

接触网故障探仪的研制

金永贤 李 枝

(电气工程系)

摘 要 介绍了接触网短路故障探测仪的研制原理,提出了用电抗量计算短路点位置的新方法,并用该装置进行实地试验,计算结果误差控制在400m以内。

关键词 短路故障;电抗量;饱和;误差

分类号 TP206.3;U225

0 引 言

众所周知,接触网在运行过程中,经常会发生短路故障。由于线路很长,靠人工来查找故障点非常困难,即使能找到故障点位置,也需花费很长时间,这段时间电气化铁路无法运行,因而损失是很大的。为此,需给接触网配备一个检测装置,以便在短路时能准确及时地确定故障点位置,从而使工作人员能迅速地排除故障,使电气化铁路恢复运行,减少损失。目前国内使用的故障探仪大多数是晶体管类,其测量误差较大。本仪器采用计算机测量,用电抗量来计算距离,并用谐波来补偿,其精度可以达到400~500m(20km范围内)。

1 本仪器研制原理

1.1 误差来源分析

接触网短路故障时铁芯饱和,以输入量为例,在短路故障时,所测得的电流值,其误差可达10%。例如,额定值原边电流为600A,短路时原边电流可达到3000A以上,这时电流互感器的铁芯饱和。另外,吸回变在短路故障时也会饱和,这些在设计该仪器时应充分考虑。

1.2 采用电抗量来换算距离

在具有吸回变的供电区段,在变电所测得的总电抗量 X 与供电线路的长度 L 所具有的关系如图1所示。即:在0至第一个吸回变(BT_1)之间是线性的,在第一个吸回变(BT_1)与第二个吸回变(BT_2)之间也是线性的,余类推。如此,应有如下方程

$$L = K_L(X - \sum_{i=0}^n XT_i) \quad (i = 0, 1, 2, \dots)$$

式中: K_L 为系数; n 为该供电臂所具有吸回变的总台数; XT_i 为吸回变(BT_i)的换算电抗。

应当注意, XT_i 是变量, 即由于接触网短路故障点位置不同, 吸回变饱和程度不同, 其换算电抗 XT_i 也会有所变化。

1.3 用谐波分量进行补偿

以前计算短路点位置用以下方法, 根据短路时求得的电压、电流的基波值, 然后由这两个分量求出阻抗或电抗, 最后换算成距离 L 。采用这种方法误差较大, 这是因为短路时铁芯饱和, 输出波形发生畸变, 和原输入波形已不一样, 是一个非正弦量, 除了基波以外, 还有高次谐波, 所以, 总电抗 X 不等于 X_1 。因而, 直接用 X_1 来计算短路点距离 L 误差较大, 一般在 4~5%。

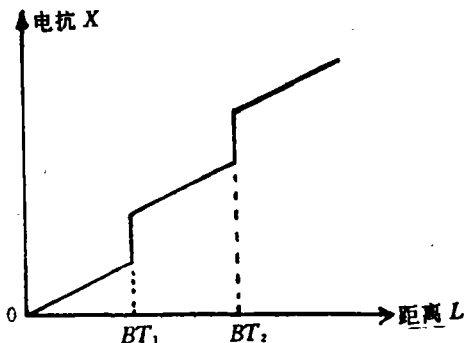


图1 总电抗 X 与长度 L 之间的关系

本仪器所用方法, 短路时, 用计算机对周期性的电压、电流进行采样, 将非正弦量(模拟量)转换为离散时间的信号序列(数字化量), 然后用计算机进行付氏分解, 求得基波和各次谐波, 最后用高次谐波来修正由于流互饱和所带来的误差。从理论上说, 这种方法可以达到任意精度, 但考虑到现场实际需要以及计算工具的局限性, 计算结果误差控制在 1~2% 就可以了。因此, 计算机运算精度和 A/D 采样精度要控制在 1%。这就是谐波补偿的原理。

1.4 计算

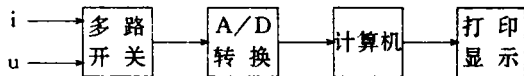
最后测试距离用下述公式计算

$$L = K_L [K_B (K_I \frac{U_1}{I_1} \sin \theta - K_T K_{BT} X_{BT})],$$

其中: K_L 为距离换算系数; K_B 为数据变化系数; K_I 为电流饱和和补偿系数; U_1 为计算得电压基波值; I_1 为计算得电流基波值; θ 为电压电流基波值之夹角; K_T 为投入吸回变台数; K_{BT} 为吸回变饱和折算系数; X_{BT} 为吸回变电抗。

2 本仪器构成

输入量电流 i 、电压 u 为工频交流模拟量, 其中含有谐波分量, 经多路转换开关以后, 通过 A/D 转换得到数字量, 将数字量送入计算机运算处理, 求得基波分量和谐波分量, 求出相应的电抗值, 最后换算成距离。



$$L = K_L X, \quad K_L \text{ 为距离换算系数。}$$

3 测试数据及分析

短路点:

① 漳钱臂 K494 + 168(距漳平变电所 18.313km); ② 漳钱臂 K503 + 435(距漳平变电所 9.046km); ③ 漳钱臂 K494 + 747(距漳平变电所 17.734km)。

测试位置:漳平变电所. 其中②和③各测二次. 各次所采样的数据:

① K494 + 168 处:

电压 2.2534 2.3242 2.1875 1.8066 1.3037
0.6640 0.0171 -0.6637 -1.2615 -1.7763
-2.1399 -2.2985 -2.2375 -1.8715 -1.3737
-0.7979 -0.1440 0.5490 1.1663 1.6836

电流 0.2708 0.8735 1.2151 1.8349 2.4429
2.1448 2.0008 1.6446 1.1560 0.5368
-0.1000 -0.7076 -1.3127 -1.7495 -2.0350
-2.1400 -2.0447 -1.7446 -1.2615 -0.6759

② K503 + 435 处:

电压 -0.9790 -1.3623 -1.6186 -1.6089 -1.3672
-1.0571 -0.6592 -0.2124 0.2393 0.6226
0.9448 1.2598 1.6357 1.6480 1.4868
1.1646 0.8276 0.3833 -0.1099 -0.5518

电流 1.0986 0.2344 -0.6299 -1.3940 -2.1387
-2.5732 -2.9077 -2.8613 -2.5415 -1.9556
-1.1670 -0.2637 0.5566 1.3135 2.0166
2.5488 2.8980 2.9102 2.6709 2.1484

③ K503 + 435 处:

电压 0.3320 0.7666 1.1475 1.5381 1.6846
1.6650 1.3965 1.1523 0.7397 0.2930
-0.1660 -0.6201 -1.0059 -1.3037 -1.6284
-1.6650 -1.4697 -1.1231 -0.7910 -0.3223

电流 -2.3242 -1.6895 -0.9155 -0.0684 0.7813
1.5430 1.9165 2.7490 2.9395 2.8760
2.4854 1.7749 0.8154 -0.1172 -0.7764
-1.4111 -2.1411 -2.4585 -2.8565 -2.8516

④ K494 + 747 处:

电压 -1.1328 -1.6333 -2.0410 -2.1948 -2.1655
-1.8066 -1.3892 -0.7544 -0.1685 0.5054
1.0400 1.5234 1.9629 2.2144 2.1680
1.9653 1.4771 0.9619 0.2979 -0.3418

电流 1.1499 0.5566 -0.1001 -0.7129 -1.3184
-1.7212 -2.0898 -2.1875 -2.0996 -1.7969
-1.3306 -0.7373 -0.0928 0.5420 1.1157
1.6211 1.9800 2.1436 2.0874 1.8506

⑤ K494 + 747 处:

电压 1.0547 1.5601 1.9971 2.2119 2.1851
1.9629 1.4990 1.0107 0.3516 -0.2856
-0.9009 -1.4160 -1.8750 -2.1362 -2.2388
-2.0142 -1.5869 -1.0938 -0.4785 0.1636

电流 -1.3062 -0.7373 -0.0879 0.5664 1.1377
1.6333 2.0068 2.1924 2.1289 1.8848
1.4551 0.8936 0.2344 -0.3857 -1.0107
-1.5064 -1.9214 -2.1118 -2.1436 -1.9458

运算结果如表 1

表 1 测试数据运算结果

由上述表格可知,该仪器精度高,达到理想目标,较国内同类产品优,绝对误差 < 400m.

参 考 文 献

- 1 同济大学数学教研室. 高等数学. 北京:人民教育出版社,1981
- 2 李瀚荪. 电路分析基础. 北京:人民教育出版社,1981
- 3 吴定荣,张秀琼. CMOS 高级微处理器—HD64180. 北京:北京工业出版社,1988
- 4 铁道部电气化工程局电气化勘测设计院. 牵引供电系统. 北京:中国铁道出版社,1988

Development of the Overhead-Contact Fault Detector

Jin Yongxian Li Zhi

(Department of Electrical Engineering)

Abstract In this paper, the fundamentals of developing the overhead-contact short fault detector is introduced. A new method for calculating short fault position is proposed, namely the use of inductance. Through the equipment the experiment is done and the error of computing position, as compared with real position, is controlled in the range of 400 meters.

Key words short fault; inductance; saturation; error