

风电场电气仿真模型建模及验证规程

目 次

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 风电场电气仿真模型.....	2
6 风电场电磁暂态仿真模型验证.....	8
7 风电场机电暂态仿真模型验证.....	15
附录 A（资料性） 静止无功发生器（SVG）控制程序封装流程.....	19
附录 B（资料性） 静止无功发生器（SVG）典型结构化控制模块.....	20
附录 C（资料性） 风电机组/静止无功发生器/风电场阻抗特性标幺化计算方法.....	24
附录 D（资料性） 风电机组仿真模型故障穿越特性验证工况.....	25
附录 E（资料性） 电压瞬时模值计算方法.....	26
附录 F（资料性） 静止无功发生器（SVG）仿真模型故障穿越模型验证工况.....	27
附录 G（资料性） 风电场仿真模型故障穿越特性验证工况.....	28
附录 H（资料性） 风电机组/静止无功发生器/风电场机电暂态仿真模型验证故障过程分区.....	29
附录 I（资料性） 模型验证的偏差计算方法.....	30

风电场电气仿真模型建模及验证规程

1 范围

本文件规定了风电场电气仿真模型的建模要求、模型验证内容与步骤。

本文件适用于通过 110（66）kV 及以上电压等级线路与电力系统连接的风电场电气仿真模型建模。对于通过其他电压等级与电力系统连接的风电场，可参照执行。

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 19963.1 风电场接入电力系统技术规定 第1部分：陆上风电

GB/T 19963.2 风电场接入电力系统技术规定 第2部分：海上风电

GB/T 36995 风力发电机组故障电压穿越能力测试规程

NB/T 31066 风电机组电气仿真模型建模导则

NB/T 31053 风电机组电气仿真模型验证规程

NB/T 10316 风电场动态无功补偿装置并网性能测试规范

NB/T 10651 风电场阻抗特性评估技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

风电场 wind farm

由一批风电机组或风电机组群（包括机组单元变压器）、汇集线路、主升压变压器及其他设备组成的发电站。

3.2

风电场有功功率 active power of wind farm

风电场输入到并网点的有功功率。

3.3

风电场无功功率 reactive power of wind farm

风电场输入到并网点的无功功率。

3.4

风电场功率汇集系统 power collection system of wind farm

风电场内包括汇集线路、无功补偿装置和升压主变压器在内的风电场功率送出系统。

3.5

阻抗特性 impedance characteristics

在风电机组或风电场并网点注入小信号电压扰动与产生的对应频率的电流响应之间的比值，用于

描述风电机组或风电场的小信号动态特性。

[来源:NB/T 10651—2021, 3.2]

1 总体要求

1.1 电气仿真模型要求

1.1.1 风电场电气仿真模型应根据风电场实际电气结构和参数建立。

1.1.2 风电场电气仿真模型包括电磁暂态仿真模型和机电暂态仿真模型，分别适用于电力系统电磁暂态过程和机电暂态过程的仿真与分析。

1.1.3 风电场电气仿真模型可分为详细模型和等值模型，详细模型宜用于分析风电机组和汇集系统等对风电场并网点电气特性的影响，等值模型宜用于分析风电场接入对电力系统的影响。

1.2 电气仿真模型验证要求

1.2.1 风电场电气仿真模型验证应至少包括风电机组模型、静止无功发生器（SVG，Static Var Generator）模型，以及风电场等值模型的验证。

1.2.2 用于风电机组、静止无功发生器（SVG）模型验证的测试数据来源应为试验数据。针对现场实际电网环境的特性验证，可根据电网运行调度部门的要求，采用控制硬件在环仿真数据或现场运行数据作为补充数据用于仿真模型验证。

1.2.3 用于风电场等值模型验证的测试数据来源宜为风电场并网测试数据、现场运行数据和基于详细模型的仿真数据，采用的详细模型中的风电机组模型、静止无功发生器（SVG）模型应为经过模型验证的仿真模型。

1.2.4 风电机组模型验证宜采用风电机组变压器低压侧数据进行，静止无功发生器（SVG）模型验证宜采用装置端口数据进行，风电场模型验证宜采用风电场主变高压侧数据进行。

1.2.5 用于偏差计算的仿真和测试数据应为标么值数据，功率基准值为风电机组、静止无功发生器（SVG）和风电场的额定有功功率，电流基准值为测量点额定电流，电压基准值为测量点额定电压。

2 风电场电气仿真模型

2.1 风电场电气仿真模型结构

2.1.1 风电场典型组成

风电场电气仿真模型应涵盖风电机组、无功补偿装置、汇集系统（汇集线路和升压变压器）、功率控制与保护系统等，典型组成结构如图 1 所示。

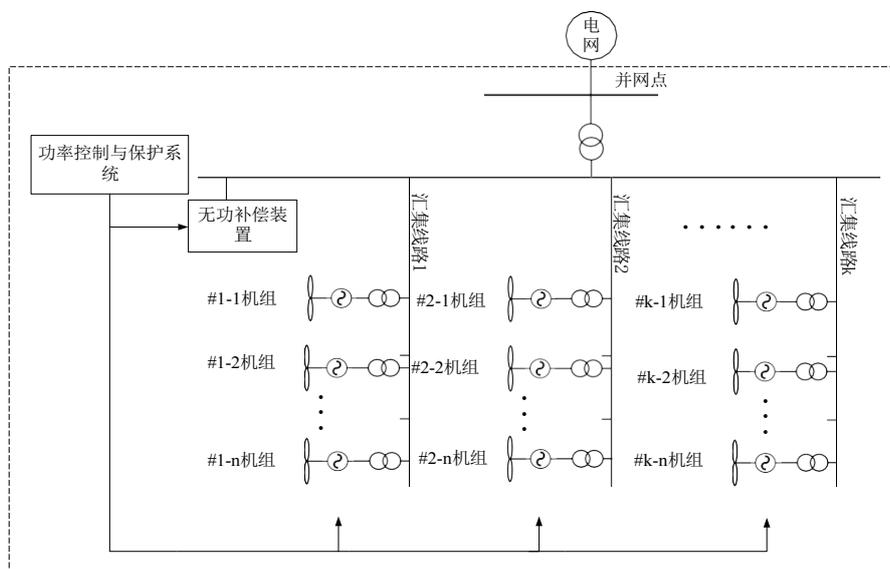
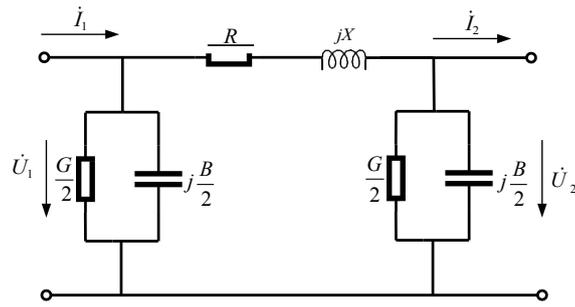


图 1 风电场典型组成结构

2.1.2 风电场汇集系统模型

2.1.2.1 汇集线路模型

风电场汇集用的电缆和架空线路可采用如图 2 所示 π 型等值电路模型。对于较长的汇集线路，可采用分布参数模型。模型应准确填写线路正、负、零序参数及线路长度。



说明：

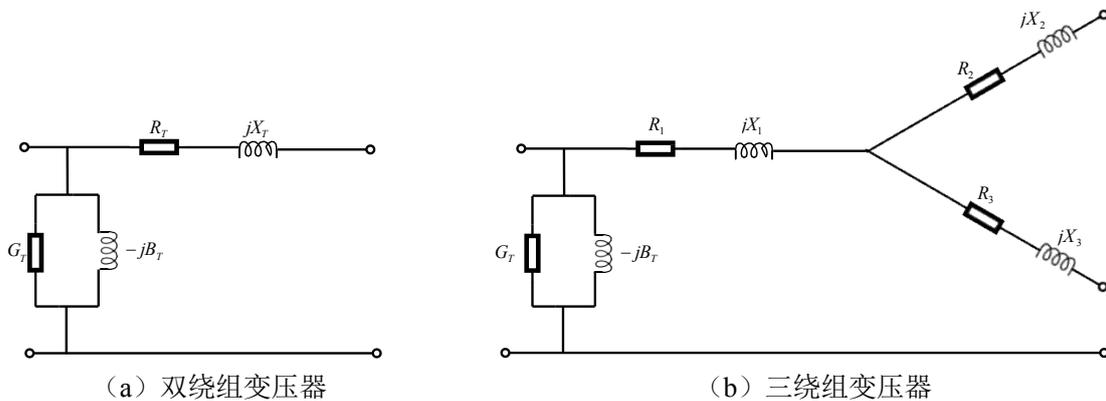
R 、 X ——为线路电阻和电抗；

G 、 B ——为线路电导和电纳。

图 2 汇集线路模型

5.1.2.1 升压变压器模型

风电机组和风电场的升压变压器模型可采用图 3 所示结构。升压变压器模型应准确填写变压器正、负、零序参数。



说明：

G_T 、 B_T ——双绕组/三绕组变压器电导和电纳；

R_T 、 X_T ——为双绕组变压器电阻和电抗；

R_1 、 X_1 ——为三绕组变压器一次侧电阻和电抗；

R_2 、 X_2 ——为三绕组变压器二次侧电阻和电抗；

R_3 、 X_3 ——为三绕组变压器三次侧电阻和电抗。

图 3 升压变压器模型

2.1.3 风电场功率控制系统模型

风电场有功控制系统模型应包含风电场有功需求整定模块和有功功率分配模块，无功控制系统模型应包含无功需求整定模块和无功功率分配模块，可参考图 4 并结合实际风电场有功和无功控制策略建模。

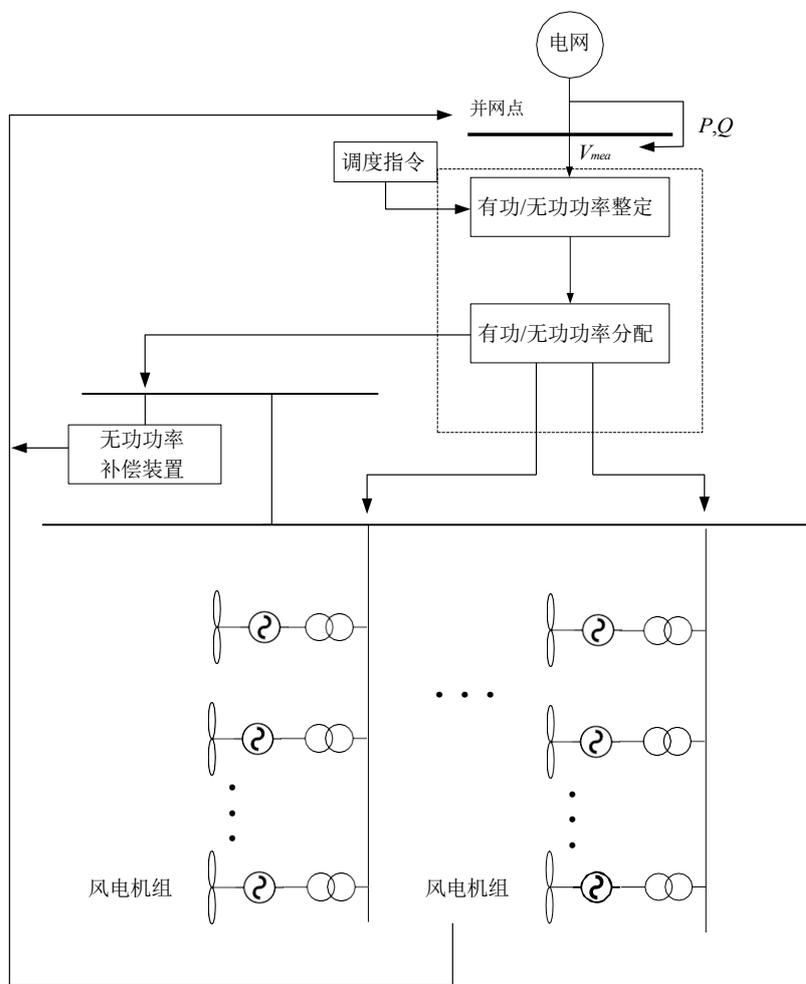


图 4 风电场功率控制系统模型

说明：

V_{mea} ——并网点电压测量值；

V_{ref} ——并网点电压参考值；

P ——并网点有功测量值；

Q ——并网点无功测量值。

2.1.4 风电场保护系统模型

风电场保护系统模型应反映继电保护特性，涵盖风电机组、升压变压器、无功补偿装置、场内汇集线路等配备的继电保护策略和整定值。

2.2 风电场电磁暂态仿真模型

2.2.1 一般要求

2.2.1.1 风电场电磁暂态仿真模型应能正确反映稳态运行和故障下风电场并网点的交流瞬时量响应特性。

2.2.1.2 风电场电磁暂态仿真模型的仿真步长应 $\leq 50\mu s$ 。

2.2.2 风电机组电磁暂态仿真模型

风电机组电磁暂态仿真模型可采用控制硬件在环仿真模型、控制程序封装数字仿真模型和控制模块开放数字仿真模型，模型结构、功能和接口应满足 NB/T 31066 的要求。

2.2.3 无功补偿装置电磁暂态仿真模型

2.2.3.1 静止无功补偿器（SVC）、并联电容器、同步调相机等类型的无功补偿装置宜采用能反映其实际电气主电路和参数的数字仿真模型。

2.2.3.2 静止无功发生器（SVG）电磁暂态仿真模型可采用控制硬件在环仿真模型、控制程序封装数字仿真模型和控制模块开放数字仿真模型。

2.2.3.3 静止无功发生器（SVG）控制硬件在环仿真模型

a) 模型结构

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/548102031066007005>