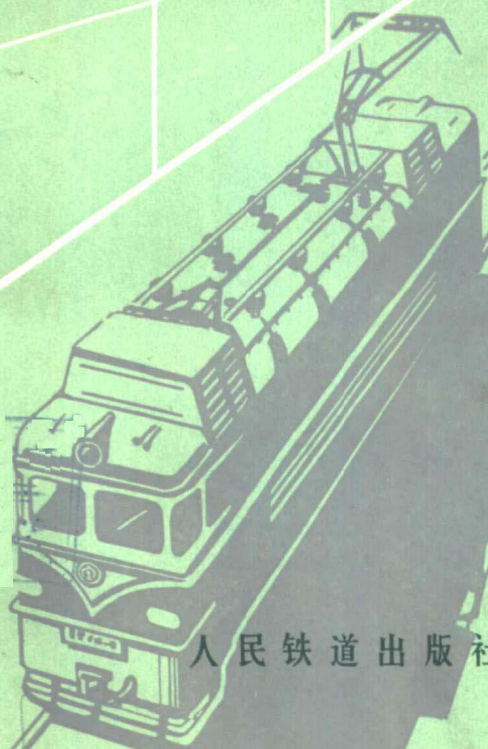


DTG-1型交流电气化铁道

接触网故障点探测仪



人民铁道出版社

915

DTG-1型交流电气化铁道 接触网故障点探测仪

铁道科学研究院机辆所
成都铁路局绵阳供电段

人 民 铁 道 出 版 社

1976年·北京

内 容 简 介

DTG-1 型接触网故障点探测仪用于单相交流电气化铁道,在接触网发生接地故障的情况下,测定故障点的位置。

全书共分五章。系统地介绍了仪器的用途、技术性能、测量原理、电路工作原理、使用方法、调整方法以及故障检修等内容。在最后一章介绍了在有吸流变压器的区段和复线电气化区段中应用的问题,供参考。

本书供牵引变电所运行、检修人员学习使用,也可供从事电气化铁道业务的有关人员学习参考。

DTG-1 型交流电气化铁道

接触网故障点探测仪

铁道科学研究院车辆所

成都铁路局绵阳供电段

人民铁道出版社出版

(北京市东单三条14号)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092 1/32 印张: 2.5 插页: 1 字数: 48 千

1976年1月 第1版

1976年1月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—4,500 册 定价(科二): 0.20 元

毛 主 席 语 录

列宁为什么说对资产阶级专政，这个问题要搞清楚。这个问题不搞清楚，就会变修正主义。要使全国知道。

人的正确思想，只能从社会实践中来，只能从社会的生产斗争、阶级斗争和科学实验这三项实践中来。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

前 言

“无产阶级文化大革命是我国社会生产力发展的一个强大的推动力”。近年来，在毛主席革命路线的指引下，我国自行设计制造的DTG-1型接触网故障点检测仪，经铁道部鉴定，现已投产。这是我国工人阶级和科技人员遵照毛主席关于“自力更生，艰苦奋斗，破除迷信，解放思想”的教导，坚持科研为无产阶级政治服务，为社会主义建设服务的方向，实行生产、使用、科研和工人、干部、技术人员两个三结合所取得的一项新成果。

为了在使用中不断总结经验，掌握仪器的使用和检修，我们编写了这本书。在编写过程中，承西南交通大学、电气化工程局电气化勘察设计处的帮助，对本书进行了校阅，提出了很多宝贵意见，在此表示感谢。书中可能还有不少缺点和错误，希望广大读者提出批评指正。

编 者

一九七五年四月

目 录

第一章 概述	1
第二章 测量原理	3
第三章 电路工作原理	9
第一节 电流测量回路	9
第二节 电压测量回路	10
第三节 i_0 检出回路	17
第四节 计量回路	21
第五节 起动与控制回路	23
第六节 直流电源回路	24
第四章 仪器使用、调整和检修	28
第一节 仪器使用方法	28
第二节 仪器调整方法	31
第三节 仪器故障检修	40
第五章 仪器在有吸流变压器和复线区段中的应用	44
第一节 仪器在有吸流变压器的区段中的应用	44
第二节 仪器在复线区段中的应用	47
第三节 仪器在复线有吸流变压器的区段中的应用	52
附录一 DTG-1 型接触网故障点探测仪 电气元件参数表	54
附录二 FC52 集成运算放大器参数表	63
附录三 DTG-1 型接触网故障点探测仪试验记录	65
附图 1 DTG-1 接触网故障探测仪端子排	67
附图 2 直流电源板元件安装图	67
附图 3 直流电源板印刷电路图	68

附图 4	计量回路板元件安装图.....	69
附图 5	计量回路板印刷电路图.....	70
附图 6	测量回路板元件安装图.....	71
附图 7	测量回路板印刷电路图.....	72

第一章 概 述

接触网是直接向电力机车输送强大电能的单相交流27.5千伏高压输电线路。

由于它的结构比较复杂，悬挂点多，分支线多（如：站场、专用线、吸流变压器、并联导线等），负荷又是高速行驶的电力机车，再加上有些区段气候地理条件比较恶劣，因此一旦发生故障，事故地点难于查找，影响了电力机车的正常运行。

接触网的故障，绝大多数属于自然事故。例如雷雨、风雪、冰冻和大气污染等原因，均可能造成绝缘子、区分绝缘器等闪络，致使开关跳闸，供电中断。这类故障往往是瞬时的，带有电弧，对绝缘子和导线有很大的损害。如果不及时排除，故障可能再次发生。由于故障比较隐蔽分散，靠停电查找故障点是十分困难的，也是机车运行所不希望的。

基于上述情况，目前国内外电力系统中广泛采用的脉冲式故障探测方法不适于电气化铁路。

利用故障时电流和电压的变化，来反映故障点的距离是实现带电测量最简便的办法。但是，由于供电线路运行方式的改变和故障类型的不同（故障时过渡电阻的影响），对测量都带来较大影响。为了克服这些影响，DTG-1型接触网故障点检测仪采用了测量短路电抗的原理。它既不受线路运行方式改变的影响，也不受故障形式的影响，测量结果仅与故障点距离有关。

仪器技术性能如下：

1. 仪器在以下使用条件下能长期连续工作

环境温度： $-10^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ ；

相对湿度：小于80%；

大气压力： 750 ± 30 毫米水银柱；

交流电压：100 伏；

直流电流：5 安；

直流电压：110伏，220伏两种。

2. 仪器在接触网发生故障的瞬间，自动显示和记录故障点的位置。

3. 测量故障类型：

永久性接地故障（金属性接地或非金属性接地）；

瞬时性接地故障（金属性接地或非金属性接地）。

4. 测量范围：

量程（Ⅰ）： $0 \sim 19$ 欧姆（约 $0 \sim 40$ 公里）；

量程（Ⅱ）： $0 \sim 38$ 欧姆（约 $0 \sim 80$ 公里）。

5. 显示方法：

显示值为短路电抗值(欧姆)。根据不同线路的接触网单位公里电抗，在使用时，对故障点位置(距离)进行标定。

6. 测量时间为80毫秒。

7. 测量误差小于 ± 0.5 欧姆（约 ± 1 公里）。

8. 测量分辨率：

量程（Ⅰ）： 0.2 欧姆（约400米）；

量程（Ⅱ）： 0.4 欧姆（约800米）。

9. 仪器功率消耗：

交流电压回路：小于8 伏安；

交流电流回路：小于8 伏安；

直流回路：小于8 瓦。

10. 供电电源：直流110伏和220伏两种。

11. 外型尺寸： $250 \times 245 \times 420$ 毫米。

第二章 测量原理

图 1 是电气化铁道牵引网的示意图。

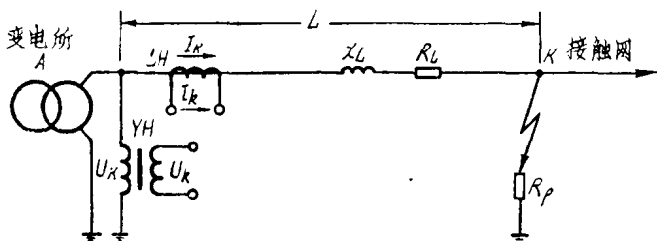


图 1

图中 LH 、 YH 分别为馈线电流互感器和电压互感器。 R_L 、 x_L 分别为变电所 A 到故障点 K 的牵引网电阻和电抗，它与故障点的距离 L 成正比。 R_p 为故障点的过渡电阻，包括电弧电阻、外物电阻、导线落地时导线与地之间的电阻、金属或混凝土电杆的接地电阻等。它由故障当时的条件（金属短路或非金属短路）所决定，与故障点的距离无关。为了排除过渡电阻的影响，正确地测量故障点的距离，仪器采用了测量短路电抗 x_L 的方法。在导线类型、悬挂方式和大地导电率确定的条件下，牵引网的每公里电抗 x_0 为常数。则短路电抗 x_L 为：

$$x_L = x_0 L \quad (2-1)$$

因此，通过短路电抗 x_L 的测量，就可准确地确定故障点的距离。

图 2 表示了短路电流、电压和阻抗间的向量关系。

由图 1 和图 2 可知：

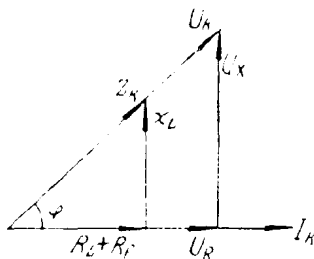


图 2

$$\begin{aligned}
 U_K &= I_K(R_L + R_\rho + jx_L) \\
 &= I_K(R_L + R_\rho) + I_K jx_L \\
 &= U_K \cos \varphi + jU_K \sin \varphi \\
 &= U_R + jU_X
 \end{aligned} \quad (2-2)$$

式中： I_K , U_K ——分别为牵引网的短路电流和电压；

φ ——故障时的短路阻抗角；

U_R ——短路电压的有功分量（电阻压降）；

U_X ——短路电压的无功分量（电抗压降）。

所以

$$x_L = \frac{U_X}{I_K} = \frac{U_K \sin \varphi}{I_K} \quad (2-3)$$

I_K 和 U_K 可以通过电流互感器(LH)和电压互感器(YH)测得。仪器接在 LH 和 YH 的二次侧。则：

$$x_L = \frac{n_Y}{n_L} \cdot \frac{U_k \cdot \sin \varphi}{I_k} \quad (2-4)$$

式中： n_Y ——电压互感器变比；

n_L ——电流互感器变比；

U_k ——电压互感器二次侧短路电压；

I_k ——电流互感器二次侧短路电流。

所以，通过电流互感器和电压互感器测得短路电流和短路电压，经仪器变换得到短路电压的无功分量，并进行 $x_L =$

U_x/I_K 的演算, 直接显示短路电抗值 x_L 。根据不同电气化区段的单位公里电抗 x_0 , 即可确定故障点的距离。

仪器原理方框图见图 3。

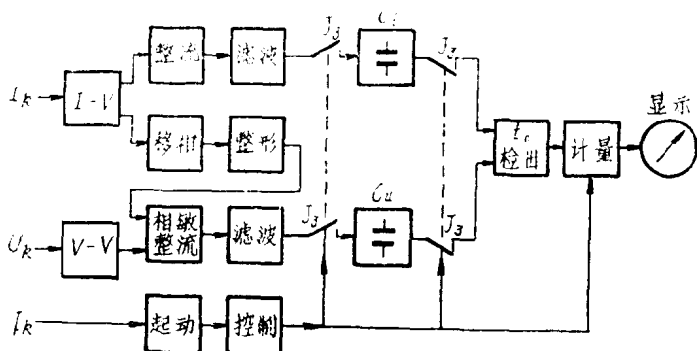


图 3 仪器原理方框图

由电压互感器测得的短路电流 I_k , 通过电流变换器 ($I-V$) 变换成电压, 经整流滤波后, 得到正比于短路电流 I_k 的直流电压 U_i :

$$U_i = K_i I_k \quad (2-5)$$

式中: I_k ——电流互感器二次侧短路电流;

K_i ——电流测量回路的变比, 为常数。

由电压互感器测得的短路电压 U_k , 通过电压变换器 ($V-V$) 降压, 经相敏整流滤波后, 得到正比于短路电压无功分量 U_x 的直流电压 U_u :

$$\begin{aligned} U_u &= K_u U_x \\ &= K_u U_k \sin \varphi \end{aligned} \quad (2-6)$$

式中: U_x ——电压互感器二次侧短路电压无功分量;

K_u ——电压测量回路变比, 为常数。

仪器测量过程如下:

当接触网发生接地故障时, 仪器起动元件动作, 继电器

J_3 接点闭合, 使记忆电容 C_i 和 C_u 充电 (见图 4)。在短路电流持续过程中 (馈线开关跳闸之前), C_i 和 C_u 分别充电到上述测量值 U_i 和 U_u 。经 80 毫秒后, 继电器 J_3 自动释放, 切断充电回路, 将 C_i 和 C_u 转换到放电状态, 如图 4 所示。

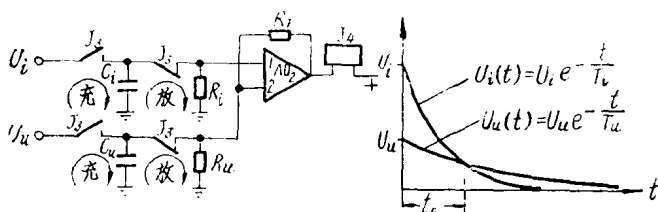


图 4 C_i 和 C_u 放电过程

C_i 通过 R_i 放电:

$$U_i(t) = U_i e^{-\frac{t}{T_i}} \quad (2-7)$$

式中: $T_i = C_i R_i$ —— 放电时间常数。 (2-8)

C_u 通过 R_u 放电:

$$U_u(t) = U_u e^{-\frac{t}{T_u}} \quad (2-9)$$

式中: $T_u = C_u R_u$ —— 放电时间常数。 (2-10)

当 $t = t_0$ 时, C_i 和 C_u 放电电压相等, 即:

$$U_i e^{-\frac{t_0}{T_i}} = U_u e^{-\frac{t_0}{T_u}}$$

则:
$$t_0 = \frac{T_u \cdot T_i}{T_u - T_i} \ln \frac{U_i}{U_u} \quad (2-11)$$

选择 $T_i < T_u$ 。在 $U_i \geq U_u$ 的条件下, t_0 为正。将 (2-5)、(2-6) 代入 (2-11) 式中得到:

$$t_0 = \frac{T_u \cdot T_i}{T_u - T_i} \ln \frac{K_i I_k}{K_u U_x}$$

已知 $I_k = I_K / n_L$, $U_x = U_X / n_Y$, $U_X / I_K = x_L$

$$\begin{aligned}
 t_0 &= \frac{T_u \cdot T_i}{T_u - T_i} \ln \frac{K_i}{K_u} \cdot \frac{n_Y \cdot I_K}{n_L \cdot U_x} \\
 &= \frac{T_u \cdot T_i}{T_u - T_i} \ln \frac{1}{A} \cdot \frac{n_Y}{n_L} \cdot \frac{1}{x_L} \quad (2-12)
 \end{aligned}$$

式中: $A = \frac{K_u}{K_i}$ = 常数;

n_Y 、 n_L ——分别为被测线路的电压互感器和电流互感器的变比;

x_L ——被测线路的电抗。

可见, t_0 与 x_L 为指数函数关系。 x_L 越大 (即短路点距离越远), t_0 越小; x_L 越小 (即短路点距离越近), t_0 越大。当 $U_i = U_u$ 时, $t_0 = 0$, 得到最大测量距离, 即 x_L 为最大值:

$$x_{L\max} = \frac{K_i}{K_u} \cdot \frac{n_Y}{n_L} = x_0 \cdot L_{\max} \quad (2-13)$$

所以, 调整 K_i 或 K_u 即可调整仪器的测量范围。本仪器 K_u 固定, 采用调整电流测量回路的变比 K_i 的方法来调整其测量范围。

由于 t_0 与 x_L 为指数关系, 又是时间计量, 所以测量表计刻度非线性, 而且不能用普通表计计量, 故引进了第三个放电回路, 它同样是时间的指数函数, 见图 5:

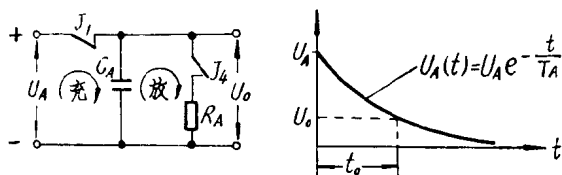


图 5 C_A 放电过程

正常情况下, 计量电容 C_A 以恒定直流电压 U_A 充电。故障时, 起动元件动作, 继电器 J_1 常闭接点打开。在 C_i 、 C_u

放电的同时，继电器 J_4 动作， J_4 接点闭合， C_A 通过 R_A 放电，放电时间常数为 $T_A = C_A \cdot R_A$ ：

$$U_A(t) = U_A e^{-\frac{t}{T_A}} \quad (2-14)$$

当 C_A 放电到 t_0 时， J_4 释放， C_A 停止放电， C_A 上的剩余电压为 U_o ，则：

$$U_o = U_A e^{-\frac{t_0}{T_A}} \quad (2-15)$$

将 (2-12) 式代入 (2-15) 式得到：

$$U_o = U_A \frac{1}{\frac{n_Y}{A \cdot n_L \cdot x_L} \frac{T_u \cdot T_i}{(T_u - T_i) T_A}}$$

选取 $T_A = \frac{T_u \cdot T_i}{T_u - T_i}$ ，得到：

$$U_o = U_A \cdot A \cdot \frac{n_L}{n_Y} \cdot x_L \quad (2-16)$$

式中： U_A 、 A 和 n_L 、 n_Y 都是常数。

显然， U_o 正比于 x_L 。测量 C_A 放电到 t_0 时的剩余电压 U_o ，即可测得短路电抗 x_L 及相应的短路点距离 L 。

仪器刻度以电抗 (Ω) 表示。当然也可以距离 (KM) 表示，考虑到不同线路的单位电抗值 x_0 不相同，为在各种线路上都能使用，故仪器不以距离刻度。根据使用部门的实际情况予以标定（见第四章）。

第三章 电路工作原理

第一节 电流测量回路

1. 电流变换器 LIH_1 (即方框图中 $I-V$)

通过电流变换器将强电流(短路电流)变换成与它成比例的弱电流。原边接电流互感器,在付边负载电阻上取得正比于原边电流的交流电压。它的铁芯由不带气隙的 $B15$ 硅钢片迭成。与一般电流互感器相同,电流变换器的付边电流与原边电流同向,即负载电阻上的电压与原边电流同向。它有两个付边绕组,一个作电流测量(W_3);另一个作移相(W_2),控制相敏整流回路(见本章第二节)。原边有三组绕组,其中两个绕组(W_1)接被测线路的电流互感器,可串联或并联,用来改变仪器的测量量程;另有一组绕组为复线补偿绕组(W_F),在复线电气化区段应用时,用于补偿相邻线路中电流产生的互感,接相邻线路的电流互感器(见第五章)。

电流变换器在原边电流 $0 \sim 25$ 安范围内,付边输出电压与原边电流保持正比关系,变比误差 K_L 小于 2% ,即铁芯不饱和。付边负载电阻越小,这种正比关系保持的越好,线性度越高,原边电流的范围越大。因为要在负载电阻上取得电压,所以,负载电阻也不要太小。

2. 整流滤波回路

电流变换器的输出电压,经过全波整流和滤波后,获得正比于短路电流的直流电压 $U_i = K_i I_k$ 。当被测线路发生短路故障时,通过继电器 J_3 接点将 U_i 记忆于电容器 C_i 上,见

图26。

对整流滤波回路的要求是：

(1) 输出电压的线性度要好，即比例系数 K_i 要维持常数，这就要求整流管的内阻应尽量小，最好选用锗管。

(2) 直流输出电压的波动要小，即交流成分要全部滤掉。

(3) 滤波器的响应时间加上 C_i 的充电时间应小于 80 毫秒。

整流回路采用中点抽头式全波整流电路，以减少整流管的数量。

滤波回路采用一般阻容滤波方式。

第二节 电压测量回路

1. 电压变换器 YH (即图 3 中 $V-V$)

通过电压变换器将强电压(短路电压)变换成与它成比例的弱电压。原边绕组接电压互感器，付边有对称的两个绕组，接相敏整流回路。电压变换器的变比为 K_Y , $K_Y = 0.4$ 。在原边电压 0 ~ 100 伏范围内，原付边电压保持良好的正比关系，即 K_Y 维持常数，要求变比误差小于 2 %。电压变换器的铁芯由不带气隙的 $B15$ 硅钢片迭成。

2. 相敏整流及滤波回路

它的作用是：将短路电压 U_k 经相敏整流和滤波后，变换成正比于短路电压无功分量 U_x 的直流电压 U_u ：

$$U_u = K_u U_x = K_u U_k \sin \varphi \quad (3-1)$$

式中： K_u ——比例常数。

怎样获得正比于 U_x 的电压 U_u 呢？

首先让我们重温一下图 2 所示的短路电压向量图。可以看到， U_x 为短路电压 U_k 在引前短路电流 $I_k 90^\circ$ 的方向上的分