

浅谈泄漏电流/接触电流测试的计量和测试

一、什么是泄漏电流

在 IEC990: 1990 之前，“泄漏电流”出现在各式各样的测量标准当中，并被广泛应用，包括 GB4706、GB4943、GB9706、GB8898 国家标准。在 GB/T12113-1996（接触电流和保护导体电流的测量方法）中，“泄漏电流”被称之为“泄电流”，有如下两种定义：

1 型电流（Type1 current）：正常条件或单一故障条件下，当人体接触连接到不同电源系统的接地或不接地的 I 类或 II 类设备时候流过人体的电流；

2 型电流（Type2 current）：正常条件下流过 I 类设备的保护导体电流；

二、什么是接触电流

为了协调不同设备委员会制定的测量要求，方便参与国际安全产品认证，IEC 国际委员会在 ICE60990: 1999 中不再使用“漏电流”这一术语。“漏电流”已用于表达不同的概念，比如绝缘耐压测试中的漏电流。进而提出了“接触电流”的说法，并做了明确的定义：

当人或动物接触一个或者多个装置设备可触及部件时，流经他们身体的电流（见 IEC195-05-21）称为接触电流。

三、接触电流对人体危害和特点

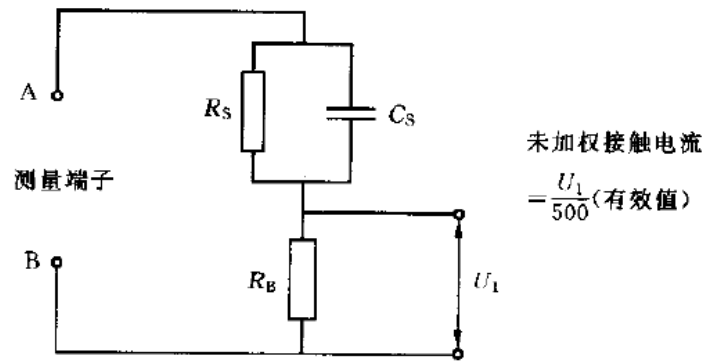
当不同的接触电流流经人体时候，将会产生四种不同人体效应：感知、反应、摆脱和电烧伤，在四种效应中，感知、反应和摆脱接触电流和峰值有关，并且随频率的变化而不同。由于测量有效值(RMS)最为方便，因此习惯上将电击作为正弦波来处理。峰值测量方法更适合于非正弦波形(接触电流在这里预计有更重要的价值)但也同样适用于正弦波形。对测量感知、反应和摆脱电流所规定的网络是具有频率响应特性的网络，这种加权网络可以对工频下的单一限值进行规定并作为基准。

四、测量网络

1、感知电流和反应电流(a. c.)，使用图 4 的网络；

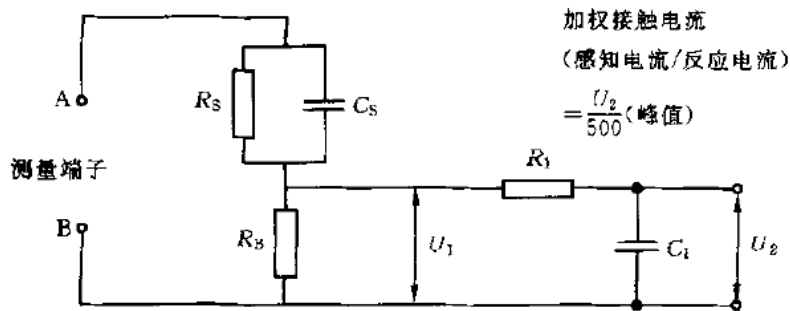
2、摆脱电流(a. c.)，使用图 5 的网络；

3、电灼伤(a. c.)，使用图 3 的网络；



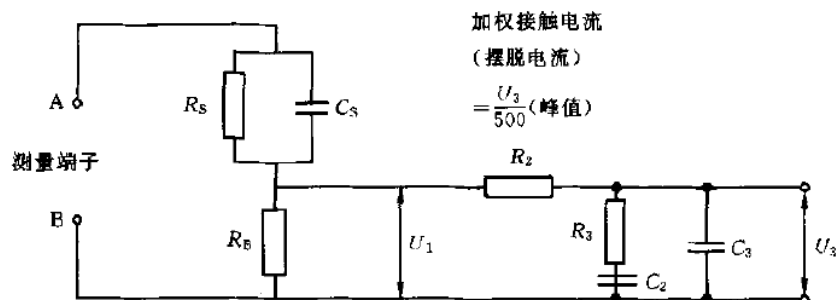
$R_S: 1\ 500\ \Omega; R_B: 500\ \Omega; C_S: 0.22\ \mu F.$

图 3 未加权的接触电流的测量网络



$R_S: 1\ 500\ \Omega; R_1: 10\ 000\ \Omega;$
 $R_B: 500\ \Omega; C_1: 0.022\ \mu F;$
 $C_S: 0.22\ \mu F.$

图 4 加权接触电流（感知电流或反应电流）的测量网络



$R_S: 1\ 500\ \Omega; R_3: 20\ 000\ \Omega;$
 $R_B: 500\ \Omega; C_2: 0.0062\ \mu F;$
 $C_S: 0.22\ \mu F; C_3: 0.0091\ \mu F;$
 $R_2: 10\ 000\ \Omega.$

图 5 加权接触电流（摆脱电流）的测量网络

五、如何校准接触电流测试仪

正因为感知、反应和摆脱接触电流和峰值有关，并且随频率的变化而不同，所以测量网络的频率特性显得尤为重要。在 GB/T12113-2003 (ICE60990: 1999)附录 L1-L6 表中明确给出了测量网络的频率特性，测量项目包括输入阻抗和传输阻抗 (L1/L2/L3)，输出电压和输入电压比值 (L4/L5/L6)。由于设备电路组件分布电容、引线电感和电压测量装置的特性差异，直接体现在输出电压和输入电压比值之上，而输出电压和输入电压比值又与输入阻抗和传输阻抗息息相关，所以 L1-L6 的测量精度直接体现接触电流测试仪的整体性能。

表 L. 4未加权接触电流测量网络(图3)的输出电压和输入电压的比值

频率/Hz	输出电压和输入电压的比值	输入电压和输出电压的比值	每毫安示值的输入电压
20	0.250	4.00	2.00
50	0.251	3.98	1.99
60	0.252	3.97	1.99
100	0.255	3.92	1.96
200	0.269	3.72	1.86
500	0.349	2.87	1.43
1000	0.511	1.96	0.979
2000	0.740	1.35	0.675
5000	0.937	1.07	0.533
10000	0.983	1.02	0.509
20000	0.996	1.00	0.502
50000	0.999	1.00	0.500
100000	1.00	1.00	0.500
200000	1.00	1.00	0.500
500000	1.00	1.00	0.500
1000000	1.00	1.00	0.500

表 L. 5 感知电流/反应电流测量网络(图 4)的输出电压和输入电压的比值

频率/Hz	输出电压和输入电压的比	输入电压和输出电压	每毫安示值的输
20	0.250	4.00	2.00
50	0.251	3.99	2.00
60	0.251	3.99	1.99
100	0.252	3.96	1.98
200	0.259	3.87	1.93
500	0.282	3.54	1.77

1000	0.292	3.43	1.71
2000	0.246	4.06	2.03
5000	0.133	7.50	3.75
10000	0.0708	14.1	7.06
20000	0.0360	27.8	13.9
50000	0.0145	69.2	34.6
100000	0.00723	138	69.1
200000	0.00362	277	138
500000	0.00145	691	346
1000000	0.000723	1382	691

表 L.6 摆脱电流测量网络(图 5)的输出电压和输入电压的比值

频率/Hz	输出电压和输入电压的比值	输入电压和输出电压的比值	每毫安示值的输入电压
20	0.250	4.00	2.00
50	0.251	3.99	1.99
60	0.251	3.98	1.99
100	0.253	3.95	1.98
200	0.261	3.83	1.92
500	0.298	3.36	1.68
1000	0.348	2.87	1.44
2000	0.377	2.65	1.33
5000	0.280	3.57	1.79
10000	0.164	6.09	3.04
20000	0.0860	114	5.81
50000	0.0349	28.7	14.3
100000	0.0175	57.2	28.6
200000	0.00874	114	57.2
500000	0.00350	286	143
1000000	0.00175	572	286

从 L5、L6 表中我们不难发现，1MHz 的正弦波信号经过（图 4）网络、（图 5）网络时候分别衰减 1382 倍和 572 倍。也就是说，如果输入信号是 4V 的正弦波信号，在频率 1MHz，加入（图 4）网络、（图 5）网络上，校准仪器显示的电压应该是 $4V/1382=0.0029V$ 和 $4V/572=0.0069V$ 。当然，容许 5% 误差的存在。这种计量方式也是目前许多国家计量单位所采用的。但是目前，能符合这样误差要求的接触电流测试仪少之甚少！一般的接触电流测试仪只能做到 0Hz ~ 200KHz 时，计量时还在 10% 误差范围内，但是 200KHz ~ 1MHz 时，误差很大，完全偏离了 IEC60990 表 L5 和 L6。