



中华人民共和国国家标准

GB/T 40606—2021

电网在线安全分析与控制辅助决策 技术规范

Technical specifications for online security analysis and auxiliary
decision-making of power grid

2021-10-11 发布

2022-05-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

| | |
|-------------------------------|-----|
| 前言 | III |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 总体要求 | 2 |
| 5 分析模式 | 2 |
| 6 数据准备 | 2 |
| 7 分析功能 | 3 |
| 附录 A (规范性) 日内滚动调度计划 | 7 |
| 附录 B (规范性) 超短期/短期母线负荷预测 | 9 |

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》的规定起草。

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。

本文件由中国电力企业联合会提出。

本文件由全国电网运行与控制标准化技术委员会(SAC/TC 446)归口。

本文件起草单位：国家电网有限公司国家电力调度控制中心、中国电力科学研究院有限公司、北京科东电力控制系统有限责任公司、中国南方电网电力调度控制中心、南瑞集团有限公司、国网福建省电力有限公司、国网安徽省电力有限公司、国网宁夏电力有限公司、国网河北省电力有限公司、国网山西省电力公司、国网陕西省电力公司、国网青海省电力公司、国网四川省电力公司、国网浙江省电力有限公司、国家电网有限公司华东分部。

本文件主要起草人：朱伟江、鲁广明、冯长有、戴红阳、皮俊波、吕颖、马超、于之虹、严剑峰、郑亮、余建明、姚海成、徐泰山、贾晓卜、王毅、朱建军、袁贵川、彭伟、冷喜武、田蓓、史东宇、鲍颜红、暴英凯、李宏强、解梅、韩晔、谢昶、贺启飞、张爽、侯金秀、邓小元、徐伟、康建东、刘华坤、杨林、高波、蒋正威、丁平、任先成、张璐路、沈凤杰、王兵、万芳茹、贾育培、王阳、魏亚威、刘强、董毅峰、胡超凡、庄伟、查显煜、刘东、陕华平、石琛、韦尊、薛恒宇、常康、李承昱、杨良。

电网在线安全分析与控制辅助决策 技术规范

1 范围

本文件规定了电网在线安全分析与控制辅助决策分析模式、数据准备、分析功能等技术要求。

本文件适用于电压等级为 220 kV 及以上电网在线安全分析与控制辅助决策,220 kV 以下电网参照执行。

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 15544.1 三相交流系统短路电流计算 第 1 部分:电流计算

GB/T 33590.2 智能电网调度控制系统技术规范 第 2 部分:术语

GB/T 33601 电网设备通用模型数据命名规范

GB/T 35692 高压直流输电工程系统规划导则

GB 38755 电力系统安全稳定导则

DL/T 1234 电力系统安全稳定计算技术规范

3 术语和定义



GB/T 33590.2 和 GB 38755 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电网在线安全分析 **power grid online security analysis**

以电网历史、当前或未来运行方式的在线计算数据,按设定扰动分析电力系统安全性,并对分析得到的越限、失稳等给出告警。

3.2

辅助决策 **auxiliary decision-making**

针对电网在线安全分析得到的越限、失稳等,提出满足安全稳定约束的解决方案。

3.3

调度计划 **dispatching schedule**

调度机构编制发电计划、交直流联络线交换计划和检修计划的总称。

注:发电计划包括火电机组、核电机组、水电机组和新能源场站等发电计划。

3.4

日内滚动调度计划 **intraday rolling dispatching schedule**

调控机构根据电网运行需要,在考虑了电力现货市场交易后,日内滚动调整后形成的调度计划。

3.5

实时分析模式 real-time analysis mode

基于当前电网运行方式的分析计算。

3.6

未来分析模式 future analysis mode

在当前电网运行方式基础上,叠加日内滚动调度计划、超短期/短期母线负荷预测等信息生成未来电网运行方式并分析计算。

3.7

研究分析模式 study analysis mode

在选定电网运行方式基础上,按研究分析目的,人工调整运行方式并分析计算。

4 总体要求

4.1 电网在线安全分析与控制辅助决策应以快速、准确预警电网潜在安全风险为目标,提供科学、精准的辅助决策信息支撑电网安全稳定运行。

4.2 电网在线安全分析与控制辅助决策应具备实时分析模式、研究分析模式和未来分析模式。

4.3 电网在线安全分析与控制辅助决策应具备数据准备功能。

4.4 电网在线安全分析与控制辅助决策应具备分析功能,并满足 GB 38755 关于电力系统安全稳定计算分析的要求。

4.5 电网在线安全分析基础数据均应采用详细模型和实测参数,并应定期校验数据。

4.6 电网在线安全分析的分析模式和分析功能可根据电网运行需求选择。

5 分析模式

5.1 实时分析模式应周期性对当前电网运行方式进行在线安全分析,对分析得到的越限、失稳等应给出告警和辅助决策,实时分析模式计算周期不应大于 15 min。

5.2 电网发生大扰动时,应暂时停止周期性计算,立即触发在线安全分析和辅助决策分析计算。

5.3 研究分析模式应支持手动获取历史、当前或未来电网运行方式,可调整获取的运行方式,支持对调整后运行方式进行在线安全分析和辅助决策。

5.4 未来分析模式应周期性基于当前电网运行方式,叠加日内滚动调度计划(应满足但不限于附录 A 的要求)、超短期/短期母线负荷预测(应满足但不限于附录 B 的要求)等信息生成未来电网运行方式,并应进行在线安全分析,对分析得到的越限、失稳等应给出告警和辅助决策。

5.5 实时分析模式和未来分析模式应自动保存分析结果供查询,研究分析模式应自动生成分析报告。

6 数据准备

6.1 输入数据要求

6.1.1 电网在线安全分析与控制辅助决策输入数据应包括状态估计数据、典型运行方式计算数据、安全自动装置控制措施、日内滚动调度计划和超短期/短期母线负荷预测等,必要时可接入同步相量测量数据。

- 6.1.2 状态估计数据、典型运行方式计算数据、安全自动装置控制措施、日内滚动调度计划和超短期/短期母线负荷预测中元件建模范围和电压等级应一致。
- 6.1.3 状态估计数据和典型运行方式计算数据中同一元件的同一参数应相同。
- 6.1.4 安全自动装置控制措施应包括安全自动装置实时状态及对应的控制策略。
- 6.1.5 状态估计数据和日内滚动调度计划中同一元件名称应相同,名称命名规则见 GB/T 33601。
- 6.1.6 状态估计数据和超短期/短期母线负荷预测中母线负荷名称应相同,名称命名规则见 GB/T 33601。

6.2 计算数据生成

- 6.2.1 数据准备应基于 6.1 的输入数据生成电网在线安全分析与控制辅助决策计算数据。
- 6.2.2 当前电网运行方式计算数据应基于状态估计数据和典型运行方式计算数据生成,在状态估计收敛时,潮流计算收敛率应不低于 90%。
- 6.2.3 数据准备应支持对选定电网运行方式计算数据调整,生成研究分析模式用运行方式计算数据。
- 6.2.4 数据准备应利用当前电网运行方式计算数据,叠加日内滚动调度计划和超短期/短期母线负荷预测,生成未来分析模式用运行方式计算数据。

6.3 数据校验

- 6.3.1 数据准备应校验状态估计数据、典型运行方式计算数据、日内滚动调度计划和超短期/短期母线负荷预测元件建模范围和电压等级一致性,存在不一致的应给出告警。
- 6.3.2 数据准备应对比状态估计数据和典型运行方式计算数据元件参数,偏差大于 10%应给出告警。
- 6.3.3 数据准备应校验状态估计数据和日内滚动调度计划中元件名称一致性,存在不一致的应给出告警。
- 6.3.4 数据准备应校验状态估计数据和超短期/短期母线负荷预测中母线负荷名称一致性,存在不一致的应给出告警。

6.4 计算设置

- 6.4.1 数据准备应支持按区域进行扰动设置。
- 6.4.2 数据准备应支持计算控制参数设置。
- 6.4.3 数据准备应支持可调元件调整范围和调整代价等辅助决策计算设置。
- 6.4.4 数据准备应支持数据导出。

7 分析功能

7.1 静态安全分析及辅助决策

- 7.1.1 静态安全分析应按照 $N-1$ 原则,逐个无故障断开线路、变压器等元件,检查其他元件是否因此过负荷和电压越限。
- 7.1.2 存在重载、越限和潮流不收敛时,应给出告警以及重载比例、越限比例等分析结果。
- 7.1.3 静态安全辅助决策应对越限元件进行灵敏度分析。
- 7.1.4 静态安全辅助决策应根据灵敏度分析结果,给出发电机启停、发电机功率调整、负荷调整等控

制措施。

7.2 短路电流分析及辅助决策

7.2.1 短路电流分析应计算母线发生三相短路、单相接地等金属性短路故障的短路电流,校验母线短路电流水平是否超过断路器开断能力和相关设备设计的短路电流耐受能力。

7.2.2 短路电流分析的计算假设应按照 GB/T 15544.1 执行。

7.2.3 存在母线短路电流水平超标时,应给出告警以及故障类型、开断能力/耐受能力、超标比例等分析结果。

7.2.4 短路电流辅助决策应对短路电流超标母线进行灵敏度分析。

7.2.5 短路电流辅助决策应根据灵敏度分析结果,给出母线分列运行、线路拉停、发电机停运等控制措施。

7.3 静态稳定分析及辅助决策

7.3.1 静态稳定分析应计算大电源送出线、跨大区或者省间联络线以及网络中的薄弱断面的静态稳定极限和静态稳定储备系数。

7.3.2 按照 GB 38755 关于静态稳定计算分析的要求,存在静态稳定裕度低时,应给出告警以及静态稳定裕度、裕度较低输电断面(线路)等分析结果。

7.3.3 静态稳定辅助决策应对裕度较低输电断面(线路)进行灵敏度分析。

7.3.4 静态稳定辅助决策应根据灵敏度分析结果,给出发电机启停、发电机功率调整、负荷调整、无功补偿装置投退及出力调整等控制措施。

7.4 暂态功角稳定分析及辅助决策

7.4.1 暂态功角稳定分析应针对指定故障形态进行时域仿真计算,分析系统遭受大扰动后的暂态功角稳定性。

7.4.2 按照 DL/T 1234 关于暂态稳定判据的要求,存在暂态功角失稳时,应给出告警以及故障形态、失稳类型、功角曲线、失稳机群等分析结果。

7.4.3 暂态功角稳定辅助决策应对失稳故障进行灵敏度分析。

7.4.4 暂态功角稳定辅助决策应根据灵敏度分析结果给出发电机启停、发电机功率调整、直流功率调整等控制措施。

7.5 动态功角稳定分析及辅助决策

7.5.1 动态功角稳定分析应针对指定扰动形态,校核系统的动态稳定性,分析系统中是否存在负阻尼或弱阻尼振荡模式。

7.5.2 小扰动动态功角稳定分析宜采用基于电力系统线性化模型的特征值分析方法或机电暂态仿真。

7.5.3 大扰动动态功角稳定分析应采用机电暂态仿真。

7.5.4 按照 DL/T 1234 关于动态稳定判据的要求,存在负阻尼或弱阻尼振荡模式时,应给出告警以及扰动形态、特征根、机组参与因子、阻尼比等分析结果。

7.5.5 动态功角稳定辅助决策应对系统中存在的弱阻尼或负阻尼振荡模式进行灵敏度分析。

7.5.6 动态功角稳定辅助决策应给出发电机启停、发电机功率调整等控制措施。

7.6 电压稳定分析及辅助决策

7.6.1 电压稳定分析应针对指定扰动形态,校核系统的电压稳定性,分析系统中是否存在无功支撑能力不足。

7.6.2 静态电压稳定分析可采用逐渐增加负荷方法求解电压失稳临界点,计算系统静态电压稳定裕度。

7.6.3 按照 DL/T 1234 关于电压稳定判据的要求,存在静态电压稳定裕度低时,应给出告警以及扰动形态、静态电压稳定裕度、裕度较低母线等分析结果。

7.6.4 静态电压稳定辅助决策应在电压失稳临界点进行模态分析。

7.6.5 静态电压稳定辅助决策应根据模态分析结果,给出发电机功率调整、负荷调整、无功补偿装置投退及出力调整等控制措施。

7.6.6 暂态电压稳定分析应采用机电暂态仿真。

7.6.7 按照 DL/T 1234 关于电压稳定判据的要求,存在暂态电压失稳时,应给出告警以及扰动形态、失稳类型、电压曲线、最低电压母线等分析结果。

7.6.8 暂态电压稳定辅助决策应对暂态电压失稳故障进行灵敏度分析。

7.6.9 暂态电压稳定辅助决策应根据灵敏度分析结果,给出发电机功率调整、无功补偿装置投退及出力调整等控制措施。

7.7 频率稳定分析及辅助决策

7.7.1 频率稳定分析应针对指定扰动形态,校核系统的频率稳定性,分析在给定频率稳定控制措施下系统频率是否能迅速恢复到额定频率附近。

7.7.2 小扰动频率稳定校核宜采用基于电力系统线性化模型的特征值分析方法或机电暂态仿真。

7.7.3 按照 DL/T 1234 关于频率稳定判据的要求,存在小扰动频率振荡模式时,应给出告警以及扰动形态、特征根、机组参与因子、阻尼比等分析结果。

7.7.4 小扰动频率稳定辅助决策应针对小扰动频率振荡模式进行灵敏度分析。

7.7.5 小扰动频率稳定辅助决策应根据灵敏度分析结果,给出发电机启停、发电机功率调整等控制措施。

7.7.6 大扰动频率稳定分析应采用机电暂态仿真。

7.7.7 按照 DL/T 1234 关于电压稳定判据的要求,存在大扰动频率失稳时,应给出告警以及扰动形态、失稳类型、频率曲线等分析结果。

7.7.8 大扰动频率稳定辅助决策应针对大扰动频率失稳进行灵敏度分析。

7.7.9 大扰动频率稳定辅助决策应根据灵敏度分析结果,给出发电机启停、发电机功率调整、直流功率调整等控制措施。

7.8 直流短路比分析及辅助决策

7.8.1 直流短路比分析应评估交流系统对直流输电系统的支撑能力,计算送受端系统直流短路比、多馈入直流短路比等。

7.8.2 按照 GB/T 35692 关于直流系统接入交流系统的短路比要求,存在直流短路比低于合理水平时,应给出告警以及直流送受端系统直流短路比等分析结果。

7.8.3 直流短路比辅助决策应对直流短路比水平较低情况进行灵敏度分析。

7.8.4 直流短路比辅助决策应根据灵敏度分析结果,给出发电机启停、直流功率调整等控制措施。

7.9 稳定裕度评估

7.9.1 稳定裕度评估应针对指定电网输电断面,在保证全系统发电-负荷整体平衡前提下,通过改变发电和负荷分布,计算输电断面极限功率。

7.9.2 稳定裕度评估应满足静态安全、静态稳定、暂态功角稳定、电压稳定、动态功角稳定、频率稳定等安全稳定分析要求。

7.9.3 稳定裕度评估应给出输电断面极限功率以及越限、失稳等受限信息。

附录 A
(规范性)
日内滚动调度计划

A.1 发电计划

发电计划应包括机组名称、机组有功功率计划值等属性。交换文件格式描述中,每个属性均应有字段类型描述,用 s 表示字符串,f 表示浮点数,i 表示整数。发电计划应符合表 A.1 的规定。

表 A.1 发电计划

| 属性项 | 属性项英文名 | 量纲 | 字段类型 | 备注 |
|-------------|--------|-----|------|--------------------|
| 序号 | id | | i | 序号 |
| 机组名 | name | | s | 机组名称 |
| 00:15 有功计划值 | p0015 | MW | f | 机组 00:15 时刻有功功率计划值 |
| 00:30 有功计划值 | p0030 | MW | f | 机组 00:30 时刻有功功率计划值 |
| ... | ... | ... | ... | ... |

A.2 交流联络线计划

交流联络线计划应包括断面名称、交换功率计划值等属性。交换文件格式描述中,每个属性均应有字段类型描述,用 s 表示字符串,f 表示浮点数,i 表示整数。交流联络线计划应符合表 A.2 的规定。

表 A.2 交流联络线计划

| 属性项 | 属性项英文名 | 量纲 | 字段类型 | 备注 |
|------------|--------|-----|------|-----------------|
| 序号 | id | | i | 序号 |
| 断面名称 | name | | s | 断面名称 |
| 00:15 交换功率 | p0015 | MW | f | 00:15 时刻交换功率计划值 |
| 00:30 交换功率 | p0030 | MW | f | 00:30 时刻交换功率计划值 |
| ... | ... | ... | ... | ... |

A.3 直流联络线计划

直流联络线计划应包括直流名称、交换功率计划值等属性。交换文件格式描述中,每个属性均应有字段类型描述,用 s 表示字符串,f 表示浮点数,i 表示整数。直流联络线计划应符合表 A.3 的规定。

表 A.3 直流联络线计划

| 属性项 | 属性项英文名 | 量纲 | 字段类型 | 备注 |
|------|--------|----|------|------|
| 序号 | id | | i | 序号 |
| 直流名称 | name | | s | 直流名称 |

表 A.3 直流联络线计划 (续)

| 属性项 | 属性项英文名 | 量纲 | 字段类型 | 备注 |
|------------|--------|-----|------|-----------------|
| 00:15 交换功率 | p0015 | MW | f | 00:15 时刻交换功率计划值 |
| 00:30 交换功率 | p0030 | MW | f | 00:30 时刻交换功率计划值 |
| ... | ... | ... | ... | ... |

A.4 检修计划

检修计划应包括需要检修、调停或启用的一次设备名称、类型、状态、停运或启用开始时间、停运或启用结束时间等属性。每个属性均应有字段类型描述,用 s 表示字符串,f 表示浮点数,i 表示整数,t 表示时间类型。检修计划应符合表 A.4 的规定。

表 A.4 检修计划

| 属性项 | 属性项英文名 | 字段类型 | 备注 |
|-----------|------------|------|--|
| 序号 | id | i | 序号 |
| 设备名 | name | s | 检修设备名称 |
| 设备类型 | devicetype | s | 机组/开关/刀闸/变压器/负荷/电容器/线路/电抗器/母线/直流线路/其他 |
| 设备状态 | status | i | 1:开关/刀闸合,线路/变压器/机组/电容/电抗/直流线路投入运行 0:开关/刀闸分,线路/变压器/机组/电容/电抗/直流线路退出运行 |
| 状态类型 | type | s | 大修,小修,试验,调停,备用,启用 |
| 状态改变原因 | reason | s | 计划检修,方式调整,故障检修,机组调停,启用 |
| 停运或启用开始时间 | time_start | t | 设备停运或启用的开始时间,格式为:yyyymmdd_hh:mm:ss |
| 停运或启用结束时间 | time_end | t | 设备停运或启用的结束时间,格式为:yyyymmdd_hh:mm:ss 设备启用时该属性填‘ ’ |

附录 B

(规范性)

超短期/短期母线负荷预测

超短期/短期母线负荷预测应包括母线负荷名称、有功预测值和无功预测值。交换文件格式描述中,每个属性均应有字段类型描述,用 s 表示字符串,f 表示浮点数,i 表示整数。超短期母线负荷预测应符合表 B.1 的规定。

表 B.1 超短期/短期母线负荷预测

| 属性项 | 属性项英文名 | 量纲 | 字段类型 | 备注 |
|-------------|--------|------|------|-------------|
| 序号 | id | | i | 序号 |
| 母线负荷名称 | name | | s | 母线负荷名称 |
| 00:15 有功预测值 | p0015 | MW | f | 00:15 有功预测值 |
| 00:15 无功预测值 | q0015 | MVar | f | 00:15 无功预测值 |
| 00:30 有功预测值 | p0030 | MW | f | 00:30 有功预测值 |
| 00:30 无功预测值 | q0030 | MVar | f | 00:30 无功预测值 |
| ... | ... | ... | ... | ... |