

# Simulation and Optimization of Electric Power System

Liang Tian Pengfei Zheng

State Grid Hanzhong Power Supply Company, Hanzhong, Shaanxi, 723000, China

## Abstract

This paper discusses the key technologies and optimization methods for the construction of a new power system. In the background of the expanding scale of new energy grid connection, the traditional optimization method based on physical model is difficult to meet the demand of real-time and rapid solution. Therefore, we introduce deep reinforcement learning (DRL) as a data-driven method that can adaptively learn scheduling strategies and make decisions in real time. We analyze the advantages and disadvantages of various DRL algorithms in the new power system dispatching decision problem, and look into the future research direction. Power system is the blood of economic and social development, and the construction of new energy power system is crucial to promoting the revolution of energy production and consumption.

## Keywords

new power system; power system simulation; deep reinforcement learning; new energy power generation

## 电力系统仿真与优化

田良 郑鹏飞

国网汉中供电公司, 中国·陕西汉中 723000

## 摘要

论文探讨了构建新型电力系统的关键技术和优化方法。在新能源并网规模不断扩大的背景下,传统基于物理模型的优化方法难以满足实时快速求解的需求。因此,我们介绍了深度强化学习(DRL)作为一种数据驱动的方法,可以自适应地学习调度策略并实时决策。我们分析了各类DRL算法在新型电力系统调度决策问题中的优势与劣势,并展望了未来的研究方向。电力系统是经济社会发展的血脉,而新能源电力系统的建设对于推动能源生产和消费革命至关重要。

## 关键词

新型电力系统; 电力系统仿真; 深度强化学习; 新能源发电

## 1 引言

在“双碳”目标的背景下,构建新型电力系统成为一项复杂而艰巨的任务。论文将探讨如何科学合理地设计新型电力系统建设路径,降低传统能源比重,以实现清洁低碳、安全充裕、经济高效的目标。

## 2 电力系统仿真

电力系统仿真在理解、分析和优化电力系统行为方面起着至关重要的作用。它涉及创建数学模型,以代表电网的物理组件,并使用这些模型在不同条件下模拟系统的响应。在本章中,将深入探讨电力系统仿真的概念、其重要性以及成功实施所需的技术要求。

### 2.1 电力系统仿真是通过计算模型模拟电力系统的运行行为

#### 2.1.1 利用虚拟现实技术进行仿真

虚拟现实(VR)技术在电力系统仿真中发挥着重要作用。

【作者简介】田良(1990-),男,中国陕西汉中,本科,工程师,从事供电企业、电力安全生产研究。

用。通过VR,工程师可以在三维环境中可视化电力系统,更直观地理解其复杂性。例如,VR可以展示电力在输电线路中的流动、节点电压的分布以及扰动对系统稳定性的影响。通过沉浸式的虚拟环境,VR增强了用户对电力系统动态特性的理解。

#### 2.1.2 实时仿真与实际系统响应速度相同

实时仿真是电力系统分析的关键环节。与离线仿真使用历史数据不同,实时仿真与实际系统同步运行。仿真时间步骤与系统响应时间相匹配,使工程师能够观察瞬态现象、故障事件和控制动作。为了实现实时仿真,需要使用高性能计算平台,如多核CPU或FPGA。

## 2.2 技术要求

在电力系统仿真中,技术要求对于准确模拟和分析系统行为至关重要。以下是关于电力系统仿真技术要求的详细讨论。

#### 2.2.1 数字仿真模型响应速度

仿真模型的响应速度对于实时仿真和准确性至关重要。以下是一些关键方面:

①模型复杂性：仿真模型应该足够详细，以捕捉电力系统各个组件的动态特性。然而，过于复杂的模型可能导致计算时间过长，不适用于实时仿真。因此，需要权衡模型的复杂性和响应速度。②数值方法：选择合适的数值方法对于模型的响应速度至关重要。例如，隐式数值方法可以提高稳定性，但可能导致计算时间增加。工程师需要根据具体情况选择合适的数值方法。③并行计算：利用多核 CPU 或 FPGA 等硬件资源进行并行计算可以显著提高仿真模型的响应速度。并行计算技术允许同时处理多个计算任务，从而加速仿真过程。

### 2.2.2 多核 CPU 或 FPGA 硬件运算

①多核 CPU：多核 CPU 具有多个处理单元，可以同时执行多个任务。在电力系统仿真中，使用多核 CPU 可以加速计算过程，特别是在处理大规模系统模型时。② FPGA：FPGA（现场可编程门阵列）是一种可编程硬件，可以根据需要重新配置。在电力系统仿真中，FPGA 可以用于加速特定计算任务，例如数字保护算法或实时控制。

选择适当的硬件资源对于实现高效的电力系统仿真至关重要。工程师需要根据仿真模型的复杂性、实时性要求和可用的资源来权衡这些技术要求。数字仿真模型的响应速度和硬件运算能力是电力系统仿真成功的关键因素，对于优化电网性能和应对不确定性具有重要意义。

## 2.3 软件应用

在电力系统仿真与优化领域，有几款强大的软件工具可供使用，让我们深入了解这些应用程序。

### 2.3.1 Digsilent

Digsilent 是一款广泛应用于电力系统仿真的软件。它在以下方面表现出色：

①微电网仿真：微电网是一个小型电力系统，通常包括分布式能源资源（如太阳能电池板、风力涡轮机）以及储能设备。Digsilent 可用于模拟微电网的运行和性能。工程师可以创建发电机、变压器和负荷的详细模型，同时考虑稳态和动态行为。通过微电网仿真，我们可以评估微电网的稳定性、可靠性和性能。②新能源发电：随着可再生能源的快速发展，电力系统中的新能源发电成为一个关键领域。Digsilent 可用于建立太阳能、风能、水能等新能源发电设备的模型，并模拟其与传统电力系统的交互。这有助于优化新能源的集成和系统运行。③配电网可靠性：配电网是将电力从输电网传送到终端用户的关键环节。Digsilent 可用于模拟配电网的运行和可靠性。工程师可以分析不同故障情况下的电力分布、电压稳定性和负荷响应。

### 2.3.2 ETAP

ETAP 是一款全面的电气仿真软件，具有以下特点：

①电气模拟仿真：ETAP 可用于模拟电力系统的各个方面，包括潮流分析、短路计算、稳态和暂态稳定性评估。工程师可以使用 ETAP 创建复杂的电力系统模型，并分析其性

能。②电力系统在线监测：ETAP 支持与实际电力系统的实时数据交换。它可以与现场设备（如保护继电器、自动化装置）通信，实时监测系统状态并进行故障诊断。

### 2.3.3 SimuNPS

SimuNPS 是一款专注于新型电力系统建模和仿真的软件。以下是它的特点：新型电力系统建模：SimuNPS 可用于创建新一代电力系统的详细模型。它支持包括风力涡轮机、光伏板、储能系统和电动汽车在内的新能源设备的建模。通过 SimuNPS，工程师可以研究新型电力系统的动态特性和稳定性。

## 3 电力系统优化

### 3.1 人工智能技术的应用

人工智能技术在新型电力系统的优化运行和控制中发挥着关键作用。通过利用新一代人工智能和信息通信技术，我们可以提供决策支持，实现电力系统各要素之间的协同控制和优化配置。智慧电力的建设可以通过智能化的调度和优化算法，实现电力资源的最优配置和调度，从而提高能源利用效率。这些技术将推动电力系统向更智能、更高效的方向发展。

### 3.2 研究内容与方法

电力系统优化的研究领域涵盖了广泛的内容，旨在提高电力系统的效率、可靠性和经济性。以下是一些关键的研究内容和方法。

#### 3.2.1 并网型微电网光储协同优化调度

①微电网：微电网是一个小型电力系统，通常由分布式能源资源（如太阳能电池板、风力涡轮机）、储能设备和负荷组成。优化微电网的运行和调度是一个关键问题。研究人员可以探讨如何协调不同能源之间的互动，以最大化系统的可靠性和经济性。②光储协同优化：光伏发电和储能系统的协同优化是另一个重要的研究方向。如何在不同天气条件下最优地利用太阳能发电和储能设备，以满足负荷需求，是一个具有挑战性的问题。

#### 3.2.2 多目标粒子群算法的电力系统分布式电源选址定容

①多目标优化：电力系统的优化通常涉及多个目标，如最小化成本、最大化可靠性和最小化环境影响。多目标粒子群算法是一种有效的优化方法，可以帮助工程师在不同目标之间找到平衡。②分布式电源选址定容：分布式电源的选址和容量规划对于电力系统的可靠性和经济性至关重要。研究人员可以使用优化算法，如粒子群算法，来确定最佳的分布式电源位置和容量。

#### 3.2.3 电力系统自动化技术的安全管理策略

网络信息安全：电力系统的数字化和智能化使其更容易受到网络攻击。研究人员可以探讨如何设计有效的网络信息安全策略，以保护电力系统免受潜在的威胁。

### 3.3 效率和成本

电力系统效率低的原因之一是设备容量利用率低，需要提高设备容量利用率和配置高效设备。此外通过实时监测和数据分析，电网管理平台有助于快速发现和解决问题，避免电力系统的故障和停电，提高供电效率和可靠性。

### 3.4 政策和规划

在构建新型电力系统的过程中，政策和规划起着至关重要的作用。国家能源局发布的《新型电力系统发展蓝皮书》详细阐述了新型电力系统的发展理念、特征和制定的发展路径。同时，我们也面临一些新问题和关键技术挑战，这些都需要得到有效的政策支持和科学规划。新型电力系统的发展理念是实现清洁低碳的能源生产和消费。这意味着我们需要减少对传统化石能源的依赖，大力发展可再生能源，如太阳能、风能和水能。新型电力系统应该具备智能化的特征，包括智能调度、智能监测和智能控制。通过数据分析和人工智能技术，我们可以更好地管理电力系统，提高效率和可靠性。

### 3.5 灵活性与可持续能源整合

电力系统的灵活性和可持续能源整合是实现清洁、高效、可靠电力供应的关键。在新能源不断涌入电网的背景下，我们需要采取措施来提高电力系统的运行灵活性，同时有效地整合可再生能源。

#### 3.5.1 提高电力系统的运行灵活性

①负荷预测与响应：准确的负荷预测是提高电力系统灵活性的基础。通过数据分析和人工智能技术，我们可以预测负荷需求的变化，从而灵活地调整发电机出力 and 输电线路的负荷分配。

②灵活的发电机调度：电力系统的发电机调度需要根据实时需求和可再生能源的波动进行灵活调整。这包括发电机出力的调整、启停操作和备用发电机的准备。

#### 3.5.2 整合可再生能源

①智能电网规划：合理规划和布局可再生能源设备对于整合可再生能源至关重要。我们需要考虑太阳能电池板、风力涡轮机等设备的位置和容量，以最大程度地利用可再生能源。

②储能系统的应用：储能系统是整合可再生能源的关键环节。通过储能系统，我们可以将多余的可再生能源存储起来，以应对不稳定的天气条件。这有助于提高电力系统的可靠性和灵活性。

#### 3.5.3 智能电力系统的未来

①数字化和智能化：未来电力系统将更加数字化和智能化。通过智能传感器、数据分析和自动化技术，我们可以实现电力系统的自动监测、故障诊断和优化调度。

②市场化发展：电力市场化发展将推动可再生能源的整合。通过建立合理的市场机制，鼓励清洁能源的发展，我们可以实现可持续能源的目标。

## 4 技术挑战与发展

电力系统的优化和发展面临着许多技术挑战和未来的发展趋势。在这一章节中，我们将探讨这些挑战和趋势，以便更好地理解电力系统的未来发展方向。

### 4.1 技术挑战

#### 4.1.1 新型电力系统仿真需求多样化

随着电力系统的不断演进，仿真需求变得越来越多样化。以下是一些相关的挑战：

微电网仿真：微电网是一个小型电力系统，通常包括分布式能源资源、储能设备和负荷。如何准确地模拟微电网的运行和性能，以满足不同场景下的需求，是一个挑战。

分布式能源集成：新能源发电设备（如太阳能电池板和风力涡轮机）的快速发展使得电力系统中的分布式能源集成成为一个关键领域。如何有效地模拟这些分布式能源的运行和相互作用，以优化系统性能，是一个挑战。

#### 4.1.2 网络信息安全

随着电力系统数字化的推进，网络信息安全变得越来越重要。如何保护电力系统免受网络攻击，确保数据的完整性和机密性，是一个挑战。

智能技术培育：智能技术（如人工智能、大数据分析 and 物联网）在电力系统中的应用越来越广泛。如何培养专业人才，使其具备智能技术的应用能力，是一个挑战。

### 4.2 发展趋势

#### 4.2.1 数字模型代替物理模型的新型仿真系统

随着计算能力的提高，数字模型在电力系统仿真中的应用将变得更加普遍。传统的物理模型需要复杂的数学建模和求解过程，而数字模型可以更快速地开展仿真。这将有助于提高仿真的精度和效率。

#### 4.2.2 高精度仿真助推新型电力系统构建

高精度仿真将有助于优化电力系统的设计和运行。例如，通过精确模拟新能源发电设备的动态特性，我们可以更好地理解其对电力系统的影响。这将有助于推动新型电力系统的构建，实现可持续发展和智能电网的目标。

新型电力系统的建设需要政策引导、技术创新和产学研深度融合。我们应该积极推动能源电力全产业链的融通发展，共同构建更加环保、可靠的电力系统。

### 参考文献

- [1] 王程,付智鑫,陈振勇,等.基于模拟仿真技术的新型电力系统性能评估与优化分析[J].集成电路应用,2024,41(1):298-299.
- [2] 崔晓丹,吴家龙,许剑冰,等.新能源高占比电力系统电磁暂态并行仿真的优化分网方法[J].电力自动化设备,2023,43(11):174-180+224.
- [3] 何芳,王文锋.仿真软件辅助优化电力系统实验教学的探讨[J].工业控制计算机,2022,35(4):158-160.