

农电系统短路电流分析及其对运维策略的影响研究

黄蕾华

(徐州三新供电服务有限公司铜山分公司)

【摘要】随着农村电气化水平提升,农电系统负荷激增,网络结构日趋复杂,短路故障频发,短路电流产生的电动力和高温易损坏设备,传统运维策略难以适配,亟需通过系统分析优化应对方案,文章针对农电系统短路电流展开分析,探讨短路电流的产生机制、计算方法及影响因素,研究其对农电设备选型、线路运维及故障处理策略的具体影响,提出基于短路电流特性的运维优化方案,旨在为提升农电系统安全性、稳定性及运维效率提供参考。

【关键词】农电系统;短路电流;电流分析;运维策略;系统安全

中图分类号:TM727.1

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2025.S2.149

Research on Short-circuit Current Analysis of Agricultural Power Systems and Its Impact on Operation and Maintenance Strategies

HUANG Lei-hua

(Xuzhou Sanxin Power Supply Service Co., Ltd., Tongshan Branch)

【Abstract】With the improvement of the level of electrification in rural areas, the load of agricultural power systems has soared, network structures has become increasingly complex, and short-circuit faults occur frequently. The electrodynamic force generated by short-circuit current and high-temperature can easily damage equipment and traditional operation and maintenance strategies are difficult to adapt, it is urgent to optimize the response plan through system analysis. This paper analyzes the short-circuit current of agricultural power systems, discusses the generation mechanism, calculation methods and influencing factors of short-circuit current, studies its specific impact on the selection, line operation and maintenance and fault handling strategies of agricultural power equipment, and puts forward an operation and maintenance optimization scheme based on short-circuit current characteristics, aiming to provide reference for improving the safety, stability and operation and maintenance efficiency of agricultural power systems.

【Keywords】agricultural power system; short circuit current; current analysis; operation and maintenance strategy; system safety

1 引言

随着农村用电负荷的增长和电网结构的复杂化,短路故障的发生概率逐年升高,短路电流产生的电动力与热效应会给电力设备及线路造成潜在威胁,进而影响运维工作的安全性与效率。本文通过对农电系统短路电流特点和影响进行分析,研究其与运维策略之间的关联性,为针对性地制定运维措施、保障农电系统可靠运行奠定基础。

2 农电系统短路电流产生及特征分析

农电系统短路电流由相线间、相线与零线间或相线与地线间的非正常导通引发,其特性与系统结构、负荷容量、故障类型等因素密切相关。就产生机理而言,配电变压器中性点的接地方式对短路电流大小有直接影响:10kV农电系统中,若中性点经消

弧线圈接地,单相接地短路电流通常限制在5A~10A范围内;而在中性点直接接地系统中,同类故障电流可达到数百至数千安培。以某县域10kV农网为例,315kVA配电变压器低压侧发生三相短路时,短路电流峰值可达25kA,持续时间约0.02s,该数值远超低压开关的额定分断能力(一般为15kA),易导致开关拒动或损坏,引发更大范围故障。

在数值特性上,短路电流包含周期分量和非周期分量,二者变化规律存在显著差异:周期分量来自系统电源,其幅值取决于短路点至电源的总阻抗,例如10kV线路发生短路时,每公里线路阻抗约为 $0.4\Omega/\text{km}$;若短路位置距变电站2km,其周期分量有效值约为 $10\text{kV}/(\sqrt{3}\times 2\times 0.4\Omega)$,即7.2kA。非周期分量由系统电感元件储存的磁场能量释放产生,幅值随时间衰减,衰减时间常数通常为0.05s~0.1s。短

≈2887A, 计算耗时<1min, 但误差约 10% (精确值为 2620A)。精确计算 (如使用 EMTP、DIgSILENT 软件) 考虑线路分布参数、变压器饱和特性、负荷动态等因素, 某县域农网含 20 个节点、50 条线路, 精确计算需输入每条线路的电阻 (0.1Ω/km)、电抗 (0.4Ω/km)、电纳 (2.8×10^{-6} S/km) 及变压器零序阻抗 (正序阻抗的 3 倍)。模拟结果显示, 短路电流的峰值达到了 22.5kA, 与简化计算 (20kA) 相比有 12.5% 的偏差, 但计算耗时约 30min。

4 短路电流对农电系统运维的影响

4.1 对电气设备安全运行的影响

短路电流通过电动力和热效应, 直接威胁着农电系统中电气设备安全运行。

电动力效应由短路电流产生的磁场相互作用引发, 其大小与电流平方成正比, 公式为 $F = K \times I^2 \times L / D$ (K 为系数, I 是短路电流有效值, L 是导体长度, D 是导体间距)。以 10kV 开关柜为例, 当短路电流达 20kA 时, 相邻母线排 (间距 150mm, 长度 500mm) 间的电动力可达 $F = 1.7 \times 20^2 \times 0.5 / 0.15 \approx 2267$ N, 该数值远超普通螺栓连接的耐受极限 (约 1500N), 可能导致母线变形、接头松动, 引发设备故障。

热效应则由短路电流的焦耳损耗产生, 短时发热量公式为 $Q = I^2 R t$ (R 为导体电阻, t 为短路持续时间)。以一台 10kV 配电变压器为例, 其绕组短时热稳定电流通常按 2s 设计; 若发生 30kA 的短路, 保护动作延迟至 3s, 绕组的温度会从正常运行的 70℃ 升至 350℃, 这超出了绝缘材料 (A 级绝缘) 的耐高温极限 (105℃), 将加速绝缘材料的老化, 使其使用寿命缩短 50% 以上。此外, 若断路器的分断能力与短路电流不匹配, 也会发生“拒分”现象。例如, 某农网 10kV 断路器额定分断能力为 16kA, 遭遇 25kA 短路电流时, 灭弧室无法完全熄弧, 易触发触头熔焊, 其故障率是匹配场景的 8 倍。上述影响会直接导致设备故障概率上升, 迫使运维单位将巡检频次由原来的每月一次增至每周一次, 运维成本提高约 30%。

4.2 对线路绝缘及连接部件的损害机制

短路电流对线路绝缘及连接部件的损害, 具有累积性与突发性特点。

线路绝缘损害的主要诱因是单相接地短路产生的弧光过电压。在 10kV 农网中性点经消弧线圈接

地系统中, 单相接地短路时弧光过电压可达 3.5 倍相电压 (约 22kV), 超过架空线路绝缘子的运行冲击耐受电压 (18kV), 易引发绝缘子闪络。某丘陵地区农网统计显示, 每年因弧光过电压导致的绝缘子击穿故障, 占线路故障总数的 42%; 且在空气湿度 >85% 的潮湿天气下, 故障率会增加 2 倍。

连接部件损害方面, 电缆中间接头、线夹等部件的损害, 源于短路电流的集肤效应与机械应力。以铜铝过渡线夹为例, 当 20kA 短路电流通过时, 其接触电阻 (约 50μΩ) 产生的瞬时功率达 20kW, 接头温度在 0.1s 内升至 400℃, 导致接触面氧化层增厚, 接触电阻增大 5 倍以上, 形成“过热—电阻升高—更过热”的恶性循环; 同时, 短路电流产生的电动力会引发导线振动, 如 LGJ-120 导线在 15kA 短路电流作用下, 振动幅度可达 15mm, 导致耐张线夹螺栓松动, 年度松动率达 15%。

5 结语

综上, 对农电系统短路电流开展有效分析, 是科学制定运维策略的核心依据, 其对设备安全、线路稳定性及故障处理等方面的影响程度, 直接决定系统运行效能。通过准确计算短路电流特性, 进而针对性优化运维策略, 可有效降低短路故障造成的危害, 提升农电系统可靠性。未来需结合农电系统升级发展趋势, 对短路电流分析模型开展进一步优化改进, 持续推动运维技术与智能化手段的深度整合, 为农村电力保障工作提供更加坚实的技术支撑。

参考文献

- [1] 黄勇彬. 光伏电力系统短路电流计算方法与优化设计[J]. 电力设备管理, 2024 (16): 126-128.
- [2] 唐亚斌. 电力系统中 6kV 变压器短路故障维修技术研究[J]. 电器工业, 2025 (6): 76-79+83.
- [3] 王丽, 付振宇. 电力系统继电保护装置短路电流自动平抑技术研究[J]. 自动化应用, 2025, 66 (12): 146-148+153.