



团 体 标 准

T/CES XXX-XXXX

新能源多场站短路比分析预警及辅助决策系统功能规范

Functional specification of analysis, warning, and auxiliary decision-making system for multiple renewable energy stations short circuit ratio

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国电工技术学会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 符号、代号和缩略语	4
5 功能定位	4
6 功能架构	4
7 功能要求	5
7.1 数据整合	5
7.2 分析预警	6
7.3 辅助决策	7
7.4 全景展示	8
7.5 平台管理	8

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》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这些专利的责任。

本文件由中国电力科学研究院有限公司提出。

本文件由中国电工技术学会标准工作委员会能源智慧化工作组归口。

本文件起草单位：中国电力科学研究院有限公司、内蒙古电力（集团）有限责任公司。

本文件主要起草人：宋墩文、杨学涛、齐军、马世英、刘昭睿、刘开欣、刘道伟、肖项涛、宋新立、杜三恩、陈勇、王虹富、杨红英、许鹏飞、谢家正、赵高尚、冯静。

本文件为首次发布。

新能源多场站短路比分析预警及辅助决策系统功能规范

1 范围

本文件规定了新能源多场站短路比分析预警及辅助决策系统的功能定位、功能架构、功能要求。本文件适用于新能源多场站短路比分析预警及辅助决策系统设计、开发及应用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 38755 电力系统安全稳定导则
- GB/T 40581 电力系统安全稳定计算规范
- GB/T 15544.1 三相交流系统短路电流计算 第1部分：电流计算
- GB/T 15544.2 三相交流系统短路电流计算 第2部分：短路电流计算应用的系数
- GB/T 40615 电力系统电压稳定评价导则
- GB/T 19963 风电场接入电力系统技术规定
- GB/T 19964 光伏电站接入电力系统技术规定
- GB/T 26399 电力系统安全稳定控制技术导则
- DL/T 1380 电网运行模型数据交换规范
- DL/T 476 电力系统实时数据通信应用层协议

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

系统标称电压 **nominal system voltage**

用于电力系统标志的电压（线电压），电力系统的某些运行特性与此电压有关。

[来源：GB/T 15544.1-2013, 1.3.13]

3.2

短路容量 **short circuit capacity**

短路容量是指电力系统在规定的运行方式下，短路点三相短路时的视在功率，它是表征电力系统供电能力强弱的特征参数，其大小等于短路电流与短路处的额定电压的乘积。

3.3

电压稳定 **voltage stability**

电力系统受到小扰动或大扰动后，系统电压能够保持或恢复到允许的范围，不发生电压崩溃的能力。

[来源：GB 38755-2019, 2.2.2]

3.4

静态电压稳定 **steady-state voltage stability**

电力系统受到小扰动后，系统所有母线保持稳定电压的能力。

[来源：GB 38755-2019, 2.2.2.1]

3.5

新能源场站 **renewable energy station**

集中接入电力系统的风电场或光伏电站并网点以下所有设备，包括变压器、母线、线路、变流器、储能、风电机组、光伏发电系统、无功调节设备及辅助设备等。

[来源：GB 38755-2019, 2.11]

3.6

短路比 short circuit ratio

系统短路容量与电气设备容量的比值。

[来源：GB/T 40581-2021, 3. 8]

3.7

新能源多场站短路比 multiple renewable energy station short-circuit ratio

新能源场站并网点的短路容量与考虑其他新能源场站影响后的新能源等值功率的比值。

[来源：GB/T 40581-2021, 3. 8]

3.8

临界短路比 critical short circuit ratio

将最大传输功率作为静态电压稳定性判据，随着传输功率的增加，运行点从 P-V 曲线上半支向下半支过渡，在拐点处达到最大传输功率，系统处于临界稳定，此时短路比为临界短路比。

3.9

电网调度控制系统 power grid dispatching and control system

面向电网调度生产业务的自动化系统，对电网运行监视、操作控制、安全分析、计划编制、辅助决策、调度管理等业务提供技术支持。

[来源：GB/T 35682-2017, 3. 1]

3.10

调相机 synchronous condenser

指专门用来产生无功功率的同步电机，在过励磁或欠励磁的不同情况下，可以分别发出不同大小的容性或感性无功功率。

3.11

储能系统 energy storage system

指通过电化学电池或电磁能量存储介质等进行可循环电能存储、管理、转换及释放的设备系统。

[来源：DB31/T 744-2013, 3. 1]

4 符号、代号和缩略语

下列缩略语适用于本文件。

MRSCR：新能源多场站短路比（multiple renewable energy stations short circuit ratio）

5 功能定位

新能源多场站短路比分析预警及辅助决策系统聚焦新能源多场站短路比的数据整合、计算评估、提升决策、信息展示若干核心目标，适应电网运行控制和规划应用，感知短路比越限风险，制定多资源参与的短路比提升控制措施，确保系统、场站安全基础上，促进新能源充分消纳。

6 功能架构

新能源多场站短路比分析预警及辅助决策系统功能架构采用分层结构设计，如图 1 所示，由数据层、评估层、决策层、展示层、管理层组成。

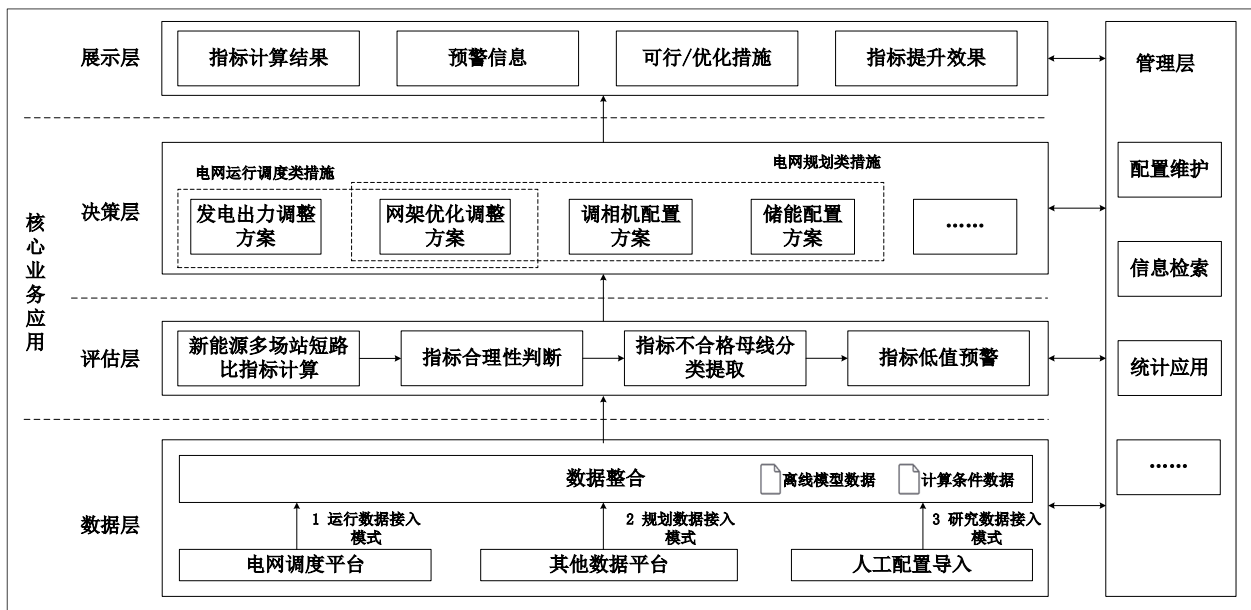


图 1 新能源多场站短路比分析预警及辅助决策系统功能架构图

1) 多源数据整合是系统的基础应用业务，数据层包括电网调度平台在线运行方式数据接入、其他平台数据集成接入、人工配置导入 3 种方式，在此基础上实现原始输入数据到计算数据的整合转换；数据整合功能基于在线运行方式数据资源和离线数据资源，形成一套描述详细、参数完整、拓扑网络与实际相符、发电负荷实时更新、潮流能反映实时工况的电网模型数据。

2) 新能源多场站短路比分析预警是系统的核心业务之一，评估层包括新能源多场站短路比指标计算、指标合理性判断、指标不合格母线分类提取、指标低值预警 4 项应用功能组件；实现 MRSCR 及时监测或校核，识别和明确新能源各并网点电压支撑强度及系统薄弱点。

3) 新能源多场站短路比辅助决策是系统的核心业务之一，决策层结合电网可用资源，挖掘并给出提升新能源多场站短路比的辅助控制措施，包括发电出力控制、网架结构优化、配置调相机、配置储能 4 种子类型；针对短路比不合格节点，同步形成短路比提升控制方案，实现基于生产数据的短路比提升措施滚动更新和及时指导。

4) 展示层对指标计算结果、预警结果、辅助决策结果进行全景显示。

5) 管理层是系统的平台支撑组件，定位于通用资源和服务的集合，以 MRSCR 分析预警和辅助决策为目标，对涉及业务流程的运算逻辑规则和数据源进行统一管理，包括配置维护、信息检索、统计应用、系统部署等。

7 功能要求

7.1 数据整合

7.1.1 数据接入模式

1) 运行数据接入模式：在线应用场景下，新能源多场站短路比分析预警及辅助决策系统接入数据为在线运行方式数据，来源于 D5000 电网调度控制系统；

2) 规划数据接入模式：规划应用场景下，新能源多场站短路比分析预警及辅助决策系统支持其他数据平台的集成接入，需符合数据接入规范；

3) 研究数据接入模式：研究应用场景下，新能源多场站短路比分析预警及辅助决策系统支持人工配置导入数据，需符合指定数据类型。

7.1.2 多源数据整合

基于现有在线运行方式数据资源和离线模型数据资源，形成一套描述详细、参数完整、拓扑网络与实际相符、发电负荷实时更新、潮流能反映实时工况的电网模型数据，即电网潮流计算数据。

综合电网潮流计算数据、离线模型数据、计算条件数据，形成可供新能源多场站短路比计算的输入数据。

7.2 分析预警

7.2.1 新能源多场站短路比指标计算

7.2.1.1 计算方法

系统中新能源发电设备电网侧接入点/场站并网母线节点 i 的新能源多场站短路比 $MRSCR_i$ 计算公式为：

$$MRSCR_i = \begin{cases} \frac{|\dot{U}_i^* \dot{U}_{Ni} / \dot{Z}_{eqii}|}{\dot{S}_{REi} + \sum_{j=1, j \neq i}^n \dot{\Pi}_{ij} \dot{S}_{REj}}, \frac{X}{R} < 10 \\ \frac{S_{aci}}{P_{REi} + \sum_{j=1, j \neq i}^n \lambda_{ij} P_{REj}}, \frac{X}{R} \geq 10 \text{ 且 } |U_i| = |U_j| = 1 \end{cases}$$

式中，

\dot{U}_{Ni} —— 新能源并网母线 i 的系统标称电压；

\dot{U}_i, \dot{U}_j —— 新能源并网母线 i 和 j 的节点实际运行电压；

S_{aci} —— 新能源并网母线的短路容量，单位为兆伏安（MVA）；

P_{REi}, P_{REj} —— 新能源场站/发电单元 i 和 j 的有功功率，单位为兆瓦（MW）；

$\dot{\Pi}_{ij} = |\dot{Z}_{eqij} \dot{U}_i^* / \dot{Z}_{eqii} \dot{U}_j^*|$ —— 新能源并网母线 i 和 j 之间的复数功率折算因子；

$\lambda_{ij} = |Z_{eqij} / Z_{eqii}|$ —— 新能源并网母线 i 和 j 之间的功率折算因子；

$\dot{Z}_{eq} = R + jX$ —— 从新能源发电设备电网侧接入点/新能源场站并网点到系统侧的等值阻抗。

7.2.1.2 计算范围

支持计算节点类型筛选和分类计算功能，包括但不限于：

- ① 新能源机组机端节点
- ② 新能源箱变高压节点
- ③ 新能源场站高压节点
- ④ 新能源场站所有节点
- ⑤ 人工配置的任意节点

7.2.1.3 计算输出

支持新能源多场站短路比关键信息输出，包括但不限于：

- ① 节点名称
- ② 基准电压
- ③ 短路容量
- ④ 等效并网容量
- ⑤ 新能源多场站短路比
- ⑥ 临界短路比

7.2.2 新能源多场站短路比指标判断和预警

7.2.2.1 原则

根据新能源多场站短路比指标计算结果和预警限值指标（即阈值），判断新能源并网母线的短路比指标是否越限。若超过阈值，则自动提取短路比不合格的母线列表，通过事件驱动方式发送至辅助决策及全景展示模块。

7.2.2.2 指标判断和预警方法

MRSCR 指标判断和预警的依据如下。

1) 按照 MRSCR 区间判断和预警

根据新能源接入交流系统强度水平划分的原则进行判断和预警。

- a) 强系统——MRSCR 大于 3.0;
- b) 弱系统——MRSCR 在 2.0~3.0 之间;
- c) 极弱系统——MRSCR 小于 2.0。

将上述条件边界作为预警限值。

预警条件如下：

- a) 新能源发电单元升压变低压侧的多场站短路比小于 1.5;
- b) 新能源并网点或多场站短路比小于 2.0。

2) 临界短路比指标和裕度指标

在预警限值基础上，宜同时计算新能源并网点 i 的临界短路比，记为 $CSCR_i$ ，则并网点 i 的 MRSCR 裕度指标 Δ_i 为：

$$\Delta_i = MRSCR_i - CSCR_i$$

针对同类型节点，可在区间判断基础上，同时参考 Δ_i 排序结果定位 MRSCR 薄弱节点。

7.3 辅助决策

根据新能源多场站短路比影响因素，推荐的提升控制措施包括发电出力调整、网架优化调整、配置调相机、配置储能等，并根据措施的有效性、可行性、适应性，结合电网安全和新能源消纳目标，给出辅助决策的排序信息。

对于新能源多场站短路比超标情况，应采取措施将其提升至阈值之上，且考虑新能源充分消纳目标，不宜过度提升控制。可采取的措施包括：

- 运行阶段：调整新能源发电出力，调整网架接线方式等；
- 规划阶段：新增线路/变压器，配置调相机，配置储能等。

7.3.1 资源概览

对各类可调度资源的状态进行统计概览，包括基于当前运行方式数据获得的可参与辅助决策的资源，如新能源机组信息、检修线路信息、电网接线方式信息等，同时也包括预先配置资源信息等。

7.3.2 基于发电出力调整的 MRSCR 提升控制辅助决策

新能源并网的容量、位置、电压等级都将影响系统的 MRSCR，新能源并网规模的增大将直接导致 MRSCR 计算中的等效并网容量增大，从而降低并网点的 MRSCR。

合理地安排新能源发电可提升电网的新能源多场站短路比水平，提升效果取决于新能源发电功率对各个新能源场站短路比的灵敏度，因此可参考各新能源场站发电功率与各场站短路比灵敏度关系，制定给出基于发电出力调整的 MRSCR 提升控制辅助决策措施。

推荐的辅助决策信息应兼顾 MRSCR 提升控制和新能源充分消纳等目标需求。

7.3.3 基于网架优化调整的 MRSCR 提升控制辅助决策

新能源并网区域网架结构和接线方式都将影响系统的 MRSCR，上述因素会直接导致短路容量变化，从而造成并网点 MRSCR 变化。

运行阶段，可考虑改变电网接线方式、切换检修线路投退状态，通过降低新能源并网点系统等值阻抗、增大并网点短路容量，实现并网点 MRSCR 提升。

规划阶段，可通过新增并网点区域的输电线路、变压器，实现提升并网点 MRSCR 的目标。

基于上述原则，制定基于网架优化调整的 MRSCR 提升控制辅助决策措施。

推荐的辅助决策信息应兼顾 MRSCR 提升控制和短路电流合格等多目标需求。

7.3.4 基于配置调相机的 MRSCR 提升控制辅助决策

调相机是一种特殊运行状态下的同步发电机，在等值电路中相当于一个含感性内阻抗的电压源，可以使电网的短路容量增大，实现提升电网新能源多场站短路比水平的目标。

- a) 从调相机类型划分，包括采用大容量调相机和分布式调相机的提升控制方法。
 - b) 从控制效果而言，宜考虑从 MRSCR 最低的节点开始配置调相机。
 - c) 考虑调相机投资成本，需给出以接入的调相机总容量最小为目标的优化配置方案。
- 基于上述原则，制定基于调相机的 MRSCR 提升控制辅助决策措施。

7.3.5 基于配置储能的 MRSCR 提升控制辅助决策

充分利用电网中的储能系统资源，基于调度控制策略，实现 MRSCR 的改善和提升。考虑储能系统类型和控制模式的快速发展，系统应适应和预留新型辅助决策模块的嵌入。

7.4 全景展示

需对新能源多场站短路比的计算结果、预警信息、控制效果等数据进行多方位、多角度、全景可视化监控展示。

宜对目标电网的基础信息进行同步展示，包括地理接线图、电网潮流信息、新能源并网区域等。

7.5 平台管理

7.5.1 配置维护

管理员可根据平台应用需求，登录系统后，可开展电网离线模型数据、MRSCR 计算条件数据等信息的更新、删除、新增等操作。可实现 MRSCR 计算扫描周期参数、并行计算参数、超时判断参数等平台参数的维护。

7.5.2 信息检索

业务人员登录系统后可根据用户权限，通过时间检索、关键字检索、分区检索等，浏览、查询新能源多场站短路比分析预警及辅助决策历史记录信息。

7.5.3 统计应用

为支撑新能源多场站短路比的深入分析，宜通过对累积数据的统计、挖掘和关联分析，实现不同区域、不同电压等级新能源并网点的 MRSCR 横向对比；宜实现不同运行方式下 MRSCR 的纵向对比。