

# Study on the type selection of side breakpoint of collector line in wind power project

Bin Shen

Shanghai Electric Power Design Institute Co., Ltd., Shanghai, 200025, China

## Abstract

This paper discusses the two different breaking equipment from the aspects of economy, safety and operability, aiming to deeply analyze the necessity of setting the obvious break point, and put forward the targeted adaptation scheme. With the continuous development of renewable energy technologies, wind power, as a clean and renewable form of energy, has been widely used worldwide. As an important link in the conversion of wind energy into electric power, the effectiveness of the operation and maintenance of the wind farm is directly related to the interests of the owners and the safety and stability of the power grid.

## Keywords

collector line; drop-out fuse; isolation switch; obvious breaking point

## 风电项目集电线路侧开断点的选型研究

沈彬

上海电力设计院有限公司, 中国·上海 200025

## 摘要

本文通过对两种不同的开断设备从经济、安全及可操作性等方面进行探讨,旨在深入分析集电线路设置明显开断点的必要性,并提出针对性的适配方案。随着可再生能源技术的不断发展,风电作为一种清洁和可再生的能源形式,在全球范围内得到了广泛应用。风电场作为风能转化为电能的重要环节,其运行维护的有效性直接关系到业主的利益及电网的安全和稳定。

## 关键词

集电线路; 跌落式熔断器; 隔离刀闸; 明显开断点

## 1 引言

集电线路是风电场内将各个风机所发电力集中并输送至升压站的重要部分。然而,由于风电场的特殊性,集电线路在运行中面临着诸多挑战,包括供电可靠性、故障响应时间、维护成本等。因此,为了提高风电系统的安全性和可维护性,设置明显的开断点显得尤为重要。集电线路的开断点是指在集电线路中设置的便于切断电源的装置。这一设置不仅能有效地减少故障带来的损失,还能提高运维人员进行检修和维护时的安全性。

## 2 常规设置方式

### 2.1 跌落式熔断器

跌落式熔断器是风电场中常见的一种开断装置,其主要作用是保障集电线路在发生过载或短路故障时,能够迅速切断电源,从而保护设备和人员的安全。该装置具有良好的

高压隔离能力,能够迅速响应故障,并通过熔断器的熔断实现断电。

#### 2.1.1 主要优点

**快速响应:** 跌落式熔断器的设计旨在快速响应电流过载或短路故障。当电流超过熔断器的额定值时,内部的熔体会迅速加热并熔断,从而在极短的时间内切断电源。这种快速断电的特性有助于防止设备损坏和减少故障范围,确保风电场的安全稳定运行。

**成本较低, 初始投资:** 相比于其他高端电气保护设备(如隔离刀闸或智能开关), 跌落式熔断器的制造成本较低。这使得其在风电场的大规模部署中具有显著的经济优势。尤其是在对成本敏感的小型风电场中, 采用跌落式熔断器可以显著降低初始投资。

#### 2.1.2 主要缺点

①不可恢复性。

**故障后需更换:** 一旦跌落式熔断器在故障情况下熔断, 必须更换新的熔断器才能恢复供电。这种不可恢复性意味着在故障发生后, 风电场将面临停机时间, 影响整体发电效率和经济收益。

【作者简介】沈彬(1983-), 男, 中国浙江嵊州人, 本科, 高级工程师, 从事输电线路电气专业研究。

## ②对环境敏感。

跌落式熔断器的性能在极端天气条件下可能受到影响，如高温、低温、潮湿或冰雪等。这些环境因素可能导致熔断器的反应速度变慢，甚至在某些情况下失效。例如，在极寒天气下，熔断器可能无法在预定的时间内熔断，不能有效保护设备，反而可能导致更大的损害。由于风电场通常位于开放的环境中，外部环境的变化也可能导致设备的耐久性下降。运维人员需要定期检查和维持熔断器的工作状态，以确保其在各种气候条件下均能正常工作，这增加了运维工作的复杂性和成本。

## 2.2 隔离刀闸

隔离刀闸是一种机械式开关，主要用于在断电状态下对电路进行检修和维护，确保设备的安全。隔离刀闸的主要功能是提供一个可靠的机械隔离，以便工作人员进行安全操作。

### 2.2.1 主要优点

可重复使用。隔离刀闸的机械结构使其能够在多次操作中保持良好的性能。与跌落式熔断器不同，隔离刀闸的关闭和开启无需更换部件，因此在长期使用中不会因单次故障而导致设备报废。

适应性强。高承载能力：隔离刀闸通常设计用于承受较高的电流和电压，能够适应多种工作环境。这使得它在不同类型的风电场和复杂电力系统中均能稳定工作。即使在高负荷情况下，隔离刀闸也能保持良好的隔离性能，确保设备的安全。

### 2.2.2 主要缺点

响应速度较慢。人工操作依赖：隔离刀闸的操作通常需要人工进行，这在发生突发故障时可能导致响应时间的延误。在紧急情况下，手动操作可能需要数秒到数分钟的时间，这个过程中设备可能会受到更严重的损害，特别是在大负载情况下。

成本相对较高。隔离刀闸的制造和安装成本通常高于跌落式熔断器。这是因为其结构复杂、材料要求高，以及需要一定的安装和调试工作。这使得在初始阶段，风电场建设时的投资压力增大。

## 3 两种装置的对比

在对跌落式熔断器和隔离刀闸进行比较时，我们可以从经济、技术和运行可靠性等方面进行详细分析。

### 3.1 经济性对比

在经济性方面，跌落式熔断器的初始投资相对较低，适合大规模的风电场应用。但其更换频率较高，可能导致长期维护成本上升。相比之下，隔离刀闸虽然初期投资较高，但其可重复使用性使得长期维护成本相对较低。因此，经济性上，选择何种装置需综合考虑风电场的具体规模及运营条件。

### 3.2 技术对比

从技术角度来看，跌落式熔断器的自动化程度较高，能够在瞬时故障中迅速切断电源，保护设备不受损坏。而隔离刀闸则提供了更为可靠的机械隔离，适合多次操作和检修。技术层面的选择应根据具体的运行需求和故障特性而定。

### 3.3 运行可靠性对比

在运行可靠性方面，跌落式熔断器在过载和短路故障时具有良好的保护性能，但因其不可恢复性，造成停机时间和故障恢复时间较长。相对而言，隔离刀闸在维护时提供了更高的可靠性，可以减少因设备故障导致的停机时间。然而，隔离刀闸的手动操作也可能导致人为错误，从而影响其可靠性。

## 4 推荐安装场景

在风电场的电气系统中，选择合适的开断装置至关重要。根据不同的场景需求和装置特点，下面将详细推荐跌落式熔断器和隔离刀闸的适用场景，以帮助运维人员和设计工程师做出更具针对性的决策。

### 4.1 跌落式熔断器的推荐场景

#### 4.1.1 小型风电场

小型风电场通常面临较大的资金压力，因此在设备选择上需更加注重初始投资。跌落式熔断器的成本相对较低，能够有效降低整体建设和运营成本，非常适合小型风电场的财务预算。

#### 4.1.2 高故障频率区域

在故障频率较高的地区，电气设备面临更大的风险，这时需要一种能够快速响应并切断电流的装置。

### 4.2 隔离刀闸的推荐场景

#### 4.2.1 大型风电场

大型风电场通常涉及多台风机和复杂的电气布线，设备数量庞大。隔离刀闸能够提供可靠的机械隔离，便于在进行大规模维护时快速切断电源，确保维护人员的安全。同时，大型风电场的电流负载通常较高，隔离刀闸能够承受更大的电流和频繁的操作，满足大型风电场对设备耐用性和稳定性要求。这种耐用性使得隔离刀闸在长期使用中仍能保持良好的性能，降低更换和维护的频率。

#### 4.2.2 检修频繁的场所

在某些风电场，由于设备的高负载运行或复杂的系统配置，可能需要定期进行检修。隔离刀闸的可重复使用性使其成为理想选择，运维人员可以在不更换设备的情况下完成维护工作，节省人力和物力成本。隔离刀闸提供良好的机械隔离，能够在检修期间保持电路的安全状态，确保维护人员在操作时不受电流的影响。这样的安全设计使得在进行检修或维护工作时，工作人员更有保障，降低了事故发生的风险。

## 5 对未来集电线路明显开断点的设想

随着风电技术的快速发展,集电线路的设计和维需要不断更新,以适应新兴的技术和市场需求。以下是未来集电线路明显开断点应具备的主要要求:

### 5.1 功能多样化

未来的开断点设计应具备多种功能,以满足更复杂的电力系统需求。

**快速断电功能:** 开断点必须能够迅速响应电路中的过载或短路等故障情况,及时切断电流,防止设备损坏。同时,这种快速切断能力也能够减少故障扩散的风险,保护后续设备的安全。

**智能监测:** 集成智能监测系统,可实时监控电压、电流、温度等参数,确保设备在正常运行范围内。一旦出现异常,系统能够立即发出警报并自动记录故障信息,为后续分析提供数据支持。

**故障预警功能:** 通过算法模型分析监测数据,提前识别潜在故障和风险,及时通知运维人员做好预警工作,从而减少突发故障的发生。故障预警系统能够提高设备的可靠性和运行的安全性,保障整体电力系统的稳定性。

### 5.2 提高智能化

智能化是未来集电线路开断点发展的重要趋势。

**物联网技术应用:** 将物联网(IoT)技术引入集电线路,建立智能开断点网络,实现对多个开断点的集成监测与管理。通过传感器和通信模块,运维人员可以随时随地获取设备状态,并进行远程控制。

**远程监测与控制:** 运用智能终端或移动设备,运维人员可以实现对开断点的实时监控和远程操作。当设备出现异常时,运维人员可以通过远程系统进行故障排查和处理,降低现场检查的频率,提高响应速度。

**数据分析与管理:** 通过大数据分析技术,对历史运行数据进行深度挖掘,优化维护策略和管理决策,提高整体运维效率和决策科学性。

### 5.3 环境适应性

未来的集电线路开断点设计必须具备更强的环境适应性,以应对多种极端气候条件。

**耐高温与低温:** 开断点的材料和设计应具备良好的高温和低温耐受能力,确保在高温环境下不发生绝缘失效,在低温环境中不出现结构脆弱的问题。

**防水防尘性能:** 集电线路开断点需具备良好的防水和防尘特性,以确保在恶劣天气条件下(如大雨、暴雪等)仍能稳定运行,这对风电场通常置身于开放环境中尤为重要。

**抗腐蚀能力:** 针对风电场常见的潮湿和盐雾环境,开断点应采用耐腐蚀材料或涂层,以延长设备的使用寿命,减少定期维护的频率。

**防鸟害功能:** 未来集电线路开断点应与防鸟害装置结合设计,不仅应确保设备运行的安全与稳定,同时也为保护鸟类生态环境做出积极贡献。

## 5.4 降低维护成本

未来的开断点设计应着眼于降低维护成本,减轻运维人员的工作负担。

## 6 结论

通过对风电场集电线路设置明显开断点的研究,我们可以得出以下结论:设置明显的开断点是提高风电场运行安全性和维护便捷性的必要措施。在对比跌落式熔断器和隔离刀闸两种常规开断装置后,我们发现,两者各有其优缺点,适用于不同的风电场场景。未来,随着技术的不断发展,新一代的集电线路明显开断点应具备更强的功能性、智能化和环境适应性,以满足日益增长的风电行业需求。在后续集电线路设计中,建议综合考虑不同装置的特点,制定合理的开断点设置方案,以提高风电场的整体运行效率和安全性。

### 参考文献

- [1] Franck C M.HVDC circuit breakers:A review identifying future research needs[J].IEEE Trans on Power Delivery, 2011, 26 (2) : 998-1007.
- [2] 王帮田 (Wang Bangtian) .高压直流断路器技术 (Technology of HVDC circuit breaker) [J].高压电器 (High Voltage Apparatus) , 2010, 46 (9) :61-64, 68.
- [3] 郑占锋, 邹积岩, 董恩源, 等 (Zheng Zhanfeng, Zou Jiyan, Dong Enyuan, et al) .直流开断与直流断路器 (DC interruption and DC circuit breaker) [J].高压电器 (High Voltage Apparatus) , 2006, 42 (6) :445-449.
- [4] 徐国政, 张节容, 钱家骊, 等.高压断路器原理和应用[M].北京:清华大学出版社, 2000.
- [5] 陈坚.电力电子学—电力电子变换和控制技术[M].北京:高等教育出版社, 2004.
- [6] 张宪平, 李亚西, 潘磊, 等 (Zhang Xianping, Li Yaxi, Pan Lei, et al) .三相电压型整流器的LCL型滤波器分析与设计 (Analysis and design of LCL type filter for three phase voltage source rectifier) [J].电气应用 (Electrotechnical Application) , 2007, 26 (5) :65-68.
- [7] Liserre M, Blaabjerg F, Hansen S.Design and control of an LCL-filter-based three-phase active rectifier[J].IEEE Trans on Industry Applications, 2005, 41 (5) :1281-1291.
- [8] 张力超, 张节容, 吉嘉琴 (Zhang Lichao, Zhang Jierong, Ji Jiaqin) .高压直流断路器的自激振荡计算 (Calculation for self-excited oscillation in HVDC circuit breaker) [J].高压电器 (High Voltage Apparatus) , 1991, 27 (2) :26-29.
- [9] 鲍敏锋 (Bao Minfeng) .高压直流断路器的研制 (The introduction on manufacture of HVDC circuit breaker) [J].高压电器 (High Voltage Apparatus) , 1990, 26 (1) :26-34.
- [10] 周宏宇, 罗隆福, 许加柱, 等 (Zhou Hongyu, Luo Longfu, Xu Jiazhu, et al) .改进型地铁用直流断路器 (Improved DC breaker for metro system) [J].电力系统及其自动化学报 (Proceedings of the CSU-EPISA) , 2011, 23 (2) :127-130.