

# 新能源场站中性点不接地系统安全性提升

周晓

国电投山东生态能源有限公司, 山东 济南 250000

DOI:10.61369/EPTSM.2025010007

**摘要：** 本文探讨了新能源场站中性点不接地系统的安全性提升问题。分析了该系统的现状与问题，包括过电压风险、故障定位困难和供电可靠性降低等。提出了一系列技术措施来提升安全性，如引入消弧线圈或小电阻接地、改进保护装置、优化接地变压器配置以及采用混合接地方式等。还强调了理论与实践相结合的重要性，通过仿真分析和实际案例研究验证了不同接地方式的效果。展望了未来发展方向，包括智能化保护技术的应用、新型接地技术的探索以及综合优化策略的实施。

**关键词：** 新能源场站; 中性点不接地系统; 安全性提升; 技术措施

## The Enhancement of Safety for Neutral Point Non-Grounded Systems in New Energy Stations

Zhou Xiao

State Power Investment Shandong Ecological Energy Co., LTD. Jinan, Shandong 250000

**Abstract：** This article explores the safety improvement of ungrounded neutral point systems in new energy stations. Analyzed the current situation and problems of the system, including overvoltage risk, difficulty in fault location, and reduced power supply reliability. A series of technical measures have been proposed to enhance safety, such as introducing arc suppression coils or small resistance grounding, improving protection devices, optimizing the configuration of grounding transformers, and adopting hybrid grounding methods. The importance of combining theory with practice was also emphasized, and the effectiveness of different grounding methods was verified through simulation analysis and practical case studies. Looking ahead to future development directions, including the application of intelligent protection technology, exploration of new grounding technologies, and implementation of comprehensive optimization strategies.

**Keywords：** new energy station; neutral point non-grounded system; safety enhancement; technical measures

### 引言

在当前全球能源转型和可持续发展的大背景下，新能源的快速发展正逐步改变着传统的电力系统格局<sup>[1]</sup>。风电等新能源场站作为可再生能源的重要组成部分，其在电力系统中的地位日益重要。为了适应新能源场站的特殊需求，降低建设成本以及简化运行维护过程，许多风电场采用了中性点不接地系统。这种系统以其结构简单、成本较低等优点，在新能源场站中得到了广泛应用。然而中性点不接地系统在面对单相接地故障时，由于缺乏有效的电流回路，容易引发过电压、故障定位困难等一系列问题。这些问题不仅会影响系统的供电可靠性，导致供电中断或电压波动，还可能对设备造成安全隐患，如绝缘损坏、设备寿命缩短等。因此，如何提升中性点不接地系统的安全性，有效应对单相接地故障带来的挑战，成为了一个亟待解决的技术难题。

### 一、中性点不接地系统的现状与问题

中性点不接地系统广泛应用于10kV及以下的配电网中，特别是在农村电网和一些小型工业用户中较为常见<sup>[2]</sup>。该系统的主要特点是在正常运行状态下，中性点与地之间没有直接的电气连

接，因此不会形成零序电流通路。这种接线方式在一定程度上简化了系统结构，降低了建设和维护成本，同时也避免了因中性点接地而可能引发的某些类型的短路故障。随着电力负荷的增长和电网结构的复杂化，中性点不接地系统也逐渐暴露出一些问题，尤其是在故障处理和系统保护方面面临着较大的挑战。这种系统

虽然能够避免瞬时性故障的快速切除，但容易引发以下问题：

### （一）过电压风险

当单相接地故障发生时，系统中的电感和电容之间会产生振荡，导致过电压的产生。这种过电压可能会对设备的绝缘造成损害，甚至引发更严重事故<sup>[3]</sup>。具体来说，过电压的产生机制主要包括铁磁谐振：当系统中存在非线性元件（如变压器的励磁特性）时，容易发生铁磁谐振现象，进而产生较高的过电压。电容耦合：线路中的分布电容会在故障瞬间产生暂态电压，这些电压叠加后可能导致过电压的发生。电感放电：故障点的电感储能会在故障切除后会迅速释放，形成瞬时高电压。为了抑制过电压的危害，通常需要采取相应的保护措施，如安装消弧线圈来补偿接地点的电容电流，或者采用其他限压装置。。

### （二）故障定位困难

由于中性点不接地系统在正常运行时没有零序电流的存在，一旦发生单相接地故障，很难迅速准确地定位故障点<sup>[4]</sup>。这增加了故障排查的难度和时间成本。具体而言：

缺乏有效的监测手段：传统的电流差动保护方法不适用于中性点不接地系统，因为无法检测到零序电流。信号干扰：现场可能存在多种电磁干扰源，使得故障信号难以被准确捕捉<sup>[5]</sup>。依赖人工巡检：在没有自动化监测设备的情况下，往往需要依靠人工定期巡检来发现潜在的故障点。为了解决这一问题，近年来发展了一些新的故障定位技术，如基于行波原理的故障测距技术和利用小电流接地选线装置进行快速定位的方法。

### （三）供电可靠性降低

单相接地故障可能导致部分设备退出运行，从而降低整个系统的供电可靠性<sup>[6]</sup>。在某些情况下，如果故障得不到及时处理，还可能引发连锁反应，进一步扩大事故范围。非故障相电压升高：故障发生后，非故障相的电压会升高至线电压水平，这可能导致相邻线路上的设备出现电压越限情况。继电保护动作：为了防止设备损坏，相关的继电保护装置可能会动作跳闸，导致供电中断。系统稳定性下降：长时间的供电中断会影响用户的正常生产和生活，严重时甚至会影响到整个电网的稳定性。

为了提高供电可靠性，可以采取优化网络结构：通过合理规划电网布局，减少单点故障对全局的影响<sup>[7]</sup>。加强设备维护：定期检修关键设备，确保其在关键时刻能够正常工作。实施智能监控：利用物联网技术实现远程监控和自动报警功能，及时发现并处理异常情况。。

## 二、安全性提升的技术措施

### （一）引入消弧线圈或小电阻接地

通过在中性点接入消弧线圈或小电阻，可以有效限制单相接地故障时的过渡电流，从而降低过电压和故障电流<sup>[8]</sup>。例如：消弧线圈接地：利用消弧线圈补偿故障电流，使电弧能迅速熄灭，减少过电压幅度。小电阻接地：通过接入小电阻，快速释放过渡电流，同时限制过电压幅度。

### （二）改进保护装置

快速选线技术，采用新型快速消弧选线技术，能够快速识别并隔离故障区段，提高系统运行的安全性和稳定性<sup>[9]</sup>。基于矩阵算法的故障定位，利用零序电流与电压相位差等参数，结合算法模型实现故障区段的精确定位。

### （三）优化接地变压器配置

接地变压器作为系统的重要保护设备，其配置直接影响系统的安全运行。通过合理选择接地变压器的参数（如阻抗值），可以有效抑制过电压和故障电流。

### （四）混合接地方式的应用

对于部分新能源场站，可以考虑采用中性点经消弧线圈接地与经小电阻接地相结合的方式，以兼顾供电可靠性和安全性。

## 三、理论与实践的结合

### （一）仿真分析

为了深入研究中性点不接地系统在单相接地故障下的特性，我们首先需要建立一个准确的仿真模型<sup>[10]</sup>。该模型应包含风电场的主要组成部分，如风力发电机、变压器、输电线路以及汇集线等。还需要考虑到系统的参数设置，如电阻、电感、电容等，以确保模型能够真实反映实际系统的电气特性。在MATLAB环境下，我们可以利用其强大的电力系统仿真工具箱（SimPowerSystems）来构建这一模型。通过设定合适的仿真参数和初始条件，我们可以模拟不同接地方式下的系统运行情况，并观察其在单相接地故障时的表现。

### （二）实际案例研究

以某风电场为例，该风电场采用中性点不接地系统，汇集线长度较长且穿越多个区域。在实际运行中，发现单相接地故障时系统过电压现象严重，且故障定位困难，影响了供电可靠性。为了解决这一问题，

1. 引入消弧线圈或小电阻接地：在中性点接入消弧线圈或小电阻是一种有效的限压措施。消弧线圈能够补偿接地点的电容电流，使电弧迅速熄灭，从而降低过电压幅度。而小电阻则能快速释放过渡电流，进一步限制过电压的产生。通过对比仿真分析，我们发现消弧线圈在抑制过电压方面效果更佳，但会增加一定的能耗；小电阻则具有更快的响应速度和更低的能耗，但可能对系统的正常运行产生一定影响。因此，在选择具体方案时需要综合考虑实际情况。

#### 2. 改进保护装置

为了提高故障定位精度和供电可靠性，我们建议采用新型快速消弧选线技术和基于矩阵算法的故障定位方法。这些技术能够实时监测系统的运行状态，并在发生单相接地故障时迅速准确地定位故障点。同时，还可以结合智能继电器和自动化控制系统来实现故障的自动隔离和恢复功能。

#### 3. 优化接地变压器配置

接地变压器作为系统的重要保护设备之一，其参数设置直接影响系统的安全运行。通过合理选择接地变压器的阻抗值和容量

等参数，可以有效抑制过电压和故障电流的传播范围。此外，还可以考虑采用多台接地变压器并联运行的方式以提高系统的冗余度和可靠性。

#### 4. 混合接地方式的应用

对于部分特殊区域或重要负荷点，可以考虑采用中性点经消弧线圈接地与经小电阻接地相结合的方式。这种混合接地方式既能兼顾供电可靠性和安全性要求，又能根据实际需要灵活调整接地电阻的大小。通过仿真分析验证了该方案的可行性和有效性。

## 四、未来发展方向

在未来新能源场站规模不断扩大的背景下，中性点不接地系统的安全性问题变得日益突出。为了应对这一挑战，智能化保护技术与人工智能算法的应用、新型接地技术的探索以及综合优化策略的实施成为了重要的研究方向。这些新技术和策略不仅能够实现故障检测与定位的自动化，提高系统的安全性和可靠性，还能根据不同场站的特定需求制定针对性的优化方案。

### （一）智能化保护技术与人工智能算法的应用

随着人工智能技术的飞速发展，其在电力系统中的应用也日益广泛。在中性点不接地系统中，通过引入智能保护装置和人工智能算法，可以实现对故障的快速检测与定位，从而大大提高系统的响应速度和准确性。具体而言，智能保护装置能够实时监测系统的运行状态，一旦检测到异常情况，便立即启动故障诊断程序。而人工智能算法则可以通过对大量历史数据的学习和分析，建立起准确的故障模型，从而实现了对故障类型的准确判断和定位。人工智能算法还可以用于优化保护策略，通过模拟不同的故障场景，找出最优的保护方案，从而提高系统的可靠性和稳定性。智能保护装置还可以与自动化控制系统相结合，实现故障的自动隔离和恢复，减少人工干预，提高系统的运行效率。

### （二）新型接地技术的探索

除了智能化保护技术外，新型接地技术的探索也是提升中性

点不接地系统安全性的重要途径。其中，Petersen线圈接地技术作为一种新兴的接地方式，受到了广泛关注。与传统的消弧线圈或小电阻接地方式相比，Petersen线圈具有更好的动态性能和限压效果，能够在更广泛的运行条件下保持有效的接地保护。Petersen线圈通过调节其电感值来改变接地点的电流大小，从而实现了对过电压的有效抑制。同时，由于其结构简单、体积小，易于安装和维护，因此在新能源场站中具有很高的应用价值。通过仿真分析和实际案例研究，可以验证Petersen线圈接地技术的有效性和可靠性，为类似工程提供参考。

### （三）综合优化策略的实施

为了进一步提升中性点不接地系统的安全性和可靠性，还需要实施综合优化策略。这包括对系统结构、设备配置、运行方式等多个方面的优化。例如，可以通过合理规划电网布局、增加冗余度、提高设备的耐压水平等措施来增强系统的抗故障能力；也可以通过优化调度策略、加强设备维护管理等手段来降低故障发生的概率和影响。此外，还需要加强对新型技术和策略的研究和应用，不断推动技术创新和进步。通过建立完善的试验平台和测试体系，对新技术进行充分验证和评估，确保其在实际应用中的可行性和有效性。

## 五、总结

新能源场站中性点不接地系统的安全性提升需要从技术、设备和管理等多个方面入手。通过引入消弧线圈或小电阻接地、优化保护装置、改进接地变压器配置以及采用混合接地方式等措施，可以有效降低过电压风险、提高故障定位精度和供电可靠性。同时结合仿真分析和实际案例研究，为新能源场站的安全运行提供理论支持和技术保障。

## 参考文献

- [1] 黄晓杰, 张广磊. 新能源场站接地变压器保护配置研究 [J]. 风能, 2024(9): 90-94.
- [2] 邹浩斌. 配电网中性点接地方式研究 [D]. 广东: 华南理工大学, 2007.
- [3] 王丙东, 蔡蕾, 董旭. 中性点不接地系统非对称短路故障分析 [J]. 电力系统保护与控制, 2017, 45(3): 149-153.
- [4] 赵军, 袁雪琼, 扈海洋. 基于变电阻电压扰动的配电网对地参数精确测量新方法 [J]. 电力系统保护与控制, 2015(17): 51-56.
- [5] 朱高波. 110kV 变压器中性点过电压的计算及其保护策略 [J]. 低碳世界, 2015(23): 76-77.
- [6] 张方军. 发电机中性点接地方式及其对定子接地保护的影响 [J]. 电力建设, 2007, 28(2): 43-45.
- [7] 詹启帆, 李天友, 蔡金铨. 配电网高阻接地故障检测技术综述 [J]. 电气技术, 2017(12): 1-7.
- [8] 贺春, 刘力军, 谢颂果. Z型变在中性点经小电阻接地电网中的应用 [J]. 继电器, 2006, 34(14): 15-19.
- [9] 景小平. 快速消弧选线技术在光伏系统中的应用 [C]// 中国电力技术市场协会. 2023年电力行业技术监督工作交流会暨专业技术论坛论文集(上册). 中国大唐集团有限公司宁夏分公司青铜峡运维中心, 2023: 8.
- [10] 魏旗. 某改造项目中35 kV 变电站的中性点接地方式的选择 [J]. 建材世界, 2021, 42(05): 88-90.