

# A Method for Detecting Insulation Resistance by AC Line

Bangmei Zhao

Guizhou Aerospace Fenghua Industrial Co., Ltd., Zunyi, Guizhou, 563000, China

## Abstract

This design proposes a method of detecting insulation resistance online according to the requirements of a power distribution equipment, analyzes the design principle of insulation resistance online detection, and proposes the design scheme of insulation resistance measurement circuit.

## Keywords

insulation resistance; online detection; measurement

# 一种交流线路在线检测绝缘电阻的方法

赵邦美

贵州航天风华实业有限公司, 中国 · 贵州 遵义 563000

## 摘要

本设计根据一种配电设备的要求提出了一种在线检测绝缘电阻的方法, 分析了绝缘电阻在线检测的设计原理, 提出了绝缘电阻测量电路的设计方案。

## 关键词

绝缘电阻; 在线检测; 测量

## 1 引言

绝缘电阻是电力电子设备和电气线路最基本的绝缘指标, 它反映了产品承受电击穿或热击穿能力的大小, 与绝缘的介质损耗以及绝缘材料在工作状态下逐步劣化等均存在着极为密切的关系。可以通过检测电气设备的绝缘电阻来判断设备的绝缘性能。目前对于已经在运行的设备绝缘电阻检测方法比较欠缺, 本次设计的目的就是解决设备在带电的情况下在线测量绝缘电阻。

## 2 方案设计与论证

当前绝缘电阻测试的方法主要是“加高压, 测漏流”。主要有串联法、并联法、电压比法、电桥法、充放电法。下面具体简述串联法和并联法。

串联法测绝缘电阻见图 1。

【个人简介】赵邦美 (1985-), 女, 中国贵州思南人, 本科, 工程师, 从事机电研究。

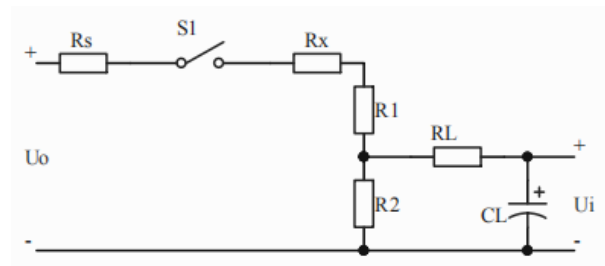


图 1 串联法测量绝缘电阻

由图 1 可得:

$$U_i = U_o \times \frac{R_2}{R_s + R_x + R_1 + R_2}$$

所以, 可以得出  $R_x$  :

$$R_x = \frac{R_2 U_o}{U_i} - R_s - R_1 - R_2 \quad (1)$$

图中  $U_o$  为测试电源电压,  $R_s$  为电源内阻,  $R_x$  为被测绝缘电阻,  $R_1$  为限流电阻,  $R_2$  为测量电阻,  $U_i$  为待测电压  $R_L$  和  $C_L$  组成低通滤波输出。因为  $U_o$ 、 $R_1$ 、 $R_2$  为已知, 所以只要求出  $R_s$  和  $U_i$  就可以计算出要测的绝缘电阻。

并联法测绝缘电阻见图 2。

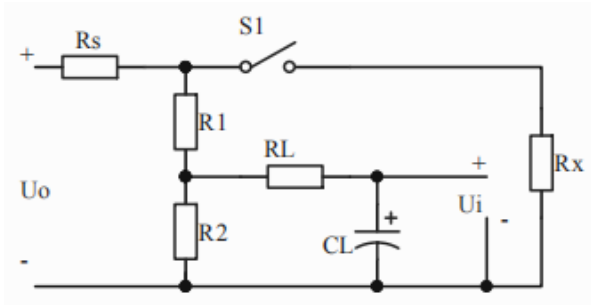


图 2 并联法测绝缘电阻

图中  $U_o$  为测试电源电压,  $R_s$  为电源内阻,  $R_x$  为被测绝缘电阻,  $R_1$  为限流电阻,  $R_2$  为测量电阻,  $U_i$  为待测电压  $R_L$  和  $R_L$  组成低通滤波输出。其绝缘电阻值计算公式为:

$$\frac{R_x(R_1 + R_2)}{R_x + R_1 + R_2}$$

$R_s$  后面的并联电阻为:

$$\frac{R_x(R_1 + R_2)}{R_x + R_1 + R_2}$$

则可以得出:

$$U_i = U_o \times \frac{R_x(R_1 + R_2)}{R_x(R_x + R_1 + R_2) + R_x(R_1 + R_2)}$$

而  $U_i = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times U_o$  将上式带入得:

$$R_x = \frac{U_i R_s (R_1 + R_2)}{U_o R_2 - U_i (R_s + R_1 + R_2)} \quad (2)$$

其中  $R_1$ 、 $R_2$  为已知参数, 所以只需要测得  $U_i$  和  $R_s$  就可以求得  $R_x$ 。

串联法的特点原理简单, 可靠实用。但对电阻的精度要求过高, 只能测量一定上线值的绝缘电阻。并联法不适合测量较小值的绝缘电阻。从电路中可以看出当  $R_x$  越小时,  $U_i$  越小, 到超过测量的合适范围时所测得的绝缘电阻值就会有较大的误差。

这两种测试方法只适用于线下测量绝缘电阻, 都不适合用于在线测量线路的绝缘电阻。综上分析本次设计根据一种智能配电箱对绝缘电阻的要求所设计(大于  $200K\Omega$  为合格, 小于  $200K\Omega$  为不合格), 在串联法测量绝缘电阻的原理基础上进行了一定的改进。

该设计方案最大的优点就是能够在线检测绝缘电阻, 在设备运行的过程中可以实时监测线路的绝缘性

能是否良好, 能够有效的保证设备的有效运行和人的 人身安全。

### 3 采样电路设计

绝缘电阻信号采集电路原理如图 3 所示。

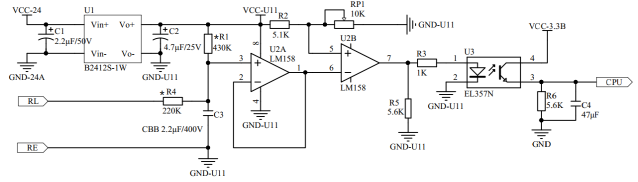


图 3 绝缘电阻信号采样原理图

采样电路: 用 LM158 作为比较器, 将采集到的电压信号一级跟随后做比较。

隔离电路: 用光耦隔离芯片 EL357N, 将电路前级和后级隔离。

电源电路: 采样电路用隔离电源模块 W2412S-1W 单独供电。

图 3 中被测量电阻两端  $R_L$ 、 $R_E$  两端的阻值假设为  $R_x$ , 电源电压为  $U_1$ , 则被测两端等效电压  $U_x$  可以表示为:

$$U_x = \frac{R_4 + R_x}{R_1 + (R_4 + R_x)} \times U_1 \quad (3)$$

电阻  $R_4$  是起到一个限流的作用, 因为是在线检测绝缘电阻, 线路上有 220V 电压存在, 如果直接测量, 220V 会直接把比较器击穿, 所以串一个  $220K\Omega$  的电阻来达到保护电路的目的。

$C_3$  是一个滤波电容, 用来过滤掉交流分量, 让采集到的数据更加的准确。先将采集到的直流电压信号送给比较器 LM158 的 3 号点先作一次跟随, 使采集的信号更加的稳定, 然后再输出给 6 号点与 5 号点设置的基准作比较。当 6 号点电压低于 5 号点电压时, 7 号点有高电平输出, 反之则是低电平。

信号到这里以后就是送给单片机判断, 如果这个时候信号直接送给单片机, 因为前端是有高压 220V 的存在, 如果存在的交流分量没滤尽或者比较器被击穿损坏都会影响到单片机, 严重的话甚至会导致单片机的损坏。用开关光耦 EL357N 作为隔离芯片, 物理上使前级和后级隔离从而达到保护单片机的作用。

采样电路和单片机使用的电源是两个独立的电源, 因为输入端已经有光耦隔离, 可以保证采样电路与单片机系统完全隔离, 这样就算采样电路出现故障,

也不会影响到单片机的正常运行，两者互不干扰。

## 4 试验测试结果

通过试验来证明在各阻值下 LM158 的输出状态：

根据配电箱设计要求，以 190KΩ、200KΩ、210KΩ 三种阻值来做试验，采集电压信号值由计算公式（3）可得：

当测量的阻值为 190KΩ 时：

$$U_x = \frac{R_4 + 190}{R_1 + (R_4 + 190)} \times U_1 = \frac{220 + 190}{430 + (220 + 190)} \times 12 \approx 5.86$$

当阻值为 200KΩ 时：

$$U_x = \frac{R_4 + 200}{R_1 + (R_4 + 200)} \times U_1 = \frac{220 + 200}{430 + (220 + 200)} \times 12 \approx 5.93$$

当阻值为 210KΩ 时：

$$U_x = \frac{R_4 + 210}{R_1 + (R_4 + 210)} \times U_1 = \frac{220 + 210}{430 + (220 + 210)} \times 12 = 6$$

在各绝缘电阻值下 LM158 比较器各点电压情况见表 1。

因为电路中所用的电阻参数存在误差，测量工具存在测量误差，所以实际试验测量值与理论计算值也存在一定的误差。

经过实验证明，当 RL、RE 两端电阻 < 200KΩ 时（以 190KΩ 为例），LM158 比较器 6 号点输入电压为 5.83V，5 号点基准电压为 5.95V（基准电压的设定值根据 200KΩ 时的电压值来设定），7 号点输出高电平，通过判断这个高低电平来实现绝缘电阻的测量。

表 1 LM158 输入输出状态数据

190KΩ 接地电阻			200KΩ 接地电阻			210KΩ 接地电阻		
5 号点	6 号点	7 号点	5 号点	6 号点	7 号点	5 号点	6 号点	7 号点
5.95V	5.83V	高电平	5.96V	5.92V	高电平	5.96V	6.02V	高电平

## 5 结语

用该方案设计研制成的绝缘电阻在线检测电路在某配电箱设备中进行了实践运用，在设备的绝缘电阻检测中，能够快速、准确的完成整个测量过程。证明了用此方案设计的

绝缘电阻电路的实用性，所以该电路对现代化电力电子设备具有较强的使用潜力和推广价值。

### 参考文献

- [1] 臧广才.特殊应用电路[M].北京:中国计量出版社,2001.
- [2] 王兆安,黄俊.电力电子技术[M].北京:机械工业出版社,2000.