

# 光伏新能源并网对继电保护的影响

蔺敬军<sup>1</sup>, 刘海成<sup>1</sup>, 何瑞睿<sup>2</sup>, 刘东<sup>1</sup>, 蒋青<sup>1</sup>, 王杰<sup>1</sup>, 陈文博<sup>1</sup>, 包小龙<sup>1</sup>

1. 中国水利水电第一工程局有限公司, 吉林 长春 130000

2. 中国华能集团有限公司, 北京 100031

**摘 要：** 由于全球能源结构转型的不断深入，光伏新能源作为可再生能源的重要组成部分，其并网规模持续扩大，但光伏新能源的并网运行对电力系统继电保护带来了新的影响和挑战。本文旨在探讨光伏新能源并网对继电保护的具体作用及其可能带来的问题，并提出相应的解决措施。通过对光伏新能源并网特点的分析，结合继电保护的基本原理，本文详细阐述了光伏新能源并网对电流保护、电压保护、距离保护和差动保护等方面的影响，为光伏新能源的顺利并网提供了理论支持和技术参考。

**关 键 词：** 光伏新能源；并网；继电保护；影响；措施

## The Impact of Photovoltaic New Energy Grid Connection on Relay Protection

Lin Jingjun<sup>1</sup>, Liu Haicheng<sup>1</sup>, He Ruihui<sup>2</sup>, Liu Dong<sup>1</sup>, Jiang Qing<sup>1</sup>, Wang Jie<sup>1</sup>, Chen Wenbo<sup>1</sup>, Bao Xiaolong<sup>1</sup>

1. China Water Resources and Hydropower First Engineering Bureau Co., LTD. Changchun, Jilin 130000

2. China Huaneng Group Company Limited, Beijing 100031

**Abstract：** Due to the deepening of the global energy structure transformation, photovoltaic new energy as an important part of renewable energy, its grid-connected scale continues to expand, but the grid-connected operation of photovoltaic new energy has brought new impacts and challenges to the power system relay protection. The purpose of this paper is to discuss the specific role of photovoltaic new energy on the relay protection and the possible problems, and put forward the corresponding solutions. Through the analysis of the characteristics of photovoltaic new energy grid-connected, combined with the basic principle of relay protection, this paper elaborates the impact of photovoltaic new energy grid-connected on current protection, voltage protection, distance protection and differential protection, which provides theoretical support and technical reference for the smooth grid-connected photovoltaic new energy.

**Keywords：** photovoltaic new energy; connect to the grid; relay protection; influence; measure

## 引言

随着全球能源危机的加剧和环境污染问题的日益严重，可再生能源的开发利用成为解决能源问题的重要途径之一。光伏发电作为一种清洁、可再生的能源形式，得到了广泛关注和应用，然而，光伏新能源的并网运行对传统的电力系统继电保护提出了新的挑战，本文将深入探讨光伏新能源并网对继电保护的影响，并提出相应的对策和建议。

## 一、光伏新能源并网概述

### （一）光伏新能源的发展背景与现状

在全球能源转型和可持续发展的大背景下，光伏新能源作为清洁能源的重要组成部分，近年来得到了快速发展。我国政府高度重视光伏产业的发展，出台了一系列支持政策，2020年12月，国家能源局发布《关于2021年风电、光伏发电开发建设有关事项的通知》，明确提出要积极推进风电、光伏发电平价上网。在政策引导下，光伏产业呈现蓬勃发展态势。以吉林省为例，截至2023年底，全省光伏发电装机容量达到580万千瓦，同比增长

35%，其中，集中式光伏电站装机容量420万千瓦，分布式光伏装机容量160万千瓦。吉林省光伏发电产业已形成完整的产业链，从硅料、硅片、电池片到组件生产，再到系统集成和电站运营，涵盖了光伏产业的各个环节。

### （二）光伏新能源并网的技术要求

光伏新能源并网需要满足一系列技术要求，以确保电网的安全稳定运行。根据国家能源局发布的《光伏发电站并网技术规定》，光伏电站并网应具备有功功率调节能力、无功功率调节能力、电压调节能力、频率调节能力等，同时，光伏电站应具备低电压穿越能力，在电网发生故障时能够保持并网运行，不会因电

压骤降而大面积脱网<sup>[1]</sup>。此外，光伏电站还需要配备先进的预测预报系统，准确预测光伏发电出力，为电网调度提供依据，吉林省电力公司在2022年建立了全省光伏发电功率预测系统，预测精度达到85%以上，有效提高了光伏发电的可调度性和并网友好性。

### （三）光伏新能源并网的主要问题

尽管光伏新能源并网取得了显著进展，但仍面临一些挑战。首要问题是光伏发电的间歇性和波动性，这给电网的调峰调频带来了压力，吉林省地处高纬度地区，冬季光照时间短，光伏发电出力低，而夏季光照充足，发电量激增，这种季节性变化给电网运行带来了挑战。另一个问题是光伏发电的低电压穿越能力不足。在电网故障时，部分光伏电站可能会脱网，导致系统稳定性下降。此外，大规模光伏并网还会影响系统的惯性和短路电流水平，给继电保护带来新的挑战。



> 图1：光伏发电转换过程

## 二、光伏新能源并网对继电保护的具体作用

### （一）光伏新能源并网对电流保护的影响

光伏新能源并网对电流保护产生了显著影响，传统的电流保护主要依赖于故障电流的大小来判断故障，而光伏发电系统的并网改变了电网的短路电流分布，由于光伏逆变器的电流限制作用，故障电流可能会降低，导致电流保护灵敏度降低或失灵。以吉林省某110kV变电站为例，在并网15MW光伏电站后，系统短路电流降低了约10%，这种变化使得原有的过电流保护整定值不再适用，需要重新调整，同时，光伏电站的并网也可能导致电流保护的方向性判断出现误差，特别是在光照强度变化剧烈的情况下。为应对这些挑战，吉林省电力公司在2023年开展了电流保护适应性研究，提出了基于自适应算法的电流保护整定方案，有效提高了保护的可靠性和灵敏度。

### （二）光伏新能源并网对电压保护的影响

光伏新能源并网对电压保护也产生了一定影响。光伏发电系统的并网会改变电网的电压分布，特别是在大规模光伏并网的情况下，可能会导致局部电压升高，这种电压变化可能会影响电压保护的正确动作。在吉林省某220kV输电线路，由于并网了100MW光伏电站，线路末端电压在光伏出力高峰时升高了3%，这种电压升高可能会导致传统的低电压保护误动作或拒动。同时，光伏电站的低电压穿越能力也给电压保护带来了新的要求，需要在保证系统安全的同时，避免光伏电站不必要的脱网<sup>[2]</sup>。为解决这些问题，吉林省电力研究院在2023年开发了一种基于电压-时间曲线的自适应电压保护方案，该方案能够根据光伏出力 and 系统运行状态动态调整保护整定值，有效提高了电压保护的适应性。

### （三）光伏新能源并网对距离保护的影响

光伏新能源并网对距离保护的影响主要体现在测距误差和方

向判断两个方面。由于光伏发电系统的并网改变了系统的阻抗特性，传统的距离保护可能会出现测距误差，导致保护范围缩小或扩大。在吉林省某330kV输电线路，并网50MW光伏电站后，距离保护的测距误差增加了约5%，这种误差可能会导致保护的选择性下降，影响系统的安全稳定运行。此外，光伏电站的功率波动也可能导致距离保护的方向判断出现偏差，特别是在光伏出力快速变化的情况下。为应对这些挑战，吉林省电力公司在2022年引入了基于宽域测量的自适应距离保护技术，该技术利用同步相量测量单元（PMU）提供的实时数据，动态调整距离保护的整定值，显著提高了保护的准确性和可靠性。

### （四）光伏新能源并网对差动保护的影响

光伏新能源并网对差动保护的影响主要体现在保护灵敏度和稳定性两个方面。由于光伏发电系统的并网改变了系统的电流分布，可能会影响差动保护的灵敏度，同时，光伏电站的功率波动也可能导致差动保护误动作。在吉林省某500kV变压器上，并网200MW光伏电站后，差动保护的灵敏度降低了约8%，这种灵敏度降低可能会导致保护在某些轻微故障情况下无法及时动作。此外，光伏电站在云遮挡等情况下的快速功率变化，也可能导致差动保护误动作。为解决这些问题，吉林省电力公司在2023年开发了一种基于自适应门槛值的差动保护方案，该方案能够根据光伏出力 and 系统运行状态动态调整差动保护的启动门槛，有效提高了保护的适应性和可靠性。

## 三、光伏新能源并网对继电保护的措施

### （一）改进继电保护装置的配置与整定

光伏新能源并网对电力系统的影响日益显著，传统的继电保护配置和整定方法已难以满足新形势下的要求。改进继电保护装置的配置与整定成为应对这一挑战的关键措施，根据光伏电站的容量、位置及其对系统的影响，重新评估和调整继电保护的配置方案是当务之急，在保护整定方面，需充分考虑光伏电站的特性，如低电压穿越能力、功率波动特性等。合理设置保护整定值，既要保证系统安全，又要避免光伏电站不必要的脱网。吉林省电力公司在2023年开展的全省110kV及以上电压等级继电保护装置评估和优化工作就是一个典型案例，该项目共调整了3500余组保护整定值，有效提高了保护的适应性。引入自适应保护理念是改进继电保护整定的重要方向，自适应保护能够根据系统运行状态和光伏出力动态调整保护整定值，从而更好地适应光伏发电的波动特性。吉林省某330kV变电站在2022年引入的基于模糊逻辑的自适应保护系统就是一个成功案例，该系统能够根据光伏出力、负荷水平等因素实时调整保护整定值，显著提高了保护的可靠性。除了整定值的调整，保护装置的配置也需要进行相应的改进，例如，在光伏并网点增设电压和频率保护装置，以应对光伏发电导致的电压波动和频率偏差，同时，对于大型光伏电站，可考虑配置专用的光伏并网保护装置，以更好地适应光伏发电的特性<sup>[3]</sup>。在实施过程中，需要注意保护配置的协调性，光伏电站并网后，可能会改变系统的短路电流分布，影响原有的保护配合，

因此，需要重新进行保护配合计算，确保各级保护之间的协调配合。吉林省某220kV变电站在2023年并网了一座100MW光伏电站，并网后，系统短路电流水平降低，原有的过电流保护整定值不再适用，电力公司通过详细的仿真计算，重新确定了过电流保护的整定值，并引入了基于电压的自适应保护方案。新的保护方案不仅解决了短路电流降低带来的问题，还能够根据光伏出力自动调整保护特性，有效提高了保护的可靠性和灵敏度，该案例充分展示了改进继电保护配置与整定在光伏并网中的重要作用。

### （二）引入先进的继电保护技术

面对光伏新能源并网带来的挑战，引入先进的继电保护技术成为提升系统安全性和可靠性的重要手段，广域保护技术的应用为解决光伏并网导致的保护配合问题提供了新的思路。通过利用同步相量测量单元（PMU）提供的实时数据，广域保护系统能够实现更准确的故障判断和更快速的保护动作。吉林省电力公司在2023年在全省500kV电网中部署的广域保护系统是一个典型案例，该系统覆盖了15个变电站和20条输电线路，有效提高了大规模光伏并网条件下的系统保护性能。系统能够在100毫秒内准确识别并隔离故障，显著提高了系统的安全稳定水平，这一技术的应用不仅解决了传统保护在光伏并网条件下可能面临的选择性和速动性问题，还为系统的稳定控制提供了有力支持。人工智能技术在继电保护领域的应用也显示出巨大潜力，吉林省电力研究院在2022年开发的基于深度学习的故障识别算法就是一个创新性的尝试，该算法通过学习大量光伏并网条件下的故障数据，能够准确识别各种复杂故障类型，为保护决策提供有力支持，这种基于AI的保护技术不仅能够适应光伏发电的波动特性，还能够不断学习和优化，提高系统的适应性。新型测量技术的应用也为继电保护的发展提供了新的可能，例如光纤电流互感器的应用可以提高测量的准确性和可靠性，特别是在大电流和高电压环境下<sup>[4-5]</sup>。这种技术在光伏电站并网点的应用可以更准确地捕捉到光伏发电的快速变化，为保护装置提供更可靠的输入信号。

### （三）加强光伏新能源并网的监测与管理

加强光伏新能源并网的监测与管理是确保继电保护有效性的

重要措施。建立健全的光伏发电监测系统，实时掌握光伏电站的运行状态和出力情况，为继电保护的正确动作提供必要的信息支持，这不仅有助于提高系统的安全性和可靠性，还能为电网调度和运行管理提供有力的数据支撑。吉林省在2023年建立的全省光伏发电监测平台是一个典型案例，该平台实现了对全省580万千瓦光伏装机的实时监测，能够精确监测每个光伏电站的出力、电压、频率等关键参数，这些数据不仅为继电保护的整定和运行提供了可靠的支撑，还为系统的安全稳定分析提供了重要依据<sup>[6-7]</sup>。监测系统的建设应当注重数据的全面性和实时性。除了常规的电参数外，还应关注气象数据、设备状态等信息，例如，通过监测光照强度、温度、风速等气象数据，可以更准确地预测光伏发电的出力变化，为继电保护的自适应调整提供依据，同时，对逆变器、汇流箱等关键设备的状态监测也是确保系统安全运行的重要环节<sup>[8]</sup>。数据分析和应用是监测系统发挥作用的关键，通过对海量监测数据的分析，可以挖掘出光伏发电的运行特性和规律，为继电保护的优化提供依据，例如，通过分析光伏出力的波动特性，可以优化距离保护的整定值，提高保护的适应性。加强光伏电站的并网管理，制定严格的并网标准和运行规程也是重要措施，吉林省电力公司在2022年修订的《光伏电站并网运行管理规定》就是一个很好的例子，该规定明确了光伏电站的并网要求、运行管理和保护配置标准，为继电保护的有效实施提供了制度保障<sup>[9-10]</sup>。

## 四、结束语

光伏新能源并网是未来能源发展的重要趋势，其对继电保护的影响不容忽视，通过深入研究光伏新能源并网对继电保护的具体作用，采取相应的措施，可以有效保障光伏新能源的稳定运行和电力系统的安全可靠。未来的研究应进一步探索光伏新能源并网对继电保护的深层次影响，为能源转型和可持续发展贡献力量。

## 参考文献

- [1] 李凡，齐蓬勃，弋富国，等. 5G 技术对新能源接入配电网继电保护的影响及优化 [J]. 制造业自动化, 2023, 45(8):77-80.
- [2] 谢学渊，曾麟，张宇峰，等. 光伏新能源并网对继电保护的影响研究 [J]. 煤化工, 2023, 51(04):154-159.
- [3] 宋军. 新能源并网对配电系统继电保护影响分析 [J]. 科学技术创新, 2018(31):147-148.
- [4] 薛风华，张文远，王小光，等. 新能源并网对配电系统继电保护影响分析 [J]. 电工电气, 2017(09):15-18+40.
- [5] 黄峰. 分布式光伏电站并网对配电网继电保护的影响 [J]. 电力设备管理, 2023(1):17-19.
- [6] 吕成虎. 光伏并网对配电网继电保护的影响分析及对策 [D]. 山东理工大学, 2020.
- [7] 马海峰，朱国超. 基于并网方式改进的光伏并网变电站继电保护研究 [J]. 通信电源技术, 2023, 40(23):40-42.
- [8] 梁君亮，董玉辉. 探究光伏电站并网对配电网继电保护的影响 [J]. 中国新技术新产品, 2022(7):58-60.
- [9] 郭冰聪，康忠健. 基于油田背景下光伏并网对配电网继电保护的影响 [J]. 电气应用, 2019(9):7.
- [10] 劳小鉴. 关于电子电力变压器对配电网继电保护的影响研究 [J]. 电子乐园, 2021(5):0160-0160.