

基于放松弧垂法的架空地线带电更换方案

杜志佳, 宫衍平

(南京供电公司, 江苏南京 210013)

摘要:文中应用应力计算等相关知识论证了带电进行孤立档架空地线更换的可行性。并经过计算, 提出在应力难以满足要求的情况下, 通过放松架空地线弧垂的方法使带电作业在安全可靠的前提下能够进行。文中最后给出了相应计算结果, 为带电更换架空地线提供了参考。

关键词:架空地线; 带电作业; 放松弧垂法

中图分类号: TM726.3

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2013)04-0049-04

架空地线又称为避雷线, 其悬挂于杆塔顶部, 并在每基杆塔上通过接地线与接地体相连接。其作用是减少雷击导线的几率, 保护线路绝缘免受雷电过电压的破坏, 保护线路安全。在将电能由发电厂输送到负荷中心的过程中, 输电线路需要翻山越岭, 对重要设施进行跨越, 经受不同温度、不同气候条件的考验, 同时还有着受到外力破坏的危险。因此, 架空地线会出现损伤。对受损伤的架空地线进行更换, 有停电作业和带电作业2种作业方法。采用带电作业更换架空地线, 避免了输电线路停电, 相应的时间耗费也少于停电更换。因此这一方法对于保证供电可靠性有着积极作用。

1 带电更换架空地线方法简述

带电更换架空地线主要采用翻转滑车和领头滑车。翻转滑车具有上、下两个滑轮; 领头滑车上部具有一个滑轮, 下部有一个固定装置。使用时, 上轮放置在旧架空地线上, 下轮放置新的架空地线, 新线的头部固定在领头滑车上。

放线时, 使用绝缘绳牵引领头滑车。当新线到位后, 挂线杆塔上利用双钩紧线器倒换新、旧架空地线耐张线夹。同时, 调整双钩紧线器, 使旧架空地线弛度较以前略大。紧线时, 在紧线端利用双钩紧线器紧线, 当新线弛度略小于旧线弛度时, 翻转滑车自动翻转, 新、旧架空地线位置实现对调。最后安装好新架空地线的耐张线夹, 回收旧线, 更换工作即可完成。

2 架空地线应力计算

2.1 理论及公式准备

悬挂于两基杆塔之间的一段导(地)线, 在自重、冰重、风压等荷载的作用下, 任一横截面上均有内力存在^[1]。导(地)线应力是指导(地)线单位横截面积上的内力。从安全角度考虑, 应力越小, 导(地)线的安全

系数就越高。为了保证线路的安全运行, 必须在带电作业前对架空地线能够承受的应力进行校验, 确保其满足运行规程要求。由于线路经过地区的地形总是崎岖不平的, 使用杆塔的高度也不一定完全相同, 因此一档架空地线两侧悬点高度不同。对于高差不大于10%的线路档, 采用平抛物线近似方程进行校验^[2]。导(地)线悬垂曲线示意如图1所示。

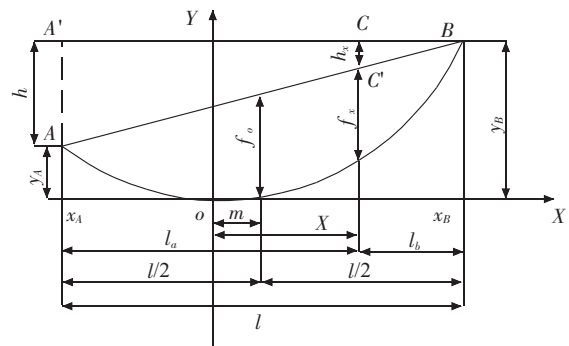


图1 导(地)线悬垂曲线示意图

导线悬垂曲线的解析方程为:

$$y = \frac{g}{2\sigma_0} x^2 \quad (1)$$

因此:

$$\begin{cases} y_A = \frac{g}{2\sigma_0} x_A^2 \\ y_B = \frac{g}{2\sigma_0} x_B^2 \end{cases} \quad (2)$$

高差为:

$$h = y_B - y_A = \frac{g}{2\sigma_0} x_B^2 - x_A^2 \quad (3)$$

根据相似关系:

$$h_x = \frac{x_B - x}{x_B - x_A} h \quad (4)$$

代入得:

$$h_x \frac{g}{2\sigma_0} x_B - x_A (x_B - x) \quad (5)$$

因此:

$$f_x = \frac{g}{2\sigma_0} x_A - x x_B - x = \frac{g}{2\sigma_0} l_a l_b \quad (6)$$

对于档距中点弧垂 $l_a = l_b = \frac{l}{2}$, 因此:

$$f_0 = \frac{gl^2}{8\sigma_0} \quad (7)$$

式(7)中: f 为所求的弧垂; g 为对应线材的比载; l 为档距; σ_0 为确定临界条件下的应力。

2.2 带电作业时架空地线应力计算

根据输电线路电压等级的不同, 所采用架空地线的型号也有不同。不同电压等级输电线路与其采用的架空地线型号以及参数如表 1 所示^[3]。

表 1 不同电压等级输电线路架空地线型号

电压等级 /kV	架空地线型号	绞制方式	破坏拉断力 /N
110	GJ-35	1X7	43 424
220	GJ-50/ GJ-70	1X7/1X19	65 780/90 225
500	OPGW	36	92 400

以作业地点档距为例, 在保持原有弧垂的情况下, 采用带电更换架空地线工具作业, 需要采用领头滑车 1 个, 翻转滑车 7 个, 工具总质量为 10 kg。新架空地线规格与旧线相同, 因此计算步骤如下。

旧导线承受的新、旧导线自重产生的应力:

$$\sigma_1 = \frac{2gl^2}{8\sigma_0} = 2\sigma_0 \quad (8)$$

最低点应力:

$$\sigma_0 = \frac{T_p}{KA} \quad (9)$$

由工具重量产生的应力:

$$\sigma_2 = \frac{g_T l^2}{8f_0} \quad (10)$$

相应导线长度 $L = l + \frac{8f^2}{3l}$, 可以得到:

$$g_T = \frac{G_T}{L \times s} \quad (11)$$

旧架空地线承受的总应力:

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 \quad (12)$$

于是, 能够计算出在不同断线股数的情况下, 原有架空地线在上述带电作业过程中承受的拉力。如表 2 所示。

由表 2 可以看到, 保持原架空地线弧垂不变的情况下, 钢绞线在断股为 2 股及以下的情况下, OPGW 光缆在断股为 6 股及以下的情况下是可以采取带电作业方式更换原架空地线的。但当断股数继续增加时, 这一作业方式存在隐患。

表 2 不同断线股数情况下地线承受拉力

型号	断线股数 / 股	平均每股承受拉力 /N	是否在规定范围
GJ-35	1	6 032.05	是
	2	7 238.46	否
	3	9 048.10	否
GJ-70	1	4 331.70	是
	2	4 586.51	是
	3	4 873.16	是
	4	5 198.4	是
	5	5 569.33	否
GJ-50	1	9 458.96	是
	2	11 350.76	否
	3	14 188.44	否
OPGW 光缆	1	2 191.19	是
	2	2 255.64	是

	6	2 556.39	是
	7	2 644.54	否

2.3 放松旧架空地线后进行作业的安全性计算

在保持原有弧垂不变的情况下不能满足安全性要求, 则考虑通过调整弧垂, 达到减小旧有架空地线应力的目的。通过设计对南京地区的杆塔设计图纸查询可以得到不同电压等级的杆塔, 架空地线悬挂点与上横担的距离如表 3 所示^[3], 在不同电压等级线路上更换架空地线时, 地线与下方导线应保持的安全距离应按照临近或交叉其他电力线工作的安全距离整定, 如表 4 所示^[4]。

表 3 架空地线悬挂点与上横担的距离

电压等级 /kV	距离 /m
110	4.1
220	4.6
500	6.6

表 4 临近或交叉其他电力线工作的安全距离

电压等级 /kV	作业安全距离 /m
110	3.0
220	4.0
500	6.0

再考虑到使用的带电作业工具长度为 0.2 m, 那么弧垂放松的实际裕度如表 5 所示。

表 5 不同电压等级线路弧垂放松裕度

电压等级 /kV	放松裕度 /m
110	0.9
220	0.4
500	0.4

此时弧垂 $f'_0 = f_0 + \Delta f$, 相应的:

$$\begin{cases} \sigma_1 = 2\sigma_0 = \frac{2gl^2}{8f'_0} \\ \sigma_2 = \frac{gl^2}{8f'_0} \end{cases} \quad (13)$$

则总的应力:

$$\sigma' = \sigma'_1 + \sigma'_2 \quad (14)$$

由此按照 2.2 节中的计算步骤计算弧垂不同放松程度下, 旧有架空地线在带电作业过程中承受的拉力, 如表 6—9 所示。

表 6 110 kV 线路不同弧垂放松程度下地线承受拉力

弧垂放松 $\Delta f/m$	断线股数 / 股	平均每股承受拉力 /N	是否在 规定范围
0.2	1	4 964.29	是
	2	5 957.15	是
	3	7 446.44	否
	4	9 928.59	否
0.4	1	4 217.77	是
	2	5 061.32	是
	3	6 326.65	是
	4	8 435.53	否
...
0.8	1	3 242.51	是
	2	3 891.01	是
	3	4 863.77	是
	4	6 485.03	是
...

表 7 220 kV 线路不同弧垂放松程度下地线承受拉力 (GJ-50)

弧垂放松 $\Delta f/m$	断线股数 / 股	平均每股承受拉力 /N	是否在 规定范围
0.1	1	8 499.24	是
	2	10 199.08	是
	3	12 748.85	否
	4	16 998.47	否
0.2	1	7 677.26	是
	2	9 212.71	是
	3	11 515.88	否
	4	16 354.51	否
0.3	1	7 000.25	是
	2	8 400.30	是
	3	10 500.37	否
	4	14 000.50	否
0.4	1	6 433.03	是
	2	7 719.63	是
	3	9 649.54	是
	4	12 866.05	否

表 8 220 kV 线路不同弧垂放松程度下地线承受拉力 (GJ-70)

弧垂放松 $\Delta f/m$	断线股数 / 股	平均每股承受拉力 /N	是否在 规定范围
0.1
	5	5 005.42	是
	6	5 390.45	否
	7	5 839.65	否
0.2	8	6 370.53	否

	5	4 530.14	是
	6	4 878.61	是
0.3	7	5 285.16	否
	8	5 765.63	否

	5	4 137.25	是
0.4	6	4 455.50	是
	7	4 826.79	是
	8	5 265.59	是

0.4	5	3 806.99	是
	6	4 099.84	是
	7	4 441.49	是
	8	4 845.27	是

表 9 500 kV 线路不同弧垂放松程度下地线承受拉力 (OPGW 光缆)

弧垂放松 $\Delta f/m$	断线股数 / 股	平均每股承受拉力 /N	是否在 规定范围
0.1
	7	2 375.83	是
	8	2 460.68	是
	9	2 551.81	是
0.2	10	2 649.96	否

	7	2 316.23	是
	8	2 405.32	是
0.3	9	2 501.53	是
	10	2 605.76	否

	7	2 290.02	是
0.4	8	2 385.44	是
	9	2 489.15	是
	10	2 602.30	否

0.4	7	2 199.52	是
	8	2 286.15	是
	9	2 399.47	是
	10	2 513.73	是

通过以上表格的数据可以看出, 通过放松架空地线的弧垂, 能够达到进行带电更换架空地线的目的。由于架空地线线型和绞制方式的不同, 需要进行弧垂放

松的程度也不尽相同。需要特别指出的是,500 kV 线路的 OPGW 光缆采用铝包钢绞线中间嵌入光纤。在作业时除了满足应力要求以外,还应当考虑作业工具对于光纤层的磨损。在作业中,应采用在滑轮处装设橡胶护套的方式,增强对 OPGW 光缆的保护。

3 结束语

在对上述带电更换架空地线作业的分析与计算检验中,应用了导(地)线应力计算、弧垂计算、长度计算等相关知识。又考虑到架空地线损伤程度的不同,提出了通过放松架空地线弧垂进行带电作业的方法。最后应用 MATLAB 编制程序,把计算流程标准化,为今后同类型的输电线路检修工作提供依据。对于不能停电检修,或者跨越公路、铁路等设施的线路档,带电进行架空地线的更换简化了作业流程,节约了作业时间。特别值得注意的是,这一作业方式必须根据架空地线锈

蚀、断股等情况进行过牵引计算,校核其安全情况。在校核结果满足安全性要求的前提下才能进行。总体来说,带电更换架空地线这一作业方法对于提高供电可靠性、确保电网安全稳定运行是有益处的。

参考文献:

- [1] 陈景彦,白俊峰. 输电线路运行维护理论与技术[M]. 北京:中国电力出版社,2009.
- [2] 胡国荣. 输电线路基础[M]. 北京:中国电力出版社,1997.
- [3] 张殿生. 电力工程高压送电线路设计手册[M]. 北京:中国电力出版社,2002.
- [4] DL/T 741—2010, 架空输电线路运行规程[S].

作者简介:

杜志佳(1986),男,江苏南京人,助理工程师,从事输电线路高压带电检修工作;
宫衍平(1966),男,江苏南京人,高级技师,从事输电线路高压带电检修工作。

Scheme of Changing Overhead Ground Wire by Live-working Based on Sag-easier Method

DU Zhi-jia, GONG Yan-ping

(Nanjing Power Supply Company, Nanjing 210013, China)

Abstract: The feasibility of changing the overhead ground wire by live-working method is verified in this paper through stress calculation. According to the result, if the stress has exceeded the demanded level, the method of sag-easier can be used to guarantee that live-working process can be accomplished safely. Relevant calculation results are given in the end, providing reference for further use.

Key words: overhead ground wire; live working; sag-easier method

(上接第 48 页)

中出现异常和遥控失灵的各种问题,提出了具体的分析意见和应对措施。正确理解断路器遥控原理,掌握断路器遥控的基本方法,在不同的运行工况下,准确地分析判断遥控过程中的异常或问题,消除隐患,从而找到正确的操作和控制方法,保证断路器可控,能控、在控,对提高安全管理水平有益。有助于运行维护和监控工作人员在运行监控、断路器操作、事故处理、综合自动化设备验收等具体的工作中做到原理清楚,心中有数,确保变电设备安全运行。

参考文献:

- [1] 江苏省电力公司. 江苏电网 35 ~ 220 kV 变电站自动化系统技

技术规范[S]. 2007.

- [2] 许世辉,方国元,张辉明,等. 国家电网生产技能人员职业能力培训通用教材(二次回路)[M]. 北京:中国电力出版社,2010.
- [3] 江苏省电力公司. 江苏电网地区监控通用运行规程[S]. 2011.

作者简介:

李 晔(1964),男,江苏徐州人,高级工程师,从事电力系统技术培训
朱 江(1968),男,江苏徐州人,工程师,从事电力系统继电保护
吴 玲(1969),女,江苏徐州人,技师,从事电力系统用电管理工作。

Analysis on Circuit Breaker Remote Control Based on Integrated Automation System

LI Ye, ZHU Jiang, WU Ling

(Xuzhou Power Supply Company, Xuzhou 221003, China)

Abstract: The basic principle of circuit breaker remote control based on substation integrated automation system is analyzed in this paper. The basic process and operation method of 220 kV circuit breaker remote control are discussed and its relevant secondary circuit is analyzed. This paper also discusses the reasons of abnormal phenomena of remote control operation as well as providing solutions. It is of great reference significance for substation relative staffs.

Key words: integrated automation; circuit breaker; remote control operation