

国际电工委员会
IEC 标准

译丛



固定电阻器



中国标准出版社

国际电工委员会
IEC标准

译文集

固定电阻器

电子工业部标准化研究所 编译

中国标准出版社

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

国际电工委员会

IEC标准

译文集

固定电阻器

电子工业部标准化研究所 编译

中国标准出版社出版

(北京复外三里河)

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

开本 850×1168 1/32 印张 5⁵/₈ 字数 154,000

1986年4月第一版 1986年4月第一次印刷

印数 1—4,500

书号: 15169·3-327 定价 1.80 元

标目 35—3

出版说明

本书汇集了国际电工委员会第40技术委员会 (IEC/TC40 电子设备用电容器和电阻器) 制定的有关固定电阻器方面的专业标准的译文; 内容包括两个测量方法标准、总规范和若干分规范、空白详细规范。它由电子工业部标准化研究所根据目前我国收集到的最新资料翻译和编辑。

参加本书翻译工作的有刘宽、戎行、何德隆、满开来、纪善恩、邢国江、傅振亚。参加或部分参加审校工作的有绝济光、纪善恩、刘宽、满开来、李淑培、邢国江、何德隆、梁跃文。

本书可供电子工业领域有关专业人员和大专院校有关专业师生参考使用。望广大读者对本书提出宝贵意见。

1984年8月

前 言

1) 国际电工委员会 (IEC) 关于技术问题的正式协议或决议是由对这些技术问题特别关切的各国家委员会组成的技术委员会拟订的, 这些协议或决议尽可能地表达出对所涉及的问题在国际上的一致意见。

2) 这些协议或决议, 以推荐的形式供国际上使用, 并在此意义上为各国家委员会所接受。

3) 为了促进国际间统一, IEC 希望各国家委员会在本国条件许可的范围内, 应采用 IEC 标准文本作为国家标准。IEC 标准与各相应的国家标准有任何不同之处, 应尽可能在国家标准中明确指出。

目 录

前言

IEC标准195 (1965) 固定电阻器电流噪声测量方法.....	(1)
IEC标准 440 (1973) 电阻器非线性测量方法.....	(13)
IEC标准 115-1 (1982) QC400000 电子设备用固定 电阻器 第1部分: 总规范.....	(21)
IEC标准 115-1 (1982)第1号修改 (1983) 电子设备 用固定电阻器 第1部分: 总规范.....	(55)
IEC标准 115-2 (1982) QC 400100 电子设备用固定电 阻器 第2部分: 分规范 低功率非线性绕固定电阻器...	(59)
IEC标准 115-2-1 (1982) QC 400101 电子设备用 固定电阻器 第2部分: 空白详细规范 低功率非线 绕固定电阻器 评定水平E.....	(74)
IEC标准 115-4 (1982) QC 400200 电子设备用固定电 阻器 第4部分: 分规范 功率型固定电阻器.....	(84)
IEC标准 115-4-1 (1983) QC 400201 电子设备用固 定电阻器 第4部分: 空白详细规范 功率型固定电 阻器评定水平E.....	(100)
IEC标准 115-5 (1982) QC 400300 电子设备用固定电 阻器 第5部分: 分规范 精密固定电 阻器.....	(111)
IEC标准 115-5-1 (1983) QC 400301 电子设备用固 定电阻器 第5部分: 空白详细规范 精密固定电 阻器 评定水平E.....	(127)
IEC标准 115-6 (1983) QC 400400 电子设备用固定电	

阻器 第6部分：分规范 各电阻器可单独测量的固定
电阻网络…………… (138)

IEC标准 115-6-1 (1983) QC 400401 电子设备用固定
电阻器 第6部分：空白详细规范 阻值和功耗相同，
各电阻器可单独测量的固定电阻网络 评定水平E…… (153)

IEC标准 115-6-2 (1983) QC 400402 电子设备用固定
电阻器 第6部分：空白详细规范 阻值和功耗不同，
各电阻器可单独测量的固定电阻网络 评定水平E…… (163)

固定电阻器电流噪声测量方法

1. 目的

本标准的目的是对用于确定固定电阻器中产生的电流噪声的数值的测量方法和相关的试验条件进行标准化。对电流噪声的允许极限值没有加以规定。

本文叙述了推荐用来评定任何给出型号的固定电阻器中产生的“噪声”（即电流噪声）数值的测量系统和测量程序。

2. 范围

本标准中所叙述的测量方法，适用于电流噪声对电路影响很大的各种固定电阻器，例如在某些低信号电平的音频或其他低频电路中，但这并不作为一种通用规范要求。

3. 术语

3.1 噪声电压

噪声电压是一种自发的起伏电压，它的瞬时幅值是没有规则的，因此幅值只能用概率方法来描述。通常人们最感兴趣的幅值特性，不是它的瞬时值，而是它的“时间平均值”。常用的并在这份标准中所采纳的噪声幅值的测量，是测量规定通频带内传输的噪声电压的均方根值。

3.2 热噪声电压

电阻器中的热噪声电压是由电荷的不规则的热骚动而引起的一种起伏电压。它在所有的电阻器中都存在。实际上是不需要测量的，因从测量系统指示出来的电阻器开路端起伏电压的均方值可以用奈快斯特 (Nyquist) 方程计算。

$$V_n^2 = 4kTR\Delta f$$

式中： k ——波尔兹曼常数： $1.38 \times 10^{-23} \frac{\text{W} \cdot \text{s}}{\text{K}}$ ；

T ——绝对温度，K；

R ——电阻值， Ω ；

Δf 为测量系统的有效通频带，Hz (c/s)。

一个电阻器可以用一个具有零阻抗的噪声电压发生器的热噪声源和一个无噪声的电阻器串联来表示。

虽然这份标准所涉及的是电阻器中电流噪声的测量，但热噪声的存在是不能忽略的，因为在测量时被试电阻器中的热噪声往往是一种主要的干扰源。

3.3 电流噪声电压

由于在固定电阻器中有直流电流存在，电流噪声就会引起均方电压的增量覆盖在热噪声的均方电压上。电流噪声电压是总噪声电压的均方根值与热噪声电压的均方根值之差。

一个有电流噪声的电阻器，可以用一个具有零阻抗的电流噪声电压发生器的噪声源和一个独立的（非相干的）热噪声电压发生器和一个无噪声电阻器三者串联起来表示。

单位通频带的电流噪声电压的均方值大体上和频率成反比变化。假如均方电压和频率成反比，那么具有相同上下带通边界频率比的理想矩形通频带，都能从一个给定的噪声源传输等量的噪声电压。

3.4 电流噪声指标

以分贝为单位表示的电流噪声指标“十倍频程通带的微伏每伏数”是用来表示具体电阻器“噪声特性”的术语。

和电流噪声指标相关的理想矩形通频带是一个十倍频程通带，它的几何中心频率在 1000 Hz (c/s)。

电流噪声指标定义如下：

$$\text{电流噪声指标} = 20 \log_{10} \frac{v_{r.m.}}{V_T} \text{ dB (在十倍频程通带内)}$$

式中： $v_{r.m.}$ ——十倍频程通带中的电流噪声电压的开路均方根值的微伏数；

V_T ——加在被测电阻器上的直流电压的伏特数。

由于电流噪声功耗频谱近似为 $1/f$ 频率特性, 该指标可为任何十倍频程通带中的电流噪声提供评价。

4. 电流噪声测量系统

所推荐的仪器应符合图 1 所示方框图, 噪声测量系统可以看成由三部分组成: 直流系统, 输入电路及交流系统。

4.1 输入电路

如图 1 所示输入电路是由隔离电阻器 (R_m), 被试电阻器 (R_T) 以及校准电阻器组成。

隔离电阻器是用来减少直流电源对被试电阻器噪声的分路作用的。

需要有若干隔离电阻器以适应被试电阻器阻值范围, 这些隔离电阻器能够按要求转接到电路中去。最少要有四只隔离电阻器才能满足表 I 中所规定的测量条件的需要, 这些电阻器应该是没有电流噪声的。

被试电阻器应当装在一个与外部电磁场屏蔽的适当测试夹具上。

校准电阻器应当是没有噪声的, 其阻值为 $1\ \Omega$, 额定功耗不小于 0.5W 。

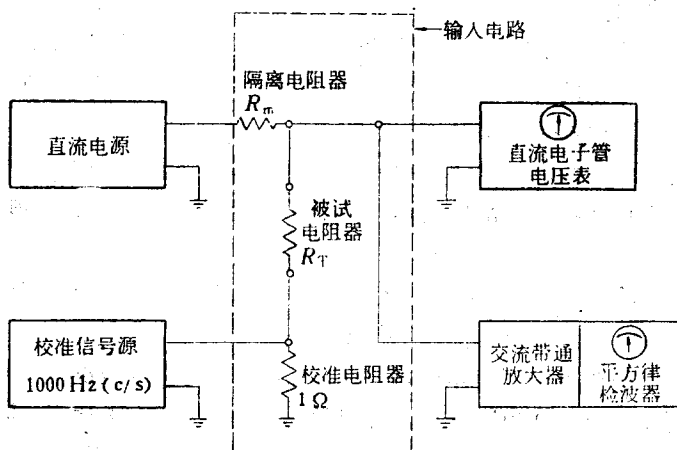


图 1 系统方框图

4.2 直流系统

直流系统包括直流电源及直流电子管电压表(D.C.V.T.V.M)

4.2.1 直流电源

直流电源应当稳定,并能供应适当范围的电压。所要求的实际电源电压取决于被试电阻器阻值(R_T),要求的测试电压(V_T)以及隔离电阻器阻值(R_m)如表 I 中所示。适合测量要求的电源所引入的交流声和噪声干扰,在直流电流通过一个没有电流噪声的被试电阻器(如线绕电阻器)时,噪声表的附加偏转应当小于 0.5dB。

4.2.2 直流电子管电压表

电子管电压表在从直流到 1600 Hz (c/s) 的频率范围内,应具有不小于 4 M Ω 的稳定阻抗,其时间常数应小于 0.5s。

与步进衰减器相连接的电表应能以 $\pm 3\%$ 的精度指示出所要求的直流试验电压。电表刻度盘应用伏特和分贝两者来刻度(0dB 基准是 1V)。当电子管电压表和输入电路相连接时,由电子管电压表所引入的干扰,使噪声电表所产生的附加偏转应不大于 0.2dB。

4.2.3 推荐的工作条件

一般情况下,噪声电压(均方根值)与施加的直流电压(V_T)近似地成比例。

然而,为了保证各种电阻器测量结果的最大可比性并有助于避免输入电路元件过负荷,建议按照表 I 所给出的适用于被试电阻器很宽阻值范围的推荐工作条件。

推荐的直流电源应能提供如表 I 规定的电压。当表 I 中推荐的直流电压或功耗超过被试电阻器连续额定值时,则用最大额定值代替表 I 中的规定值。

表 I 给出一组用于阻值从 100 Ω (校者注:原文误为 10 Ω) 到 22M Ω 的电阻器测试的推荐工作条件。

至少需要四个隔离电阻器(R_m)。这些电阻器是没有电流噪声的(例如优质线绕电阻器),并且这四个十进位应包括从 1000 Ω 到 1 M Ω 。每个隔离电阻器的额定功耗应不小于 1 W 而阻值公差为 $\pm 1\%$ 。

4.3 交流测量系统

交流测量系统由一个校准信号源、一个交流带通放大器、一个平方律检波器和一个指示器组成。

4.3.1 校准信号源

只有在校准时才接入的校准信号源，应当是一个稳定的正弦波发生器，其信号频率固定在 $980 \sim 1020 \text{ Hz}$ (c/s) 范围内。

校准信号源的输出应在 1Ω 的校准电阻器两端提供一个电压。该电压应能在 $0.6 \sim 0.7 \text{ mV}$ 范围内调节，其稳定度应在 $\pm 2\%$ 范围内。

4.3.2 交流带通放大器、平方律检波器及指示器

放大器的增益应足以测量出当输入端短路和下述的可调增益控制调到接近最小增益位置时的电路噪声。

电路噪声应不大于等效 $6.2 \text{ k}\Omega$ 电阻器的热噪声。因此在不改变放大器增益的情况下，用 $6.2 \text{ k}\Omega \pm 5\%$ 的电阻器代替输入短路时，输出读数的增加应不小于 3 dB 。在这一试验中隔离电阻器 (R_m) 应不小于 $100 \text{ k}\Omega$ ，同时不应有直流电流存在。

放大器应能测量出达 $650 \mu\text{V}$ 的输入信号。当系统被校准时，该信号幅度的度盘读数应近于 60 dB 。

为了保持整个系统的增益不被表 I 的输入条件所改变，就应当有一个连续可调的增益控制。需要的增益控制范围大约为 33 dB 。

通频带应当是平的，并应有一个大约为 $1000 \text{ Hz} \pm 50 \text{ Hz}$ 的固定半功率通频带，其几何中心在 $1000 \text{ Hz} \pm 50 \text{ Hz}$ ，通频带平顶部分的波动不超过 $\pm 0.2 \text{ dB}$ 。

这些要求对于表 I 中所列的测量条件都必须满足。无论是按第 5 条中所确定的 A 值，还是半功率通频带，在所推荐的任何测量条件下，相对于测量条件的变化都不应大于 $\pm 4\%$ 。在 100Ω 和 $22 \text{ M}\Omega$ 下的一致性是经过充分考虑的。

交流放大器，平方律检波器和指示电表应该适应噪声信号的特点，不会因限幅而引入显著的误差。因此，要求它们的动态范围在被指示的均方根值以外扩展至少 10 dB 。

交流测量系统应当以分贝刻度，刻度从 -20 dB 至少到 $+60 \text{ dB}$ ，

在一个十倍频程通带中零分贝为 $1\mu\text{V}$ 。检波器和电表的精度是 $\pm 0.4\text{ dB}$ 。时间常数应从 $0.8\sim 1.5\text{s}$ 。

4.4 功能开关

在测量过程中用三位开关提供三种操作方式是方便的（见第6条），如下所述：

4.4.1 校准

在此位置，隔离电阻器 R_m 接地，不接到直流电源。同时 1000 Hz (c/s) 的校准电压加到校准电阻器上。

4.4.2 系统噪声的测量

在此位置，断开校准电压，而其它连接同 4.4.1 条。

4.4.3 总噪声的测量

在此位置，把在 4.4.1 和 4.4.2 条中接地的 R_m 和地断开，接到直流电源，结果直流电压加到被试电阻器上。同时校准信号也断开了。

5. 校准电压的确定

正确的校准电压值使噪声电表产生的偏转，应等于在十倍频程通带中具有 1 mV 有效值的电流噪声电压发生器所产生的偏转。当测量系统校准时，校准电压应该产生一个等于 $+60\text{ dB}$ 的电表读数。

校准电压用下列公式计算：

$$V_{c,1} = \sqrt{\frac{A}{\log_e 10}} = 0.659\sqrt{A} \text{ (mV)}$$

术语 A 表示在低边界频率为 f_1 高边界频率为 f_2 的理想通带内的 $\log_e \frac{f_2}{f_1}$ ，任何一个带通放大器的 A 值是按下述方法计算的：

在系统的整个通带中测量增益对频率的响应。增益是由输出电表指示的输出电压与施加在校准电阻器两端的输入电压之比的平方。

然后计算出不同频率的增益与校准频率的增益之比。最后用以赫兹(周每秒)为单位的相应频率去除此增益比值，并在直线坐标纸上绘出此结果值与频率的关系曲线。所得曲线下的面积就等于 A 且近于 1。

确定面积 A 的精度应当在 $\pm 2.5\%$ 以内。

必须把校准信号源供给校准电阻器两端的电压有效值调到计算值的 $\pm 2\%$ 以内。

用热噪声校准噪声测量系统精度的另一种方法见第 8.3.1 条。

6. 测量程序

整个操作包括三个连续步骤：

- 1) 校准；
- 2) 系统噪声测量；
- 3) 总噪声测量以及同时测量被试电阻器的直流电压。

在测量成批数值相等的电阻器时，专用测试仪器的稳定对节约时间是有利的，因为校准和系统噪声的测量必须重复进行，其时间间隔取决于仪器的稳定性和精度要求。

6.1 校准

将被试电阻器插入测试夹具内，将按表 I 规定的适当的隔离电阻器接入电路。功能开关置于“校准”并调整增益控制使噪声电压表指到 $+60\text{dB}$ 或它的等效值。

6.2 系统噪声的测量

功能开关置于“系统噪声”。5 ~ 6 s 后，让电表达到一个有代表性的平均值。即可读出系统噪声 (S) 的分贝值。

6.3 总噪声的测量

功能开关置于“总噪声”，把直流电压加到被试电阻器上并把直流电压调整到所要求的数值。5 ~ 6 s 后，就可读出以分贝表示的直流电压 (D) 和总噪声 (T)。

6.4 电流噪声指标的计算

电流噪声指标可由上述三个测量值 S, T 和 D 来计算：

$$\text{电流噪声指标} = T - f(T - S) - D$$

表 I 给出了作为 $(T - S)$ 的函数 $f(T - S)$ 的数值。当 $(T - S)$ 之差超过 15dB 时， $f(T - S)$ 实际上等于零，可以忽略。

7. 精度

噪声电压的测量精度应为 $\pm 0.75\text{dB}$ 。当电流噪声大于系统噪声, 即 $(T-S)$ 大于 15dB 时, 确定电流噪声指标的精度应为 $\pm 1\text{dB}$ 。

当测出的总噪声值接近于系统噪声值时, 确定电流噪声指标的精度下降, 因此在 $(T-S)$ 小于 1.0dB 时, 不推荐用本系统去精密地确定电流噪声指标。然而在下面情况下, 可以表示出该指标的最大数值:

电流噪声指标 $< T - 7 - D$

当 $(T-S) < 1\text{dB}$

对于某些电阻器噪声测量数值的变化大于 0.75dB 是常见的。应当认为在这样的电阻器上重复测量的不一致性并不一定是反映了测量系统精度的降低, 而很可能是电阻器噪声特性的一种反映。

8. 说明和注意事项

在组合及使用电流噪声测试仪时, 有许多应注意的事项。

8.1 组合仪器时应注意的事项

8.1.1 屏蔽

在组合仪器时应采用良好的屏蔽。

输入电路工作于极低电平, 因此输入电路中的所有元件和引线都必须很好地屏蔽。带有大信号的元件不应安置在输入电路附近。

8.1.2 输入阻抗

与 R_n 并与被测电阻器并联的阻抗均使噪声信号衰减, 因此在 $600 \sim 1600\text{Hz}$ (c/s) 频率范围内, 该阻抗应大于 $4\text{M}\Omega$ 。

应该采用短线、合理布线以及小心的安装以使被测电阻器和交流带通放大器输入端的引线间和引线对地的电容减到最小。

8.2 使用仪器时的注意事项

8.2.1 安置

灵敏的噪声测量通常要恰当地注意到测试仪器的安置问题。工作地点应无强电场和强磁场以及电磁辐射源。但通常它不需要在屏蔽室内工作。工作地点应无强的机械振动和强的声源。在选择合适的工作

地点时,上述意见可作为指南。仪器安置是否适宜,可用在选择的地
点与在“静区”间比较测量仪器工作性能的方法来确定。干扰源一般
是很容易鉴别出来的。

8.2.2 环境条件

在测试前,仪器及被试电阻器应在 $25 \pm 5^\circ\text{C}$ 的环境温度和低于
60%的相对湿度下至少保持 24 h。

8.3 性能校验

这里推荐两种校验仪器性能的方法。第一种方法取决于仪器和热
噪声的测量,而另外一种方法包括重复测量一批指定的电阻器。

8.3.1 利用仪器和热噪声的测量来校验仪器的工作性能功能开关
转到“校准”并把 R_T 两端短路。然后把增益调到“校准线”并在以
后的测试中,使它保持在这个位置。

然后把功能开关转到“系统噪声”并读出噪声。将短路移开,并
读出对每一个 R_m 值的噪声,这些读数应在下列范围内:

R_m Ω	实 际 值 R_T	系统噪声读数的允许极限 dB
任 意	短 路	< -5
1 000	开 路	$-9 \sim -4.5$
10 000	开 路	$-5 \sim -2$
100 000	开 路	$+5 \sim +7.5$
1M	开 路	$+14 \sim +18$

注:增益必须调整到在 R_T 短路时的“校准线”上。

前两个读数主要是测放大器噪声,后两个读数主要是测量 R_m 在
仪器通带内的热噪声。第三个读数同时受两种因素的影响。

8.3.2 用比较重复测量结果来校验仪器的工作性能

检查仪器工作稳定性的一种可行的方法是保留一组“校验”电阻
器的测试记录。这组“校验”电阻器应由不同型号的电阻器组成。而
且阻值和电流噪声的范围要具有广泛的代表性。

以校验图表的形式画出噪声对时间的关系曲线。这是发现仪器不
稳定性的一种简单有效的方法。

表 I
推荐的工作条件

$\geq 0.5W$ 额定功耗					$\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{8}$ 和 $\frac{1}{10}W$ 额定功耗			
R_T Ω	R_m Ω	D dB	V_T V	P_T mW	R_m Ω	D dB	V_T V	P_T mW
100	1 000	10.1	3.2	100	1 000	10.1	3.2	100
120	1 000	11.6	3.8	120	1 000	10.9	3.5	100
150	1 000	13.5	4.7	150	1 000	11.8	3.9	100
180	1 000	15.1	5.7	180	1 000	12.5	4.2	100
220	1 000	16.9	7.0	220	1 000	13.4	4.7	100
270	1 000	18.3	8.2	250	1 000	14.3	5.2	100
330	1 000	19.2	9.1	250	1 000	15.1	5.7	100
390	1 000	19.9	9.9	250	1 000	15.8	6.2	100
470	1 000	20.7	10.8	250	1 000	16.7	6.9	100
560	1 000	21.4	11.8	250	1 000	17.5	7.5	100
680	1 000	22.3	13.0	250	1 000	18.3	8.2	100
820	1 000	23.1	14.3	250	1 000	19.2	9.1	100
1 000	1 000	24.0	15.8	250	10 000	20.0	10.0	100
1 200	1 000	24.8	17.3	250	10 000	20.8	11.0	100
1 500	1 000	25.8	19.4	250	10 000	21.7	12.2	100
1 800	1 000	26.6	21.2	250	10 000	22.5	13.4	100
2 200	1 000	27.4	23.4	250	10 000	23.4	14.8	100
2 700	10 000	28.3	26.0	250	10 000	24.3	16.4	100
3 300	10 000	29.2	28.7	250	10 000	25.2	18.2	100
3 900	10 000	29.9	31.2	250	10 000	25.9	19.7	100
4 700	10 000	30.8	34.3	250	10 000	26.7	21.7	100
5 600	10 000	31.5	37.4	250	10 000	27.5	23.7	100
6 800	10 000	32.3	41.2	250	10 000	28.3	26.1	100
8 200	10 000	33.2	45.3	250	10 000	29.1	28.6	100
10 000	10 000	34.0	50.0	250	100 000	30.1	32.0	100
12 000	10 000	34.8	54.8	250	100 000	30.9	35.0	100
15 000	10 000	35.8	61.2	250	100 000	31.8	39.0	100
18 000	10 000	36.6	67.1	250	100 000	32.5	42.0	100
22 000	10 000	37.4	74.2	250	100 000	33.4	47.0	100
27 000	100 000	38.3	82.2	250	100 000	34.3	52.0	100
33 000	100 000	39.2	90.8	250	100 000	35.1	57.0	100
39 000	100 000	40.0	98.7	250	100 000	35.8	62.0	100
47 000	100 000	40.7	108	250	100 000	36.7	69.0	100
56 000	100 000	41.5	118	250	100 000	37.5	75.0	100
68 000	100 000	42.3	130	250	100 000	38.3	82.0	100
82 000	100 000	43.1	143	250	100 000	39.2	91.0	100