



您好！欢迎来到中国质量协会—防雷分会网！

今天是：

中国质量协会防雷分会

首页>>技术交流>>相关文章

学会简介 学会章程

组织机构 联系我们

常务理事单位

中国移动

中国电信

中国铁道

中国人民银行

华为技术有限公司

艾默生网络能源有限公司

ABB（中国）有限公司

|| MORE



通讯设备漏电保护问题的研究与分析

谌承志

[摘要] 本文通过介绍一种适用于通讯设备的新型漏电保护装置，研究和分析了通讯设备的漏电保护问题，其解决方法与普通民用漏电保护措施有很大不同，需具备漏电动作电流可选择、负荷电流大、遥信、可靠性高、反应灵敏和抗干扰性强等特点。

1 前言

通讯设备种类繁多，使用广泛，基本覆盖了全国各个地区和各个行业。这样，通讯设备的安全使用问题就显得格外重要。这里所说的安全问题，不仅仅是指设备本身的安全，还包括更为重要的人身的安全。为了防止发生触电事故、及时切断接地故障、以及阻止通讯设备的严重损坏和杜绝二次事故，都必须切实采取漏电保护措施。

关于在通信局（站）中应如何选择和使用漏电保护装置，目前还没有相应的规范。大多数通信局（站）在建设时没有安装漏电保护装置。一些地方当时是安装了，但由于安装的是普通的民用的漏电保护器，不能满足通讯设备自身和维护的需要，频繁发生故障，以至于不得不将其拆除。

笔者期望通过介绍一种可用于通讯设备的新型漏电保护装置，能使相关人员对通讯设备的漏电保护问题有足够的了解和重视，并相信能抛砖引玉，对早日解决这一问题能有所帮助。

本文将要介绍的可用于通讯设备的新型漏电保护装置（以下简称 TXL 型漏电保护装置），是笔者近几年针对通讯设备自身特点、国内通信局（站）现状和通信事业发展要求而研究开发的，它与普通民用漏电保护器有很大不同，具有漏电动作电流可选择、负荷电流大、遥信、可靠性高、反应灵敏和抗干扰性强等特点，在通讯设备上使用效果良好。

2 TXL 型漏电保护装置的工作原理

TXL 型漏电保护装置的工作特性是：当通讯设备有漏电出现时，即自动报警；当漏电电流超过预设动作值时，在 0.1s 内自动切断通讯设备的供电电源，以保证通讯设备和操作人员的绝对安全。此时，操作人员应及时排除漏电故障。

TXL 型漏电保护装置的原理框图如图 1 所示，不难发现，它具有原理清晰、适应性强和技术经济比高等特点。

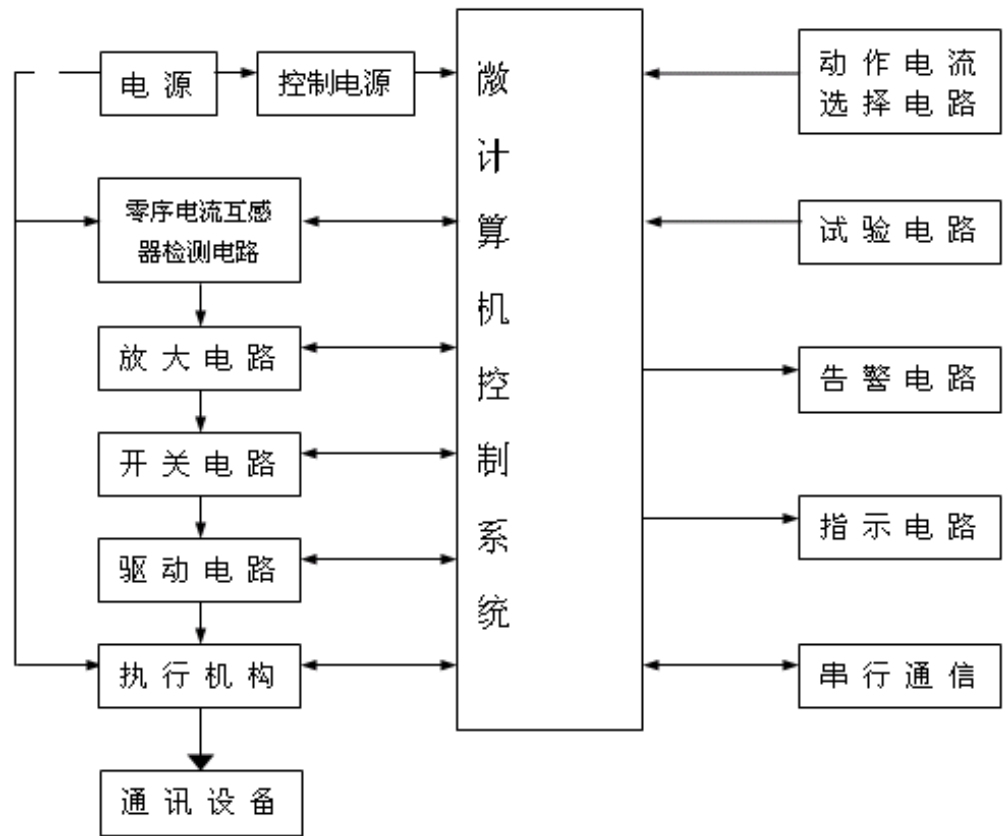


图 1 TXL 型漏电保护装置原理图

3 关键参数的选择

漏电保护装置的关键参数是漏电动作电流和漏电动作时间。电流对人身和设备的损伤程度不仅与电流值的大小有关，而且与电流持续时间、频率和路径等因素密不可分。一般漏电持续时间越长，设备允许的漏电电流值就越小。

国内外提出以下计算短暂极限安全电流公式：

$$I_R = 165 \sqrt{T} \quad (\text{美国塔里采尔公式})$$

$$I_R = 70/T \quad (\text{德国和本奥西扑卡公式})$$

$$I_R = 10 + 10/T \quad (\text{中国国防委员会公式})$$

式中： I_R 为极限安全电流，mA。 T 为极限安全时间，s。

从以上公式可以看出，当漏电动作时间一定时，允许通过的漏电电流值有较大差别。我国现在设计的漏电保护装置一般都是按 $30\text{mA} \cdot \text{s}$ 计算，即允许触电时间 $T \leq 30/I_R$ ，漏电动作时间在 0.01~0.2s。

综合以上情况，并根据我国有关标准的规定，TXL 型漏电保护装置的漏电动作电流值选用 10mA、30mA 和 50mA 三档，漏电动作时间为 0.1s。

4 漏电保护电路参数的确定

4.1 零序电流互感器检测电路

TXL 型漏电保护装置的核心元件——零序电流互感器选用特制的玻莫合金材料，它的 β 值灵敏， μ 值大，保证了漏电信号检测的高度灵敏和低失真。

对零序电流互感器的根本要求是能正确反映和准确识别通讯设备的事故状态，并且保证通过最大负荷的平衡电流所形成的磁安匝值一致，即 $N_1 \cdot I_1 = N_2 \cdot I_2 = N_3 \cdot I_3$ ，而对最大负荷平衡电流总有 $I_1 = I_2 = I_3$ ，故该问题演变为如何保持 $N_1 = N_2 = N_3$ 。最好的方法是采用导线并绕，在绕制导线时，绕线方向一致，保证同名端接在同一输入端，以保持通过平衡电流时的磁通势为零。

考虑到在最大负荷下，出现不平衡磁通势时，零序电流互感器的二次侧仍必须有足够的感应电动势，为此，零序电流互感器一次侧的匝数（ N_1 、 N_2 或 N_3 ）可定为 4-6 匝，线圈的线径由最大允许负荷电流值确定。

零序电流互感器一、二次侧线圈匝数比 K 值的大小，根据笔者的实验结果，可用下列经验公式计算：

$$K = 1.362 \cdot I_{\Delta n} \cdot Z / U_r$$

式中： $I_{\Delta n}$ 为额定漏电动作电流，mA。 Z 为输入阻抗， $k\Omega$ 。 U_r 为原边电压，V。

当 10mA 的漏电动作电流通过零序电流互感器的一次侧线圈时，二次侧线圈的感应电流实测值为 6.6 μ A。

4.2 放大电路

零序电流互感器的输出功率很小，这种微弱的信号无法使开关电路可靠翻转，因此需采取放大电路进行放大，其原理如图 2 所示。

为了保证三极管 BG1 工作点的稳定，首先要求选择的元件应满足两个条件，即条件（1）： $I_1 \approx I_2 \gg I_{B0}$

条件（2）： $V_E \gg V_{BE}$

条件（1）保证了基极电位不随 I_{B0} 而变化，可取 $I_1 = (5 \sim 15) I_{B0}$ 。

条件（2）保证了足够大的电流负反馈，可取 $V_E = 10V_{BE}$ ，调试范围为 $V_E = (10\% \sim 15\%) E_c = 1.2 \sim 2V$ 。

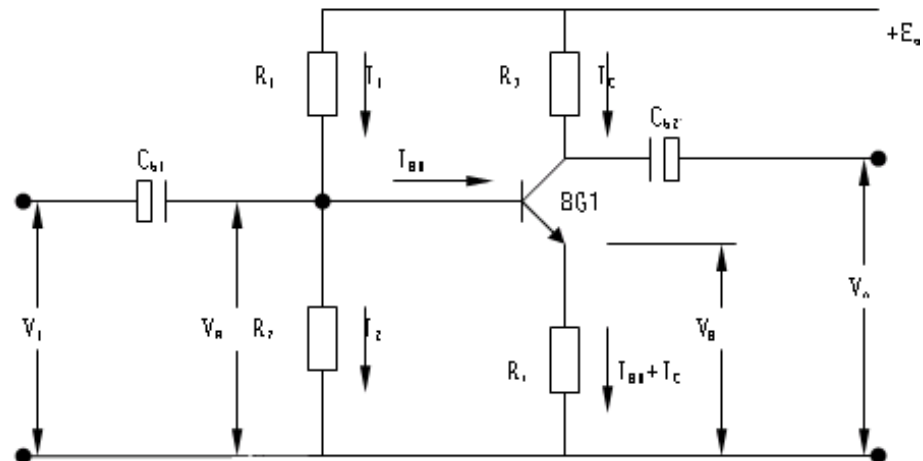


图 2 TXL 型漏电保护装置的信号放大原理电路

R₁ 是 BG1 的上偏置电阻，可提供本级 BG1 管的基极电流，故 R₁ 值的大小对该级的性能指标有极大的影响。我们可以看出若 R₁ 值小，就可向 BG1 管提供较大的基极电流，而对 BG1 管的放大倍数 β 值的要求就可低些。而当 BG1 管的放大倍数 β 值一旦确定，R₁ 的大小就可确定 BG1 的放大区域。R₁ 的取值如下：

$$R_1 = (E_c - V_{BE}) / I_{B1} = 0.1 (E_c - V_{BE} - V_E) / I_{B0} = 47k \Omega$$

R₂ 是 BG1 的下偏置电阻，对 BG1 管的基流实现自控，以实现整个电路对漏电动作电流的控制。R₂ 的取值如下：

$$R_2 = V_B / I_2 = 0.1 (V_{BE} + V_E) / I_{B0} = 10k \Omega$$

R₃ 是 BG1 的集电极电阻，其取值越大对后级负载分流就越小，吸拉电流越小，但过大会降低该级的电流放大能力，不能满足下一级三极管工作区域的要求，又可以使该级的三极管处于截止区域的上边缘，从而发生漂移，使该级无法工作，但过小又会使该级三极管进入饱和区下边缘，I_{CBO} 随之增大，吸拉电流增大，引起下一级三极管的损坏。因此 R₃ 的确定既要满足该级电压增益，又要保证放大管在任何时候都不能进入饱和区域，它的计算方法如下（β 值取 80）：

$$R_3 = (E_c - V_E - V_{CE0}) / I_C = (E_c - V_E - 0.5 (E_c - V_E)) / (\beta \cdot I_{B0}) = 3.6k \Omega$$

R₄ 是 BG1 的发射极电阻，它的计算方法如下：

$$R_4 = V_E / (I_{B0} + I_C) = 1.5k \Omega$$

4.3 开关电路

开关电路如图 3 所示，由两个基本参数相同的三极管组成。当线路无漏电电流或漏电电流值在 10mA 以下时，三极管 BG3 的基极无输入信号，这时 BG3 截止，BG4 管导通。当漏电电流大于 10mA 时，BG3 的基极有一输入电流，其值大于 $(E_c - U_{c3}) / R_6 \cdot 1/\beta$ 时，三极管由于满足饱和条件 $\beta I_B \gg I_C$ ，故使 BG3 集电极电位钳制在 0.3V 左右，低于二极管 D3 的阈值电压，D3 不导通，三极管 BG4 截止。

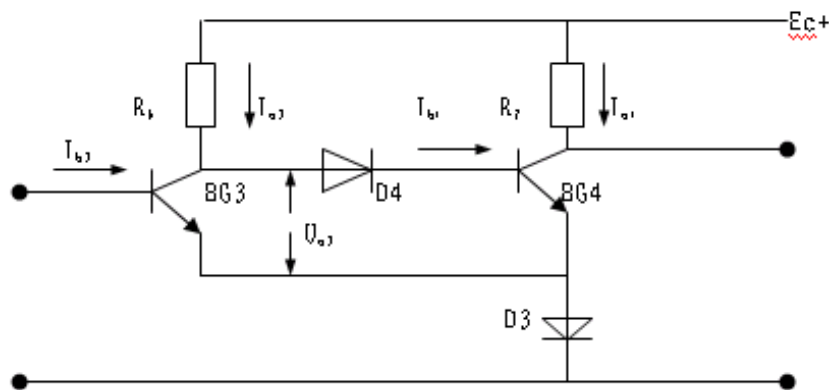


图 3 TXL 型漏电保护装置的开关电路

• 电阻 R₆ 的计算

当 BG3 管截止时，由 R₆ 经 D₄ 提供 BG₄ 管的基流 I_{b4} 等于 BG₃ 管 I_{c3}，由于这时 BG₃ 管的集电极电流近似为 0，所以电阻 R₆、二极管 D₄、BG₄ 管 be 结和二极管 D₃ 组成了一个串联电路。根据分析可以看出，BG₃ 管截止时要求 R₆ 取值小些，BG₄ 管的 h_{FE} 低些；相反，当 BG₃ 管导通时 R₆ 是 BG₃

管的负载,从这一点上看 R 6 取值要求大些, R 6 值取大,可对 BG3 管的 β 和基极电流要求小些。另外,考虑到功率驱动级的三极管的 $I_{e} \sim h_{FOS}$ 特性测试曲线图,一般在 I_{c} 为 5mA 左右时, h_{FOS} 最大,以后随着 I_{c} 增加而趋平坦,有时甚至下降。综合以上情况,取 BG4 饱和时 I_{C4} 电流为 5 mA, 这样电阻

$$R_6 = (E_c - U_{cb3} - U_{b3}) / I_{b4} = 10 \sim 20k \Omega$$

(2) 电阻 R 7 的确定

$$R_7 = (E_c - U_{c4}) / I_{c4} = 2.2k \Omega$$

再分析 BG3 管导通, BG4 管截止情况:

$$I_{c3} = (E_c - U_{c3}) / R_6 = 1.06 \text{ mA}$$

$$I_{b3} \geq I_{c3} / \beta = 21.2 \sim 13.2 \mu\text{A}, (\beta \text{取值 } 50 \sim 80)$$

因此,只要输入到 BG3 管基极电流大于 21.2 μA , 就可保证电路的开关特性。

4.4 驱动电路

功放管的选择应根据负载功率、电流、电压、以及使用环境条件和状况加以综合考虑,一般情况下

$$I_0 \leq I_{CM} / 3$$

$$E_c \leq 0.4 \cdot BV_{CO}$$

式中: I_0 为负载电流, mA。 I_{CM} 为集电极最大允许电流, mA。 E_c 为电源电压, V。 BV_{CO} 为集电极 - 发射极反向击穿电压, V。

4.5 控制电源

直流供电系统(控制电源)对弱电电路而言,其性能的好坏直接影响到各级电路以及各个 IC 的工作。TXL 型漏电保护装置的控制电源不采用开关电源电路,而采用传统的变压器降压、整流、分压和滤波方式,其原因是开关电源的高压接地为悬浮式,它与弱电电路系统接地之间存在一个电位差,由于电路所选的参考点不同,其电位随之变动,而一般漏电电流是以接地点为参考量,这个量是一个矢量,它又是高电压,这样就会与开关电源中高压接地不是同一参考点,从而引起检测电路的取样电流波形出现偏差,这个偏差在漏电保护电路中是不允许的。而选用传统的变压器降压、整流、分压和滤波的直流供电方式,就不存在这种情况,所有的电压都可使用同一参考点(公共接地),从而保证了整个电路系统工作的稳定。

控制电源电路的原理图如图 4 所示。

(1) 整流二极管 VD 的选择

选用整流二极管应满足两个条件:

$$\text{条件(1): } U_f \geq \sqrt{T} E_2; \quad \text{条件(2): } I_D \geq 0.5 I_d$$

式中: U_f 为二极管反向峰值电压, V。 I_D 为二极管允许通过的额定电流, A。 I_d 为负载所需的额定电流, A。 E_2 为副边电压, V。

根据 IC1 使用技术参数可查,要保证其输出为 12V, 其原边输入电压可选用 18V。设 $E_2 = 18V$, $U_f = \sqrt{T} E_2 = 25.5V$; $I_d = 1.5A$, $I_D = 0.5 I_d = 0.75A$ 。选用 SD — 2A — 100V 整流桥可满足要求。

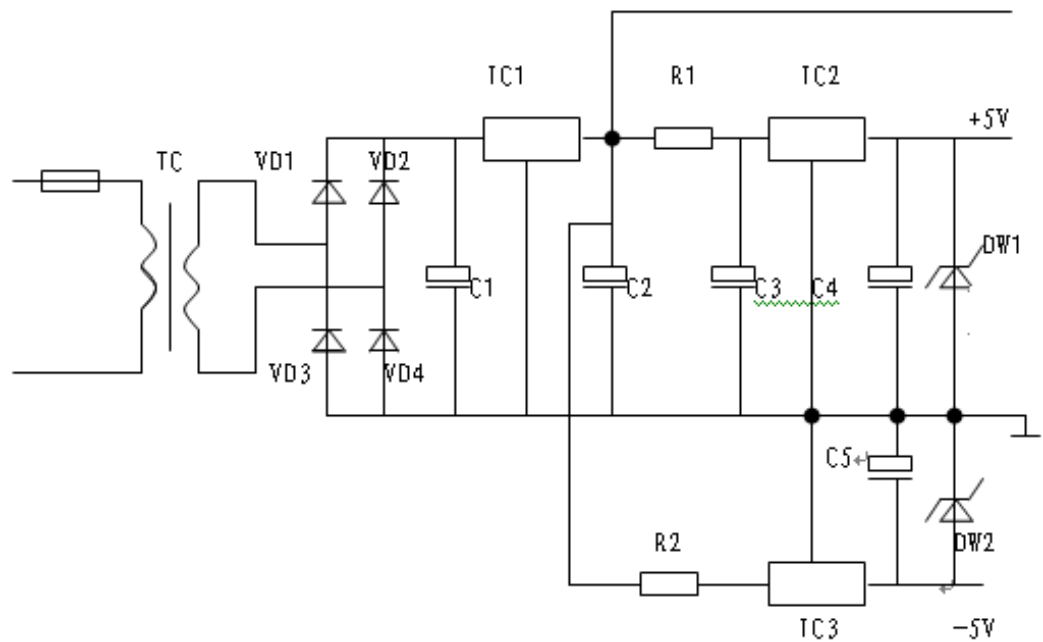


图 4 TXL 型漏电保护装置的控制电源电路

(2) 滤波电容 C 的计算

一般可选用放电时间常数 $R_L C_1$ 大于电容 C_1 的充电周期的 3-5 倍, 对桥式整流来说, C_1 的充电周期等于交流电网周期的一半, 即

$$R_L C_1 \geq (3-5) T/2, \quad T=1/f=1/50=0.02s$$

$$R_L = U/I = 12 \Omega, \quad R_L C = 0.03s$$

$$C = 0.5T/R_L = 2500 \mu F$$

可选用两只 2200 μF 并联。

(3) 电源变压器次级线圈电压、电流的确定及功率计算

为了确保电源电压在 $380V \pm 15\%$ 范围内波动时, 电路仍能可靠工作, 变压器次级线圈电压可按下式选取: $U_{min} \geq U_f$ 。电网电压稳定工作时, 变压器电压比为 $380/U_f$; 电网电压波动时, 变压器电压比为 $380V \pm 15\%/U_f \pm 15\%$ 。电路中所需要的电压为 12V。根据以上分析, 变压器副边电压可定为 18V。

在电容滤波的整流电路中, 变压器次级线圈除供给负载电流外, 还要向电容充电, 并且瞬时值很大, 因此, 通过变压器次级线圈的电流平均值虽然等于 I_L , 但通过次级线圈的有效值 I_2 要比 I_L 大, I_2 和 I_L 的关系决定电流脉冲波形的形状, 波形越尖, 有效值越大。 I_2 有下列关系式:

$$I_2 = (1.1-3) I_L = 3A$$

$$P_B = I_2 \cdot U_2 / \eta = 60w$$

变压器容量选用 100w。

(4) 稳压管 DW 的选择

选择稳压管时主要考虑的参数是稳定电压 U_w , 稳定电流 I_w 和耗散功率 P_{CM} 。

为了保证稳压电路的正常工作，通常在设计电路时（见图 5），应考虑到输入电压 V_i 和负载电流 I_L 在一定范围内变化的情况，稳压管的工作电流 I_Z 必须满足下列条件： $I_{ZMIN} \leq I_Z \leq I_{ZMAX}$ ，式中 I_{ZMAX} 为稳压管的最大允许电流。当 I_Z 大于 I_{ZMAX} 时，稳压管的耗散功率将超过允许值。当 I_Z 小于 I_{ZMIN} ，稳压管就不能保证工作在可靠的击穿区，稳压性能变坏。因此，可根据 $V_Z = V_0$ ， $I_{ZMAX} \geq 2I_{LMAX}$ 选择稳压管。

根据电路要求，取 $V_i = 5V$ ， $I_L = 0.5A$ ， $V_Z = 12V$ ， $I_Z = 1A$ ， $P_{CM} = I_Z \cdot V_Z$ 。稳压管选用时考虑的参数确定为： $V_Z = 12V$ ， $I_{ZMAX} = 1A$ ， $I_Z = 500mA$ ， $I_{ZMIN} = 250mA$ ， $P_{CM} = 15W$ 。

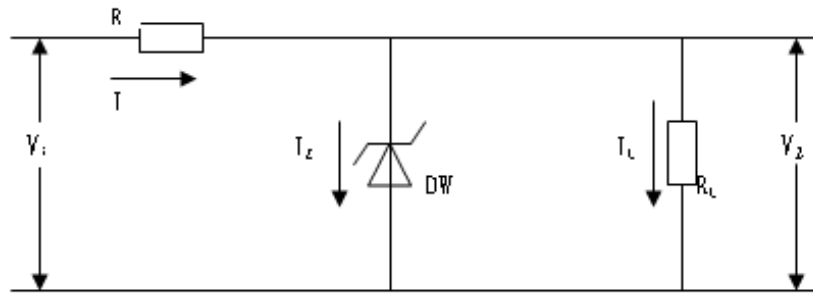


图 5 稳压电路

校核最大负载电流 I_{LMAX} ：

$$I_{LMAX} = (I_{ZMAX} (1-K) + I_{LMIN} (1-K) - I_{ZMIN} (1+K)) / (1+K)$$

式中系数 K 取值 0.1， $I_{LMAX} < 795 \text{ mA}$ ，满足电路设计的要求。

(5) 限流电阻 R 的确定

确定限流电阻 R 可根据下式：

$$(V_i (1+K) - V_Z) / (I_{ZMAX} + I_{LMIN}) \leq R \leq (V_i (1+K) - V_Z) / (I_{ZMIN} + I_{LMAX})$$

$$5.5 \Omega \leq R \leq 7.5 \Omega$$

限流电阻 R 的耗散功率 P 的确定：

$$P \geq (V_i (1+K) - V_0)^2 / R \geq 8.7W$$

可选 $6.5 \Omega / 10W$ 的珐琅电阻 $R_F = 6.5 \Omega / 10W$ 。

以上是对漏电保护电路中主要元器件的参数选择作了简明介绍，还有一些元器件参数需要在调试中加以确定。

友情链接

