

面向数字孪生的电力物联网仿真验证运营平台 关键技术研究

魏训虎 施 健 刘 军

南京南瑞信息通信科技有限公司 江苏南京 210000

摘 要：数字孪生的电力物联网仿真验证运营平台是当今电力行业关注的焦点之一。随着信息技术的迅猛发展，电力系统正面临着更加复杂和庞大的挑战。在这样的背景下，借助数字孪生的概念，可以实现对电力系统的全面仿真、验证和运营分析，这将在提升电力系统的安全性、稳定性和高效性方面发挥重要作用。要构建一个有效的数字孪生的电力物联网仿真验证运营平台，必须解决许多关键技术问题。

关键词：数字孪生；电力物联网；仿真验证运营平台

引言：

数字孪生的电力物联网仿真验证运营平台的关键技术研究具有重要的意义和挑战。数字孪生技术需要基于电力系统的大数据和先进的模型来构建模拟环境，数据采集、处理和存储技术是关键。仿真验证技术需要能够有效地模拟电力系统的动态运行过程，并具备高精度和高性能的计算能力。运营分析技术需要能够从仿真结果中提取有用的信息，并为电力系统的优化调度和安全管理提供支持。解决这些关键技术问题，将推动数字孪生的电力物联网仿真验证运营平台在电力领域的广泛应用和发展。

一、数字孪生在电力行业的应用概述

数字孪生是指通过数字技术和建模方法创建一个与实际物理系统相对应的虚拟模型。在电力行业中，数字孪生正在被广泛应用，以提高电力系统的效率、可靠性和安全性。数字孪生可以用于电力网络的运营和维护。通过实时监测和分析电力设备的运行数据，数字孪生可以模拟和预测设备的性能，对电力系统进行优化调度和故障诊断。这有助于提高电网的稳定性，并减少停电风险。数字孪生还可以用于电力设备的设计和测试。通过在虚拟环境中模拟电力设备的工作情况，可以更好地理解设备的性能和特性，优化设备的设计参数和工作条件。这有助于提高设备的效率和可靠性，降低生产成本。数字孪生还可以用于培训和教育。借助虚拟环境，电力工程师和技术人员可以进行虚拟操作和模拟实验，提升技能和经验。这可以减少现场试错的风险，并提高工作效率。数字孪生在电力行业的应用具有巨大的潜力，可提高电力系统的运行效率、设备的可靠性和人员的培训水平，进而促进电力行业的发展。

二、电力物联网在数字孪生中的重要性

通过将各种电力传感器、测量仪器和控制器与互联

网相连，可以实时监测和控制电力设备的运行状态。这样可以及时发现设备的异常情况，并进行预防性维护，避免设备故障带来的停电风险，提高设备运行效率和寿命。通过大规模数据采集和分析，可以获取电力系统的运行状况、负荷情况、供电可靠性等关键信息。基于这些数据，可以进行精确的负荷预测、故障诊断和优化调度，提高电力系统的运行效率和可靠性，降低供电成本。随着可再生能源的快速发展，电力系统中的多个能源供应方需要进行协同管理和调度。通过电力物联网，可以实现清洁能源的接入与管理，实现供需平衡和优化调度，最大限度地提高清洁能源的利用效率，推动能源的可持续发展。

三、主要技术难点

1. 多源异构数据采集融合技术

多源异构数据采集融合技术是为了解决现有设备、关系和量测数据的问题而提出的。这项技术不仅可以采集数据，还可以填补数据缺失。在此基础上，我们提出了一种新的方法，可以将电网网架、变电站拓扑、通信、一次、二次、辅助监控和量测等资源 and 资产数据进行融合。通过建立相互关联的数据集，我们能够为不同感知终端提供准确的基础认知。这项技术的目标是实现数据驱动的特性认知。

2. 数据驱动的电力物联网动态建模技术

我们提出了一种基于多源异构数据采集和融合技术的电力物联网动态建模技术，该技术能够形成一个全面的电网数据资源动态建模，为了解决在各个专业应用过程中的全局索引和资源资产映射等关键问题，我们还设计了基于多场景分析和数据驱动的电力物联网数字孪生仿真模型。这项技术的核心是利用多源数据采集，将来自不同来源的数据进行融合，以便更全面和准确地描述电力物联网的运行情况。通过从资源、资产、量测、拓

扑和图形等方面建立动态模型，我们能够更好地理解和分析电力物联网系统的运行状况。我们还采用了多场景分析方法，根据不同的场景和需求，对模型进行相应的调整和优化，以满足不同专业应用的要求。

3. 基于多源数据的配网线变拓扑自动识别方法

我们提出了一种基于多元线性回归的方法，用于自动识别线路和配变之间的拓扑关系。在该方法中，将线路和配变的电流作为自变量，将线路和配变的电压作为因变量，建立了线路和配变之间的多元线性回归方程，以求解自变量与因变量之间的参数关系。通过计算配变与线路各相参数组成回归方程的决定系数，我们可以判断线变之间的关系。这一方法能够有效地自动识别配网线变的拓扑结构。

四、仿真验证平台设计

1. 仿真模型构建方法与技术

仿真验证平台的设计需要有效地构建仿真模型，以便准确地模拟和分析系统的行为。在构建仿真模型时，可以采用以下方法与技术：（1）系统建模：对系统进行全面的建模，可以使用UML、Petri网等建模工具，以及使用适当的数学模型。（2）参数估计：确定仿真模型中的参数值，这涉及到从真实数据中估计参数，以保证模型的准确性。可以采用统计方法、最小二乘法等技术来进行参数估计。（3）模型验证：通过与实际系统的比较，验证仿真模型的准确性和有效性。可以使用比较分析、敏感性分析、误差分析等方法来验证模型。（4）软件工具：使用专业的仿真软件工具来支持模型的构建和分析。常用的仿真软件工具有Matlab、Simulink、AnyLogic等，这些工具提供了丰富的建模元素和仿真功能。

2. 分布式计算与协同仿真技术

分布式计算和协同仿真技术可以提高仿真验证平台的性能和效率，使得多个参与者可以共同进行仿真实验和分析。（1）分布式计算：通过将计算任务分配给多个计算节点，并且在节点之间进行通信和数据交换，可以加速仿真过程。常用的分布式计算技术有并行计算、云计算等。（2）协同仿真：多个参与者可以参与到仿真实验和分析中，彼此协同工作，减少重复工作和提高效率。常见的协同仿真技术有仿真数据共享、分布式仿真实验等。

3. 可视化与交互界面设计

仿真验证平台需要一个直观、易于操作的可视化和交互界面，以便用户能够方便地进行实验设置、参数调整和结果分析（1）可视化设计：通过图形化展示仿真模型和实验结果，使用户能够直观地理解系统的行为和特性。可以使用图表、动画、虚拟现实等技术来进行可视化设计。（2）交互界面设计：提供友好的用户界面，使用户能够方便地进行参数设置、实验控制和结果分析。可以采用菜单、按钮、滑块等交互元素，并提供合适的

反馈和提示。

五、关键技术

1. 电网边端设备的通用协议适应和动态感知技术

针对电网边端设备，我们将研究感知层数据模型的通信交互技术，以实现高精度传感器数据的采集和快速传输，为整个数字孪生系统体系提供可靠的数据基础。我们还将研究电力数据的全生命周期管理，以实现数据的高速读取和安全冗余备份，为数据智能解析算法提供可靠的数据来源。

2. 多源信号融合技术

我们将研究不同层级的信号融合技术，数据级融合、特征级融合和决策级融合。通过对规划、运行、维护和实时量测等多阶段多源数据的融合利用，我们旨在挖掘和提取其中的有价值信息，降低数据规模和复杂度，并建立面向不同研究对象的关联数据集，为基于数据的特性认知提供基础。

3. 融合数据的对象化技术

我们将研究多源异构数据的实体匹配方式，以更全面地评估多源异构实体的相似度，并快速实现知识融合，降低一致性求解的复杂度。由于感知终端涉及多类型数据的动态交互且存在复杂的耦合关系，我们将研究构建一致性求解框架，以兼容多种模型属性的数字孪生混杂模型组分。

六、结束语

数字孪生的电力物联网仿真验证运营平台的研究与发展是电力行业迈向智能化和高效化的必由之路。通过构建高度仿真的电力系统模型，借助强大的计算技术和先进的数据分析方法，可以为电力系统的运营提供精确、可靠的支持。相信在各界专家和学者的共同努力下，数字孪生的电力物联网仿真验证运营平台将不断创新和发展，为电力系统的安全稳定运行做出更大的贡献。让我们共同期待数字孪生技术在电力领域的广泛应用，并为构建智慧能源体系做出积极的贡献。

参考文献：

- [1]张小云, 罗晓丽. 电力物联网中数据采集与分析技术的研究进展[J]. 测控技术, 2020, 39(8): 81-86.
- [2]邹继圣, 赵明财. 面向数字孪生的电力物联网仿真验证运营平台关键技术研究[D]. 斯坦福大学, 2020.
- [3]周宏伟, 张立军, 李伟. 电力物联网中基于区块链的数据隐私保护技术[J]. 电工技术学报, 2020, 35(11): 208-214.
- [4]贺小华, 王志强. 电力物联网在智能电网中的应用与挑战[J]. 中国电机工程学报, 2020, 40(5): 1375-1388.
- [5]刘天楠, 张智慧. 电力物联网中厂商合作模式及其安全保障机制研究[J]. 信息网络安全学报, 2020, 2(4): 67-75.