

耐热导线在工程中的应用

王晓栋, 冯彪, 姚虹

(无锡供电公司, 江苏 无锡 214071)

摘要: 本文对耐热导线的各种类型进行了介绍, 并对各种类型耐热导线进行了各种参数的分析和比较。增容改造方案应当建立在对各种耐热导线的各项参数的比较的基础上来选择最合适的导线。

关键词: 耐热导线; 增容方案比较

0 引言

近年来无锡电网有了很大的发展。但是伴随着长江三角洲地区经济的飞速发展, 导致用电需求大大的增加。同时地区电网提出了建设“强网”的更高要求。在这种情况下, 诸多 220kV、110kV 现状线路面临增容改造的需求。因此对无锡电网实施诸多新建、改造工程。受工程线路走廊、工程投资等影响, 220kV、110kV 线路导线根据具体实际情况考虑, 决定选择耐热导线以增大线路输送容量。

1 耐热导线的种类

1.1 耐热导线的类别及其原理和特点

耐热导线目前成熟的并且有较多商业化运行的产品有 3 种。

1.1.1 碳纤维合成芯导线

碳纤维合成芯导线它的结构是碳纤维为中性层和玻璃纤维包覆制成的单根芯棒, 外层与邻外层的导线为梯形截面。碳纤维导线的复合材料的抗拉强度可达到 2399MPa, 而一般钢丝为 1240MPa, 高强度钢丝为 1410MPa。复合材料制成的导线的破断力比传统导线增加 30%。复合材料的比重为钢材的 25%, 单位长度的碳纤维导线是同规格导线重量的 75%左右, 由于使用了复合材料作为线芯, 不存在钢丝材料引起的磁损和热效应。复合材料线膨胀系数小约为 $0.6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$, 在 1000m 档距以下线路拐点温度为 80°C , 使得导线在高温运行情况时弛度变化很小。由于采用了梯形截面的构造, 使得在相同直径条件下碳纤维导线比普通导线的铝材截面积增加了 29%左右, 加上运行温度的增加, 综合载流量可提高一倍。碳纤维导线目前推荐使用温度为 150°C , 最高亦可超过 200°C 。

1.1.2 殷钢芯耐热导线

殷钢是由铁镍合金材料制成, 具有优良的高温软化特性。普通钢芯的线膨胀系数为 $11.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$, 铝线的线膨胀系数为 $23 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$; 而殷钢芯的线膨胀系数仅为 $3.7 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 。其拐点温度受张力控制, 张力越小其拐点温度越高一般位于 $90^\circ\text{C} \sim 130^\circ\text{C}$ 之间。由于耐热铝合金线和殷钢芯的线膨胀系数的差异, 在导线温度上升过程中, 导线的机械荷载全部转移到殷钢芯上, 耐热铝合金线不再承受导线的张力。当到拐点温度时, 导线的张力全部转移到殷钢芯, 达到了低弛度的效果。殷钢芯耐热铝合金绞线长期运行允许工作温度可达 210°C ; 在较高的温度状态下工作时, 其弛度的增加量很小, 是一种低弛度导线。

1.1.3 间隙型耐热倍容量导线

间隙型钢芯耐热铝合金绞线是采用特高强度镀锌钢线(或特高强度铝包钢线)和(超)耐热铝合金线通过特殊“间隙结构”同心绞合而成的一种特种架空输电导线。间隙型增容导线的内层导体采用型线截面以保持钢芯与铝合金之间的间隙, 在间隙中填充耐热油脂从而避免了钢芯与铝合金内层的摩擦, 使得铝合金层与钢芯可以独立移动。通过一种特殊的创新架线方式实现铝部张力转移, 所有张力都由钢芯承担, 导线的线膨胀性能即为钢芯的线膨胀性能。这种导线在安装时需通过一种特殊的张力方法安装, 使所有的张力在弛度增加时都落在钢芯上, 这样, 导线带电运行时的弛度变化即取决于钢芯的线膨胀系数, 铝线的线膨胀系数对导线的弛度变化不起作用。间隙型导线由于其特殊结构长期运行允许工作温度可达 210°C 。

2 耐热导线的比较

2.1 导线的基本参数

导线的基本参数见表 1。由表 1 可以看出 ACCC 导线在拉重比和电阻以及外径有部分优势。

表 1 导线的基本参数

导线型号	ACCC-310/40	NRLH60GJ-300/40	JNRLH3S/EST-300/40
导线结构	耐铝铝 24×3.99 股钢芯 7×2.66		
铝	309.6	300.09	290.2
计算钢（合	39.8	38.9	43.11
截面成）芯			
积总	349.4	338.99	333.31
外径	21.78	23.9	22.4
单位重量			
kg/km	927	1133	1147
计算拉断力			
Kn	103.0	89.9	113.2/68.7
拉力重量比			
km	11.11	7.93	9.86/5.98
热膨胀系数			
×10-6/℃	13/1.66	19.6/3.7	11.5
20℃直流电			
阻 Ω/km	0.0911	0.0977	0.1010

2.2 导线的载流量比较

根据载流量计算公式（1）计算得各导线载流量见表 2。

$$I=\sqrt{\frac{0.57\pi\Delta t\lambda_f(\frac{VD}{v_f})^{0.485}+\pi\epsilon D\sigma(T_M^4-T_0^4)-\alpha_sDq_s}{(1+k)R_{20}[1+\alpha_{20}(t-20)]}}$$

(1)

表 2 各导线载流量

温度	ACCC-310/40	NRLH60GJ-300/40	JNRLH3S/EST-300/40
80	747	738	715
100	924	920	886
120	1070	1062	1026
150	1257	1250	1206
200℃	1526	1519	1465

以上载流量计算条件为：基准环境温度 25℃，风速 0.5m/s，辐射系数及吸热系数为 0.5，海拔高度为 1000m，导体考虑 0.1W/cm²日照强度的影响。

根据上表计算可以看出三种导线在载流量上区别不大，碳纤维导线稍占优势。

2.3 导线施工难度比较

导线施工难度比较见表 3。

2.4 导线经济特性比较

导线经济特性比较见表 4。

表 3 导线施工难度比较

导线类型	施工难点	施工难易比较
碳纤维导线	1、导线的铝材使用材质为高导电率的软铝，施工时如果措施不当极易造成导线破损。 2、导线耐张线夹结构采用碳芯楔型结构，铝层压接结构，施工难度较大。 3、施工中必须采用张力放线。	较难
股钢芯导线	与普通导线一样施工	易
间隙型导线	1、施工中必须采用张力机放线， 2、初次紧线张力不能超过 70%， 3、紧线完毕后，必须等候 12 小时，待铝线张力全部释放后才能做导线压接工作，并且压接工作必须在高空进行等。	难

表 4 导线经济特性比较

导线型号	ACCC-310/40	NRLH60GJ-300/40	JNRLH3S/EST-300/40
计算截面积	349.4	338.99	333.31
20℃直流电阻 R20 Ω/km	0.0911	0.0977	0.1010
通过额定电流时电阻 Ω/km	750A/0.1143	750A/0.1230	750A/0.1283
单位长度电阻损耗 kw/km	64.29	69.18	72.17
年利用小时	3000 4500 6000	3000 4500 6000	3000 4500 6000
单位长度年损耗费 用（万元） 0.4 元	7.71 11.56	8.3 12.45	8.66 12.99
/kmh	15.42	16.6	17.32
单位长度导线重量	2.781	3.39	3.44
单位长度导线费用 （万元/km）	30.5	8.5	25.5

2.5 导线的其他情况说明

碳纤维导线由于受碳芯结构的固化（碳芯由美国进口）故导线型号相对固定，其导线截面均引自英制。与国内情况略有不同。

股钢芯导线可以有较大的自由度组合股钢芯和铝截面的大小。

间隙型导线的导线规格则基本套用钢芯铝绞线的规格。

3 实例介绍

2008 年，无锡江阴对 220kV 芙蓉线进行增容改造，通过比选采用了碳纤维导线的增容方案，该工程线路路径长度为 3.1km，使用碳纤维导线改造成 2*LGI-300/25 输送容量，静态投资为 379.86 万元（包括改造了 3 基运行时间长的拉锚塔），如果采用全线改造方式则造价为 719.68 万元。使用碳纤维导线改

造线路造价仅为全线改造造价的 53.5%。使用碳纤维导线改造时间为 8 个日历天, 如果采取全线改造则在基建上需要 50 个日历天尚不包括规划路径审批、政策处理等烦琐的程序。从以上分析可以得出如果老线路增容采用碳纤维导线的话可以大大造价, 缩短施工时间。符合国家电网公司提出的“环境友好型, 资源节约型”的要求。

4 结论

本文对现有的使用量较多的耐热导线进行了各项参数的比较。各种导线均有自己的优势, 在工程设计中应当结合实际情况, 通过多个导线(包括截面)方案比较选择适合当前工程的增容导线。

参考文献:

- [1] 尤传永. 增容导线在架空输电线路上的应用研究[J]. 电力设备, 2006, 7(10): 1-7.
- [2] 王明, 扬玉群. 王新, 等. 运用新型耐热导线提高线路输送容量[J]. 陕西电力, 2009, 37(03): 19-22.
- [3] 余朝胜. 碳纤维复合芯(ACCC)导线在输电线路中的应用[J]. 广东输电与变电技术, 28(4): 12-14.

作者简介:

王晓栋(1977-), 男, 江苏无锡人, 工程师, 注册电气师, 主要从事输电线路电气设计工作, E-mail: discover99@163.com;

冯彪(1975-), 男, 江苏无锡人, 工程师, 主要从事输电线路工作;

姚虹(1972-), 男, 江苏无锡人, 助理工程师, 主要从事输电线路电气设计工作。