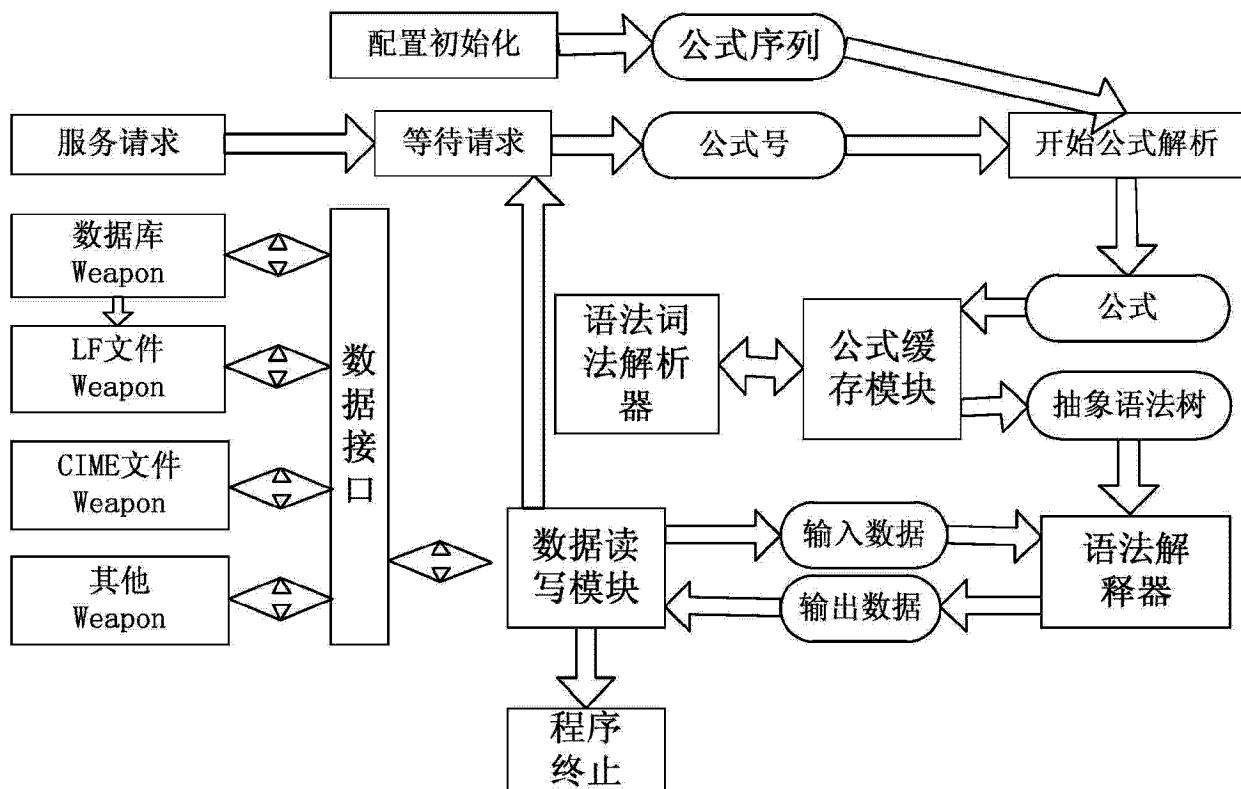


图 4