



中华人民共和国国家标准

GB/T 36237—2018/IEC 61400-27-1:2015

风力发电机组 电气仿真模型

Wind turbines—Electrical simulation models

(IEC 61400-27-1:2015, Wind turbines—
Part 27-1:Electrical simulation models—Wind turbines, IDT)

2018-05-14 发布

2018-12-01 实施

国家市场监督管理总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	I
引言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义、缩略语、下标	1
4 符号和单位	6
5 模型	8
6 验证程序	42
附录 A (资料性附录) 模型验证文档	49
附录 B (规范性附录) 合理模型精度限制	51
附录 C (规范性附录) 数字式二阶临界阻尼低通滤波器	52
附录 D (资料性附录) 简化风电场模型	53
附录 E (资料性附录) 二维气动模型	56
附录 F (资料性附录) 不同软件环境下的模型通用软件接口	60
附录 G (规范性附录) 块符号库	65
参考文献	71

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准使用翻译法等同采用 IEC 61400-27-1:2015《风力发电机组 第 27-1 部分:风力发电机组电气仿真模型》。

与本标准中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下:

- GB/T 20320—2013 风力发电机组 电能质量测量和评估方法(IEC 61400-21:2008, IDT)
- GB/T 2900.53—2001 电工术语 风力发电机组(IEC 60050-415:1999, IDT)
- GB/T 2900.49—2004 电工术语 电力系统保护(IEC 60050-448:1995, IDT)
- GB/T 2900.50—2008 电工术语 发电、输电及配电 通用术语(IEC 60050-601:1985, MOD)
- GB/T 2900.57—2008 电工术语 发电、输电及配电 运行(IEC 60050-604:1987, MOD)
- GB/T 2900.58—2008 电工术语 发电、输电及配电 电力系统规划和管理(IEC 60050-603:1986, MOD)
- GB/T 2900.87—2011 电工术语 电力市场(IEC 60050-617:2009, IDT)
- GB/T 2900.92—2015 电工术语 数学 函数(IEC 60050-103:2009, IDT)

本标准还做了下列编辑性修改:

- 为了适应我国标准体系而将标准名称改为《风力发电机组 电气仿真模型》。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国风力机械标准化技术委员会(SAC/TC 50)归口。

本标准起草单位:中国电力科学研究院有限公司、浙江运达风电股份有限公司、东方电气风电有限公司、国网湖南省电力有限公司电力科学研究院、国网河南省电力公司电力科学研究院、山东中车风电有限公司。

本标准主要起草人:陈子瑜、李庆、秦世耀、迟永宁、许国东、李杰、沈阳武、杨海晶、鲁效平、张金平、杨靖、朱琼锋、郑大周、王顺来、张斌、程鹏、石光、樊熠、关中杰、张元栋、贺敬、史立勤、张梅、莫尔兵、唐建芳、张坤、李建立、滕卫军、李春彦、苗风麟。

引 言

IEC 61400-27 系列标准给出了用于风力发电的标准动态电气仿真模型的相关要求。IEC 61400-27-1 给出了风力发电机组建模和模型验证程序。IEC 61400-27-2 将会给出风电场模型和模型验证程序。本标准等同采用 IEC 61400-27-1。

风力发电在电力系统中渗透率的不断增长意味着输电系统运营商(TSO)和配电系统运营商(DSO)需要使用风力发电的动态模型进行电力系统稳定性研究。风力发电机组制造商搭建的模型能够模拟设备的详细特性,但是并不适用于大规模风电接入电力系统的稳定性分析。首先因为详细的制造商专有模型不仅会导致复杂性的增加并会进一步导致极长的仿真运算时间,而且还需要大量的输入数据才能搭建一个具体风力发电机组型号模型。

本标准的目的是给出可用于电力系统稳定分析的通用动态模型。IEEE/CIGRE 工作组针对稳定性术语和定义将电力系统稳定进行了归类,如图 1 所示。

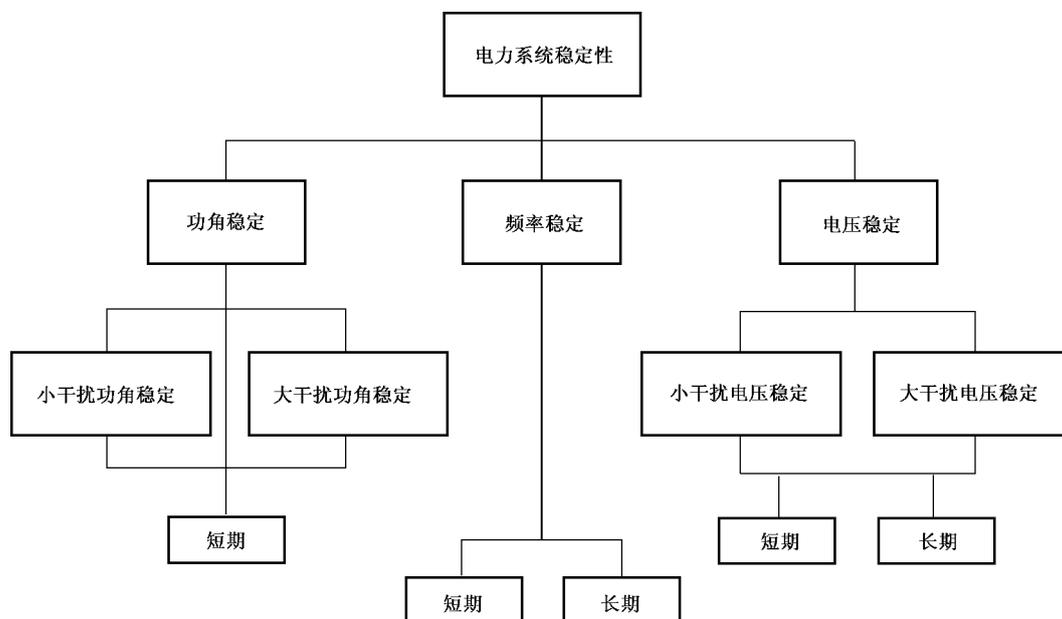


图 1 IEEE/CIGRE 稳定性术语和定义联合工作组关于电力系统稳定的分类(© IEEE 2004)

基于上述分类,风力发电机组模型不仅适用于风电大扰动短时电压稳定问题的研究,而且同样适用于其他动态短时问题的研究,例如功角稳定、频率稳定、小干扰电压稳定。因此,该模型适用于电力系统事件的动态仿真,例如在标准范围中描述的短路(低电压穿越)、发电或负荷损失、系统的一个同步区域解列为多个同步区域。

该模型应足以模拟风力发电机组输出端的动态特性,但是同时适用于大规模电网的仿真研究。因此简化的风力发电机组模型需要能够模拟已知风力发电机组技术的典型响应。

本标准的电气仿真模型规范针对风力发电机组基波正序模型¹⁾,有以下局限性:

- 模型不适用于长期稳定性分析。
- 模型不适用于次同步相互作用研究。
- 模型不适用于由风速在时间和空间上的变化激发的波动研究,即模型不涵盖湍流、塔影、风切

1) 本标准涵盖对称和非对称故障,但是对于非对称故障只给出正序分量相关要求。

变、尾流。

- 模型不适用于谐波、闪变或其他 IEC 61400 系列标准中电磁兼容(EMC)扰动的问题研究。
- 模型未直接包含特征值计算²⁾(对小信号稳定)。
- 模型只适用于风力发电机组,因此不包括风电场的控制和其他设备(例如 SVC、STATCOM)和其他 IEC 61400-27-2 涉及的设备。IEC 61400-27-2 给出了风力发电机组模型与风电场控制器的接口模型。
- 本标准不涵盖短路计算的要求。
- 模型不适用于极弱系统的研究,包括风力发电机组在无其他同步发电机并网的孤岛情况。
- 模型受限于 5.2 中的技术要求。

本标准的模型验证规范针对标准模型和其他基波风力发电机组模型,有以下局限性:

- 模型验证程序不给出模型准确度的要求,只给出度量模型准确度的方法³⁾。
- 模型验证程序不给出测量程序,因为该程序由 IEC 61400-21 给出。
- 模型验证不试图去判断并网导则、电能质量或国家法规的符合性。
- 测量程序中的误差限制了模型验证的合理准确度。
- 模型验证程序不涵盖稳态验证,只侧重于模型动态特性的验证。

下述利益相关方是本标准模型的潜在用户:

- TSO 和 DSO 是模型的最终用户,用以进行规划和调度运行中的电力系统稳定分析。
- 风电场业主在风电场并网试运行前一般被要求向 TSO 和/或 DSO 提供风电场的仿真模型。
- 风力发电机组制造商一般将向所有者提供风力发电机组模型。
- 电力系统仿真工具软件的开发将使用本标准在软件库中建立标准风力发电机组仿真模型。
- 认证机构独立地对风力发电机组仿真模型进行模型验证。
- 教育和研究团体也能获益于通用模型,因为制造商专有模型一般是保密的。

本标准还给出了下列附录:

- 附录 A(资料性附录)模型验证文档。
- 附录 B(规范性附录)合理模型精度限制。
- 附录 C(规范性附录)数字式二阶临界阻尼低通滤波器。
- 附录 D(资料性附录)简化风电场模型。
- 附录 E(资料性附录)二维气动模型。
- 附录 F(资料性附录)不同软件环境下的模型通用软件接口。
- 附录 G(规范性附录)块符号库。

2) 这些风力发电系统具有强非线性,并且在建模过程中对提出的模型进行了简化。因此,基于这些简化模型的特征值线性化分析是不重要和不合适的。

3) 第 6 章规定了大量模型准确度的度量方法。具体方法的重要性取决于电网类型和稳定性分析类型。附录 B 描述了模型准确度的合理限值。

风力发电机组 电气仿真模型

1 范围

本标准规定了风力发电机组标准电气仿真模型。IEC 61400-27 规定了风力发电机组和风电场的标准电气仿真模型。该仿真模型是应用于电力系统稳定性分析的时域正序仿真模型。模型适用于电力系统短时稳定性的动态仿真。IEC 61400-27 包括电气仿真模型的模型验证程序。IEC 61400-21 中对测试的规定是本标准模型验证的基础。

IEC 61400-27 由下述范围内的两个部分组成：

- 本标准规定现有市场上通用风力发电机组拓扑、概念和配置的动态仿真模型。本标准定义通用术语和参数，目的是规定风力发电机组并网端口处的电气特征。模型通过模块化方式描述，能适用于未来风力发电机组概念。动态仿真模型的参考点为风力发电机组输出端。本标准中规定的模型验证程序侧重于 IEC 61400-21 中对电压跌落、参考点变化、电网保护的响应测试。
- IEC 61400-27-2 规定现有市场上通用风电场拓扑和配置的动态仿真模型，包括风电场控制和辅助设备。此外 IEC 61400-27-2 规定未来风电场技术的建模方法。风电场模型采用本标准规定的风力发电机组模型。

IEC 61400-27 规定的电气仿真模型独立于任何软件仿真工具。

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。

IEC 60050 电工术语(International electrotechnical vocabulary)

IEC 61400-21 风力发电机组 第 21 部分：风力发电机组电能质量测量和评估方法(Wind turbines—Part 21: Measurement and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines)

3 术语和定义、缩略语、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

可用气动功率 available aerodynamic power

计及风速、功率等级、转子速度限制和桨距角约束的最大可用功率。

3.1.2

通用模型 generic model

通过修改模型参数可以适用于不同风力发电机组或风电场仿真的模型。

3.1.3

积分时间步长 integration time step

模型微分方程两个连续数值解之间的仿真时间间隔。