



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105488631 A

(43) 申请公布日 2016. 04. 13

(21) 申请号 201510882734. 1

G06Q 50/06(2012. 01)

(22) 申请日 2015. 12. 04

(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 国网新疆电力公司

北京四方继保自动化股份有限公司

(72) 发明人 晏青 刘刚 陈军 杨东 常喜强

詹庆才 张锋 廖全飞 郭小龙

严耿 张彦军 段刚

(74) 专利代理机构 北京金阙华进专利事务所

(普通合伙) 11224

代理人 吴鸿维

(51) Int. Cl.

G06Q 10/06(2012. 01)

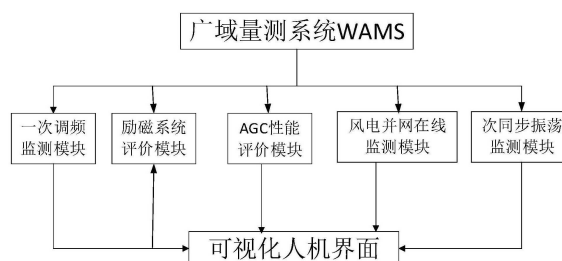
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种基于 WAMS 动态数据的网源协调在线监测与评估系统

(57) 摘要

一种基于 WAMS 动态数据的网源协调在线监测与评估系统,包括一次调频监测模块、励磁系统评价模块、AGC 性能评价模块、风电并网在线监测模块和次同步振荡监测模块。实时统计日常和大扰动情况下的一次调频响应情况,计算和评估发电机实时运行状态、励磁调节器 PSS 抑制低频振荡能力、励磁调节器运行报警与限制、励磁系统状态和励磁调压等,计算和分析发电机组的 AGC 调节速率、AGC 调节精度和 AGC 调节时间等指标,以及风电场有功功率最大变化量、风电机组高低电压穿越、风电场频率变化和并网点电压变动等并网指标,并对次同步振荡事件进行预警。本发明为电网调度运行人员快速定位网源协调问题提供了辅助工具和便利手段。



1. 一种基于WAMS动态数据的网源协调在线监测与评估系统,所述网源协调在线监测与评估系统包括一次调频监测模块、励磁系统评价模块、AGC性能评价模块、风电并网在线监测模块、次同步振荡监测模块和可视化人机界面;其特征在于:

所述一次调频监测模块、励磁系统评价模块、AGC性能评价模块、风电无功调节能力监测模块和次同步振荡监测模块的输入端均与广域量测系统WAMS相连,输出端均连接至可视化人机界面;

所述一次调频监测模块读取广域量测系统WAMS时间序列实时库数据,实时检测计算一次调频评价指标,并将所述一次调频评价指标输出至可视化人机界面;

所述励磁系统评价模块读取广域量测系统WAMS时间序列实时库数据,实时检测计算励磁系统的评价指标,并将所述励磁系统的评价指标输出至可视化人机界面;

所述AGC性能评价模块读取广域量测系统WAMS时间序列实时库数据,实时检测计算AGC性能评价指标,并将所述AGC性能评价指标输出至可视化人机界面;

所述风电并网在线监测模块读取广域量测系统WAMS时间序列实时库数据,实时检测计算风电并网性能评价指标,并将所述风电并网性能评价指标输出至可视化人机界面;

所述次同步振荡监测模块读取广域量测系统WAMS时间序列历史库数据,离线计算次同步振荡评价指标,并将所述次同步振荡评价指标输出至可视化人机界面。

2. 根据权利要求1所述的网源协调在线监测与评估系统,其特征在于:

所述一次调频监测模块读取广域量测系统WAMS时间序列实时库数据,当电网频率扰动超过设定的频率的门槛值时,首先计算发电机组在电网频率越过机组一次调频死区的一个积分期间内一次调频贡献量正负,贡献量为正则判断一次调频正确动作,反之,则认为调频动作不正确;通过计算发电机组一次调频正确动作率,评价发电机组对频率的响应程度;

所述一次调频监测模块计算发电机组的一次调频评价指标,包括一次调频速度变动率、响应时间、稳定时间、调频死区等,最后将上述计算的发电机组的一次调频评价指标写入商用库,通过可视化人机界面显示。

3. 根据权利要求1所述的网源协调在线监测与评估系统,其特征在于:

所述励磁系统的评价指标包括发电机状态监测指标、励磁调节器PSS抑制低频振荡能力评估指标、励磁调节器报警与限制评估指标、励磁系统状态评估指标和励磁调压在线评估指标;将上述评价指标结果存储到商用库表中,并通过可视化人机界面查询商用库表和WAMS历史时间序列库数据,以数据、表格和曲线形式展示所述评价指标。

4. 根据权利要求1所述的网源协调在线监测与评估系统,其特征在于:所述AGC性能评价指标包括发电机组的AGC调节速率、AGC调节精度和AGC调节时间指标,AGC性能评价模块将上述AGC性能评价指标结果存储到商用库表中,最后通过可视化人机界面展示所述AGC性能评价分析指标情况。

5. 根据权利要求1所述的网源协调在线监测与评估系统,其特征在于:

所述风电并网性能评价指标包括风电场有功功率最大变化量、风电机组高低电压穿越事件、风电场频率变化量和并网点电压变动量等并网指标;所述风电并网在线监测模块将上述风电并网性能评价指标以记录形式存储到商用库表中,通过可视化人机界面作为输出端读取并统计上述风电并网性能评价指标。

6. 根据权利要求1所述的网源协调在线监测与评估系统,其特征在于:

所述次同步振荡监测模块读取广域量测系统WAMS时间序列历史库数据,所读取的历史库数据为100帧/s的PMU子站相量数据;对于火电机组,通过离线读取励磁电压、励磁电流、机端电压、机端电流和发电机机械转速数据,对次同步振荡进行离线分析计算;对于风电机组,通过离线读取汇集线路的电压和电流数据,对次同步振荡进行离线分析计算;所述次同步振荡监测模块绘制励磁电压、励磁电流、机端电压、机端电流、汇集线路的电压、电流等信号的FFT频谱分析曲线,通过可视化人机界面以表格的形式显示次同步振荡频率、幅值。

一种基于WAMS动态数据的网源协调在线监测与评估系统

技术领域

[0001] 本发明属于电力系统动态监测领域,具体涉及一种基于电网广域监测系统(即WAMS)动态数据的网源协调在线监测与评估系统。

背景技术

[0002] 近年来,全国交直流特高压互联电网正在形成,电网规模、发电容量快速增长。电网特性日趋复杂,运行方式多变,电网事故波及面广,机理复杂,发电机调节特性和运行状态对系统安全稳定运行影响日益显著。

[0003] 同时,在当前的技术手段和管理方式下,存在部分发电机励磁、调节系统性能未达标,或者部分电厂更改调节器的功能和参数,甚至退出机组的AVR(全称为Automatic Voltage Regulator,自动电压调节器)、PSS(全称为Power System Stabilizer,电力系统稳定器)和一次调频等功能的情况,有些电厂的机组调节系统各项功能的性能指标不完善,没有考虑电网整体的响应特性。为保障电网安全运行,深化“网源协调”管理,提升发电机动态调节特性,在线分析、在线监测手段具有重要意义。因此,迫切需要研究一种基于WAMS动态数据的网源协调在线监测与评估系统。

[0004] 目前网源协调在线监测与评估方法,主要针对发电机组的一次调频性能和励磁系统的性能进行评价,没有一个针对性的、多方面考核的统计分析系统,且存在一个较大的问题:即不满足国调中心关于源网动态性能在线监测技术规范(调运(2014)32号)的要求。这种分析方法不能够全面展示网源协调评估分析结果,存在较大的片面性。

发明内容

[0005] 本发明的目的是通过基于WAMS动态数据的网源协调在线监测与评估指标体系的建立,解决网源协调指标无法全面自动分析与评估的难题。构建的网源协调在线监测与评估系统可大大便利电网调度运行人员对网源协调程度进行实时的监控。

[0006] 本发明具体采用以下技术方案:

[0007] 一种基于WAMS动态数据的网源协调在线监测与评估系统,所述网源协调在线监测与评估系统包括一次调频监测模块、励磁系统评价模块、自动发电控制AGC性能评价模块、风电并网性能在线监测模块和次同步振荡监测模块;其特征在于:

[0008] 所述一次调频监测模块、励磁系统评价模块、AGC性能评价模块、风电并网性能在线监测模块和次同步振荡监测模块的输入端均与广域量测系统WAMS相连,输出端均连接至可视化人机界面;

[0009] 所述一次调频监测模块读取广域量测系统WAMS时间序列实时库数据,实时检测计算一次调频评价指标,并将所述一次调频评价指标输出至可视化人机界面;

[0010] 所述励磁系统评价模块读取广域量测系统WAMS时间序列实时库数据,实时检测计算励磁系统的评价指标,并将所述励磁系统的评价指标输出至可视化人机界面;

[0011] 所述AGC性能评价模块读取广域量测系统WAMS时间序列实时库数据,实时检测计算

AGC性能评价指标,并将所述AGC性能评价指标输出至可视化人机界面;

[0012] 所述风电并网性能在线监测模块读取广域量测系统WAMS时间序列实时库数据,实时检测计算风电并网性能监测指标,并将所述风电并网性能监测指标输出至可视化人机界面;

[0013] 所述次同步振荡监测模块读取广域量测系统WAMS时间序列历史库数据,离线计算次同步振荡评价指标,并将所述次同步振荡评价指标输出至可视化人机界面。

[0014] 本发明技术方案充分利用WAMS海量动态数据的特征,从一次调频、励磁系统、AGC性能、风电并网性能评估和次同步振荡五个方面综合评估分析网源协调情况,辅助调度运行人员直观、全面地反映网源协调的程度和情况。

[0015] 本发明可以有效解决网源协调监测评估指标难以评估的问题;构建的系统作为智能电网调度技术支持系统的WAMS应用下的子单元,为调度运行人员快速掌握网源协调的各项指标提供了便利,为进一步地分析网源协调程度提供更为详细的辅助决策依据。

附图说明

[0016] 图1是本发明网源协调在线监测与评估系统的系统结构框图;

[0017] 图2是本发明网源协调在线监测与评估系统及智能电网调度技术支持与电网调度的关系示意图;

[0018] 图3是本发明之一次调频监测模块的功能框图;

[0019] 图4是本发明之励磁系统评价模块的功能框图;

[0020] 图5是本发明之AGC性能评价模块的功能框图;

[0021] 图6是机组响应过程示意图;

[0022] 图7是本发明之风电并网性能在线监测模块的功能框图;

[0023] 图8是本发明之次同步振荡监测模块的功能框图;

[0024] 图9是本发明网源协调在线监测与评估系统的结构组成之可视化界面框图。

具体实施方式

[0025] 下面结合说明书附图对本发明的技术方案做进一步详细说明。

[0026] 本发明适用于实施部署了智能电网调度技术支持系统平台且部署了WAMS应用的电网。网源协调在线监测与评估系统属于WAMS应用下的一个子单元,基于智能电网调度技术支持系统平台,通过网源协调在线监测与评估系统为调度运行人员快速掌握网源协调的各项指标提供了便利,为进一步地分析网源协调程度提供更为详细的辅助决策依据。

[0027] 本发明网源协调在线监测与评估系统如附图1所示。本发明公开的一种基于WAMS动态数据的网源协调在线监测与评估系统包括一次调频监测模块、励磁系统评价模块、AGC性能评价模块、风电并网在线监测模块和次同步振荡监测模块。

[0028] 所述一次调频监测模块、励磁系统评价模块、AGC性能评价模块、风电无功调节能力监测模块和次同步振荡监测模块的输入端均与广域量测系统WAMS相连,输出端均连接至可视化人机界面;

[0029] 所述一次调频监测模块读取广域量测系统WAMS时间序列实时库数据,实时检测计算一次调频评价指标,并将所述评价指标输出至可视化人机界面;

[0030] 所述励磁系统评价模块读取广域量测系统WAMS时间序列实时库数据,实时检测计算励磁系统的评价指标,并将所述评价指标输出至可视化人机界面;

[0031] 所述AGC性能评价模块读取广域量测系统WAMS时间序列实时库数据,实检测计算AGC性能评价指标,并将所述评价指标输出至可视化人机界面;

[0032] 所述风电并网在线监测模块读取广域量测系统WAMS时间序列实时库数据,实时检测计算风电无功调节能力评价指标,并将所述评价指标输出至可视化人机界面;

[0033] 所述次同步振荡监测模块读取广域量测系统WAMS时间序列历史库数据,离线计算次同步振荡评价指标,并将所述评价指标输出至可视化人机界面。

[0034] 系统与电网调度运行人员以及智能调度技术支持系统的连接功能关系如附图2所示。电网调度运行人员通过登录到智能电网调度技术支持系统,访问到WAMS应用主画面,通过操作“网源协调监测”按钮,登录到网源协调在线监测与评估系统。在此系统上,包括一次调频、励磁系统、AGC性能、风电并网性能和次同步振荡分析独立五个子功能界面,可以分别查看和分析网源协调在线监测与评估系统的对应功能业务。

[0035] 下面对本发明的技术方案进一步详细描述:

[0036] 本发明使用基于智能电网调度技术支持系统平台的基于WAMS动态数据的网源协调在线监测与评估方法及软件架构、网源协调在线监测与评估指标体系、国产商用数据库的读写访问技术和WAMS时间序列实时库的访问技术,最终可构建形成基于WAMS动态数据的网源协调在线监测与评估系统。

[0037] 网源协调在线监测与评估系统中的一次调频监测模块,其功能框图如附图3所示。所述一次调频监测模块从实时数据库中的配置表读取配置信息,所述配置信息包括火电机组调频死区(Hz)、水电机组调频死区(Hz)、越死区前稳态时间(秒)、扰动判定阈值、越阈值持续时间(秒)、最大积分时间(秒)、两次有效扰动时间间隔(秒)、机组并网阈值(MW)。所述一次调频监测模块从实时数据库的模型表中读取机组模型信息;从时间序列实时库中读取实时动态数据;当电网频率扰动超过设定的频率的阈值时,首先计算发电机组在电网频率越过机组一次调频死区的一个积分期间内一次调频贡献量正负,贡献量为正则判断一次调频正确动作,反之,则认为调频动作不正确;通过计算发电机组一次调频正确动作率,评价发电机组对频率的响应程度;实时统计机组一次调频系统投退状态、励磁系统投退状态,并记录在投入率统计表中。在监测到电网发生频率扰动并满足调频事件启动条件时,记录机组相关参数,对一次调频的响应效果进行计算,包括一次调频贡献量、一次调频速度变动率、响应事件、稳定时间和调频死区等。在扰动结束后,将计算结果写入到商用库表。可视化人机界面工具从商用库中读取一次调频系统投退状态的统计信息和机组的一次调频性能数据,并组织成报表形式,供调度运行人员使用。

[0038] 励磁系统评价模块的功能实现方法如附图4所示。所述励磁系统评价模块并从实时数据库的模型表中读取机组模型信息;从时间序列实时库中读取实时动态数据;实时统计机组励磁系统投退状态,并记录在统计报表中。在监测到电网发生电压扰动并满足励磁事件启动条件时,记录机组相关参数,并对发电机状态监测指标、励磁调节器PSS抑制低频振荡能力评估指标、励磁调节器报警与限制评估指标、励磁系统状态评估指标和励磁调压在线评估指标进行计算,将计算结果分别存入发电机组状态监测指标结果表、励磁PSS抑制低频振荡能力评估指标结果表、励磁报警与限制评估指标结果表和励磁调压在线评估指标

结果表中。在扰动结束后,将计算结果写入到商用库表。人机可视化工具从商用库中读取投退状态的统计信息和机组的励磁系统性能数据,并组织成报表形式,供调度运行人员使用。

[0039] AGC性能评价模块的功能实现方法,如附图5所示。所述AGC性能评价模块,在线读取WAMS时间序列实时库动态数据,计算出机组AGC调节性能指标,主要包括AGC调节速率、AGC调节精度与AGC响应时间这三个指标,分别记录到AGC调节速率结果表、AGC调节精度结果表和AGC响应时间结果表中,供可视化人机界面查询和展示。

[0040] 如附图6所示,这是某台机组一次典型的AGC机组指令响应过程。在附图6中, $P_{\min,i}$ 是该机组可调的下限出力, $P_{\max,i}$ 是其可调的上限出力, P_{Ni} 是其额定出力, P_{di} 是其启停磨临界点功率。整个过程可以这样描述: T_0 时刻以前,以及 T_1 时刻以前,该机组稳定运行在出力值 P_1 附近, T_0 时刻,AGC控制程序对该机组下发功率为 P_2 的设点命令,机组开始涨出力,到 T_1 时刻可靠跨出 P_1 的调节死区,然后到 T_2 时刻进入启磨区间,一直到 T_3 时刻,启磨过程结束,机组继续涨出力,至 T_4 时刻第一次进入调节死区范围,然后在 P_2 附近小幅振荡,并稳定运行于 P_2 附近,直至 T_5 时刻,AGC控制程序对该机组发出新的设点命令,功率值为 P_3 ,机组随后开始降出力的过程, T_6 时刻可靠跨出调节死区,至 T_7 时刻进入 P_3 的调节死区,并稳定运行于其附近。具体计算步骤如下:

[0041] 步骤1:计算AGC调节速率。所述AGC调节速率是指机组响应设点指令的速率,可分为上升速率和下降速率。调节速率的计算过程描述如下:

[0042] 在涨出力阶段,即 $T_1 \sim T_4$ 区间,由于跨启磨点,因此在计算其调节速率时必须消除启磨的影响;在降出力区间,即 $T_6 \sim T_7$ 区间,未跨停磨点,因此计算时勿需考虑停磨的影响。综合这两种情况,实际调节速率计算公式如下:

$$[0043] \quad v_i = \begin{cases} \frac{P_{Ei} - P_{Si}}{T_{Ei} - T_{Si}} & P_{di} \notin (P_{Ei}, P_{Si}) \\ \frac{P_{Ei} - P_{Si}}{(T_{Ei} - T_{Si}) - T_{di}} & P_{di} \in (P_{Ei}, P_{Si}) \end{cases}$$

[0044] 式中 v_i 是第 i 台机组的调节速率(MW/分钟), P_{Ei} 是其结束响应过程时的出力(MW), P_{Si} 是其开始动作时的出力(MW), T_{Ei} 是结束的时刻(分钟), T_{Si} 是开始的时刻(分钟), P_{di} 是其启停磨临界点功率(MW), T_{di} 是启停磨实际消耗的时间(分钟)。

[0045] 步骤2:计算AGC调节精度。所述AGC调节精度是指机组响应稳定以后,实际出力和设点出力之间的差值。调节精度的计算过程描述如下:

[0046] 在第 i 台机组平稳运行阶段,即 $T_4 \sim T_5$ 区间,机组出力围绕 P_2 轻微波动。在类似这样的时段内,对实际出力与设点指令之差的绝对值进行积分,然后用积分值除以积分时间,即为该时段的调节偏差量,如下式:

$$[0047] \quad \Delta P_{i,j} = \frac{\int_{T_{Sj}}^{T_{Ej}} |P_{i,j}(t) - P_j| \times dt}{T_{Ej} - T_{Sj}}$$

[0048] 其中, $\Delta P_{i,j}$ 为第 i 台机组在第 j 计算时段内的调节偏差量(MW), $P_{i,j}(t)$ 为其在该时段内的实际出力, P_j 为该时段内的设点指令值, T_{Ej} 为该时段终点时刻, T_{Sj} 为该时段起点时刻。

[0049] 步骤3:计算AGC响应时间。所述AGC响应时间是指AGC系统发出指令之后,机组出力

在原出力点的基础上,可靠地跨出与调节方向一致的调节死区所用的时间。即

[0050] $t_{i-1}=T_1-T_0$ 和 $t_i=T_6-T_5$

[0051] 风电并网在线监测模块的功能实现方法如附图7所示,根据国家电网公司2011年发布的<<GBT 19963-2011风电场接入电力系统技术规定>>文件的计算方法,所述风电并网在线监测模块之后台计算单元在线读取WAMS时间序列实时库数据,分析计算出风电场有功功率最大变化量、风电机组高低电压穿越、风电场频率变化量和并网点电压变动等并网指标,写入到商用库表中,供人机可视化界面读取和展示。

[0052] 次同步振荡监测模块的功能框图如附图8所示。所述次同步振荡监测模块离线读取广域量测系统WAMS时间序列历史库数据,所述数据为100帧/s的PMU子站相量数据。对于火电机组,通过离线读取励磁电压、励磁电流、机端电压、机端电流和发电机机械转速数据,通过FFT计算定性地对次同步振荡进行离线分析计算;对于风电机组,通过离线读取汇集线路的电压和电流数据,通过FFT计算定性地对次同步振荡进行离线分析计算,并绘制励磁电压、励磁电流、机端电压、机端电流、汇集线路的电压、电流等信号的FFT频谱分析曲线,以表格的形式显示次同步振荡频率、幅值。需要说明的是:基于FFT定性地对次同步振荡进行离线分析计算的具体方案可以采用ZL201210066205.0“电力系统次同步振荡事件在线检测系统的实现方法”,本申请对此不再赘述。

[0053] 网源协调监测评估系统的可视化界面结构如图9所示。

[0054] 实现步骤如下:

[0055] (1)采用Qt4.8.3设计整体界面;

[0056] (2)该模块分为“一次调频”、“励磁系统”、“AGC性能”、“风电并网性能”和“次同步振荡分析”五个子界面;

[0057] (3)一次调频界面主要负责日常和电网频率大扰动情况下机组对频率的响应效果指标的监视;

[0058] (4)励磁系统界面主要负责发电机实时运行状态、励磁调节器PSS抑制低频振荡能力、励磁调节器运行报警与限制、励磁系统状态和励磁调压等指标的展示;

[0059] (5)AGC性能界面主要负责发电机组的AGC响应速度、AGC调节时间、AGC调节精度这3个指标的展示;

[0060] (6)风电并网性能界面主要负责风电场有功功率最大变化量、风电机组高低电压穿越、风电场频率变化和并网点电压变动等并网指标的展示;

[0061] (7)次同步振荡分析界面主要负责次同步振荡频率、幅值指标和FFT频谱曲线的展示。

[0062] 该网源协调监测评估系统部署在智能电网调度技术支持系统WAMS应用下且接入满足国调中心关于源网动态性能在线监测技术规范(调运(2014)32号)要求的PMU量测的现场。在工程实施中,在智能电网调度技术支持系统的基础环境能够正常运行且WAMS应用正确部署的条件,就可以运行本系统进行操作,非常简单易用。

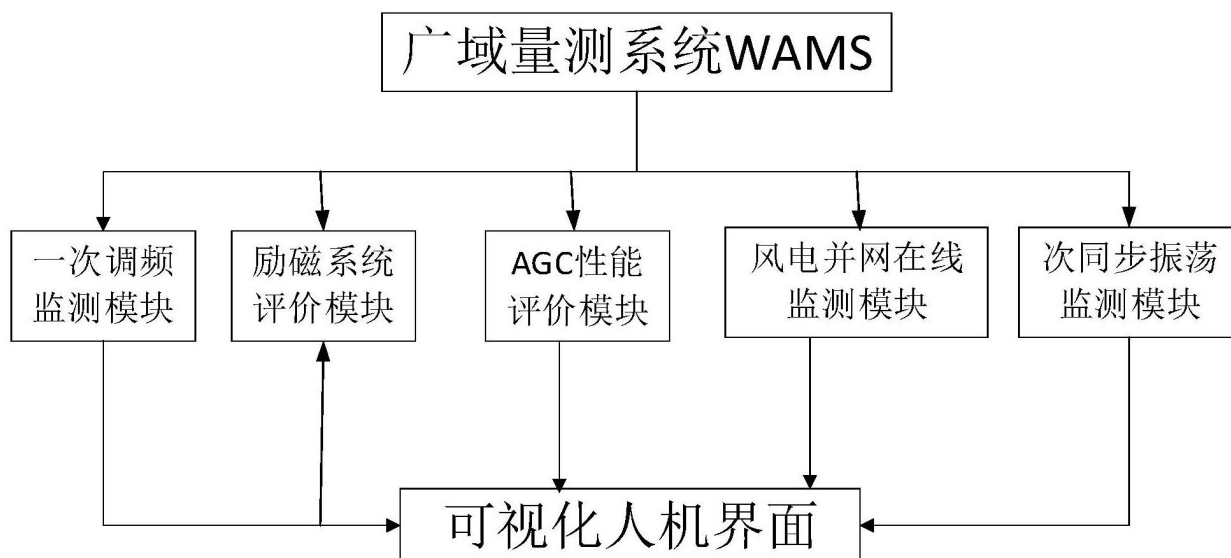


图1

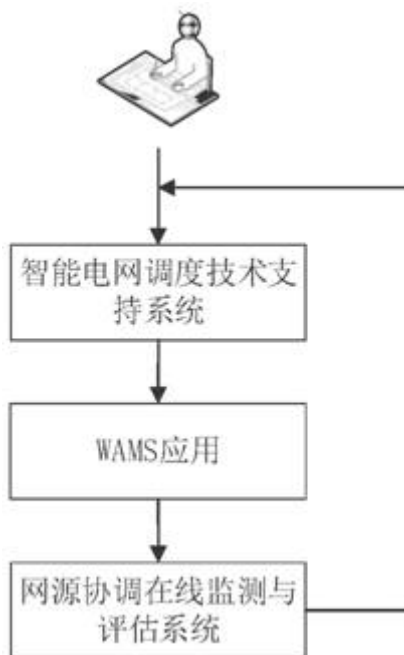


图2

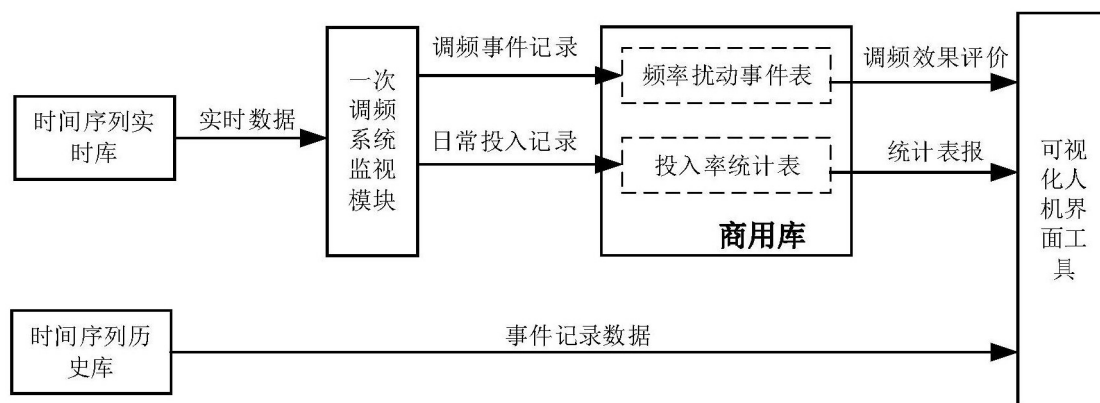


图3

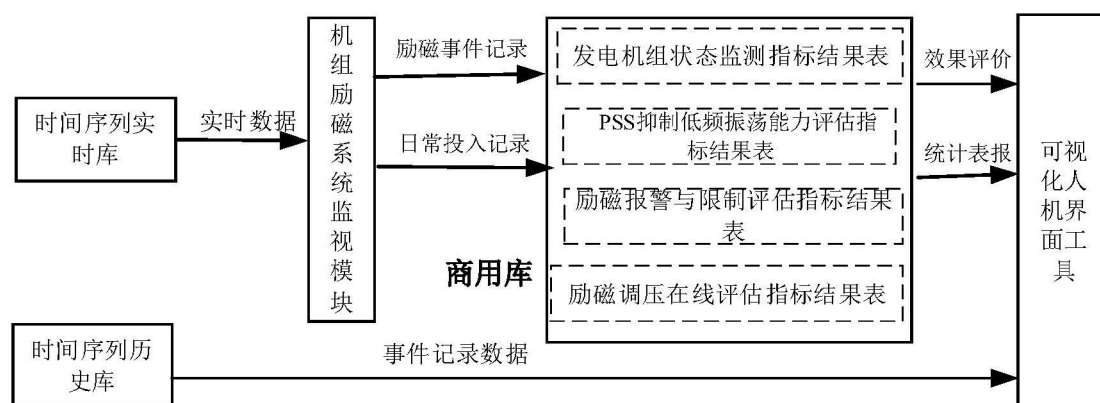


图4

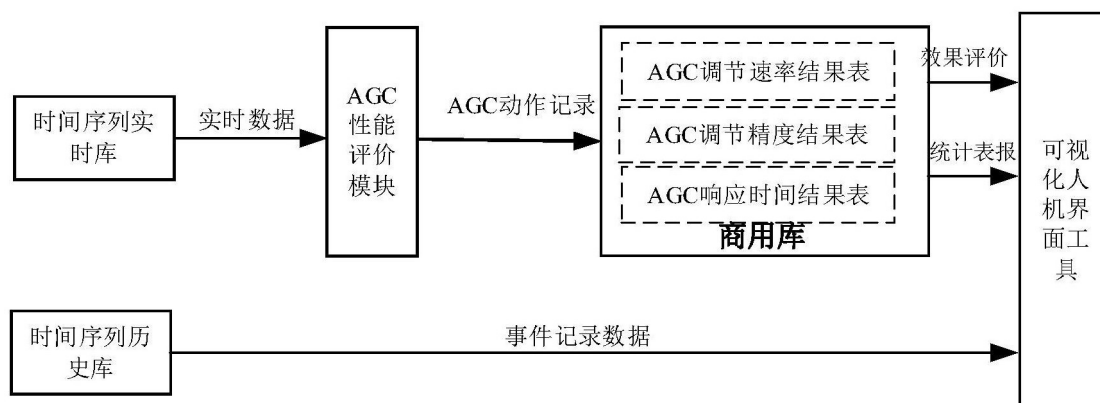


图5

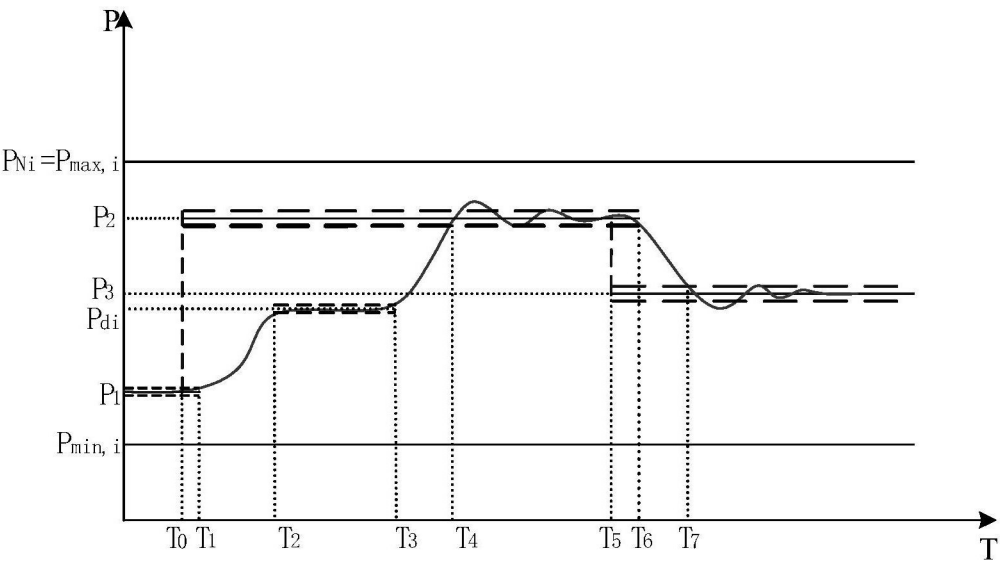


图6

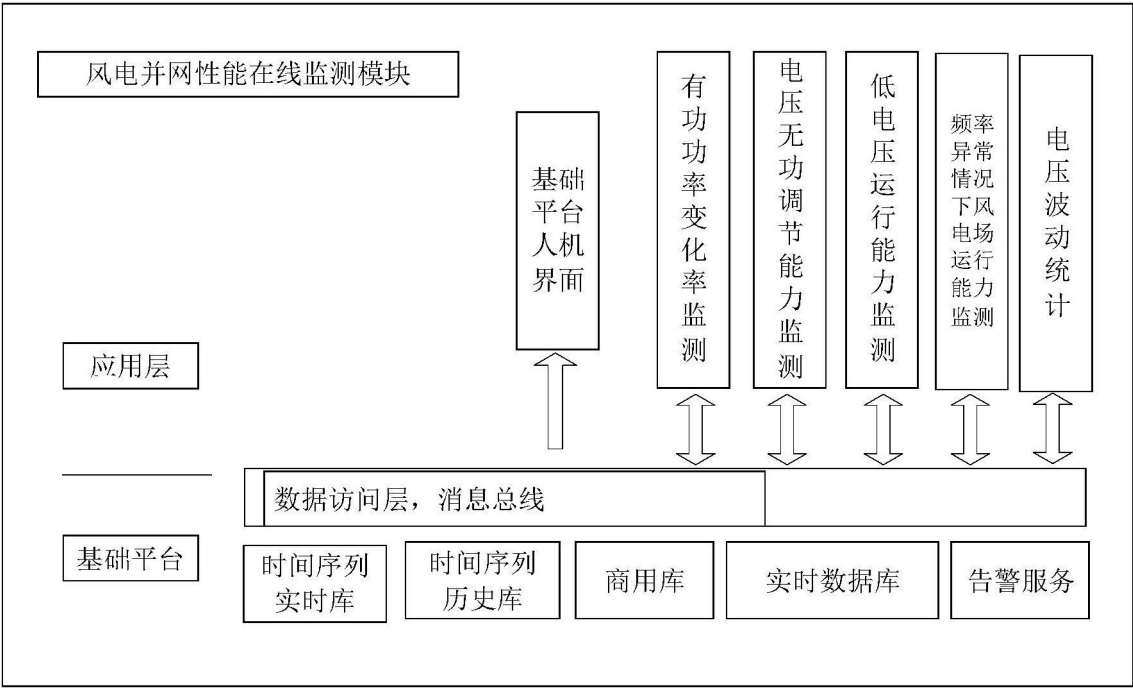


图7

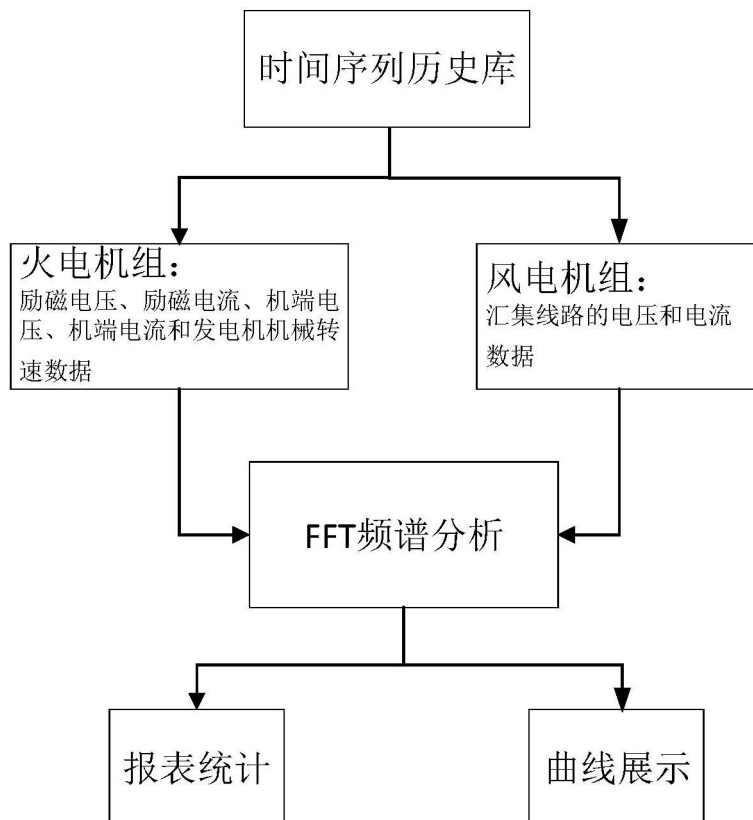


图8

网源协调在线监测与评估系统

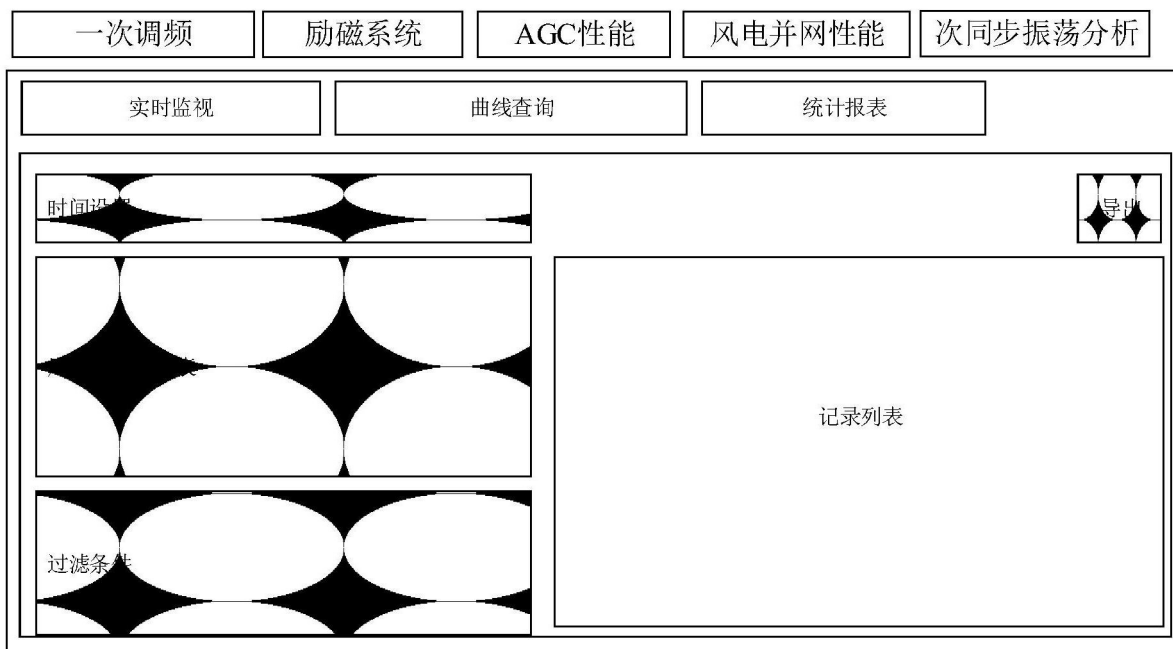


图9