

团 体 标 准

T/JSEE XXX-20XX

地区电网运行控制业务模拟验证系统技术要求

Technical Specifications for Regional Power Grid Operation and
Control Application Simulation and Verification System

(征求意见稿)

202X-12-22 发布

202X-01-01 实施

江苏省电机工程学会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	2
5 总体要求	2
6 系统架构	2
7 功能要求	3
7.1 一般要求	3
7.2 主配一体化建模	3
7.3 仿真模拟子系统	3
7.3.1 主配一体化断面数据生成	3
7.3.2 主配一体化仿真模拟	4
7.3.3 子站远动机模拟器	5
7.4 测试验证子系统	6
7.4.1 主站前置类业务测试验证	6
7.4.2 实时监视类业务测试验证	6
7.4.3 自动控制类业务测试验证	6
7.4.4 网络分析类业务测试验证	6
8 界面要求	7
9 性能要求	7
10 安全防护要求	7
参考文献	8

前 言

本文件按照 GB/T1.1—2020《标准化工作导则 第1部分 标准化文件的的结构和起草规则》给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江苏省电机工程学会提出并归口。

本文件起草单位：国网江苏省电力有限公司苏州供电分公司、国电南瑞南京控制系统有限公司、国网江苏省电力有限公司、国网江苏省电力有限公司电力科学研究院、东南大学。

本文件主要起草人：田江、王毅、彭志强、许会广、施琳、徐秀之、唐聪、吴博文、赵玉林、熊宇峰、林恒先、谢若昀、王鼎、钱江峰、张思源、李放、周长军、王晨。

地区电网运行控制业务模拟验证系统技术要求

1 范围

本文件规定了地区电网运行控制业务模拟验证系统的总体要求、系统架构，功能要求、界面要求、性能要求、安全防护等技术要求。

本文件适用于地区电网运行控制业务模拟验证系统的设计、制造、试验、运行、维护和检修。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 36572-2018 电力监控系统网络安全防护导则

DL/T 1171-2012 电网设备通用数据模型命名规范

DL/T 1377-2014 电力调度员培训仿真技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

运行控制业务模拟验证 operation and control application simulation and verification

运行控制业务模拟验证主要面向电网调度自动化系统所涉及的运行控制业务，包括电网数据采集、实时监控、自动控制、网络分析等业务的功能测试验证。

3.2

主配一体化 integrated transmission and distribution system

通过主配网稳态模型和运行数据一体化存储与管理，实现地区输电网（主网）与配电网在规划、运行、控制、服务等环节的协同优化与资源共享。

3.3

电网仿真模型 power grid simulation model

描述电网设备特性、网络拓扑、控制逻辑及运行约束的数学与逻辑关系集合，包括发电机、变压器、线路、新能源场站、储能、负荷、保护装置等电网一二次设备模型。

3.4

仿真模拟子系统 simulation subsystem

基于电网物理特性、运行规则和预设场景，通过数学模型、算法及计算机技术，对电力系统运行状态进行模拟、分析与操作控制的过程的技术平台。

3.5

测试验证子系统 testing and verification subsystem

基于实际电网调度自动化系统的软硬件架构、数据模型及业务逻辑，构建的具有等效功能的隔离式测试环境，用于模拟调度系统运行状态并支持运行控制业务测试验证的技术平台。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AGC: 自动有功发电控制 (Automatic Generation Control)

AVC: 自动无功电压控制 (Automatic Voltage Control)

DTU: 数据传输单元 (Data Transfer Unit)

FTU: 馈线终端单元 (Feeder Terminal Unit)

5 总体要求

地区电网运行控制业务模拟验证系统总体要求如下：

- 系统应支持开放式体系结构，具备标准软件接口和良好的可扩展性；
- 系统应支持主配一体化电网的仿真模拟能力，具备模拟调度操作和电网运行方式变化的能力；
- 系统应支持生成主配一体化电网连续运行断面数据的能力，支持通过 IEC104 标准规约将断面全遥信全遥测数据转发至测试验证子系统；
- 系统应支持模拟执行测试验证子系统中调节控制指令的能力；
- 系统应支持电网仿真模拟过程控制、电网运行状态监视、操作控制及仿真事件监视等功能。

6 系统架构

地区电网运行控制业务模拟验证系统实现主配一体化建模、仿真模拟及运行控制业务闭环验证，主要包含仿真模拟子系统和测试验证子系统两大部分，系统功能架构见图 1。

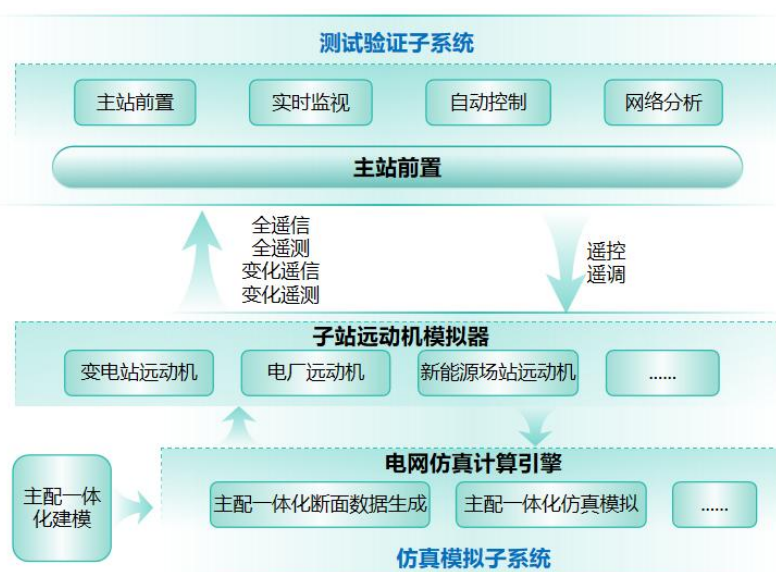


图 1 地区电网运行控制业务模拟验证系统架构

基于上述系统架构，地区电网运行控制业务模拟验证系统需要满足以下要求：

- a) 系统应支持实际电网模型与运行数据导入；
- b) 主配一体化建模应支持将主网和配网的电网设备（如变电站、线路、变压器、开关、负荷、电源等）采用统一的模型结构、拓扑描述方式进行建模；
- c) 仿真模拟子系统应包含主配一体化断面数据生成、主配一体化仿真模拟和子站远动机模拟器三部分功能；
- d) 电网仿真计算引擎应支持频率特性仿真、动态潮流计算、新能源调节特性仿真、负荷调节特性仿真等功能；
- e) 子站远动机模拟器应支持变电站、新能源场站等子站数据的解析及转发功能，负责将电网仿真计算引擎产生的动态变化数据转发至测试验证子系统；将测试验证子系统产生的遥控和遥调指令转发至电网仿真计算引擎；
- f) 测试验证子系统应支持和原有地区电网调度控制系统一致的操作界面、功能架构和业务逻辑；
- g) 测试验证子系统应能通过主站前置和仿真模拟子系统进行数据交互。

7 功能要求

7.1 一般要求

地区电网运行控制业务模拟验证系统满足以下一般要求：

- a) 设备模型命名应按照 DL/T 1171-2012 的规定，提供与调度管辖电网范围一致的主网设备模型，并可支持对未来电网方式的仿真；
- b) 主网部分电力系统仿真应按照 DL/T 1377-2014 的规定。

7.2 主配一体化建模

主配一体化电网仿真模型应包含全部主网和配网常用设备类型，应支持主配网拓扑模型的关联。

主网设备模型主要包含：

- a) 发电机、线路、柔性直流装置、变压器、母线、断路器、隔离开关、负荷开关；
- b) 并联电容/电抗器、串联补偿装置；
- c) 主变中性点小电抗、负荷；
- d) 继电保护装置、安全自动装置、远动机。

配网设备模型主要包含：

- a) 新能源场站、储能设备、分布式电源、可调节负荷；
- b) 配电变压器、绕组；
- c) 断路器、隔离开关、负荷开关、熔断器、接地开关；
- d) 环网柜、联络开关、分段开关、开闭所；
- e) 配电线路、电缆、架空线；
- f) 电容器组、电抗器、SVG；
- g) 配网继电保护装置、配电终端、馈线故障指示器。

7.3 仿真模拟子系统

7.3.1 主配一体化断面数据生成

基于实际电网运行数据，生成主配一体化时序断面，为后续主配一体化仿真模拟提供数据支撑。其中实际电网运行数据包含历史数据、实时数据、以及基于未来电网投产计划和预测数据生成的未来数据，应支持：

- a) 主配网 SCADA 断面数据获取，并通过状态估计计算生成稳态潮流断面；
- b) 主配网时序断面数据生成，包含历史、实时和未来断面数据；
- c) 时序断面数据的二次编辑，包含发电数据、负荷数据的调整等；
- d) 通过潮流计算对生成的断面数据进行误差校验，结合实际运行数据进行修正；
- e) 通过历史、实时和未来电网数据生成的主配一体化时序断面。

7.3.2 主配一体化仿真模拟

7.3.2.1 模拟场景创建

模拟场景创建应支持以下功能：

- a) 支持根据场景需求，分配计算资源；准备实时数据环境和磁盘存储空间，形成与其它模拟场景相互隔离的运行环境；
- b) 支持根据场景需求，生成测试场景软件运行环境，包含数据采集、实时监控、自动控制、网络分析等业务的运行环境；
- c) 支持监视模拟场景运行情况，包括场景名称、创建人、创建时间、运行状态等；
- d) 支持监视仿真资源使用情况，主要包括该场景下关键模块的运行状态、运行时间；
- e) 支持归档仿真模拟过程的关键操作和运行数据信息；
- f) 支持仿真模拟结束后释放场景计算资源；
- g) 支持界面交互操作，以及场景数据展示功能。

7.3.2.2 电力系统仿真

通过建立与实际电力系统一致的设备稳态电网仿真模型，对电网连续变化过程进行仿真模拟，为测试验证子系统提供电网潮流仿真、设备操作模拟、故障异常仿真、自动控制仿真等。

- a) 电网潮流仿真应具备以下功能：
 - 1) 支持电网拓扑分析，可给出计算母线、电气岛和可算电气岛拓扑分析结果；
 - 2) 支持以电气岛为单元的动态潮流计算，给出电网频率和潮流计算结果；
 - 3) 支持电网操作及故障时潮流和频率变化的仿真；
 - 4) 支持发电机和负荷的频率特性仿真，频率计算时应考虑发电机的一次调频、发电机转动惯量及负荷的频率特性效应；
 - 5) 支持主网潮流计算、配网潮流计算、主配协同潮流计算；
 - 6) 支持电网解列、并列操作的仿真；
 - 7) 支持潮流周期计算和事件触发计算；
 - 8) 支持潮流不收敛时自动返回前一收敛断面，并进行提示；
 - 9) 支持跟随负荷曲线变化过程的时序潮流仿真；
 - 10) 支持微电网、虚拟电厂、柔性负荷等新型控制对象的仿真。
- b) 设备操作模拟应具备以下功能：
 - 1) 支持断路器、隔离开关的分、合；
 - 2) 支持变压器分接头、中性点接地方式的调整；
 - 3) 支持并联电容器、并联电抗器的投退操作；
 - 4) 支持发电机有功出力、无功出力、机端电压的调整；
 - 5) 支持设备置牌、拆牌操作、告警确认、复归、抑制、封锁等操作；
 - 6) 支持遥控解闭锁、同期操作；
 - 7) 支持厂站、区域、系统负荷的调节；

- 8) 支持调度综合令的模拟与执行;
 - 9) 支持检修询问、检修应答事件的模拟与执行;
 - 10) 支持通过厂站接线图或设备列表的方式进行调度操作。
- c) 故障异常仿真应具备以下功能:
- 1) 支持线路短路、断线故障仿真;
 - 2) 支持母线短路故障仿真;
 - 3) 支持变压器内部相间、匝间故障仿真;
 - 4) 支持发电机接地故障、短路故障仿真;
 - 5) 支持储能设备的故障仿真;
 - 6) 支持断路器拒动、误动故障仿真;
 - 7) 支持厂站接线图或列表的电力设备故障、异常设置;
 - 8) 支持馈线接地、短路、断线故障仿真;
 - 9) 支持配网开关拒动、误动故障仿真;
 - 10) 支持配电保护装置、DTU、FTU 以及馈线故障指示器漏信号、误报信号的模拟。
- d) 继电保护仿真应具备以下功能:
- 1) 支持电网中常见继电保护装置行为仿真,在电网设备发生故障时应给出保护动作情况、重合闸动作情况、故障选相、断路器动作情况、故障测距等信息;
 - 2) 支持继电保护装置及其保护功能的投退、动作逻辑和定值修改等操作仿真;
 - 3) 支持重合闸动作及与继电保护装置动作的配合关系仿真;
 - 4) 支持继电保护装置的误动、拒动及其他异常仿真;
 - 5) 支持继电保护装置通道的故障模拟仿真。
- e) 自动控制仿真应具备以下功能:
- 1) 支持对常规 AGC、新能源 AGC 和储能 AGC 业务的闭环验证仿真模拟,包含有功功率波动、频率变化、AGC 控制策略模拟执行等功能;
 - 2) 支持对常规 AVC 和新能源 AVC 业务的闭环验证仿真模拟,包含无功功率波动、电压变化、AVC 控制策略模拟执行等功能;
 - 3) 支持对馈线自动化业务的闭环验证仿真模拟,包含模拟馈线故障、故障隔离、故障恢复等功能;
 - 4) 支持地区电网负荷批量控制等其他运行控制类软件的仿真模拟。
- f) 清洁能源调度仿真应具备以下功能:
- 1) 支持新能源及储能的有源配电网仿真;
 - 2) 支持新能源功率超预测大幅度波动仿真;
 - 3) 支持新能源机组大面积脱网,造成系统功率大幅波动;
 - 4) 支持跟随新能源发电变化曲线过程的时序潮流仿真。

7.3.3 子站远动机模拟器

子站远动机模拟器应具备以下功能:

- a) 支持子站 AGC 控制器模型建模,适配火电厂、风电、光伏、储能站等场站类型;
- b) 支持子站 AVC 控制器模型建模,适配火电厂、风电、光伏、储能站等场站类型;
- c) 支持接收仿真模拟子系统的全遥信、全遥测数据,并以 IEC104 标准规约上送至测试验证子系统;
- d) 支持接收仿真模拟子系统的变化遥信、遥测数据,并以 IEC104 标准规约上送至测试验证子系统;
- e) 支持接收测试验证子系统的遥控、遥调命令,并以 IEC104 标准规约下发至仿真模拟子系统;
- f) 支持前置通道工况、厂站工况的仿真功能;
- g) 支持报文监测、链路监测、通道监测等功能;

- h) 支持报文的加密和解密功能。

7.4 测试验证子系统

7.4.1 主站前置类业务测试验证

主站前置类业务测试验证应支持以下功能：

- a) 支持将运行系统主站前置相关功能镜像至测试验证子系统，包括常规电源数据采集、电网运行数据采集、新能源数据采集、分布式电源数据采集、储能数据采集、可调节负荷数据采集等业务功能的镜像；
- b) 支持与仿真模拟子系统进行数据交互，包括遥信、遥测、遥控、遥调数据；
- c) 支持导入现场前置的录制报文并在测试验证系统快速回放；
- d) 支持依托仿真模拟子系统数据对主站前置功能进行全流程测试；
- e) 支持对主站前置类业务数据处理能力与数据处理正确性进行评价；
- f) 支持主站前置页面数据查看。

7.4.2 实时监视类业务测试验证

实时监视类业务测试验证应支持以下功能：

- a) 支持将运行系统实时监视类业务功能镜像至测试验证子系统，包括常规电源运行监视、地区电网运行监视、新能源运行监视、分布式电源运行监视、储能运行监视、可调节负荷运行监视等业务功能的镜像；
- b) 支持依托主站前置数据对实时监视类业务功能进行全流程测试；
- c) 支持实时监视类业务在模型变动、主备机切换、系统重启等工况下的运行可靠性验证；
- d) 支持接收到控制指令响应异常情况下处理逻辑的正确性功能验证；
- e) 支持对实时监视类业务数据处理正确性进行评价；
- f) 支持实时监视类业务页面数据查看。

7.4.3 自动控制类业务测试验证

自动控制类业务测试验证应支持以下功能：

- a) 支持将运行系统自动控制类业务功能镜像至测试验证子系统，包括常规 AGC、新能源 AGC、常规 AVC、新能源 AVC、全网精准负荷批量控制、馈线自动化等业务功能的镜像；
- b) 支持依托实时监视类业务数据对自动控制类业务功能进行全流程测试；
- c) 支持 AGC 在常规小扰动、新能源波动、大扰动等场景下的策略正确性和有效性测试验证；
- d) 支持 AVC 在常规小扰动、新能源波动、冲击性负荷、节假日低负荷、大扰动等场景下的策略正确性和有效性测试验证；
- e) 支持 AGC、AVC 等涉控模块开展输入异常数据情况下的运行可靠性验证，包括计算结果正确性、防误逻辑正确性等；
- f) 支持 AGC、AVC 等涉控模块在调控系统模型变动、主备机切换、系统重启等工况的运行可靠性验证；
- g) 支持对运行控制类业务控制策略效果进行评价的能力，包含从频率电压波动范围、越限状况、负荷损失情况等维度进行策略执行效果评估；
- h) 支持自动控制类业务页面数据查看。

7.4.4 网络分析类业务测试验证

网络分析类业务测试验证应支持以下功能：

- a) 支持将运行系统网络分析类业务功能镜像至测试验证子系统，包括状态估计、潮流计算、灵敏度分析、静态安全分析等业务功能的镜像；
- b) 支持依托实时监视类业务数据对网络分析类业务功能进行全流程测试；
- c) 支持网络分析类业务在常规小扰动、新能源波动、大扰动等场景下分析计算的正确性和有效性测试验证；
- d) 支持对网络分析类业务分析计算结果进行正确性评价；
- e) 支持网络分析类业务页面数据查看。

8 界面要求

地区电网运行控制业务模拟验证系统界面应满足如下要求：

- a) 仿真模拟子系统应提供电网实际运行数据导入界面，供使用人员选取初始测试数据；
- b) 仿真模拟子系统应提供浏览所辖电网的系统中厂站及设备信息，方便使用人员进行操作控制；
- c) 仿真模拟子系统应提供仿真启动、暂停、退出等运行控制界面，供使用人员掌握测试进度；
- d) 仿真模拟子系统应提供添加故障点和扰动事件界面，方便使用人员触发测试案例；
- e) 测试验证子系统应提供与生产系统一致的功能界面，提高测试验证结果的可靠性。

9 性能要求

地区电网运行控制业务模拟验证系统性能应满足如下要求：

- a) 地区电网潮流计算规模不小于 20000 计算节点，计算耗时不大于 5 秒；
- b) 稳态潮流计算收敛精度为标么值不大于 0.001；
- c) 主配一体化时序断面时间间隔应不大于 5 分钟；
- d) 主网操作控制事件响应时间不大于 8s；
- e) 主网故障、异常事件响应时间不大于 8s；
- f) 配网操作控制事件响应时间不大于 10s；
- g) 配网故障、异常事件响应时间不大于 10s；
- h) 测试验证子系统接收仿真数据延时不大于 5s；
- i) 测试验证子系统下发控制指令延时不大于 3s。

10 安全防护要求

地区电网运行控制业务模拟验证系统安全防护应满足如下要求：

- a) 系统的安全防护应满足 GB/T 36572-2018 的一般要求；
- b) 运行控制模拟验证系统不应实际调度生产系统造成任何影响。

参 考 文 献

- [1] GB/T 13730-2002 地区电网调度自动化系统
 - [2] GB/T 30149-2019 电网通用模型描述规范
 - [3] GB/T 30284-2020 信息安全技术 操作系统安全技术要求
 - [4] GB/T 31464-2022 电网运行准则
 - [5] DL/T 1040-2007 电网运行准则
 - [6] DL/T 5003-2017 电力系统调度自动化设计技术规程
 - [7] DL/T 516-2017 电力调度自动化系统运行管理规程
 - [8] DL/T 550-2014 地区电网调度控制系统技术规范
 - [9] DL/T 723-2000 电力系统安全稳定控制技术导则
 - [10] DL 755-2001 电力系统安全稳定导则
 - [11] Q/GDW1461-2014 地区智能电网调度控制系统应用功能规范
-