

单相接地短路电流曲线的绘制方法

任德顺¹,任 杰²

(1. 四川电力设计咨询有限责任公司,四川 成都 610016;

2. 四川省电力公司检修公司,四川 成都 610041)

摘 要:在中性点直接接地系统中,单相接地短路是最常见的不对称短路。随着电力系统容量的不断增大,要计算出系统的简化网络阻抗非常困难,系统专业一般只能给出计算线路两端及中间点短路时的单相接地短路电流值,如何方便快捷地绘制出单相接地短路电流曲线是本文重点探讨的问题。

关键词:短路电流; 曲线; 绘制方法

中图分类号: TM264

文献标志码: A

文章编号: 1000-582X(2014)S2-159-3

短路电流曲线表征沿着所计算送电线路移动接地短路点时,所计算送电线路和系统中有关送电线路零序电流的变化规律。由于接地点总电流是由系统中所有电源供出的,系统中所具有零序回路的送电线路都会有不同数值的零序电流通过,且其值的大小必定是随着所计算送电线路的短路点的变化而变化。这就说明,完全可以把邻近有关送电线路的短路电流曲线,按所计算送电线路的比例绘制在同一个坐标内。本文通用对单相接地短路电流数学物理模型的推导分析,提出了单相接地短路电流曲线的快速绘制方法。

1 数学物理模型的推导

电力系统网络接线,一般可等效简化如图 1 所示^[1]。

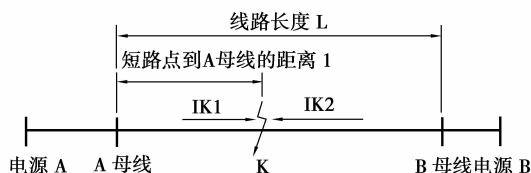


图 1 简化后系统网络

由图 2 正(负)序网络可计算出 K 点短路时正(负)序总电抗:

$$\sum X(+)= \frac{(X_A + n \cdot X_0 \cdot l)(X_B + n \cdot X_0 \cdot L - n \cdot X_0 \cdot l)}{X_A + X_B + N \cdot X_0 \cdot L}$$

单相接地短路总电流 IK :

$$\sum X(0) = \frac{(X_{A0} + X_0 \cdot l)(X_{B0} + X_0 \cdot L - X_0 \cdot l)}{X_{A0} + X_{B0} + X_0 \cdot L}$$

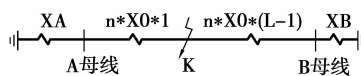


图 2 保留所需计算输电线路的正(负)序等效网络

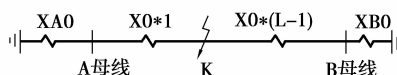


图 3 保留所需计算输电线路的零序等效网络

注: X_A 、 X_B 为系统两端正、负序阻抗标么值。 X_0 为线路单位长度的零序阻抗标么值。 nX_0 为线路单位长度的正、负序阻抗标么值。 l 为短路点 K 到 A 母线的距离(km)。

$$IK = \frac{3Id}{2 \sum X(+ -) + \sum X(0)}$$

注: Id 为基准电流(kA)。

则 IK1、IK2 分别为:

$$IK2 = \frac{XA0 + X0 \cdot l}{XA0 + XB0 + X0 \cdot L} \cdot IK$$

$$IK1 = \frac{XB0/X0 + L - l}{\frac{2(XA + nX0 \cdot l)(XB + nX0L - nX0 \cdot l)(XA0 + XB0 + X0L)}{3Id \cdot X0(XA + XB + n \cdot X0 \cdot L)} + \frac{(XA0 + X0 \cdot l)(XB0 + X0L - X0 \cdot l)}{3Id \cdot X0}}$$

从上式可以看出,其分母是一个关于 l 的二次函数。

设该函数为 f(l) = Al² + Bl + C, 则:

IK1、IK2 分别可简化为下面数学物理模型:

$$IK1 = \frac{D - l}{Al^2 + Bl + C}$$

$$IK2 = \frac{E + l}{Al^2 + Bl + C}$$

其中 A、B、C、D、E 均为待定系数。

2 待定系数的计算

当 A 点短路时, l=0, 则:

$$IA1 = D/C \quad IA2 = E/C \quad IA1/IA2 = D/E \quad \text{①}$$

当 B 点短路时, l=L, 则:

$$IB1 = (D - L)/(A \cdot L^2 + B \cdot L + C)$$

$$IB2 = (E + L)/(A \cdot L^2 + B \cdot L + C)$$

$$IB1/IB2 = (D - L)/(E + L) \quad \text{②}$$

当中间点短路时, l=L/2, 则:

$$IZ1 = (D - L/2)/(A \cdot L^2/4 + B \cdot L/2 + C) \quad \text{③}$$

由①、②式可解得:

$$E = \frac{L + IB1/IB2 \cdot L}{IA1/IA2 - IB1/IB2}$$

$$C = \frac{E}{IA2}$$

$$D = \frac{IA1}{IA2} \cdot E$$

由②、③式可解得:

$$B = \frac{4D}{IZ1 \cdot L} - \frac{2}{IZ1} - \frac{3C}{L} - \frac{D}{IB1 \cdot L} + \frac{1}{IB1}$$

$$A = \frac{D}{IB1 \cdot L^2} - \frac{1}{IB1 \cdot L} - \frac{C}{L^2} - \frac{B}{L}$$

3 实例计算

根据系统专业提资, 确定计算已知条件见表 1。

表 1 已知条件

线路长度	130	km
首端短路——短路电流 IA1:	2.5947	kA
首端短路——短路电流 IA2:	51.9249	kA
中间短路——短路电流 IZ1:	8.8746	kA
中间短路——短路电流 IZ2:	8.9625	kA
末端短路——短路电流 IB1:	52.6842	kA
末端短路——短路电流 IB2:	2.9152	kA
短路点间隔距离:	5	km

利用“VBA”编程, 计算结果见表 2。

表 2 短路电流分布计算结果

短路点 K(km)	IK1(kA)	IK2(kA)
0	2.5947	51.9249
5	3.434617335	38.34573994
10	4.017386104	30.37187157
15	4.483721021	25.1244201
20	4.893263483	21.40755413
25	5.276493137	18.63536227
30	5.651463937	16.48693826
35	6.030397927	14.77173759
40	6.422703649	13.36944409
45	6.836556512	12.2003009
50	7.279856396	11.20929857
55	7.760919637	10.35721087
60	8.289088843	9.615246169
65	8.875378936	8.961713349
70	9.533263394	8.379859956
75	10.27972328	7.856415226
80	11.13673481	7.380564631
85	12.13347675	6.943185409
90	13.30973878	6.536225068
95	14.72140026	6.152124393
100	16.44963664	5.783175096
105	18.61721273	5.420644323
110	21.41918258	5.053340571
115	25.18544465	4.664875954
120	30.52179747	4.227657709
125	38.67483987	3.687500738
130	52.6842	2.9152

自动生成 Excel 图表见图 4。

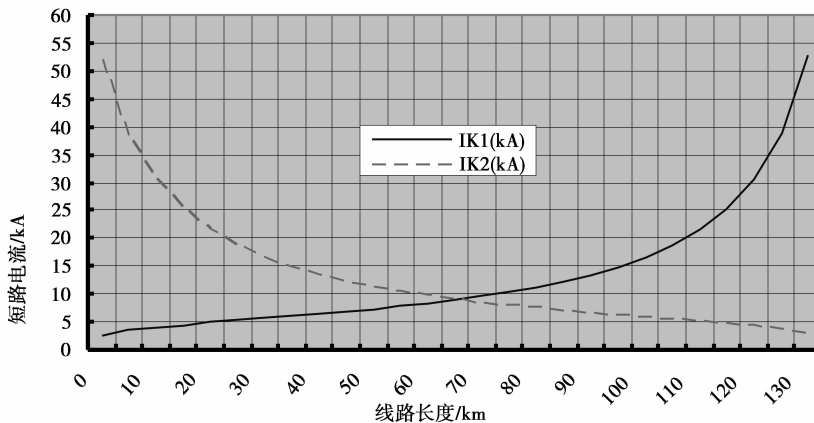


图 4 单相接地短路电流曲线

4 结论

在已知计算线路两端及中间点短路时的单相接地短路电流值的情况下,利用该方法能快速计算出线路任一点短路时的短路电流值,经与《电力工程高压送电线路设计手册》图 4-9-8 比较,结果完全一致^[2],可以满足工程设计要求,可以在送电线路地线热稳定校验中推广应用。

参考文献:

- [1]孙秋野. 电力系统分析. [M]. 北京:人民邮电出版社,2012.
- [2]能源部东北电力设计院. 电力工程高压送电线路设计手册[K]. 2003.

(编辑 傅旭东)