

关于架空输电线路载流量计算方法的分析及改进

侯世春¹, 姜德胜²

(1. 国网黑龙江省电力有限公司电力科学研究院 黑龙江 哈尔滨 150030;
2. 国网黑龙江省电力有限公司管理培训中心 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要: 为了解决架空输电线路载流量计算方法与实际环境存在偏差的问题,通过对目前输电线路载流量计算方法的分析,建立了与输电线路所处实际环境一致的辐射散热计算方法,并在此基础上修正了架空输电线路载流量的计算公式。研究表明,目前基于Morgan公式的载流量计算公式在计算架空输电线路的载流量时过于保守,环境温度的降低和风速的提高可以使输电线路载流量显著提高。

关键词: 输电线路; 载流量; 计算方法; 改进

中图分类号: TM751 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2018)04-0082-03

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2018.04.018

Analysis and Improvement of Calculation Method for Current Carrying Capacity of Overhead Transmission Lines

Hou Shichun¹, Jiang Desheng²

(1. Electric Power Research Institute of State Grid Heilongjiang Electric Power Co., Ltd., Harbin 150030, Heilongjiang, China; 2. Management Training Center of State Grid Heilongjiang Electric Power Co., Ltd., Harbin 150030, Heilongjiang, China)

Abstract: In order to solve the problem of deviation between the calculation method of the current-carrying capacity of overhead transmission lines and the actual environment, a calculation method of radiation heat dissipation consistent with the actual environment of transmission line is established by analyzing the calculation method of the current transmission line flow rate. On this basis, the calculation formula for the current carrying capacity of overhead transmission lines are corrected. The research results show that the current formula based on Morgan formula is very conservative when calculating the current-carrying capacity of overhead transmission lines, and the reduction of ambient temperature and the increase of wind speed can significantly increase the current carrying capacity of transmission lines.

Key words: transmission line; current carrying capacity; calculation method; improvement

0 引言

随着中国电力需求快速增长,电力短缺成为制约经济发展的瓶颈。由于新建线路受到建设周期、资金和线路走廊及环境等因素制约,因此在原有线路基础上提高正常输送容量对解决输电瓶颈具有重要的意义。目前,架空输电线路载流量的计算普遍基于Morgan公式^[1],该公式在计算载流量时,对某些因素考虑过于保守,与架空输电线路实际环境存在一定偏差,导致计算得到的载流量也过于保守。国内学者虽然对提高载流量的可行性方面^[2-3]以及在载流量计算方法

方面开展了大量研究^[4-5],修正了太阳入射辐射的计算^[5],但是对架空输电线路实际环境的计算方法研究很少。下面针对架空输电线路载流量计算方法中的输电线路表面辐射散热的计算方法进行了修正,修正后的计算方法更加接近架空输电线路所处的实际环境,并在此基础上,研究了环境温度及风速对架空输电线路载流量的影响。

1 输电线路载流量计算方法

中国输电线路稳态载流量计算方法与国际电工委员会(International Electro-technical Commission,

IEC) 载流量计算方法相同,继承了 IEC 1597 计算方法,采用以下 Morgan 公式进行稳态载流量计算^[1]:

$$I = \sqrt{\frac{W_r + W_f - W_s}{R}} \quad (1)$$

式中: I 为导线稳态载流量; W_r 为单位长度导线表面辐射散热功率; W_f 为单位长度导线表面对流散热功率; W_s 为单位长度导线表面日照吸热功率; R 为导体单位长度交流电阻。

辐射散热功率计算公式^[1]为

$$W_r = \pi D \varepsilon \sigma [(\theta + \theta_a + 273)^4 - (\theta_a + 273)^4] \quad (2)$$

式中: D 为导线外径; ε 为导线表面辐射系数,光亮新线取 0.23~0.43,深色旧线取 0.9~0.95; σ 为斯忒藩-波尔兹曼常量 $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$; θ 为导线表面温升; θ_a 为环境温度。

对流散热功率^[1]为

$$W_f = 0.57 \pi \lambda_f \theta Re^{0.485} \quad (3)$$

式中: λ_f 为导线表面空气导热系数; Re 为雷诺数 $Re = \frac{VD}{\nu}$, V 为垂直于导线的风速, ν 为导线表面空气的运动粘度。考虑空气导热系数及运动粘性系数随温度的变化,则

$$\lambda_f = 0.024 2 + 7 \times 10^{-5} (\theta_a + \theta/2) \quad (4)$$

$$\nu = 1.32 \times 10^{-5} + 9.6 \times 10^{-8} (\theta_a + \theta/2) \quad (5)$$

太阳照射吸热功率^[1]为

$$W_s = \alpha J_s D \quad (6)$$

式中: α 为导线表面对太阳辐射的吸收率,光亮新线取 0.35~0.46,深色旧线取 0.9~0.95; J_s 为地球表面日照强度,晴天无云时取 $1000 \text{ W}/\text{m}^2$ 。

将式(2)至式(6)代入式(1)得目前普遍采用的稳态载流量计算公式:

$$I = \sqrt{\{9.92\theta(\nu D)^{0.485} + \pi D \varepsilon \sigma [(\theta + \theta_a + 273)^4 - (\theta_a + 273)^4] - \alpha J_s D\} / R} \quad (7)$$

2 载流量计算方法分析与改进

在上述稳态载流量计算中,式(2)是计算的导线表面对一个温度为 $(\theta_a + 273)$ 的黑体环境的辐射散热量。实际上,架空输电线是在一个半开放的空间中,该空间的一半是地面环境,另外一半边界是空中的环境,因此,关于输电线表面辐射散热的计算公式(2)与实际输电线所处环境不同。由于有一半表

面对空气辐射散热,而空气对热辐射是不吸收的^[6],因此,式(2)给出的输电线表面辐射散热量的计算结果比实际输电线表面辐射散热量偏低。采用式(2)计算得到的输电线载流量过于保守,浪费了输电线路资源。

考虑到上述因素,对输电线表面辐射散热计算公式进行了修正:

$$W_r = \frac{1}{2} \pi D \varepsilon \sigma [(\theta + \theta_a + 273)^4 - (\theta_a + 273)^4] + \frac{1}{2} \pi D \varepsilon \sigma (\theta + \theta_a + 273)^4 \quad (8)$$

即

$$W_r = \pi D \varepsilon \sigma \left[(\theta + \theta_a + 273)^4 - \frac{1}{2} (\theta_a + 273)^4 \right] \quad (9)$$

修正后的稳态载流量计算公式为

$$I = \sqrt{\{9.92\theta(\nu D)^{0.485} + \pi D \varepsilon \sigma \left[(\theta + \theta_a + 273)^4 - \frac{1}{2} (\theta_a + 273)^4 \right] - \alpha J_s D\} / R} \quad (10)$$

3 载流量及其影响因素分析

下面采用改进后的载流量计算公式对稳态载流量进行计算,并分析影响载流量的因素。

以常用的铝绞线和钢芯铝绞线为例,其交流电阻与直流电阻之比为 1.016 4~1.022 4,这里取平均值为 1.02,则交流电阻^[5]为

$$R = 1.02 R_{20} \frac{225 + \theta_c}{245}$$

式中: R_{20} 为 20 °C 时单位长度导线的直流电阻; θ_c 为导线温度, $\theta_c = \theta_a + \theta$ 。

以 300/25 钢芯铝绞线为例,导体直径为 23.76 mm,直流电阻取 0.094 33 Ω/km ,垂直导线方向风速为 0.5 m/s,对太阳辐射的吸收率取 0.925,发射率取 0.925,环境温度取 25 °C,地球表面日照强度取 $1000 \text{ W}/\text{m}^2$ 。

架空输电线载流量与导线温度的关系如图 1 所示。在图 1 中,实线代表采用修正后的载流量计算公式给出的结果,即式(10)给出的计算结果;虚线代表未修正的载流量式(7)计算给出的结果。从图 1 中对比可见,修正了计算得到的载流量高于未修正的结果,可见目前采用的载流量计算公式过于保

守,在维持输电线允许温度的情况下,实际输电线的载流量是可以更高的。

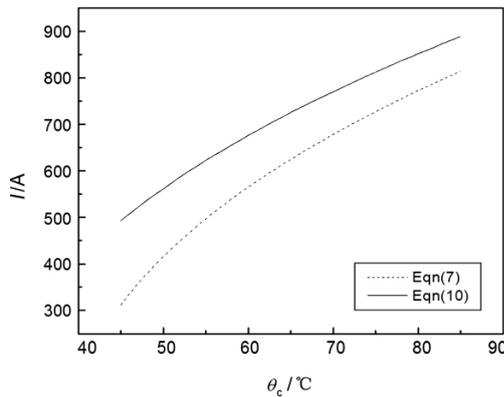


图1 架空输电线载流量与导线温度的关系

由于修正后的载流量计算公式(10)中关于导线表面辐射散热的计算更加符合实际,因此,架空输电线载流量仍可以进一步提高。

不同导线温度下提高架空输电线载流量的潜力如图2所示。可以看到,随着导线运行温度的提高,提高载流量的潜力降低。如果导线最高运行温度为70℃,载流量就可以提高14%,这一结果与文献[5]记载的数据相符。

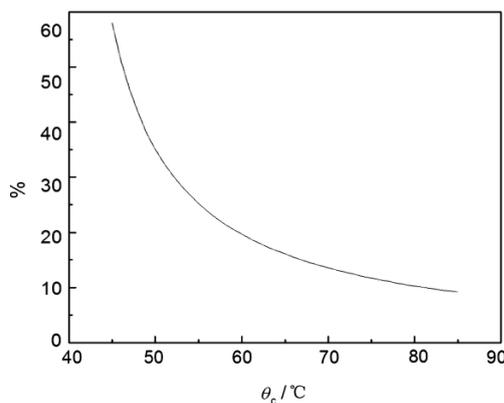


图2 不同导线温度下提高架空输电线载流量潜力

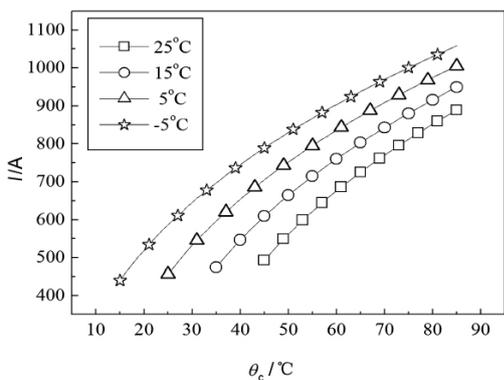


图3 架空输电线载流量与环境温度的关系

架空输电线载流量与环境温度的变化关系如图

3所示,可以看出,随着环境温度的降低,载流量明显提高。

架空输电线载流量随风速的变化如图4所示,可以看到,随着风速的增大,载流量明显提高。

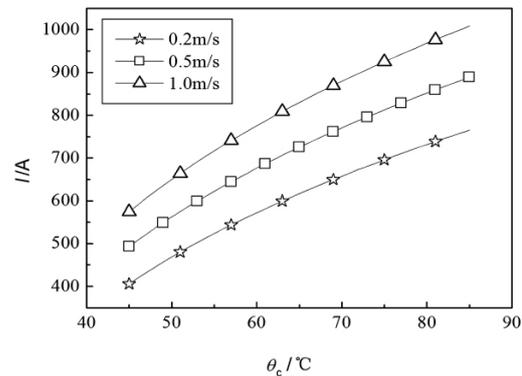


图4 架空输电线载流量与风速的关系

4 结论

通过对目前输电线载流量计算方法的分析,建立了与输电线所处实际环境一致的辐射散热计算方法,并在此基础上修正了架空输电线载流量的计算公式。研究表明,目前基于Morgan公式的载流量计算公式在计算架空输电线的载流量时过于保守,实际架空输电线的载流量具有一定的提高潜力。环境温度和风速对架空输电线的载流量有显著的影响。环境温度的降低和风速的提高,可以使输电线载流量显著提高。

参考文献

- [1] CIGRE. The Thermal Behavior of Overhead Conductors [R]. CIGRE WG12, ELECTRA(144), 1992.
- [2] 周孝信,郭剑波,胡学浩,等.提高交流500kV线路输电能力的实用化技术和措施[J].电网技术,2001,25(3):1-6.
- [3] 栾军,张智刚,寇惠珍,等.提高500kV电网输电能力的技术研究[J].电网技术,2005,29(19):15-17.
- [4] 张成巍,邱炬.架空线路动态增容技术研究[J].广东电力,2012,25(2):57-61.
- [5] 卢艺,陶凯,林声宏.架空导线载流量动态计算与应用[J].电网技术,2009,33(20):76-81.
- [6] 杨世铭,陶文铨.传热学(第4版)[M].北京:高等教育出版社,2006.

作者简介:

侯世春(1963),高级工程师,研究方向为电力系统安全稳定、电网技术和电力信息化管理。

(收稿日期:2018-04-27)