

★4.1 在线电磁暂态建模及参数映射技术:具有适用于机电-电磁暂态模型转换的直驱风机、双馈风机、光伏电站、储能电站、常规直流、柔性直流等电力电子接口设备的电磁暂态仿真模型。设备模型包含变流器及控制模块、VSC 模型及控制模块、高低穿控制模块等子模块。具有电磁暂态仿真模型快速构建技术完整技术流程,包括参数检查、数据完整性检查、数据转换与调度数据接入,具备自动转换能力。

★4.2 电磁暂态仿真加速技术:支持不少于 12000 条三相交流母线、200 个新能源场站、12 条直流输电的系统离线仿真,系统单相电气节点数不少于 7 万个,单相控制节点数不少于 15 万个,10 秒过程的电磁暂态仿真时间平均不多于 50 秒。

★4.3 应提供一台电磁暂态仿真器设备,可搭载全电磁暂态仿真系统。仿真器设备 CPU 核心数不少于 96 核,主频不低于 2.5GHz,动态加速频率不低于 5.1GHz,采用 $\leq 5\text{nm}$ 制作工艺。

★4.4 仿真器设备内存不小于 128GB;SSD 硬盘容量系统盘不小于 500GB,数据盘不小于 2TB,具备热备份功能;HDD 硬盘容量不小于 6TB;配置 Linux 操作系统。

★4.5 需支持编译运行与非编译运行两种电磁暂态计算运行方式。非编译运行保留原始模型结构,支持快速调试与参数修改;编译运行支持通过编译器将模型转换为高效可执行文件执行,提升仿真速度。支持参数修改免编译功能及删除元件免编译功能,针对已进行编译的算例,可直接配置修改后潮流、故障参数或待删除的元件,直接进行预编译仿真,无需重新编译。对于不少于 1000 条三相交流母线的电磁暂态模型,编译的时间不多于 60 秒。

★4.6 支持双向导入/导出 cmdl 格式模型文件,保持模型拓扑、参数、连接关系的完整性与一致性;确保相同模型在不同环境下的仿真结果偏差 $\leq 0.01\%$ (关键电气量如电压、电流的有效值对比)。

▲4.7 仿真器设备支持最多 90 个任务并发,单任务支持 90 核并行计算。

▲4.8 所提供软件应具备电磁暂态建模功能:

(1) 提供基于浏览器的建模仿真工作台,无需安装。

(2) 建模仿真工作台应独立运行,不依赖于第三方仿真建模工具或软件。

(3) 所构建的电磁暂态模型应具备一套模型实现潮流计算、离线仿真的一体化仿真功能。

(4) 提供图形化、拖拽式、嵌套式建模功能，用户可将模型库中的元件拖拽至拓扑编辑窗口内，支持通过拖拽、放置、连接、选中、批量选中、复制/粘贴等操作快速构建和管理电磁暂态仿真模型。

(5) 提供模型导入/导出功能，支持从平台导出、导入模型文件，支持从平台导出、导入含主算例及子模块的模型压缩包。

(6) 提供多人合作建模功能，支持云平台管理建模流程，具备建模权限管理功能。

(7) 提供即时错误校验功能，在用户在搭建模型时同步对模型进行校验，实时显示模型中存在的错误和引导性文字，帮助用户修改模型，包括引脚悬空、参数有误、命名重复等常见的报错信息。即时错误校验响应时间不大于 5s。

(8) 提供元件搜索功能，用户可以通过模型 RID、模型名称、模型分组进行检索。模型支持模糊匹配，例如输入“电压”可以检索到“电压源”、“电压表”等模型。在搜索到需要的模型后，用户可以通过鼠标左键点击或拖拽，将模型添加到拓扑编辑窗口。

(9) 提供连接线连接与引脚标签连接两种元件连接功能，可通过设置引脚标签的方式对两个及以上的引脚进行高效连接。

(10) 提供元件表参数管理功能，具备批量查看、编辑、导入/导出元件的参数及引脚连接关系功能。

(11) 提供模型或算例转换功能，支持包括 BPA、PSASP、Pscad、ADPSS 的第三方仿真平台的模型自动转换，实现模型资产和数据的迁移。

(12) 提供模块封装功能，支持封装自定义模块，定义模块的图标、参数以及引脚，支持使用 Octave、Python、C++ 等代码构建模块，支持导入 S-Function 动态链接库二进制文件构建模块。

(13) 提供模块调用功能，支持在模型库中调用封装好的模块。

(14) 提供建模和仿真任务历史记录回溯功能，支持历史记录不小于 7 天。

▲4.9 所提供软件应具备电磁暂态统一元件库：

(1) 电磁暂态元件库元件数量不少于 200 个。

(2) 元件库中的元件应支持潮流计算、离线电磁暂态仿真。

(3) 提供电机的励磁器、调速器、电力系统稳定器模型库，包含电机的控制模型不少于 30 种。

(4) 提供包括光伏、直驱风机、双馈风机在内的新能源模型库，每类模型都包含变流器主电路和控制环节，支持潮流初始化启动，新能源的容量可变。

(5) 提供 LCC 直流模型，包含变压器、变流器、直流线路、滤波器、直流控制模块等部分，直流控制包括主控环节、熄弧角控制、电流控制、电压控制、最小触发角控制、换相失败预测等。LCC 直流模型应支持潮流计算和暂态潮流初始化启动。

(6) 提供保护模型，包括电流保护、距离保护、差动保护、过压保护、低压保护等。

▲4.10 所提供软件应具备电磁暂态仿真求解器模块：

(1) 具备独立运行能力，不依赖于第三方仿真工具或软件。

(2) 提供模型免编译功能，启动任务后仿真计算即时启动。

(3) 提供模型编译功能，可在启动任务后自动编译模型生成可执行文件，并进行编译后的仿真任务。

(4) 应具备适配 x86、c86、ARM、众核等多架构处理器的能力。

(5) 提供基于 CPU 的电磁暂态仿真求解功能,支持不少于百万节点系统的离线电磁暂态仿真。

(6) 提供基于贝格隆解耦传输线模型的分网并行加速内核，支持每个电网分区在一个 CPU 核心中完成计算，具备多核 CPU 加速仿真功能，支持核心数不少于 30 个。

(7) 提供多核间执行自动负载均衡策略的加速内核，支持对含控制节点较多的大规模系统仿真加速。

(8) 提供控制元件和电气元件并行计算的仿真加速功能。

(9) 提供计算资源灵活配置、仿真断面保存及导入、事件驱动仿真功能。

(10) 提供内核调用 API 接口，提供基于 Python 和 Matlab 的 SDK，可通过代码调用平台的建模、仿真任务，支撑批量仿真等应用场景。

▲4.11 所提供软件应具备潮流计算机初始化模块：

(1) 提供潮流计算母线电压幅值初始参数配置功能，支持使用母线电压幅值作为潮流初值或使用默认值。

(2) 提供潮流计算母线电压相角初始参数配置功能，支持使用母线电压相角作为潮流初值或使用默认值。

(3) 提供潮流计算电压约束参数配置功能，支持在潮流计算求解过程中选择考虑 PQ 节点的电压约束或不考虑电压约束。

(4) 提供潮流计算无功约束参数配置功能，支持在潮流计算求解过程中选择考虑 PV 节点和平衡节点的无功约束或不考虑无功约束。

(5) 提供潮流计算求解方式参数配置功能，具备选择潮流计算、功率不平衡量计算或生成潮流文件功能。

(6) 提供潮流计算最大迭代次数参数配置功能，支持设置潮流计算的最大迭代次数。

(7) 提供潮流计算输出参数配置功能，具备输出潮流求解过程中产生的日志功能。

(8) 提供三相交流母线和支路潮流结果的展示功能。

(9) 提供潮流结果写回功能，支持使用潮流结果对电磁暂态仿真模型的母线电压相位与母线电压幅值进行初始化。

(10) 提供基于潮流结果的电磁暂态稳态断面自动生成及快速初始化功能。

(11) 支持构建自定义潮流模型。

▲4.12 所提供软件应具备第三方自定义模型导入模块：

(1) 具备二进制黑箱模型导入功能，支持 S-Function 二进制动态链接库文件等第三方软件模型的封装导入，实现模型资产和数据的迁移。

(2) 提供用户自定义 Octave、Python、C/C++脚本元件设计与导入功能。

▲4.13 所提供软件应具备交直流系统拓扑分析模块：

(1) 提供自动分网功能。根据电磁暂态仿真方案中仿真步长等参数，完成电网拓扑分析的自动分网，将符合条件的传输线设置为贝格隆解耦传输线模型，以供分网并行加速算法使用。

(2) 提供母线自动聚合功能。根据电磁暂态仿真方案中的相关参数，完成电网拓扑分析的母线自动聚合功能。自动识别电网拓扑中没有挂载负荷及电源的

链路，并将这些链路进行等值处理，从而减少系统的节点数。

(3) 提供负载均衡自动配置功能。在完成自动分网之后，评估每个分区中的元件数量或复杂度，自动按照最优配置策略，生成每个分区置于 CPU 核心的配置策略表。

(4) 提供拓扑重置功能。针对进行了自动分网或母线自动聚合后的仿真模型，提供拓扑重置的功能，使电网模型恢复到拓扑分析修改之前的状态。

●4.14 所提供软件应具备二次开发套件：

(1) 提供模型层开发套件，支持用户在潮流计算、电磁暂态仿真等内核中开发第三方模型或用户自定义模型。

(2) 提供算法层开发套件，支持用户在电磁暂态仿真平台中集成自定义算法内核，并部署自定义计算应用。

(3) 提供应用层开发套件，支持利用脚本的形式快速调用电磁暂态计算、潮流计算或其它自定义内核，并形成高级计算分析应用。

●4.15 所提供软件应具备软件资源与权限管理模块：

(1) 提供项目文件存储、组织管理、任务管理、SDK Token 管理功能。

(2) 提供项目权限设置功能，支持在项目文件存储空间中设置项目文件私有或公开。

(3) 提供系统管理员功能，系统管理员用户具备用户管理、队列管理、策略管理及自定义证书管理功能。

●4.16 所提供软件应具备运维工具模块：

(1) 提供状态监控、容器管理、平台升级、配置管理、系统备份、许可证管理、组网管理、网络配置及系统配置功能。

(2) 提供远程运维功能。