

## 智能变电站继电保护技能培训平台开发及应用

郭永鑫<sup>1</sup> 曹盛楠<sup>1</sup> 刘文斌<sup>2</sup> 郝晓明<sup>1</sup> 高洋<sup>3</sup>

1 国网吉林培训中心, 吉林 长春 130000

2 国网吉林省电力有限公司, 吉林 长春 133000

3 国网吉林省电力有限公司长春供电公司, 吉林 长春 130000

**[摘要]**电力系统作为现代社会不可或缺的基础设施之一,承担着能源传输和供应的巨大责任。在这个系统中,变电站继电保护起着至关重要的作用,它是确保电网安全运行的最后一道防线。传统的继电保护技能培训方法存在一系列问题,包括培训周期长、实际操作机会有限以及学员个性化需求难以满足等。这些问题导致继电保护专业人才在实际工作中面临较大的适应压力,降低了电力系统的整体可靠性。因此,为了适应电力系统的快速发展和提高继电保护人才的培养效果,本研究旨在开发一种创新的智能变电站继电保护技能培训平台。文章对电力系统领域的培训需求进行了分析,旨在通过引入先进的信息技术,构建一个智能、灵活、高效的培训平台。

**[关键词]**智能变电站;继电保护;培训平台

DOI: 10.33142/sca.v6i11.10506

中图分类号: TM63

文献标识码: A

## Development and Application of Intelligent Substation Relay Protection Skills Training Platform

GUO Yongxin<sup>1</sup>, CAO Shengnan<sup>1</sup>, LIU Wenbin<sup>2</sup>, HAO Xiaoming<sup>1</sup>, GAO Yang<sup>3</sup>

1 State Grid Jilin Training Center, Changchun, Jilin, 130000, China

2 State Grid Jilin Electric Power Co., Ltd., Changchun, Jilin, 133000, China

3 Changchun Power Supply Company of State Grid Jilin Electric Power Co., Ltd., Changchun, Jilin, 130000, China

**Abstract:** As one of the indispensable infrastructure in modern society, the power system bears a huge responsibility for energy transmission and supply. In this system, substation relay protection plays a crucial role and is the last line of defense to ensure the safe operation of the power grid. The traditional training methods for relay protection skills have a series of problems, including long training cycles, limited practical operation opportunities, and difficulty in meeting the personalized needs of students. These problems have led to significant adaptation pressure for relay protection professionals in practical work, reducing the overall reliability of the power system. Therefore, in order to adapt to the rapid development of the power system and improve the training effectiveness of relay protection talents, this study aims to develop an innovative intelligent substation relay protection skills training platform. The article analyzes the training needs in the field of power systems, aiming to build an intelligent, flexible, and efficient training platform by introducing advanced information technology.

**Keywords:** intelligent substation; relay protection; training platform

### 引言

电力系统作为现代社会不可或缺的关键基础设施,负责能源传输和供应,对社会经济的发展起到至关重要的支撑作用。其中,变电站继电保护是电力系统中保障运行安全和设备保护的关键组成部分。继电保护系统的主要任务是在电力系统发生故障时迅速切除故障部分,保障电力系统的安全运行。随着电力系统的不断升级和智能化发展,对继电保护专业人才的需求日益增长。

### 1 智能变电站继电保护技能培训概述

随着电力系统日益复杂化,智能变电站继电保护技能培训崭露头角。这一培训形式的兴起源于对维护人员应对电力系统故障和变电站保护系统日益复杂挑战的需求。维护人员需要具备对继电保护系统深入理解的技能,以迅速而准确地应对各种情况。智能变电站继电保护技能培训的

概述旨在深入研究培训的背景、目的,以及智能技术在此领域的应用前景。

#### 1.1 变电站继电保护技能培训

变电站继电保护技能培训是一门涵盖广泛知识领域的专业课程。从基础知识到高级技能,培训旨在使维护人员能够全面了解继电保护装置的原理、设备运行和维护。这包括对各种继电保护装置的操作、故障诊断和紧急修复的全面培训,确保维护人员在实际工作中能够胜任各种复杂的情况。

#### 1.2 智能变电站

智能变电站代表了电力系统的技术前沿,它通过引入先进的传感器、通信技术和数据分析算法,为变电站赋予了更高的自动化和智能化水平<sup>[1]</sup>。这一小节将深入研究智能变电站的特征,包括其自动化程度、数据处理能力以及

对继电保护系统性能的提升。智能变电站如何推动继电保护技能培训的发展也将在这一部分详细讨论。

### 1.3 现有培训平台和技术

现有的培训平台和技术是本研究背景的重要组成部分。通过对当前培训平台和技术回顾，我们能够评估它们在继电保护技能培训中的应用效果，并为智能变电站继电保护技能培训平台的设计提供宝贵经验。这一部分将深入探讨现有技术的优点和局限性，以及它们如何适应电力系统日益变化的需求。

## 2 智能变电站继电保护技能培训平台开发

### 2.1 平台架构设计

在智能变电站继电保护技能培训平台的开发中，平台架构设计是确保系统稳健性和可扩展性的基石。该设计通过模块划分和数据流程图的建立，以确保平台各部分协同工作，提供高效的培训环境。

#### 2.1.1 系统模块划分

平台的系统模块划分旨在确保每个模块在整个系统中有明确定义的角色，并实现高内聚低耦合的原则。其中，关键模块包括：①教学内容管理：该模块负责课程内容的组织和更新。通过高效的内容管理系统，确保学员能够便捷地访问到最新、最相关的继电保护技能培训资料。这包括文字、图形、视频等多维度的学习资源。②学员信息管理：该模块专注于维护学员的培训记录和个人信息。学员的学习历程、成绩、个性化学习路径等信息将被妥善记录，为个性化学习路径生成和实时反馈提供有力支持。③继电保护仿真引擎：这是平台的核心模块，负责模拟实际场景进行培训。通过先进的仿真算法，该引擎能够在虚拟环境中还原继电保护系统的运行情景，提供实时反馈和评估，使学员能够通过实际操作提高技能水平。④用户界面模块：该模块是学员与平台互动的主要入口，提供直观友好的操作界面。通过符合人机工程学的设计，确保学员能够轻松浏览学习资源、参与实时仿真体验，并直观地获取实时反馈。这些模块的协同工作使得平台能够以高效、有机的方式提供全面的继电保护技能培训，满足学员个性化的学习需求，并确保学习体验的一致性和流畅性。

#### 2.1.2 数据流程图

数据流程图清晰展示了平台内信息的流动和处理。首先，用户的需求和指令通过用户界面输入到系统中。这些数据随后流向教学内容管理模块，检索相应的培训内容。学员信息管理模块负责存储和更新学员的培训记录。同时，继电保护仿真引擎模块与教学内容管理模块协同工作，根据学员需求生成相应的仿真场景<sup>[2]</sup>。最终，通过用户界面模块，学员接收并参与培训，同时系统将学员的学习情况反馈至学员信息管理模块，形成良性的学习闭环。

通过明确系统模块划分和数据流程，平台架构设计旨在实现系统的高效运行和用户友好性，为后续的用户界面

设计和智能算法应用提供有力支持。

### 2.2 用户界面设计

用户界面设计是智能变电站继电保护技能培训平台中至关重要的组成部分。通过深入的用户需求分析和贴近设计原则，我们可以确保平台提供直观、友好且高效的交互体验，有助于学员更好地理解和应用培训内容。

#### 2.2.1 用户需求分析

在设计用户界面之前，进行全面的用户需求分析是关键步骤。这包括对维护人员的背景、技能水平和学习偏好的深入了解。例如，是否存在特定的培训重点、他们对仿真环境的期望以及他们的学习节奏。通过这一分析，我们能够更好地满足用户期望，提供个性化的培训体验，从而提高学习效果。

#### 2.2.2 界面设计原则

在用户界面设计中，遵循一系列设计原则对于创造直观、易用的界面至关重要。①可用性：设计应注重直观性和易用性，确保学员能够轻松找到所需的功能和信息。②一致性：维持界面元素的一致性，包括图标、按钮风格等，以降低学员的认知负担，使其更容易适应和理解界面。③反馈性：提供及时的反馈，确保学员了解其操作的结果，促进学习过程中的及时调整。④可定制性：考虑到不同维护人员的学习需求，设计一个允许用户个性化定制界面的系统，以满足不同学员的偏好和要求。⑤简洁性：精简界面，突出关键信息和功能，避免信息过载，使学员能够专注于培训核心内容。⑥导航性：提供清晰的导航路径，确保学员可以迅速找到所需的培训内容和功能。通过综合考虑用户需求和设计原则，用户界面设计旨在提供直观、易用的平台，以促进学员对智能变电站继电保护技能的高效学习和掌握。

### 2.3 智能算法应用

智能算法在智能变电站继电保护技能培训平台中的应用具有重要的意义。通过深入研究人工智能在技能培训中的潜在应用，以及在平台中的算法选择和优化，可以有效提升学员的学习效果和培训体验。

#### 2.3.1 人工智能在技能培训中的应用

人工智能在技能培训中的广泛应用为学员提供了更为个性化和高效的学习体验。通过采用智能辅助学习，系统能够根据学员的学习进度和表现调整培训内容，提供个性化的学习路径。此外，人工智能还可以模拟实际场景，创建虚拟情境以供学员实践，从而提高实际操作技能。这种个性化和实践结合的方式能够更好地满足不同学员的学习需求，增强培训效果。

#### 2.3.2 算法选择和优化

在智能变电站继电保护技能培训平台的设计中，合适的算法选择和优化是确保系统性能的关键因素。首先，需仔细考虑采用的算法类型，例如机器学习算法、深度学习

算法等,以适应培训平台的特定需求。算法的选择应基于其在模拟和学习过程中的准确性和效率。其次,通过对算法的优化,提高系统的实时性和稳定性,确保培训平台能够在不同场景下顺畅运行。优化算法还可以包括对学员表现的实时监测,以调整培训难度和内容,保持学习的流畅性。算法的优化还可通过考虑系统的可扩展性,以适应未来的技术发展和培训需求的变化。通过综合考虑算法选择和优化,确保在智能变电站继电保护技能培训平台中引入人工智能的同时,平衡了系统的性能和灵活性。总之,智能算法在智能变电站继电保护技能培训平台中的应用,不仅能够提供更个性化、高效的学习体验,还能够通过合理的算法选择和优化,保证系统在实际应用中的稳定性和可扩展性。这为培训平台的发展和学员的学习提供了全新的可能性。

### 3 智能变电站继电保护技能培训平台应用

#### 3.1 实时仿真实验

实时仿真实验是智能变电站继电保护技能培训平台的重要特色,为学员提供了一种身临其境的学习方式。通过先进的智能仿真引擎,学员可以在虚拟环境中模拟真实的继电保护场景,体验真实工作中可能面临的各种情境。使学员能够在安全的虚拟环境中进行实际操作,提高操作技能和应对复杂情境的能力。通过实时仿真,学员可以迅速应对各类挑战,巩固理论知识,并在实践中加深对继电保护系统运行原理的理解。这样的实时学习体验不仅缩短了学员从理论到实际操作的转化时间,还增加了学习的深度和实用性。实时仿真实验还为学员提供了犯错误而无风险的机会。在虚拟环境中,学员可以尝试不同的解决方案,了解错误可能导致的后果,从而在实际工作中避免类似的错误。这种实践中的学习方式提高了学员在真实场景中的应变和决策能力。

#### 3.2 个性化学习路径

智能变电站继电保护技能培训平台的独特之处在于其引入了基于人工智能的个性化学习路径,为学员提供了定制化的学习体验。通过深度分析学员的学习进度和表现,系统能够动态调整培训内容,使每位学员能够按照自身的学习节奏和需求进行学习。这种个性化学习路径的实施使学员更加主动地参与学习过程,因为他们感受到培训内容与自身水平相匹配。学员不再受制于传统线性学习路径,而是能够根据个体差异定制适合自己的学习计划。这种高度个性化的培训方式不仅提高了学员的学习效率,还使学习更加有趣和贴近实际需求。个性化学习路径同时也为学员提供了更灵活的学习选择。学员能够专注于自己感兴趣或者需要加强的领域,而无需过多关注已经掌握的知识。这种学习路径的灵活性使得学员更容易保持学习的积极性和动力,为提高继电保护技能水平创造了更为有利的学习环境。

#### 3.3 实时反馈和评估

实时反馈和评估机制是智能变电站继电保护技能培训平台的精华之一,为学员提供了关键的学习支持。通过实时监测学员的学习过程,系统能够迅速而精准地提供反馈,使学员在学习的每个阶段都能及时了解自己的表现。这一机制的实施不仅促使学员在学习中持续保持高度的参与度,也为他们提供了个性化的学习路径。学员能够通过及时的反馈了解自己的强项和待提升之处,有针对性地调整学习策略。同时,实时评估机制也为培训机构提供了有力的数据支持,以更好地了解学员的学习进度和需求。通过这个机制,学员不再感到在学习中孤立无援,而是能够得到及时的指导和鼓励。这种个性化的学习支持有助于激发学员的学习热情,提高其对培训内容的理解和掌握程度。实时反馈和评估机制因其有效性和灵活性而成为培训平台的亮点,为学员提供了更加个性化、高效的学习体验。

#### 3.4 多维度学习资源

智能变电站继电保护技能培训平台突显了多维度学习资源的重要性,为学员提供了丰富的学习体验。这一特色在培训过程中发挥了关键作用,通过不同形式的资料呈现,满足了学员的多样化学习需求。文字资料为学员提供了理论知识的基础支持,清晰解释了继电保护系统的概念和原理。图形和图表通过直观的方式呈现了复杂概念,帮助学员更容易理解抽象的技术内容。而丰富的视频资源则通过实际操作展示了继电保护系统的工作过程,为学员提供了具体的操作示范。这样的多维度学习资源不仅在形式上多样,更在内容上全面,使学员能够更全面地理解和掌握继电保护技能<sup>[3]</sup>。通过综合运用文字、图形和视频等多媒体形式,学员在学习过程中能够更容易地保持专注,提高对培训内容的理解和记忆效果。这样的学习资源设计不仅满足了学员的不同学习偏好,也提升了培训的趣味性和实用性。多维度学习资源的有机结合为智能变电站继电保护技能培训平台的成功应用提供了坚实的基础。

#### 3.5 实际场景模拟

智能变电站继电保护技能培训平台通过实际场景模拟,为学员提供了在虚拟环境中进行实际操作和决策的机会。这种模拟性质的学习体验是平台的关键亮点之一。学员能够在虚拟环境中面对真实的工作场景,模拟解决各类问题,从而提高在实际工作中的应变能力和技能水平。通过这种亲身参与的方式,学员可以更深入地理解和应用继电保护技能,增强实际操作的信心和熟练度。实际场景模拟不仅提供了学员在安全环境中进行实际操作的机会,还强化了他们在紧急情况下的冷静应对能力。这种模拟不同于传统的理论学习,而是通过真实感的虚拟场景,使学员能够更贴近实际工作中可能遇到的各种情况。通过模拟实际场景,学员将更好地理解并应用所学的继电保护技能,为他们的实际工作提供了宝贵的实践经验。这样的学习方



式既增加了培训的实用性,也提高了学员在真实工作中的适应性和应变能力。

#### 4 结语

智能变电站继电保护技能培训平台的研发和应用标志着电力系统培训领域的一次重要创新。平台提供的多维度学习资源和实际场景模拟为学员提供更为全面的学习体验,使培训更具趣味性和实用性。引入人工智能技术使得平台具备了持续发展和适应性强的特点,为电力系统维护人员的职业发展开辟了新的道路。展望未来,我们期待该平台不仅能够满足当前电力系统的培训需求,还能够与时俱进,适应电力行业的技术变革和业务挑战。通过不断创新和优化,这一智能培训平台将成为电力系统维护人员培训领域的引领者,为电力行业的可持续发展作出积极的贡献。

#### [参考文献]

- [1]方磊,谢骏,易妍,等.智能变电站继电保护技能培训平台开发及应用[J].电气工程学报,2019,14(2):43-46.
  - [2]韩林洁.具有参数适应性的直流电网功率硬件在环仿真接口算法研究[D].黑龙江:哈尔滨工业大学,2022.
  - [3]纪巍,王琪,贺鸿鹏,等.基于 VLAN 技术的二次安全防护装置调试培训平台设计[J].内蒙古电力技术,2019,37(5):79-82.
- 作者简介:郭永鑫(1987.8—),男,国网吉林培训中心,高级工程师;曹盛楠(1989.11—),女,国网吉林培训中心,工程师;刘文斌(1986.5—),男,国网吉林省电力有限公司,高级工程师;郝晓明(1994.4—),男,国网吉林培训中心,助理工程师;高洋(1986.8—),男,国网吉林省电力有限公司长春供电公司,高级工程师。