

信息设备接触电流 和保护导体电流的测量方法

文曹寅



36 SSM / 2006 / 1

【摘要】本文通过分析漏电流对人体产生的四种效应,及针对这四种效应测量漏电流时应采用的四种不同的测量网络。介绍了GB 4943-2001《信息技术设备的安全》标准中,接触电流及保护导体电流的测量网络及测量方法及判定要求。

低频或直流电流
10mA通过人体1秒钟,
人将要休克。频率越
高对人体的伤害越轻。
人体对几兆赫兹的电
流感知度很小。人体



呈容性,是电容和电阻的组合物。

GB 4943-2001 (eqv IEC 60950:1999, 3rd) 较GB 4943-1995 (idt IEC60950:1991) 标准的漏电流测试的概念及测试网络都有了更新。95版标准中采用传统的技术测量对地泄漏电流。2001版标准采用更有代表性的人体模型,给出了引起人体效应的漏电流的测量方法。本文通过分析漏电流对人体的四种效应以及四种效应对应的人体模型和漏电流的测量方法来介绍GB4943-2001标准中接触电流及保护导体电流的测试原理和方法。

一、漏电流对人体的效应

就安全而言,考虑可能流过人体的有害电流,对连续波形,最为重要的人体效应有:

感知

反应
摆脱, 和
电灼伤

这四种人体效应中的每一种效应都有一个单独的阈值。其中某些阈值随频率的变化存在很大差异。有两种类型的电流需要单独的测量方法: 接触电流和保护导体电流。

接触电流仅在人体或人体模型形成电流通路时才存在。

老版标准中及我们通常所称的“漏电流”这一术语用于表达若干不同的概念, 如接触电流、保护导体电流、绝缘特性等, 所以在 GB 4943-2001 标准中将不再使用“漏电流”或“对地泄漏电流”这一术语, 而引进了测量接触电流、保护导体电流。

在四种效应中, 感知、反应和摆脱与接触电流的峰值有关, 并且随频率的变化而不同。由于测量有效值 (rms) 最为方便, 因此习惯上将电击作为正弦波来处理。峰值测量方法更适用于非正弦波形 (接触电流在这里预计有更重要的价值), 但也同样适用于正弦波形。对测量感知、反应和摆脱电流所采用的网络是具有频率响应特性的网络, 这种加权网络可以对工频下的单一限值进行规定并作为基准。

然而, 电灼伤与接触电流的有效值有关, 而与频率无关。对可能发生的电灼伤的设备, 需要分别进行两种单独的测量, 即对电击测量电流的峰值, 对电灼伤测量电流的有效值。

二、接触电流测量网络的选择

1. 电灼伤的接触电流采用的测量网络

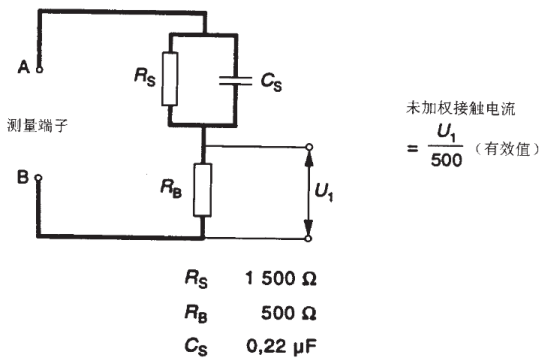


图 1 未加权的接触电流的测量网络

电灼伤是当电流流经人体表皮和人体构成的阻抗时, 因消耗功率而造成的。电灼伤的其他形式可能是由电气设备引起的, 例如由于电弧或电弧生成物。

图 1 网络模拟人体的阻抗, 如果人体以可能的方式触及设备, 图 1 网络将提供一个指示可能流过人体的电流等级的测量值。

R_B 为模拟的人体内部阻抗。

R_S 和 C_S 模拟两接触点间总的皮肤阻抗, C_S 的值由皮肤接触的面积来决定, 对于较大的接触面积, 可以使用较大的值 (例如: 0.33 μF)。

电灼伤的接触电流是用 U_1 有效值除以 500 Ω 。

2. 感知电流和反应电流测量网络 (含人体阻抗)

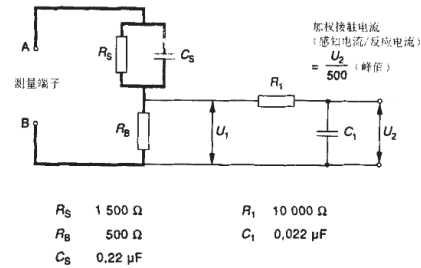


图 2 加权接触电流 (感知电流/反应电流) 的测量网络

人体对电流的感知和反应是流过人体内部器官的电流引起的。

为了准确测量这些效应, 就要对反应电流随频率变化进行研究和补偿。对于引起不自主反应的电流, 图 2 的网络模拟了人体阻抗, 并且给出了随人体频率特性的加权值。

对于感知和反应的接触电流, 交流或直流值等于 U_2 峰值除以 500 Ω 。

3. 摆脱电流测量网络 (含人体阻抗)

摆脱电流是指人体丧失摆脱物体的能力是由流过人体内部 (例如: 通过肌肉) 的电流所致。当仅考虑到人体丧失摆脱能力的情况, 例如当满足如下三个条件时, 应使用图 3 的网络:

—— 存在的电流是交流, 并且产品标准中的限值是大于 2.0mA 有效值或 2.8mA 峰值;

—— 设备有一个可握紧的零部件;

—— 可以预料到当电流通过手和胳膊时很难从可握紧的零部件上摆脱。

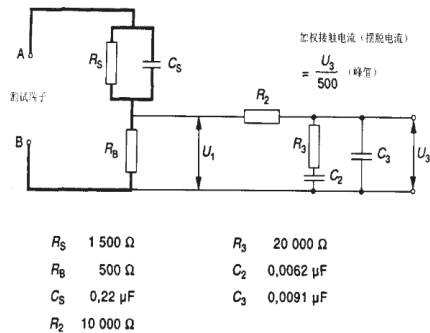


图3 加权接触电流(摆脱电流)的测量网络

摆脱电流限值的频率效应不同于感知电流、反应电流或电灼伤电流的频率效应，特别是频率在1kHz以上时更是如此。

图3的网络模拟人体阻抗，并加权以模拟人体对电流的频率效应，该电流能引起肌肉痉挛（肌肉不自主的收缩），和由此摆脱可握紧零部件的能力。有关摆脱电流阈值的接触电流是用 U_3 峰值除以500 Ω 。

三、保护导体电流的测量

保护导体的电流要求和电流值与接触电流无关，因而它们的限值和测量方法必须分开处理。

1. 多台设备

在任一共用接地的系统内，各个设备的保护接地电流将按非算术方式相加。因此，只有单一保护接地导体的一组设备，其保护导体电流不能依靠单个设备的保护导体电流预测。所以，单个设备的测量用途有限，设备组的保护导体电流应在共享的保护接地导体上测量。

2. 测量方法

保护导体电流的测量应在安装完成后，用保护导体串联一个内阻可忽略不计（例如0.5 Ω ）的安培表来测量，保护导体的测量是在设备和配电系统的所有正常工作状态下进行的。

四、测试要求

1. 接触电流试验电路

2. 测试变压器

隔离试验变压器的使用是可选择的。为了最大程度的安全，应该使用隔离试验变压器（见图4中T），并且受试设备（EUT）的电源保护接地端子接

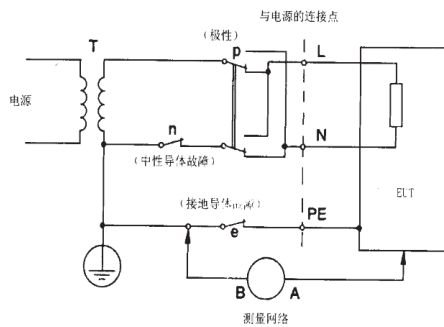


图4 接到TN配电系统的单相设备接触电流的试验电路

地。变压器的任何容性漏流都必须考虑在内。作为

EUT接地的一种替换，试验变压器的次级和EUT需要保持浮地（不接地），在这种情况下，不需考虑试验变压器的容性漏电流。

如果不使用变压器T，这样由于受试设备本身可能会带危险电压，因此应采用适当的安全警告标记，EUT应安装在绝缘台架上。

A端电极应依次施加到每个可触及的零部件上。

A端电极每次接入时，B端电极先接到地，然后再依次逐个接到其他的可触及的零部件上。

对于有接地导体的电源系统，B端电极可在EUT和电源接口处与接地电源导体直接相连，而不是与保护导体相连。

3. 保护导体电流的测试

① 概述

保护导体的电流要求和电流值与接触电流无关，

因而它们的限值和测量方法必须分开处理。

② 多台设备

在任一共用接地的系统内，各个设备的保护接地电流将按非算术方式相加。因此，只有单一保护接地导体的一组设备，其保护导体电流不能依靠单个设备的保护导体电流预测。所以，单个设备的测量用途有限，设备组的保护导体电流应在共享的保护接地导体上测量。

③ 测量方法

安装保护导体电流应在安装完成后，与保护导体串联一个内阻可忽略不计（例如0.5 Ω ）的安培表来测量，保护导体的测量是在设备和配电系统的所

有正常工作状态下进行的。

④保护导体电流试验电路

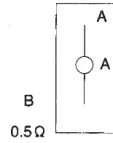


图 5

五、GB 4943-2001测量接触电流和保护导体电流要求

1. 接触电流的测量网络

对于测试波形是正弦波，谐波频率不超过100Hz的波形采用GB 4393-2001中D2测量仪器，测量接触电流的有效值。如果波形是非正弦波，谐波频率超

过100Hz的波形就要采用图2的加权接触电流（感知电流反应电流）的测量网络（同GB 4943-2001中的D1网络），测量接触电流的峰值。对于非正弦波形使用D1网络较D2网络所得测试值将更准确。

2. 测量限值要求

设备的类型	测量仪器的A端连接到	最大接触电流 mA	最大保护 导体电流
有设备	未连接到保护接地的可触及的零部件和电路	0.25	
手持设备	设备电源 保护端子	0.75	
移动式设备、 驻立式A型 可插式设备		3.5	
所有其他 驻立式设备		3.5	
接触电流 超过3.5mA的所有 其他驻立式设备			输入电流 的5%

3. 保护导体电流的测量

对带有电源保护接地端子的驻立式永久连接的设备或驻立式B型可插式设备，当测量的接触电流超过3.5mA时，保护导体电流的有效值在正常工作条件下不应超过每相输入电流的5%（采用图5测量网络）。

六、不同国际标准测试接触电流使用的测量网络

对于不同产品，由于其操作人员的差异及人员触摸、抓、握产品或设备的情况不同，美国国际联合研究组织（AR）组织通过大量的收集整理，归纳出5种模拟人体电阻（图6），这5种测量网络可供生产厂及检测机构对各类产品开展国际认证、进行接触电流测试时，选择测量网络的依据。

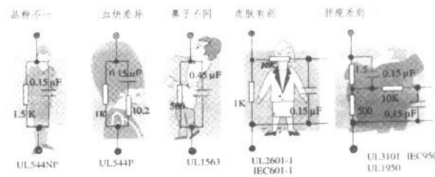


图 6 5种模拟人体阻抗网络

结束语

本文通过分析漏电流对人体的四种效应以及四种效应对应的人体模型和漏电流的测量方法来介绍GB 4943-2001标准中接触电流及保护导体电流的测试要求和方法。从而可以看出GB 4943-2001（equiv IEC 60950:1999, 3rd）较GB 4943-1995（idt IEC 60950:1991）标准对漏电流测试具有更加的合理性和准确性，从而能提供给用户更安全可靠的产品。E

（作者单位：上海市电子仪表标准计量测试所）