

文章编号: 1005—0523(2006)01—0102—04

覆冰过载情况下电线的允许比载和冰厚计算

唐春林

(湖南省电力勘测设计院 电网工程部, 湖南 长沙 410007)

摘要:提出了输电线路在覆冰过载情况下的电线应力计算状态方程;得出了电线在冰灾断线时的允许比载和允许冰厚的计算方法,为输电线路冰灾分析和冰灾预防提供参考数据.

关键词:输电线路;覆冰;计算

中图分类号: F062.2

文献标识码: A

0 前言

2005年2月13日至2月16日,湖南省部分地区遭遇了五十年一遇的强冰冻灾害.多条输电线路发生了倒塔断线事故,给电网造成了巨大损失.本文特提出了电线在覆冰过载情况下电线接近破断时允许比载和相应覆冰厚度的计算方法,为分析线路冰害事故和冰灾预防提供参考数据.

1 覆冰过载情况下的电线应力计算状态方程的提出

架空线路电线的应力计算在电线发生弹性应变情况下是通过解普通状态方程进行的.即已知某种气象条件下的电线应力,用普通状态方程可求出另一种气象条件下的应力.但是电线在覆冰过载接近破断情况下,已超出了电线的弹性范围.此时电线产生的塑性伸长大于弹性伸长,如果用普通状态方程去求取覆冰破断情况的电线应力,计算结果会产生很大的误差,计算结果根本不能使用.

在过载情况下,电线除产生弹性伸长外还要产生塑性伸长.要计及塑性伸长必须要有电线的应力——应变曲线(可要求厂家提供).电线的应力——

应变曲线如图1所示.

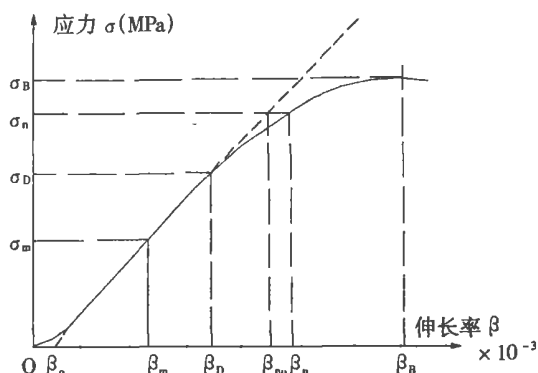


图1 电线应力应变曲线

图中 σ_m 为设计最大使用应力; σ_D 为极限弹性应力; σ_n 为超弹性(即过载)应力; σ_B 为破断应力.对应的伸长率(又称相对伸长)分别为 β_m 、 β_D 、 β_n 、 β_B .

现在推导有塑性变形情况下电线的状态方程:

设已知状况(一般是设计最大使用应力工况),气温为 $t_m(^{\circ}\text{C})$,电线的比载为 $g_m(\text{N}/\text{mm}^2 \cdot \text{m})$,应力为 $\sigma_m(\text{N}/\text{mm}^2)$.待求情况(过载情况)下的气温为 t_n ,比载为 g_n ,应力为 σ_n .电线的弹性模量为 $E(\text{N}/\text{mm}^2)$,线膨胀系数为 $\alpha(1/^{\circ}\text{C})$,档距为 $l(\text{m})$.

收稿日期: 2005—05—28

作者简介: 唐春林(1971—),男,湖南祁阳人,工程师,主要从事输电线路工程设计.

电线在 m 工况下的线长为: $L_m = l + \frac{g_m^2 l^3}{24 \sigma_m^2}$

电线在 n 工况下的线长为: $L_n = l + \frac{g_n^2 l^3}{24 \sigma_n^2}$

电线的温度由 t_m 升到 t_n , 电线的长度增加 ΔL_1 :

$$\Delta L_1 = (t_n - t_m) \alpha \cdot L_n$$

由于 α 值很小, 一般在 10^{-5} 以下, 而 L_n 与 l 相差也很小, 所以在计算 ΔL_1 时用 l 代替 L_n 不会产生很大误差, 故: $\Delta L_1 \approx (t_n - t_m) \alpha l$.

设电线的应力由 σ_m 升到 σ_n 电线的弹性伸长为 ΔL_2 .

因为弹性模量是施加在电线上的应力与电线在该应力作用下产生的伸长率之比. 如果施加的应力为 σ_m , 则电线会伸长 σ_m/E 倍.

$$\therefore \Delta L_2 = \frac{\sigma_n - \sigma_m}{E} \cdot L_m \approx \frac{\sigma_n - \sigma_m}{E} \cdot l$$

由于处在过载状态, 电线还要产生一个塑性伸长 ΔL_3 . 从图一可知, 如果电线不产生塑性伸长. 当应力为 σ_n 时伸长率应为 β_{no} . 由于应力 σ_n 已超过弹性极限应力 σ_D , 实际伸长率 β_n 大于 β_{no} . 其差值便是塑性伸长.

$$\therefore \Delta L_3 = (\beta_n - \beta_{no}) L_n \approx (\beta_n - \beta_{no}) = \beta l$$

其中 $\beta = \beta_n - \beta_{no}$.

显然, 电线由 m 工况变到 n 工况后, 电线的伸长应是 ΔL_1 、 ΔL_2 、 ΔL_3 之和. 即: $L_n - L_m = \Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3$

即:

$$l + \frac{g_n^2 l^3}{24 \sigma_n^2} - (l + \frac{g_m^2 l^3}{24 \sigma_m^2}) = (t_n - t_m) \alpha l + \frac{\sigma_n - \sigma_m}{E} l + \beta l$$

两边同除以 $\frac{l}{E}$ 得:

$$\frac{g_n^2 l^2 E}{24 \sigma_n^2} - \frac{g_m^2 l^2 E}{24 \sigma_m^2} = \alpha E (t_n - t_m) + \sigma_n - \sigma_m + \beta E$$

整理后得

$$\sigma_n - \frac{g_n^2 l^2 E}{24 \sigma_n^2} = \sigma_m - \frac{g_m^2 l^2 E}{24 \sigma_m^2} - \alpha E (t_n - t_m) - \beta E$$

..... (1-1)*

(1-1)* 式即为覆冰过载情况下进行电线力学计算的状态方程式.

2 覆冰过载情况下电线接近破断时的允许比载计算

在线路冰灾事故分析和覆冰预防治理中有时要计算电线在破断条件下允许比载, 进而算出允许

覆冰厚度. 由于此时电线已发生了严重的塑性变形. 不能使用普通的状态方程, 而必须利用 (1-1)* 式. 将该式两边除以 E 得

$$\begin{aligned} \frac{\sigma_n}{E} - \frac{g_n^2 l^2}{24 \sigma_n^2} &= \frac{\sigma_m}{E} - \frac{g_m^2 l^2}{24 \sigma_m^2} - \alpha (t_n - t_m) - \beta \\ \therefore \frac{g_n^2 l^2}{24 \sigma_n^2} &= \frac{\sigma_n}{E} - \frac{\sigma_m}{E} + \frac{g_m^2 l^2}{24 \sigma_m^2} + \alpha (t_n - t_m) + \beta \quad \dots\dots \\ &\dots\dots\dots (1-2)* \end{aligned}$$

从图 1 可知: $\frac{\sigma_n}{E} = \beta_{no}$ 、 $\frac{\sigma_m}{E} = \beta_m$ 、 $\beta = \beta_n - \beta_{no}$

代入 (1-2)* 式得: $\frac{g_n^2 l^2}{24 \sigma_n^2} = \frac{g_m^2 l^2}{24 \sigma_m^2} + \beta_n - \beta_m$

$$\therefore g_n = \sigma_n \sqrt{\frac{g_m^2}{\sigma_m^2} + \frac{24(\beta_n - \beta_m)}{l^2} + \frac{24\alpha(t_n - t_m)}{l^2}} \dots\dots$$

..... (1-3)*

由设计覆冰计算到破坏情况覆冰, 则 $t_n = t_m$. 则上式变为

$$g_n = \sigma_n \sqrt{\frac{g_m^2}{\sigma_m^2} + \frac{24(\beta_n - \beta_m)}{l^2}} \quad \dots\dots\dots (1-4)*$$

g_n 就是破坏情况下允许的比载. 根据比载 g_n 可反算覆冰厚度

3 覆冰过载情况下电线接近破坏条件时的允许冰厚计算.

上面已经知道允许比载计算, 而在线路冰灾事故分析和覆冰预防治理中有时要直接知道电线在破坏条件下允许的最大覆冰厚度. 下面具体介绍一下由比载反算冰厚的方法.

由比载反算冰厚, 如果考虑风的影响计算是很繁复的. 而在超载情况下覆冰很厚, 垂直荷重远远大于风荷重. 忽略风的影响, 直接把 g_B 作为垂直比载 g_3 来计算影响很小, 算出的冰厚约大 0.1~0.2 mm.

此时, $g_2 = g_3 - g_1 = g_B - g_1$

而 $g_2 = 0.9 \cdot g \cdot \Pi \cdot b(b+d) \times 10^{-3}/s$

$$\therefore b(b+d) = \frac{g_2 \cdot S \times 10^3}{0.9 \cdot g \cdot \Pi}$$

$$b = \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 + \frac{1000 \cdot S}{0.9 \cdot g \cdot \pi} (g_B - g_1)} - \frac{d}{2} \quad \dots\dots\dots$$

..... (1-5)*

式中 b 为允许冰厚(mm), g 为重力加速度, 取 $g = 9.80665$.

4 计算实例

某线路采用 LGJ-240/30 导线,设计覆冰厚度为 10 mm,最大使用应力为 104 MPa(相应风速为 10 m/s,气温-5℃)试求档距为 350 m 时导线应力达到破坏应力时允许的覆冰厚度(风速、气温未变)。

导线计算拉断力为 75.62 kN,截面积 $S=275.75\text{ mm}^2$,直径 $d=21.6\text{ mm}$ 。

破坏应力: $\sigma_B=75\ 620/275.75=274.2\text{ MPa}$

导线比载: $g_1=32.772\times 10^{-3}$ $g_m=g_{7(10.10)}$
 $=65.468\times 10^{-3}$

导线应力应变曲线如图 2 所示(该曲线为厂家提供)。

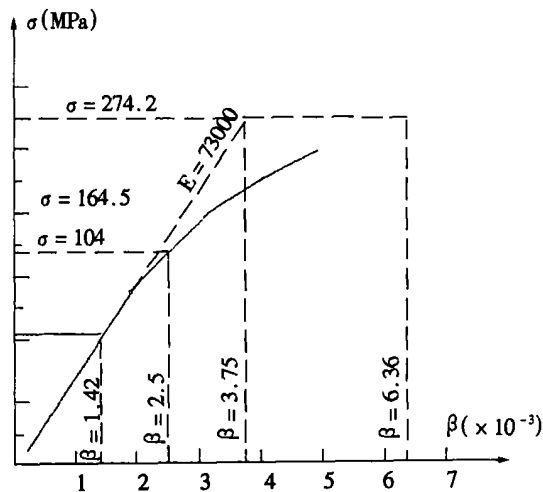


图 2 钢芯铝绞线应力应变曲线

利用该曲线查得:
 $\sigma_m=104$ 时: $\beta_m=1.42\times 10^{-3}$
 $\sigma_B=274.2$ 时: $\beta_B=6.36\times 10^{-3}$
利用公式(1-4)* 求出导线应力达到破坏应力时的允许比载:

$$g_B=274.2\times \sqrt{\frac{65.468^2\times 10^{-6}}{104^2}+\frac{24(6.36-1.42)\times 10^{-3}}{350^2}}=320.252\times 10^{-3}$$

再利用(1-5)* 式可以计算出导线应力达到破坏应力时的覆冰厚度为 43.75 mm。

在上述应力下,如果用普通状态方程式求解(过程从略)其结果为:

比载: $g_B=253.265\times 10^{-3}$,冰厚为: $b_B=37.14\text{ mm}$

因此用普通状态方程去求解破坏状态下导线的比载是完全不适合的。

在具体工程中,当输电线路处在重冰区段时,由于线路不均匀覆冰或不同期脱冰所产生的不平衡张力,有时可成为直线杆塔强度和稳定设计的控制条件.这时,直线杆塔上一侧覆冰过载[应用(1-1)* 式计算],另一侧不均匀覆冰或不同期脱冰[应用普通状态方程计算],由于两侧冰载不等使杆塔承受很大的不平衡张力,当不平衡张力达到某种程度时就会引起杆塔的倾覆。

5 结 论

输电线路在覆冰过载情况下的电线力学计算不能采用常规的计算方法,而必需考虑导线塑性变形的影响.本文全面分析了输电线路在覆冰过载情况下导线所发生的变形情况,导出了输电线路在覆冰过载情况下的电线力学计算方程,进而可计算出相应条件时电线的允许比载和相应的冰厚.应用到具体工程中,对输电线路的冰灾分析和冰灾预防均有借鉴意义。

参考文献:

[1] 张殿生. 电力工程高压送电线路设计手册[M]. 北京: 水利电力出版社, 2003.

Calculating the Unit-length & Unit-area Weight and the Ice Coating Thickness as the Weight of the Ice-coating Overburdened the Transmission Lines.

TANG Chun-lin

(Hunan Electric Power Design Institute, Changsha 410007, China)

Abstract: The state equation to calculate the wire's stress had been presented as the weight of ice-coating overburdened the transmission lines. With disconnection fault occurred because of ice disaster, how to calculation the wire's permissible unit-length & unit-area weight and it's allowable ice coating thickness have been given in this paper. The result of calculation as reference date should be valuable for analyzing and preventing the ice disaster which may happen to the transmission line.

Key words: transmission lines; ice-coating; calculation

(上接第 77 页)

```
frm __data.t __event.Close;
except
begin
frm __data.adocn.RollbackTrans;
showmessage('数据库异常! 请检查输入参数和
设置');
end;
end;
end;
```

4 总结

整个系统在 windows2000 + delphi7.0 + sqlserv-
er2000 开发平台下得以顺利的实现,并在系统中为

以后的分布式应用和业务扩展预留了接口,组件从
底层开发,使得该系统占用系统资源少,效率高,同
时由于系统架构中各层只依赖于它的下一层,因此
具备良好的可移植性.在开发过程中,灵活地运用
了现代软件工程技术中的一些新方法,取得了较好
的效果.在工程开发中,自己的一点体会就是要学
会抽象、分层、模块组件化、高内聚低耦合.

参考文献:

[1] Roger S.Pressman 著,梅宏译.软件工程—实践者的研究
方法[M].北京:机械工业出版社,2002.
[2] 萨师煊,王 珊.数据库系统概论[M].北京:高等教育出
版社,2003.
[3] 明日科技.数据库开发关键技术 with 实例应用[M].北京:
人民邮电出版社,2004.

The Design and Key Technique of Safe Finance Charge System

LIU Er-gen, TAN Peng-zhi, ZUO Li-ming

(School of Natural Science, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: We Expound a System Boom of Finance Charge, Advance concept of Safe Finance Charge System, Give Tech-
nical Function of Its Need Reaching, And Give a Example of Modern Software Engineering Method of How to Apply Real
Item, Induce Key Problem of Touching and Solve Plan in developing

Key words: Software Engineering; Information Safe; Database System; COM