

ICS 27.100
F 07
备案号: 50772-2015

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1023 — 2015
代替 DL/T 1023 — 2006

变电站仿真机技术规范

Technical specification for substation simulator

2015-07-01 发布

2015-12-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 术语和定义 1

3 仿真机构成要素 2

4 仿真机技术要求 3

5 仿真机性能指标 6

6 仿真机测试 7

7 资料 8

附录 A（规范性附录） 变电站仿真机典型故障、异常仿真要求 9

附录 B（规范性附录） 变电站仿真机模型技术要求 13

附录 C（规范性附录） 变电站仿真机应用资料要求 16

附录 D（规范性附录） 变电站仿真机开发资料要求 18

前 言

本标准代替 DL/T 1023—2006 《变电站仿真机技术规范》。

本标准与 DL/T 1023—2006 相比主要变化如下：

- 对原标准仿真机构成要素进行了修改（见第 3 章）；
- 对仿真范围进行了修改、补充、完善，增加了变电站的一/二次设备、通信方式、监控系统等内容（见 4.3）；
- 对原标准的故障仿真要求进行了补充完善（见附录 D）。

本标准由中国电力企业联合会提出并归口。

本标准起草单位：中国电力企业联合会技能鉴定与教育培训中心、国网电力科学研究院、北京四方继保自动化股份有限公司、保定华仿科技有限公司。

本标准主要起草人：林昌年、徐贵光、张荣、徐纯毅。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- DL/T 1023—2006。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

变电站仿真机技术规范

1 范围

本标准规定了用于培训变电站运行人员的变电站仿真机的构成要素、基本技术要求、性能指标、测试及资料等要求。

本标准适用于各种变电站仿真机的设计、开发和使用。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

2.1

模型 model

对真实世界过程、概念或系统的结构、行为等某些方面特性的理想化的近似表达。

2.2

物理模型 physical model

用物理相似的方法建立的模型。

2.3

数学模型 mathematical model

用数学符号和关系式表达的模型。

2.4

仿真 simulation

建立物理模型和/或建立数学模型，使其与真实世界过程、概念或系统在相同受控输入下的特性相象的过程。

2.5

仿真对象 simulation object

被仿真的真实世界过程、概念或系统。

2.6

环境仿真 environmental simulation

对自然及人造环境的仿真。

2.7

物理仿真 physical simulation

使用物理模型对仿真对象的仿真。

2.8

数字仿真 digital simulation

使用数字计算机和数学模型软件对仿真对象的仿真。

2.9

模拟仿真 analogue simulation

使用模拟计算机和/或模拟电路对仿真对象的仿真。

2.10

逼真度 fidelity

物理模型和/或数学模型与仿真对象在特征、特性方面的相似程度。

2.11

实时仿真 real-time simulation

仿真过程中，在任一实际时间段内表达仿真对象相同时间段的特性。

2.12

仿真系统 simulation system

利用仿真技术对仿真对象的特征、特性或其他方面进行理想化近似表达的系统。

2.13

仿真机 simulator

以运行技能培训为目的，利用仿真技术对仿真对象的特征、特性进行理想化近似表达的仿真系统装置。

2.14

参考变电站 reference substation

仿真针对的特定变电站。

2.15

仿真计算机 simulation computer

用于实施仿真的数字计算机。

2.16

培训环境 training environment

受训人员接受培训时所处的环境。

2.17

屏盘设备 panel instrumentation

仿真机或参考变电站的屏盘，包括屏盘所安装的仪器仪表设备。

2.18

激励式仿真 stimulation

在仿真机中采用了与参考变电站相同的全部或部分实际设备的仿真方式。

2.19

外部参数 external parameter

参考变电站仿真范围内部系统与外部系统相关联的一组参数。

3 仿真机构成要素

3.1 仿真机硬件构成

3.1.1 培训环境

包括仿真控制室屏盘设备和/或计算机控制系统操作员站、屏幕显示装置，以及仿真的参考变电站通信系统、控制室声响、控制室照明、环境温度、天气状况、噪声等。

3.1.2 主计算机

指高性能数字计算机及其外围设备，用以完成参考变电站仿真模型的实时运算和仿真系统功能的实现。在分布式仿真系统中可以采用多台数字计算机完成主计算机功能。

3.1.3 教练员站

至少应包括一台显示设备和操作设备，也可配置摄像机、打印机和其他附加设备，用于控制仿真机运行、实现培训功能、监视与评价受训人员操作。

3.1.4 仿真操作员站

包括显示器和操作设备。仿真操作员站仿真参考变电站综合自动化系统的操作员站功能。

3.1.5 就地操作站

包括显示器和操作设备，也可设计成模拟控制盘的形式。就地操作站用于实现在参考变电站控制室以外进行操作、巡视的仿真。

3.1.6 网络设备

指计算机通信网络设备，用于实现仿真系统计算机间的数据通信和交换。

3.1.7 输入/输出接口

指由模拟、数字转换电路构成的设备，用于实现仿真计算机与屏盘仪表设备系统的数据转换和通信。

3.2 仿真机软件

3.2.1 变电站及其相关电网模型软件

指对参考变电站及其相关电网正常、非正常、事故和操作进行连续仿真的软件，可以正确反映参考变电站及其相关电网的动态、静态特性。

3.2.2 仿真操作员站仿真软件

指对参考变电站操作员站的显示和操作功能进行仿真的软件。

3.2.3 就地操作站软件

指对参考变电站控制室外就地操作、巡视功能进行仿真的软件。

3.2.4 教练员站软件

指为教练员提供仿真机控制、培训支持和监视功能的软件。

3.2.5 仿真支撑软件

指支持进行仿真模型软件和其他仿真应用软件的设计、开发、调试、维护、修改、运行和数据库管理的软件。

3.2.6 环境仿真软件

指对参考变电站的屏盘设备、通信系统、环境温度、天气状况、噪声、灯光等效果进行仿真的软件。

3.2.7 操作系统

指计算机操作系统及实用软件。

3.2.8 诊断和测试软件

主要包括在线或离线诊断仿真装置硬件故障的诊断软件，提供帮助检查或维护系统和设备的诊断程序。

3.3 工具与文档

3.3.1 工具

指维护仿真机软、硬件必备的工具。

3.3.2 文档

包括所有软件和硬件资料，以便于仿真机的运行、维护与升级。

4 仿真机技术要求

4.1 仿真范围

4.1.1 变电站一次设备

包括主变压器、断路器、隔离开关、接地设备、互感器、电容器、电抗器、阻波器、组合电器(GIS/HGIS)、母线、接地变压器、消弧线圈、避雷器、耦合电容器、站用变压器、智能电子设备等一次设备及其附属操动控制机构。

4.1.2 变电站二次设备及自动化系统

包括控制屏、中央信号屏、保护及自动装置屏、测控屏、录波器屏、交直流屏、“五防”[防止误分、合断路器；防止带电挂（合）接地线（接地开关）；防止带接地线（接地开关）合断路器（隔离开关）；防止误入带电间隔]系统、变电站自动化系统、智能电子设备以及其他装置组屏等。

4.1.3 仿真变电站相关电网

仿真变电站相关电网可采用虚拟电网、简化电网或实际电网。无论采用哪种类型的电网，都应正确反映电网和变电站相互作用、相互影响的关系。

4.2 基本功能

4.2.1 设备显示

设备显示是变电站仿真机的基本功能，用于监视变电站设备及通信网络设备运行状态，能够显示变电站各种设备的运行参数、信号，并且显示的内容和方式与参考变电站基本一致。

4.2.2 设备操作

设备操作是变电站仿真机的基本功能，可以仿真变电站运行中的各种可操作设备的操作，并且可以采用多种操作方式（如远方、就地、遥控等），操作后的结果与参考变电站一致。

4.2.3 设备巡视

设备巡视是变电站仿真机的基本功能，可以仿真参考变电站中各种设备的正常、异常和缺陷情况，可以支持受训人员对设备的巡视。

4.2.4 故障、异常仿真

4.2.4.1 故障仿真

变电站仿真机应具有完整的故障仿真模型，仿真机对故障的动态响应与参考变电站在故障时的动态响应基本一致，或与运行经验以及工程分析得到的结果相符合，其差异不影响培训效果。仿真的故障应包括由仿真运算结果自然引发的故障、受训人员误操作引发的故障或教练员设置的故障。

对于可由操作员处理的参考变电站故障，在仿真机上受训人员正确处理故障可使仿真变电站恢复到正常状态，也可能由于处理不当引起事故扩大，与参考变电站反应一致或相像，其差异不影响培训效果。

4.2.4.2 异常仿真

变电站仿真机应具有完整的异常仿真模型。异常仿真分两种情况：一种是在运行中自然发生的，如变压器过负荷、变压器油温超过允许值、电源消失等；另一种是需要设置的，如变压器漏油、变压器匝间轻微短路、电压互感器断线等。设备异常发生时，将引发相应告警信号，相应画面、监视仪表反应和处理结果与参考变电站一致或相像，其差异不影响培训效果。

变电站仿真机典型故障、异常仿真要求见附录 A。

4.3 培训环境仿真要求

4.3.1 屏盘仿真

屏盘设备可以是真实设备，也可以是物理仿真或软件仿真。

无论采用何种形式的屏盘设备，都应提供培训所必需的仪表、信号、光字、警报等，便于受训人员监视；用于受训人员操作的控制开关、切换开关、按钮、连接片和熔断器等的操作方式应与参考变电站一致。屏盘设备在形状、颜色和功能上尽量与参考变电站保持一致，其差异不应影响培训效果。

对于二次设备的仿真，运行人员关注的操作与显示应与参考变电站一致。

4.3.2 一次设备及其辅助设备仿真

仿真一次设备包括变电站一次设备及其辅助设备，既可是真实设备，也可是物理仿真或软件仿真。

无论采用何种形式的一次设备及其辅助设备，其外观、运行状态、操作方式和功能尽量与参考变电站保持一致，其差异不应影响培训效果。

4.3.3 变电站自动化系统仿真

仿真变电站自动化系统可是真实的变电站自动化系统，也可是仿真的变电站自动化系统，其人机界面和监视、控制功能尽量与参考变电站保持一致，其差异不应影响培训效果。

4.3.4 控制室环境仿真

仿真控制室环境要从实际出发，其中的设施布局尽量与参考变电站保持一致，教练员站的布置方式不应干扰培训过程。

4.4 教练员站培训功能要求

4.4.1 初始运行方式

仿真机可以保存仿真变电站及其相关电网多个稳态运行方式的数据，教练员可根据需要选择任一运行方式的数据作为仿真机运行的初始条件。教练员启动仿真机时可以选择所需的运行方式进行培训。仿真机运行中，可以将任一时刻的运行状态存为初始条件，以供将来使用。

4.4.2 仿真机控制功能

- a) 恢复初态：可以返回到初始状态。
- b) 事件记录：将仿真过程中的仿真操作和仿真过程中发生的报警等所有事件均按时间顺序记录，记录的内容应满足对仿真培训效果分析的需要。
- c) 超控：直接控制仿真机中的设备状态和监控数据。
- d) 快存：在培训过程中可快速存储任一时刻的特定工况。
- e) 培训监控：在培训中，可以监视学员的操作过程和结果。
- f) 状态检查：检查仿真变电站断路器、隔离开关的初始位置，对状态的正确与否予以提示。
- g) 重演：将仿真运行工况返回到已经历过的某一快存点，并可自该工况开始将经历过的仿真过程自动重新演示，自动演示过程可随时终止。

4.4.3 故障与异常设置

在培训过程中，教练员应能方便地加入和解除仿真机已设计的仿真故障、异常和设备缺陷。

4.4.4 相关电网操作和外部参数设置

- a) 相关电网操作：在教练员站上可以对仿真变电站相关电网进行操作。
- b) 外部参数设置：在教练员站上可以设置和更改如环境温度、天气状况、发电机组出力等外部参数。

4.5 仿真机硬件要求

4.5.1 仿真屏盘

按本标准 4.3 的要求。

4.5.2 仿真计算机系统

仿真计算机系统包括仿真计算机、网络及其相关外围设备。在满足本标准规定的仿真功能以及逼真度的条件下，仿真计算机系统应满足以下要求：

- a) 仿真计算机的 CPU 负荷率在正常状态下任意 5min 内小于 35%，任意 10s 内小于 50%；
- b) 有 50%以上的冗余内、外存空间；
- c) 网络负荷率在正常状态下任意 5min 内小于 35%，任意 10s 内小于 55%。

4.5.3 输入/输出接口系统

输入/输出接口系统应采用商业化的通用组件，其接口符合国际、国内相关标准要求，并且能满足规范规定的仿真性能指标。

4.6 仿真机软件技术要求

4.6.1 基本技术要求

除计算机操作系统、随机系统软件和输入/输出接口中的软件外，仿真系统所有软件均应使用计算机高级语言或仿真语言编制。软件的开发应遵循软件工程的思想和方法，应有详细文档资料，具有可追溯性和可维护性。

4.6.2 系统软件

操作系统、商用数据库系统应选用符合国际标准要求的产品。

4.6.3 仿真支撑软件

- a) 具有支撑仿真应用软件的开发、维护、修改和调试功能；
- b) 具有支撑仿真应用软件的实时运行功能；

- c) 具有支撑仿真应用的建模功能;
- d) 具有仿真数据库管理功能;
- e) 具有支撑仿真应用人机界面生成与管理功能。

4.6.4 模型软件

- a) 变电站模型软件主要仿真以下内容: 变电站一/二次设备人机交互、一次设备及其辅助设备、量测系统、控制及信号系统、站用直流系统、站用交流系统、继电保护与自动装置、通信网络系统、“五防”系统、变电站自动化系统。变电站仿真软件的功能应满足本标准 4.2 的要求。
- b) 电网模型软件应能正确反映变电站和电网相互作用、相互影响的关系。电网仿真软件能实现以下功能: 倒闸操作、网络拓扑计算、潮流计算、机电暂态过程计算、故障计算和继电保护与自动装置动作行为仿真。
- c) 变电站模型和电网模型应能接受所有的培训操作输入, 并计算产生所有参考变电站和相关电网中供监视、控制和其他用途的仿真计算数据输出。
- d) 变电站模型和电网模型软件应使仿真机的静态特性和动态特性与参考变电站和相关电网相同或相似, 其差异不应影响培训效果。静态特性应满足本标准 5.1 的要求, 动态特性应满足本标准 5.2 的要求。

模型技术要求见附录 B。

4.6.5 仿真操作员站软件

仿真操作员站软件应能够实现仿真变电站的综合自动化监控系统的功能。

4.6.6 就地操作站软件

就地操作站软件应能够实现与运行相关的就地操作、巡视的仿真。

4.6.7 教练员站软件

教练员站软件应具有变电站仿真机运行管理、培训控制、培训评估功能。

4.6.8 诊断测试软件

诊断测试软件应具有对变电站仿真机屏盘设备及输入/输出接口的检查、诊断功能, 为维护提供方便。

5 仿真机性能指标

5.1 静态运行指标

- a) 静态运行时, 仿真系统的计算稳定, 潮流收敛精度小于 0.001 (标么值)。
- b) 控制屏盘上显示的参数值为计算值叠加了仪表误差, 仿真机的仿真仪表误差不应大于参考变电站相应的仪表、变送器及有关仪表系统的累积误差。
- c) 在相同的系统参数、相同的运行方式、相同的输入条件情况下, 与仿真变电站运行有关的非关键参数的计算值, 与参考变电站相应参数相比, 其偏差小于测量仪表量程 $\pm 10\%$, 应不影响培训; 与仿真变电站运行有关的关键参数的计算值, 与参考变电站相应参数相比, 其偏差小于测量仪表量程 $\pm 0.5\%$ 。典型关键参数如下:
 - 1) 系统频率;
 - 2) 母线电压;
 - 3) 负荷的有功功率、无功功率;
 - 4) 线路的有功功率、无功功率;
 - 5) 变压器各侧的有功功率、无功功率、电流;
 - 6) 电容、电抗支路的无功功率、电流。

关键运行参数的计算值之间的关系应符合能量守恒和基尔霍夫定律。

5.2 动态运行指标

动态运行包括各种大小扰动、非正常运行、故障等工况;

- a) 各参数的动态变化符合机电暂态过程分析结果，不违反物理定律；
- b) 模型与算法具有良好的收敛性，暂态计算步长应能保证数值稳定；
- c) 保护和自动装置的动作与参考变电站一致；
- d) 仿真变电站扰动和故障现象与参考变电站基本一致。

5.3 实时性指标

仿真操作及得到的响应应满足：

- a) 对屏盘控制开关、按钮、切换开关等设备的操作而产生的状态指示灯或表计的响应时间不大于 0.5s，应不影响培训效果；
- b) 对仿真变电站自动化系统的操作及屏幕响应时间与参考变电站自动化系统相应的响应时间基本一致。

5.4 系统可靠性指标

仿真操作的系统可靠性应满足：

- a) 仿真计算机平均无故障时间（MTBF）大于 4320h；
- b) 输入/输出接口系统平均无故障时间（MTBF）大于 2160h；
- c) 仿真机系统连续稳定运行时间不小于 72h。

6 仿真机测试

6.1 硬件系统测试

仿真机硬件系统测试的范围包括：

- a) 仿真屏盘及设备的性能、功能及物理过程逼真度；
- b) 主计算机硬件系统的配置及性能；
- c) 其他计算机硬件系统的配置及性能；
- d) 输入/输出接口系统的配置及性能；
- e) 网络设备的配置及性能；
- f) 环境仿真系统的配置、性能及逼真度；
- g) 打印机、显示设备的配置及性能。

6.2 软件系统测试

仿真机软件系统测试的范围包括：

- a) 模型软件测试：
 - 1) 模型仿真范围的完整性；
 - 2) 模型的稳定性；
 - 3) 相关电网在各种操作时的动、静态特性；
 - 4) 模型在各种故障及故障处理时的动、静态特性；
 - 5) 模型运算的实时性。
- b) 仿真操作员站仿真软件测试：
 - 1) 画面的完整性和正确性；
 - 2) 画面的逼真度及数据的刷新率；
 - 3) 操作响应的实时性。
- c) 就地操作员站仿真软件测试：
 - 1) 画面的完整性和正确性；
 - 2) 操作响应的实时性。
- d) 教练员站软件测试：
 - 1) 教练员站的控制、监视功能；

- 2) 教练员站的故障设置和消除功能;
 - 3) 相关电网操作和外部参数设置功能。
 - e) 支撑软件测试:
 - 1) 模型的建立、修改、调试、运行、监视、数据库管理、人机界面生成与管理功能;
 - 2) 仿真机功能的建立和修改功能。
 - f) 诊断测试软件测试: 诊断测试软件功能的完整性和正确性。
 - g) 操作系统检查:
 - 1) 操作系统版本;
 - 2) 计算机编程语言及其他实用软件。
- 6.3 可靠性测试
- 包括仿真机可靠性指标的统计和检验。
- 7 资料
- 7.1 基本要求
- 资料是变电站仿真机的重要组成部分, 应满足用户技术人员对仿真机进行安装、运行和维护的需要以及仿真机开发的需要。资料应主要用中文编写, 部分进口设备的随机资料可用原文提供。
- 7.2 变电站仿真机应用资料
- 变电站仿真机应用资料要求见附录 C。
- 7.3 变电站仿真机开发资料
- 变电站仿真机开发资料要求见附录 D。

附录 A
(规范性附录)

变电站仿真机典型故障、异常仿真要求

A.1 基本要求

不同类型和用途的变电站仿真机，对其典型故障、异常仿真的要求可以有所不同。

变电站仿真机应具有完整的故障、异常类型。典型故障的类型应包括由仿真运算结果自然引发的故障、受训人员误操作引发的故障或教练员设置的故障。典型异常的类型应包括教练员设置的异常和仿真变电站在运行中自然发生的异常。故障、异常发生时，将引发相应告警信号，相应画面、设备显示、监视仪表反应和处理结果应与参考变电站一致。

A.2 变电站典型故障、异常

A.2.1 断路器本体及其相关故障、异常

- a) 断路器拒动；
- b) 断路器误动；
- c) 断路器合在有故障的线路或母线上；
- d) 断路器非全相；
- e) 断路器辅助触点异常；
- f) 断路器操动机构故障、异常；
- g) 断路器控制回路故障、异常；
- h) 断路器本体设备异常。

A.2.2 隔离开关本体及其相关故障、异常

- a) 带负荷拉、合隔离开关；
- b) 用隔离开关拉空载变压器励磁电流；
- c) 用隔离开关拉高压长线空载电容电流；
- d) 用隔离开关拉小电流接地系统的接地电流；
- e) 带接地设备合隔离开关；
- f) 隔离开关分、合不到位；
- g) 隔离开关辅助触点异常；
- h) 隔离开关设备本体异常；
- i) 隔离开关操动机构的故障、异常。

A.2.3 接地设备本体及其相关故障、异常

- a) 带电合接地设备；
- b) 接地设备本体异常。

A.2.4 变压器本体及其相关故障、异常

- a) 变压器油箱内故障；
- b) 变压器油箱外故障；
- c) 变压器过负荷；
- d) 变压器油温过高；
- e) 变压器油面降低；
- f) 变压器过励磁；

- g) 变压器调压机构故障、异常；
- h) 变压器冷却系统故障、异常；
- i) 变压器差流端子切换错误导致的故障；
- j) 变压器本体设备异常；
- k) 变压器辅助设备异常。

A.2.5 母线故障、异常

- a) 母线短路；
- b) 母线接地；
- c) 母线设备异常。

A.2.6 线路故障、异常

- a) 短路；
- b) 接地；
- c) 断线；
- d) 非有效接地系统的转换型故障；
- e) 非有效接地系统的不同相别两点接地；
- f) 线路设备异常。

A.2.7 电容器故障、异常

- a) 内部故障；
- b) 外部故障；
- c) 过电压；
- d) 过电流；
- e) 低电压；
- f) 失电压；
- g) 电容器设备异常。

A.2.8 电抗器故障、异常

- a) 单相接地；
- b) 相间短路；
- c) 匝间短路；
- d) 油浸式电抗器的油位下降；
- e) 油浸式电抗器的油温过高；
- f) 电抗器设备异常。

A.2.9 继电保护及自动装置故障

- a) 装置失电压；
- b) 继电保护、自动装置拒动；
- c) 继电保护、自动装置误动；
- d) 继电保护、自动装置设备异常。

A.2.10 其他装置故障、异常

- a) 装置运行故障、异常；
- b) 装置设备异常。

注：其他装置包括小电流接地选线装置、消弧线圈自动跟踪补偿装置等。

A.2.11 直流系统故障、异常

- a) 整流装置故障；
- b) 直流系统监察装置故障；

- c) 蓄电池故障;
- d) 直流系统正、负极接地故障;
- e) 直流系统失电压;
- f) 直流系统熔丝熔断;
- g) 交流串入直流回路等。

A.2.12 站用电系统故障、异常

- a) 站用变压器故障、异常;
- b) 站用电系统短路、接地故障;
- c) 站用电系统失电压;
- d) 站用电系统熔丝熔断;
- e) 站用电系统空气开关误跳。

A.2.13 电压回路故障、异常

- a) 电压互感器二次回路短路、断线;
- b) 二次回路熔丝熔断;
- c) 电压互感器切换回路故障;
- d) 电压互感器设备异常。

A.2.14 电流回路故障、异常

- a) 电流互感器二次回路开路、短路;
- b) 电流互感器设备异常。

A.2.15 智能电子设备故障、异常

- a) 设备失电压;
- b) 采样值异常;
- c) 对时信号异常;
- d) 通信中断。

A.2.16 其他故障及异常

- a) 保护死区发生的故障;
- b) 保护重叠区发生的故障;
- c) 全站失电压;
- d) 铁磁谐振。

A.3 相关电网典型故障、异常

- a) 线路、母线、变压器等一次设备的接地、短路、断线故障;
- b) 断路器拒动;
- c) 继电保护、自动装置拒动;
- d) 系统振荡;
- e) 系统解列;
- f) 系统频率异常;
- g) 系统电压异常。

A.4 变电站自动化系统典型故障、异常

- a) 遥测系统故障;
- b) 遥信系统故障;
- c) 遥调系统故障;

- d) 遥控系统故障;
- e) 系统时钟异常;
- f) 变电站数据异常;
- g) 变电站数据不刷新。

A.5 复合故障

以上各种故障异常情况可以任意组合构成各种复杂的复合故障。

附录 B
(规范性附录)
变电站仿真机模型技术要求

B.1 基本要求

变电站仿真机的仿真模型应包括变电站一/二次设备的设备模型、自动化系统模型和电网模型，并且满足以下要求：

- a) 要能正确反映变电站和相关电网相互作用、相互影响的关系，可以正确描述变电站在电网中的地位；
- b) 电网和变电站模型应能正确反映电力系统故障后电压与频率的变化；
- c) 变电站一/二次设备的设备模型的详细程度应满足执行倒闸操作、事故处理和设备巡视的全部步骤；
- d) 模型与算法应有良好的收敛性，尤其是在严重故障或大扰动情况下，应收敛于合理的解；
- e) 模型与算法要有足够的实时响应速度。

B.2 变电站模型**B.2.1 一次设备**

- a) 变压器模型；
- b) 断路器模型；
- c) 断路器操动机构模型；
- d) 隔离开关模型；
- e) 隔离开关操动机构模型；
- f) 接地设备模型；
- g) 母线模型；
- h) 线路模型；
- i) 电容器模型；
- j) 电抗器模型；
- k) 站用变压器模型；
- l) 接地变压器模型；
- m) 消弧线圈模型；
- n) 避雷器模型；
- o) 电压互感器模型；
- p) 电流互感器模型；
- q) 阻波器模型；
- r) 智能电子设备模型。

B.2.2 二次设备

- a) 站用直流系统模型；
- b) 站用交流系统模型；
- c) 量测系统模型；
- d) 控制及信号系统模型；
- e) 断路器控制系统模型；

- f) 通信设备及网络模型;
- g) 变压器冷却系统模型;
- h) “五防”系统模型;
- i) 同期合闸装置模型;
- j) 中央信号系统模型;
- k) 继电保护装置模型;
- l) 自动装置模型;
- m) 故障录波器模型。

B.3 变电站自动化系统模型

B.3.1 画面显示功能

- a) 变电站主接线图的显示;
- b) 实时数据的显示;
- c) 断路器及隔离开关变位告警的显示;
- d) 越限告警的显示;
- e) 曲线及棒图的显示;
- f) 事故推画面的显示。

B.3.2 数据处理功能

- a) 实时数据的处理;
- b) 事件顺序记录;
- c) 断路器及隔离开关变位的处理。

B.3.3 控制功能

- a) 断路器及部分隔离开关的合闸、分闸;
- b) 变压器有载调压开关分接头的升、降、急停。

B.3.4 告警功能

- a) 声响告警;
- b) 语音告警;
- c) 字符提示告警;
- d) 画面闪烁告警。

B.3.5 查阅功能

- a) 事故信息查阅;
- b) 异常信息查阅;
- c) 变位信息查阅;
- d) 越限信息查阅;
- e) 告知信息查阅。

B.3.6 报表及打印功能

- a) 实时报表、日报表等报表及其打印;
- b) 画面打印;
- c) 曲线及棒图打印。

B.4 电网模型

- a) 网络模型:
 - 1) 交流线路: 采用 Π 型回路。

- 2) HVDC 直流输电线模型：应根据仿真要求建立直流输电系统的稳态模型。稳态模型只计及换流器与控制系统的稳态特性，能模拟不同运行方式、控制模式下的运行状况。
 - 3) 变压器模型：采用 Π 型等值电路。
 - 4) 电抗器模型：用一接地支路来模拟，其电抗值为正值。
 - 5) 电容器模型：用一接地支路来模拟，其电抗值为负值。
 - 6) 断路器模型：线路断路器、变压器断路器、发电机断路器、负荷断路器、母线或旁路断路器等模型。
 - 7) 隔离开关模型：母线隔离开关、线路隔离开关、旁路隔离开关等模型。
 - 8) 接地设备模型：断路器母线侧接地设备、断路器线路侧接地设备、线路接地设备、中性点接地设备、母线接地设备等模型。
 - 9) 网络拓扑模型：可以根据各隔离开关与断路器的实际开合状态来判断各母线与线路的连通状况，提供潮流计算所需的网络结构。
- b) 电源模型：提供从经典模型到五阶派克（Park）方程描述的发电机模型供用户选择。
- c) 负荷模型：能反映电压和频率变化时对负荷的影响。

附 录 C
(规范性附录)
变电站仿真机应用资料要求

C.1 教练员资料

教练员资料应充分满足教练员理解和掌握仿真机的仿真功能和各种培训功能的需要。

- a) 仿真机用户手册：
 - 1) 仿真机概述；
 - 2) 仿真变电站的主接线、一/二次设备配置等基本情况介绍；
 - 3) 仿真变电站自动化系统介绍；
 - 4) 仿真相关电网介绍；
 - 5) 仿真变电站一次设备操作使用说明；
 - 6) 仿真变电站二次设备操作使用说明；
 - 7) 变电站自动化系统操作使用说明。
- b) 教练员手册：
 - 1) 仿真机软、硬件系统及功能的总体概述；
 - 2) 仿真机系统配置和运行管理；
 - 3) 教练员台各种功能使用说明；
 - 4) 仿真机故障和异常的处理方法。

C.2 软件资料

软件资料应满足用户软件技术人员对仿真机进行软件维护和修改的需要。

- a) 计算机厂家随机软件手册：提供完整的相关软件手册。
- b) 仿真机软件维护参考手册：
 - 1) 软件系统配置说明书；
 - 2) 仿真开发支撑系统说明书；
 - 3) 建模环境及流程说明书。

C.3 硬件资料

硬件资料应充分满足硬件维护人员维护、修改、查找硬件故障的需要。由于硬件配置方案存在较大差别，凡方案涉及下列资料内容的，应按以下要求提供：

- a) 计算机系统硬件资料：
 - 1) 计算机厂家随机硬件资料；
 - 2) 网络连接图。
- b) 计算机外围设备手册及使用说明书（如打印机、投影仪等）。
- c) 输入/输出接口系统硬件资料：
 - 1) 接口系统布置图；
 - 2) 输入/输出接口输入/输出清单。
- d) 屏盘硬件资料：
 - 1) 盘面布置图；
 - 2) 屏盘仪表清册；

- 3) 屏盘操作设备清册;
- 4) 屏盘指示设备清册;
- 5) 屏盘接线图;
- 6) 端子排标识清单;
- 7) 直流电源设备说明书;
- 8) 直流电源系统接线图。
- e) 硬件系统诊断软件应用说明书。
- f) 配电系统资料:
 - 1) 控制室电源接线图;
 - 2) 配电柜布置及接线图;
 - 3) 控制室电源设备规范及材料清单;
 - 4) 不间断电源 (UPS) 说明书;
 - 5) 控制室电源布线图。
- g) 环境仿真设备资料。
- h) 备品备件清单。
- i) 维修工具清单。
- j) 硬件设备交付清单。

附 录 D
(规范性附录)
变电站仿真机开发资料要求

D.1 基本要求

不同类型和用途的变电站仿真机，其建设所需要的资料在广度和深度上有所不同，但基本都由变电站资料、变电站自动化系统资料、电网资料三部分组成。对于常规变电站仿真机，不需要考虑变电站自动化系统资料。

D.2 变电站资料

D.2.1 一次设备资料

- a) 变电站电气主接线图；
- b) 一次设备布置图；
- c) 一次设备及其辅助设备、操动机构图纸；
- d) 一次设备及其辅助设备、操动机构的元件照片；
- e) 一次设备说明书；
- f) 一次设备的辅助设备、操动机构说明书；
- g) 一次设备及其辅助设备、操动机构的操作录像；
- h) 一次设备巡视点；
- i) 智能电子设备说明书。

D.2.2 二次设备资料

- a) 主控制室布置图；
- b) 控制屏的屏面及屏后布置图、照片；
- c) 中央信号屏的屏面及屏后布置图、照片；
- d) 直流屏的屏面及屏后布置图、照片；
- e) 交流屏的屏面及屏后布置图、照片；
- f) 继电保护及自动装置屏的屏面及屏后布置图、照片；
- g) 测控及远动屏的屏面及屏后布置图、照片；
- h) “五防”屏（包括模拟屏）的屏面布置图、照片；
- i) 电流互感器（TA）布置图和保护配置图；
- j) 控制回路逻辑展开图；
- k) 中央信号逻辑展开图；
- l) 继电保护、自动装置定值单；
- m) 继电保护、自动装置逻辑图；
- n) 继电保护、自动装置说明书；
- o) 交直流系统配置图、逻辑图；
- p) 交直流系统装置说明书；
- q) “五防”系统说明书；
- r) 测控及远动系统配置图、逻辑图；
- s) 测控及远动装置说明书；
- t) 数字化变电站网络结构。

D.2.3 运行资料

- a) 变电站运行规程;
- b) 变电站设备巡视规程;
- c) 典型操作票;
- d) 典型事故现象和处理步骤。

D.3 变电站自动化系统资料

- a) 变电站自动化系统技术说明书;
- b) 变电站自动化系统使用说明书;
- c) 主控制条和人机界面图片;
- d) 人机界面的菜单及其功能;
- e) 遥信、遥测、遥控表。
- f) 数字化变电站虚端子连接;
- g) 数字化变电站时钟信号线 (SCL) 配置文件。

D.4 相关电网资料

- a) 相关电网中的变电站、发电厂主接线图 (包括各仿真变电站);
 - b) 相关电网的潮流计算数据和稳定计算数据;
 - c) 相关电网的继电保护和安全自动装置定值;
 - d) 相关电网调控自动化系统技术说明书;
 - e) 相关电网调控自动化系统使用说明书。
-

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
变电站仿真机技术规范

DL/T 1023—2015

代替 DL/T 1023—2006

*

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京博图彩色印刷有限公司印刷

*

2016年2月第一版 2016年2月北京第一次印刷

880毫米×1230毫米 16开本 1.5印张 39千字

印数 0001—1000册

*

统一书号 155123·2768 定价 13.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

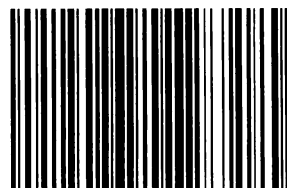
版权专有 翻印必究



中国电力出版社官方微信



掌上电力书屋



155123.2768

上架建议：电力工程