

配网节能故障指示线夹的研究

郑文玮 林杰民 姚历毅 林佳敏 陈旭阳

国网福建省电力有限公司漳州供电公司

摘要: 配网节能故障指示线夹对于保障配网正常运行具有重要意义, 本文聚焦于配网节能故障指示线夹的设计和应用, 致力于提高电力系统的安全性和效率。采用了三节分离式结构, 确保了线夹在负载状态下对导线的压盖单独受力, 从而保证了卓越的导电性能。通过增加机械测温装置, 引入先进的温度监测技术, 有效检测线路运行过高温情况, 提前预警潜在故障, 增强了系统的可靠性。产品通用性强, 可覆盖 50 ~ 240mm² 主支线, 提高了其在不同电力系统中的灵活性。指示杆弹跳结构使运维人员能够方便地进行巡检, 及时发现可能存在的问题, 进一步提升了系统的安全性。最采用双金属片原理进行温度检测, 保证了高效可靠的温度监测, 且可多次使用, 降低了维护成本。本文的创新设计使得配网节能故障指示线夹成为电力系统中一个可靠、灵活且先进的元件, 为电力系统的可靠性和安全性提供了有力支持。

关键词: 配网节能; 节能故障; 故障指示

随着我国经济的飞速发展, 电力需求呈现日益增长的趋势, 其中, 工业用电占比高达 68%, 城镇居民用电也占据总电力需求的 14%, 使得我国电力系统面临着前所未有的挑战。在电站密度不均的地域发展背景下, 电能运行时频繁发生停电断电的现象, 迫切需要有有效的解决方案来提高电能的稳定性。为满足广大人民的生活和生产需求, 相关部门积极推动发电站的建设, 以平衡不同地域间电能的利用率。在这一背景下, 设计出了先进的环网供电系统, 旨在确保各领域各区域的用电稳定性。然而, 尽管环网供电系统在解决地域用电平衡方面取得了显著进展, 但对于供电站而言, 线路负载问题依然是一项亟待解决的挑战^[1]。

在正常运行过程中, 电力线路会产生一定的热量, 其通过空气中的散热来维持热平衡, 而, 当线路达到负载状态时, 散热平衡受到破坏, 尤其是线路连接处的散热性能明显不及导线本身。这种情况容易导致连接处过载、烧坏, 从而引发一系列设备的损坏, 严重时甚至可能导致火灾和线路烧毁。因此, 为提高电网的运行稳定性, 需要对配网节能故障指示线夹进行深入研究, 以优化线路连接处的散热性能, 确保电力系统的可靠性和安全性。

一、电缆与连接器的高效便捷的安装

电缆与连接器的高效便捷安装是电力系统运行中至关重要的一环。为此, 采用并沟线夹的顶部部件, 将其巧妙地安置在两条电力线路上, 通过三节分离式结构设计, 使得线

夹内压块具备防脱落功能, 这一创新设计不仅确保了连接器的牢固性, 还大大简化了安装过程, 为电力系统的搭建提供了高效且便捷的解决方案^[2]。

在并沟线夹的设计中, 压块内部采用了巧妙的结构, 利用上下沟槽的内条形纹理, 增大与线缆接触面, 提升连接的牢固程度, 同时通过增强摩擦力, 确保了优良的导电性能。在安装过程中, 由于压盖单独受力作用于导线, 使得安装更为稳定, 避免了连接器部件掉落的风险, 为电力系统的可靠性提供了有效保障。便捷安装不仅提高了安装效率, 还降低了操作风险, 使得电缆与连接器的安装过程更加安全可靠。因此, 这种并沟线夹的设计不仅在提高电力系统运行效率方面具有重要意义, 同时也在保障系统安全可靠性的层面上发挥了关键作用。

二、配电电缆与连接器的温度监控

配电电缆与连接器的温度监控是电力系统中一项关键的安全措施。为了提高监控的精准性和及时性, 采用了一种先进的温度监测系统, 首先, 通过增加机械测温装置, 系统能够实时监测电缆与连接器的温度变化, 测温动作元件选用高精度双金属片, 保证了测温的准确性和可靠性, 这种先进的测温技术为电力系统提供了高效的温度监测手段, 帮助及早发现潜在的问题。其次, 系统利用指示杆弹跳原理, 当导电线路出现异常, 使线夹主体温度达到 $75 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 一定时间后, 线夹的其中一个指示杆会跳出, 用于预警提示。这一智能预

警系统能够在问题发生前提供及时的警示，为操作人员采取必要的措施提供了充分的准备时间。最重要的是，当线夹主体温度达到 $95 \pm 5^\circ\text{C}$ 一定时间后，线夹的另一个指示杆也会跳出，用于报警提示。这一报警机制更加强调了对温度异常的重视程度，确保在电力系统发生潜在风险时能够立即引起注意并采取紧急措施。线路巡检员通过望远镜观测到这些指示杆的跳出情况后，应及时做出反应并上报观测结果。这种及时的反馈机制有助于避免人员和财产损失，提高了整个电力系统的安全性和可靠性。因此，这一温度监控系统为电缆与连接器的安全运行提供了全面的保障^[3]。

三、电缆发热与电流变化的影响

电缆发热与电流变化之间的关系是电力系统中一项至关重要的研究。当电缆通过负载电流时，线缆的温度会随着负荷的增大而升高，这种温升主要是由于电流在导线中产生的电阻引起的。然而，导线有绝缘层，其温度不应超过导体绝缘所承受的长期允许最高温度。当导线的温度超过允许的最高温度时，可能会导致绝缘层的老化、破裂，从而引发电缆故障。过高的温度也会导致电阻的增加，从而使电流的传输受到阻碍，这进一步限制了导线的载流量，增加了线路的损耗。因此，电缆的过热不仅影响了电缆本身的寿命，还可能导致电能传输效率的下降和线路损耗的增加。在这一背景下，通过配网节能故障指示线夹对线缆温度的监控显得尤为重要，这种监控系统可以及时检测导线的温度变化，一旦温度超过安全范围，就能够发出预警信号^[4]。通过这种方式，可以有效地降低线路的安全隐患，提升线路环境的安全性，及时的故障预警可以帮助运维人员采取必要的维护措施，防止潜在的故障发生，从而确保电力系统的稳定运行。

总体而言，研究电缆发热与电流变化的影响，以及采用配网节能故障指示线夹进行温度监控，对于提高电力系统的可靠性、降低损耗、防范安全隐患具有重要意义。

四、连接器故障指示巡线维护

在常规状态下，对于高负荷线路，可以利用高倍望远镜对配网节能故障指示连接器进行勘察。这种方法适用于线路较为密集、易于观察的情况，通过巡线人员使用高倍望远镜，可以远距离观察连接器的状态，检查是否有异常迹象，例如烧损、氧化等。这种巡线方式虽然简便，但在偏远山区地带，特别是对于铁塔型架空线路，存在一些困难。为了解决在偏远山区的挑战，以及提高巡线效率和精度，可以采用

无人机巡检方式进行勘察。无人机配备高分辨率摄像头和其他传感器，能够在复杂环境中快速而全面地巡检电力线路。通过飞越铁塔型架空线路，无人机能够捕捉连接器的高清影像，实时传输至监控中心，使巡检人员能够更加迅速、准确地发现连接器的故障指示^[5]。

连接器故障指示巡线维护技术的研究不仅包括巡线手段的选择，还需要考虑数据处理和分析的方法，以及针对不同故障类型的精准识别技术。通过将高科技手段融入到连接器巡线维护中，能够实现更加智能化、高效化的电力系统维护管理，提升系统的可靠性和安全性。

五、技术指标

电阻试验通常用于评估电气连接器（线夹）的接触质量和连接可靠性。接续电阻的比值小于 1.1 倍可能是一个质量控制的指标，表明连接器的电阻变化较小，连接的稳定性较好。接续电阻的比值可以通过测量两个连接器之间的电阻，并将其比较来得到。如果这个比值小于 1.1 倍，说明两个连接器之间的电阻相对较小，这可能有助于确保连接的质量。较低的接续电阻通常表示更好的电气连接，减小了能量损失和发热。实物如下图 1 所示：



图 1 实物图

在电气工程中，特别是涉及到电力配网和节能的领域，温升和热循环试验是常见的性能评估手段，线夹（连接器）作为电力系统中的重要组件，需要在这些方面进行可靠性测试。

温升试验是为了评估线夹在正常工作条件下的温度上升情况，线夹在传输电流时会受到电阻产生的热量影响，因此温升试验是确保线夹在长时间运行时不会过热的关键测试。热循环试验是通过交替加热和冷却来模拟线夹在实际使用中的热量变化情况，这有助于评估线夹在不同温度条件下的稳定性和耐久性，线夹在电力系统中可能会经历不断的电流变化，这会导致温度的周期性变化，而热循环试验能够模拟这种情况。

在电气连接器（线夹）的设计和使用中，握力是一个重要的参数，它指的是连接器握持或夹持导体的能力。在配

网中，确保连接器的握力满足支线理论抗拉强度的 10% 是为了保证连接的牢固性和稳定性。支线理论抗拉强度是指连接器能够承受的最大拉力，通常是由连接器和导线的材料、形状等因素决定，要确保连接器握力达到支线理论抗拉强度的 10%，这样设计的目的可能是在实际使用中提供足够的保护余地，确保连接的安全性和可靠性。

当线夹的温度达到 $75 \pm 5^\circ\text{C}$ 时会发出预警，帮助监测线夹在工作中是否正常，是否存在过热的风险。当线夹的温度达到 $95 \pm 5^\circ\text{C}$ 时，将发出报警，这是一个更高的温度阈值，表示线夹可能已经超过了正常工作温度范围，需要采取紧急措施以防止过热导致的故障或损坏。线夹适用于配网的 1kV ~ 10kV 主支线，支持 $50 \sim 240\text{mm}^2$ 的导线范围，线夹设计用于连接这个特定电压范围的主支线，而支持的导线截面范围为 50 至 240 平方毫米。

六、配网节能故障指示线夹优势

本文研究的并沟线夹具有一系列创新设计和优势，这些特点使得它在电力系统中具有重要的应用前景。首先，第三节分离式结构为并沟线夹带来了更为可靠的性能，通过压盖单独受力作用于导线，确保了优良的导电性能，从而提高了电力传输的效率和稳定性。这种设计使得线夹能够在正常运行和负载状态下保持可靠连接；其次，产品通用性强，能够覆盖 $50 \sim 240\text{mm}^2$ 主支线，这种广泛的适用性使得并沟线夹可以满足不同线路和电缆的需求，提高了其在各种电力系统中的灵活性和适用性；第三，增加机械测温装置为电力系统引入了先进的温度监测技术，能够实时检测线路运行过高温情况，及时发出警示，有助于预防潜在的故障，提高了系统的安全性和稳定性；第四，通过指示杆弹跳结构，方便运维人员进行巡检，这种设计使得运维人员能够轻松地检查线夹的状态，及时发现可能存在的问题，为维护工作提供了便利；最后，采用双金属片原理进行温度检测，不仅高效可靠，而且可多次使用，这种可重复使用的设计降低了维护成本，延长了线夹的使用寿命。

七、结束语

目前在我国电网中实际使用的各种类别和类型的电力连接装置品种较多且数量庞大，但普遍都存在一定的缺点。其中，特别体现在无法对线路运行状况实行有效的监测，这些缺点特别体现在其联接性能不好及容易造成能量损失等方面。现有的变压器进出线联接装置在长时间使用后会出

联接松动的情况，在电力联接装置联接松动后，由于无法及时的得知其使用后联接状况，从而无法进行及时检修，且由于其与导线间的联接放松导致联接装置与导线间出现间隙，从而在使用过程中由于超负荷运行而发热，造成了输电设备上的大量能源浪费。且现有技术还存在有设备通用性问题，现场存在较多不同类型导线，导线截面大小不一，需对现场常用导线类型及截面积进行统计以设计通用性强的配网节能故障指示线夹，较为麻烦。

为了解决现有技术所存在的上述问题，本实用新型提供了一种节能故障指示线夹，能够具有故障指示功能，能够适用于不同类型的导线的同时能够保证夹持的稳定性。

在电力系统中，配网节能故障指示线夹的研究是为了更好地监控和维护电缆与连接器的运行状态，以提高系统的可靠性和安全性。通过对线缆发热与电流变化的影响进行深入研究，以及配网节能故障指示线夹的设计和应用，能够有效地预防和线路故障，降低系统的安全风险，提升电力系统的整体性能。连接器在电力传输中扮演着连接关键设备的重要角色，其故障可能导致严重的后果。通过引入连接器故障指示巡线维护技术，能够更加智能地监测连接器状态，提高故障检测的及时性和准确性。从常规的望远镜巡检到无人机巡检的创新手段，连接器维护得以更加全面和高效地实施，特别是在偏远山区等难以接近的地域。

本文研究不仅推动了电力系统的技术进步，也为电力行业的可持续发展贡献了力量。配网节能故障指示线夹的引入和连接器故障指示巡线维护技术的研究，为人们建设更为安全、高效、可靠的电力系统提供了实际可行的解决方案。

参考文献

- [1] 范兴明,张鑫,陈科,等.面向配电网的智能电力故障指示系统及其应用研究[J].电测与仪表,2012,49(6):43-46,60.
- [2] 蔡超,丁建忠,吕峰,等.基于整数线性规划模型的配电网故障指示器优化配置研究[J].电力系统保护与控制,2020,48(1):172-180.
- [3] 宋宏天,肖霞,徐雁,等.配电网故障指示器中电压测量的研究[J].电测与仪表,2020,57(3):110-115.
- [4] 梁达强.基于配网故障快速定位的方法分析及故障指示器的应用研究[J].中国高新技术企业,2017(3):53-54.
- [5] 黄宁.浅谈一起配网设备线夹烧毁故障及解决措施[J].科学与信息化,2020.