



中华人民共和国国家标准

GB/T 42599—2023/IEC 61400-27-2:2020

风能发电系统 电气仿真模型验证

Wind energy generation systems—Electrical simulation model validation

(IEC 61400-27-2:2020, Wind energy generation systems—
Part 27-2: Electrical simulation models—Model validation, IDT)

2023-05-23 发布

2023-05-23 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 V

引言 VI

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语、定义、缩略语和下标 1

 3.1 术语和定义 1

 3.2 缩略语和下标 5

4 符号和单位 5

 4.1 概述 5

 4.2 符号(单位) 5

5 模型验证程序要求 7

 5.1 总则 7

 5.2 通用要求 7

 5.3 风力发电机组模型验证 8

 5.4 风电场模型验证 8

6 模型验证通用方法 9

 6.1 总则 9

 6.2 测试结果 9

 6.3 仿真 9

 6.4 信号处理 9

7 风力发电机组模型验证 14

 7.1 总则 14

 7.2 故障穿越 14

 7.3 有功功率设定值控制 15

 7.4 频率控制 16

 7.5 惯量控制 17

 7.6 无功功率设定值控制 18

 7.7 无功功率-电压设定值控制 19

 7.8 电网保护 20

8 风电场模型验证 21

 8.1 总则 21

 8.2 有功功率控制 21

 8.3 无功功率控制 22

8.4 无功功率-电压设定值控制	23
附录 A (资料性) 风力发电机组模型验证报告	24
A.1 概述	24
A.2 仿真模型和验证信息	24
A.3 验证结果模板	24
附录 B (资料性) 风电场模型验证报告	30
B.1 概述	30
B.2 仿真模型和验证信息	30
B.3 验证结果模板	30
附录 C (资料性) 模型间验证的典型电网	33
附录 D (资料性) 模型验证的不确定度	34
D.1 概述	34
D.2 仿真不确定度	34
D.3 测量不确定度	34
D.4 模型验证不确定度的影响	35
附录 E (规范性) 数字式二阶临界阻尼低通滤波器	36
附录 F (资料性) 电压跌落故障有功功率恢复特性附加验证方法	37
F.1 概述	37
F.2 有功功率恢复时间验证方法	37
F.3 有功功率振荡验证	37
附录 G (资料性) 不同软件环境下的模型通用软件接口	39
G.1 方法描述	39
G.2 软件接口描述	39
参考文献	45
图 1 IEEE/CIGRE 稳定性术语和定义联合工作组关于电力系统稳定性的分类	IV
图 2 回放仿真法信号处理流程图	10
图 3 全系统仿真法信号处理流程图	10
图 4 电压跌落窗口	12
图 5 阶跃响应特征	13
图 6 公差带选择不当的仿真稳定时间和测量稳定时间	13
图 A.1 正序电压测量值和仿真值时间序列图	25
图 A.2 正序有功电流测量值和仿真值时间序列图	25
图 A.3 正序无功电流测量值和仿真值时间序列图	25
图 A.4 正序有功电流和正序无功电流绝对误差时间序列图	25
图 A.5 负序电压测量值和仿真值时间序列图	26
图 A.6 负序有功电流测量值和仿真值时间序列图	26

图 A.7	负序无功电流测量值和仿真值时间序列图	26
图 A.8	负序有功电流和负序无功电流绝对误差时间序列图	26
图 A.9	有功功率参考值、可用有功功率、有功功率测量值和有功功率仿真值时间序列图	27
图 A.10	风力发电机组控制器的频率参考值和测量值时间序列图	27
图 A.11	可用功率、可用有功功率测量值、有功功率仿真值时间序列图	27
图 A.12	风力发电机组控制器的频率参考值和测量值时间序列图	28
图 A.13	可用功率、有功功率测量值、有功功率仿真值时间序列图	28
图 A.14	无功功率参考值、测量值和仿真值时间序列图	28
图 A.15	有功功率测量值和仿真值时间序列图	28
图 A.16	无功功率测量值和仿真值时间序列图	29
图 B.1	有功功率参考值、可用有功功率、有功功率测量值和有功功率仿真值时间序列图	31
图 B.2	无功功率参考值、测量值和仿真值时间序列图	31
图 B.3	有功功率测量值和仿真值时间序列图	31
图 B.4	无功功率测量值和仿真值时间序列图	32
图 C.1	典型电网拓扑	33
图 F.1	电压跌落有功功率性能验证参数	37
图 G.1	基于 ESE 接口的仿真次序	43
表 1	误差计算窗口	12
表 A.1	仿真模型和验证设置信息表	24
表 A.2	全系统仿真法补充信息表	24
表 A.3	电压跌落和电压升高工况正序验证结果汇总表	25
表 A.4	电压跌落和电压升高工况负序验证结果汇总表	26
表 A.5	有功功率控制验证结果汇总表	27
表 A.6	无功功率控制验证结果汇总表	28
表 A.7	电网保护验证结果汇总表	29
表 B.1	仿真模型和验证设置需求信息	30
表 B.2	全系统仿真法补充信息表	30
表 B.3	有功功率控制验证结果汇总表	31
表 B.4	无功功率控制验证结果汇总表	31
表 C.1	WECC 测试系统线路参数标么值	33
表 C.2	WECC 测试系统变压器参数标么值	33

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。

本文件等同采用 IEC 61400-27-2:2020《风能发电系统 第 27-2 部分：电气仿真模型 模型验证》。

本文件做了下列最小限度的编辑性改动：

——为与现有标准协调，将标准名称改为《风能发电系统 电气仿真模型验证》。

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。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国风力发电标准化技术委员会(SAC/TC 50)归口。

本文件起草单位：中国电力科学研究院有限公司、国家电网有限公司西北分部、国网吉林省电力有限公司、新疆金风科技股份有限公司、国网内蒙古东部电力有限公司、上海电气风电集团股份有限公司、国网四川省电力公司、西门子歌美飒可再生能源科技(中国)有限公司、国电联合动力技术有限公司、中国质量认证中心、龙源电力集团股份有限公司、国网辽宁省电力有限公司电力科学研究院、国家电网公司东北分部、国网陕西省电力有限公司、国网山西省电力公司、国网山东省电力公司电力科学研究院、浙江运达风电股份有限公司、阳光电源股份有限公司、远景能源有限公司、北京汇智天华新能源科技有限公司、国家电力投资集团有限公司、深圳市禾望电气股份有限公司、浙江大学、中车株洲电力机车研究所有限公司、国网浙江省电力有限公司电力科学研究院、明阳智慧能源集团股份公司、三一重能股份有限公司。

本文件主要起草人：秦世耀、贺敬、李少林、程林、孙勇、杨志千、苏鹏、朱志权、叶希、李跃、杜雯、康巍、刘峻岐、李宝聚、李胜辉、李丹、李立、杨超颖、程艳、法拉蒂尔、张小奇、项颂、梁信信、房新雨、陈党慧、张冲、王素飞、吴立建、臧晓笛、马骏超、李春彦、唐建芳、付永涛、唐彬伟、杨宁宁、梁家宁、樊熠、张进、郭江涛、袁旭。

引言

本文件规定了用于风力发电机组和风电场的模型验证程序。

随着风力发电在电力系统中渗透率的不断增长,输电系统运营商(TSOs)和配电系统运营商(DSOs)需要使用风电系统动态模型进行电力系统稳定性分析。

本文件规定了能用于电力系统稳定性分析的动态模型验证程序。美国电气与电子工程师协会与国际大电网组织(IEEE/CIGRE)稳定性术语和定义¹⁾联合工作组将电力系统稳定性进行了分类,如图 1 所示。

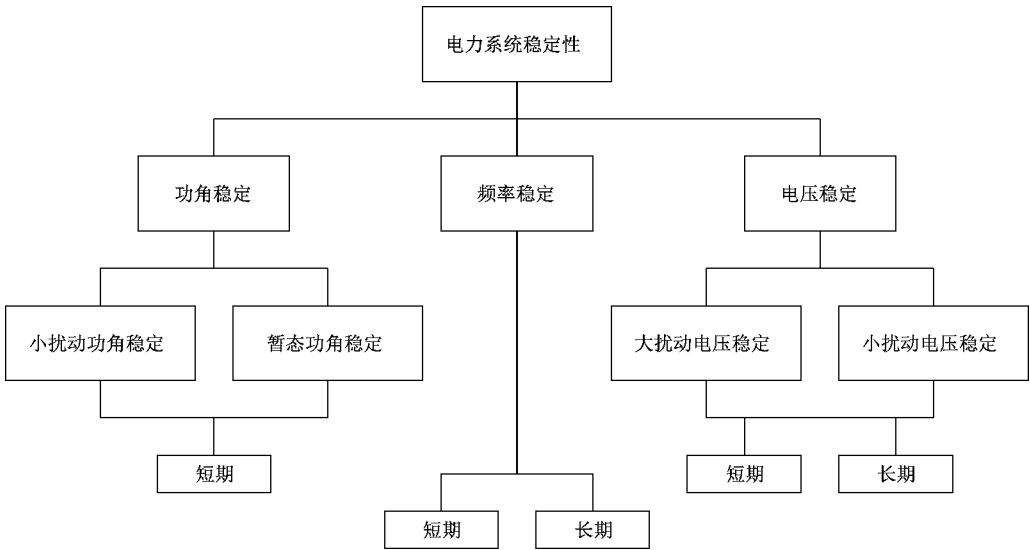


图 1 IEEE/CIGRE 稳定性术语和定义联合工作组关于电力系统稳定性的分类

基于上述分类,模型适用于风力发电大扰动短时稳定问题的研究,例如短时电压稳定、短时频率稳定以及图 1 中的短时暂态功角稳定。因此,模型适用于电力系统事件的动态仿真,例如短路(低电压穿越)、脱机或甩负荷、系统解列。

本文件规定的验证程序可用于评估风力发电机组和风电场模型基频响应的准确性、包含验证文件 IEC 61400-27-1 中规定的通用正序模型、验证由风力发电机组开发商所建立详细模型的正序和负序响应特性。

模型验证程序有下列局限性:

- 模型验证程序不规定模型准确度的要求,只规定度量模型准确度的方法^{2),3)};
- 模型验证程序不规定测试和测量程序,相关规定可依据 IEC 61400-21-1 和 IEC 61400-21-2¹⁾;
- 模型验证程序不用于判断并网导则、电能质量要求或国家法规的合理性;
- 模型验证程序不涉及稳态能力验证,例如无功功率,只侧重于验证模型动态特性;

1) 方括号中的数字引用参考文献。
2) 本文件的范围是提供模型仿真准确性验证并且消除不确定度方法。
3) 第 7 章规定了大量的模型验证方法。模型验证的关注点取决于电网的类型和稳定性分析的内容。附录 D 描述了模型仿真准确性的限制。
4) 处于编制阶段。

- 模型验证程序不适用于长期稳定性分析；
- 模型验证程序不适用于研究次同步相互作用；
- 模型验证程序不适用于研究由风速在时间和空间上的变化引起的波动；
- 模型验证程序不适用于研究谐波、闪变或其他 IEC 61000 系列文件中的电磁兼容(EMC)扰动问题；
- 模型验证程序不适用于小信号稳定性分析的特征值计算；
- 模型验证程序不涉及短路计算特性；
- 模型验证程序受限于第 5 章中的功能性规范。

下述利益相关方是本文件模型验证程序的潜在用户：

- 输电系统运营商和配电系统运营商需要使用本程序验证电力系统稳定性分析模型的准确性；
- 风电场开发商在风电场并网试运行前一般有义务向电网公司提供风电场仿真模型的验证结果；
- 风力发电机组制造商一般向风电场开发商提供风力发电机组模型的验证结果；
- 电力系统仿真工具软件的开发单位可使用本文件在软件库中建立仿真模型的验证程序；
- 独立开展模型验证的认证机构；
- 教育和研究团体可使用本文件进行模型验证。

风能发电系统 电气仿真模型验证

1 范围

本文件规定了用于电力系统和电网稳定性分析的风力发电机组和风电场电气仿真模型验证程序,模型验证用测试数据依据 IEC 61400-21 系列文件获取。本文件适用于 IEC 61400-27-1 中规定的通用模型以及其他基频风力发电机组和风电场模型。

风力发电机组模型验证项目包括故障穿越能力和控制特性仿真验证。故障穿越能力包括风力发电机组模型在平衡和不平衡下电压跌落、电压升高响应特性。控制特性包括有功功率控制、频率控制、惯量控制和无功功率控制。风力发电机组模型验证用测试数据基于 IEC 61400-21-1 规定的测试程序,验证在风力发电机组输出端。

由于规定风电场测试内容和方法的 IEC 61400-21-2 仍处于编制阶段,因此本文件不详细规定风电场模型验证程序,风电场模型验证的参考点为风电场接入点(以下称“并网点”)。

注:风电场接入点也称风电场并网点。

本文件规定的模型验证程序基于测试数据和仿真数据的对比,验证结果不依赖于仿真软件的选取。

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。

IEC 60050-415 国际电工术语(IEV) 第 415 部分:风力发电机组[International Electrotechnical Vocabulary(IEV)—Part 415: Wind turbine generator systems]

注: GB/T 2900.53—2001 电工术语 风力发电机组(IEC 60050-415:1999, IDT)。

IEC 61400-21-1 风能发电系统 第 21-1 部分:风力发电机组电气特性测量和评估方法(Wind energy generation systems—Part 21-1: Measurement and assessment of electrical characteristics—Wind turbines)

IEC 61400-27-1 风能发电系统 第 27-1 部分:电工仿真模型 通用模型(Wind energy generation systems—Part 27-1: Electrical simulation models—Generic models)

注: GB/T 36237—2023 风能发电系统 通用电气仿真模型(IEC 61400-27-1:2020, IDT)。

3 术语、定义、缩略语和下标

3.1 术语和定义

IEC 60050-415 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

应用范围 application range

电气仿真模型的适用范围。