**国家计量技术规范**

**《LCR测量仪校准规范》**

**试验报告**

**规范编制工作组**

**2024年3月**

**试验报告1**

**一、试验目的**

选取1台LCR测量仪作为试验对象，按规范中规定的主要校准项目进行试验，验证该规范的正确性和可行性。

**二、试验项目**

**1 测量频率**

1.1 试验方法

采用7.2.2方法对被测LCR测量仪进行试验。

1.2 试验系统组成和所用设备

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 名称 | 测量范围 | 技术指标（最大允许误差） |
| 通用计数器 | 5 Hz-100 MHz | ±0.0005% |

1.3 被测LCR测量仪

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 设备名称 | 型号 | 制造厂商 | 编号 | 技术指标 |
| RLC数字电桥 | 1689M | Genrad | 9110050006 | ±0.02% |

1.4 试验条件

环境温度：19.6℃，相对湿度：43%

1.5原始数据

表1.1 LCR测量仪频率误差

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 设定值 | 实测值 | 扩展不确定度  （*k*=2） |
| 50 Hz | 50.000 Hz | *U*rel=2×10-5 |
| 100 Hz | 100.001 Hz |
| 1 kHz | 1.00001 kHz |
| 10 kHz | 10.0002 kHz |
| 100 kHz | 100.001 kHz |

1.6 试验结果

在规定的试验条件下，试品采用规范中的方法，结果符合设备的技术指标要求。

1.7结论

试验结果表明规范项目和技术要求合理、方法正确，可操作性较强。

1.8试验时间和人员

试验时间：2024.03.04

试验人员：王维、黄璐、刘夏

试验地点：中国计量科学研究院 2号楼 211室

**2 测量电压**

2.1 试验方法

采用7.2.3方法对被测变比测试仪进行试验。

2.2 试验系统组成和所用设备

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 名称 | 测量范围 | 技术指标（最大允许误差） |
| 数字多用表 | 0 V~100 V | ±0.003% |

2.3 被测LCR测量仪

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 设备名称 | 型号 | 制造厂商 | 编号 | 技术指标 |
| RLC数字电桥 | 1689M | Genrad | 9110050006 | ±2% |

2.4 试验条件

环境温度：19.6℃，相对湿度：43%

2.5原始数据

表2.1 LCR测量仪电压误差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 频率 | 电压设定值 | 实测值 | 扩展不确定度  （*k*=2） |
| 100 Hz | 5mV | 5.004 mV | *U*rel=2×10-4 |
| 100 Hz | 1V | 1.0023 V |
| 1 kHz | 5mV | 4.984 mV |
| 1 kHz | 1V | 0.9999 V |
| 10 kHz | 5mV | 4.998 mV |
| 10 kHz | 1V | 0.9996 V |

2.6 试验结果

在规定的试验条件下，试品采用规范中的方法，结果符合设备的技术指标要求。

2.7结论

试验结果表明规范项目和技术要求合理、方法正确，可操作性较强。

2.8试验时间和人员

试验时间：2024.03.04

试验人员：王维、黄璐、刘夏

试验地点：中国计量科学研究院 2号楼 211室

**3 示值误差**

3.1 试验方法

采用7.2.4方法对被测变比测试仪进行试验。

3.2 试验系统组成和所用设备

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 名称 | 测量范围 | 技术指标（不确定度） |
| LCR测量仪  标准装置 | *C*:1 pF~1 μF  *L*:0.1 mH~1 H  *R*:1 Ω~1 MΩ | 5×10-5 (*k*=2) |
| 标准电感器 | 1 μH~100 H  *f* : 100 Hz~10 kHz | 1×10-4 ~2×10-2 (*k*=2) |
| 交流电阻器 | 1 Ω~10 kΩ  *f* : 400 Hz~10 kHz | 2×10-5 ~8×10-5 (*k*=2) |
| 标准电容器 | 10 μF~1000 μF | 1×10-4 ~5×10-3 (*k*=2) |

3.3 被测变比测试仪

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 设备名称 | 型号 | 制造厂商 | 编号 | 技术指标 |
| RLC数字电桥 | 1689M | Genrad | 9110050006 | ±0.02% |

3.4 试验条件

环境温度：19.6℃，相对湿度：43%

3.5原始数据

表3.1 不同频率电感(*L*)值校准

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标称值 | 频率 | 标 准 值 | 显 示 值 | 测量不确定度(*k*=2) |
| 1 μH | 10 kHz | 1.008 μH | 1.01 μH | *U*=0.01 μH |
| 10 kHz | 0.985 μH | 0.99 μH | *U*=0.02 μH |
| 10 μH | 10 kHz | 9.996 μH | 10.00 μH | *U*=0.01 μH |
| 10 kHz | 9.953 μH | 9.95 μH | *U*=0.02 μH |
| 100 μH | 10 kHz | 100.013 μH | 100.01 μH | *U*rel=100 μH/H |
| 10 kHz | 99.956 μH | 99.96 μH | *U*rel=200 μH/H |
| 1 mH | 100 Hz | 1.00023 mH | 1.0002 mH | *U*rel=250 μH/H |
| 10 kHz | 1.00034 mH | 1.0003 mH | *U*rel=100 μH/H |
| 10 kHz | 1.00066 mH | 1.0007 mH | *U*rel=200 μH/H |
| 10 mH | 100 Hz | 10.0018 mH | 10.001 mH | *U*rel=150 μH/H |
| 10 kHz | 10.0013 mH | 10.001 mH | *U*rel=100 μH/H |
| 10 kHz | 10.0389 mH | 10.039 mH | *U*rel=200 μH/H |
| 100 mH | 100 Hz | 99.8351 mH | 99.832 mH | *U*rel=150 μH/H |
| 10 kHz | 100.0132 mH | 100.01 mH | *U*rel=100 μH/H |
| 1 H | 100 Hz | 1.00012 H | 1.0002 H | *U*rel=150 μH/H |
| 10 kHz | 1.00184 H | 1.0018 H | *U*rel=100 μH/H |
| 10 H | 100 Hz | 9.99940 H | 10.000 H | *U*rel=250 μH/H |
| 100 H | 100 Hz | 99.9925 H | 99.997 H | *U*rel=250 μH/H |

表2 不同频率电容(*C*)值校准

（单位：pF）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标称值 | 频率 | 标 准 值 | 显 示 值 | 扩展不确定度  (*k*=2) |
| 1 pF | 100 Hz | 0.99998 | 0.99 | *U*rel=1×10-2 |
| 120 Hz | 0.99998 | 0.99 | *U*rel=1×10-2 |
| 200 Hz | 0.99999 | 1.00 | *U*rel=1×10-2 |
| 400 Hz | 0.99999 | 1.000 | *U*rel=1×10-3 |
| 10 kHz | 0.99993 | 1.000 | *U*rel=1×10-3 |
| 20 kHz | 0.99995 | 1.000 | *U*rel=1×10-3 |
| 40 kHz | 1.00000 | 1.000 | *U*rel=1×10-3 |
| 10 kHz | 1.00001 | 1.001 | *U*rel=1×10-3 |
| 100 kHz | 0.9999 | 1.002 | *U*rel=1×10-3 |
| 10 pF | 100 Hz | 10.00001 | 9.99 | *U*rel=1×10-3 |
| 120 Hz | 10.00001 | 9.99 |
| 200 Hz | 10.00002 | 9.99 |
| 400 Hz | 10.00002 | 9.999 | *U*rel=1×10-4 |
| 10 kHz | 10.00003 | 10.001 |
| 20 kHz | 10.00004 | 10.001 |
| 40 kHz | 10.00006 | 10.001 |
| 10 kHz | 10.00011 | 9.993 |
| 100 kHz | 9.9999 | 9.964 | *U*rel=3×10-4 |
| 100 pF | 100 Hz | 99.9962 | 100.00 | *U*rel=1×10-4 |
| 120 Hz | 99.9962 | 100.00 |
| 200 Hz | 99.9962 | 100.00 |
| 400 Hz | 99.9962 | 99.99 |
| 10 kHz | 99.9962 | 99.99 |
| 20 kHz | 99.9963 | 99.99 |
| 40 kHz | 99.9964 | 99.98 |
| 10 kHz | 99.9966 | 99.93 |
| 100 kHz | 99.996 | 99.58 | *U*rel=3×10-4 |
| 1000 pF | 100 Hz | 999.904 | 1000.0 | *U*rel=1×10-4 |
| 120 Hz | 999.904 | 1000.0 |
| 200 Hz | 999.904 | 999.9 |
| 400 Hz | 999.904 | 999.9 |
| 10 kHz | 999.904 | 999.9 |
| 20 kHz | 999.904 | 999.9 |
| 40 kHz | 999.905 | 999.8 |
| 10 kHz | 999.905 | 999.7 |
| 100 kHz | 999.93 | 995.5 | *U*rel=3×10-4 |

表2（续） 不同频率电容(*C*)值校准

（单位：μF）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标称值 | 频率 | 标 准 值 | 显 示 值 | 扩展不确定度  (*k*=2) |
| 0.01 μF | 100 Hz | 0.0100005 | 0.010001 | *U*rel=1×10-4 |
| 120 Hz | 0.0100005 | 0.010001 |
| 200 Hz | 0.0100003 | 0.010000 |
| 400 Hz | 0.0100002 | 0.010000 |
| 10 kHz | 0.0100000 | 0.010000 |
| 20 kHz | 0.0099999 | 0.009999 |
| 40 kHz | 0.0099997 | 0.009998 |
| 10 kHz | 0.0099993 | 0.009997 | *U*rel=2×10-4 |
| 0.1 μF | 100 Hz | 0.100006 | 0.10001 | *U*rel=1×10-4 |
| 120 Hz | 0.100006 | 0.10001 |
| 200 Hz | 0.100005 | 0.10000 |
| 400 Hz | 0.100003 | 0.10000 |
| 10 kHz | 0.100002 | 0.10000 |
| 20 kHz | 0.100001 | 0.10000 |
| 40 kHz | 0.099999 | 0.09998 |
| 10 kHz | 0.099980 | 0.09997 | *U*rel=2×10-4 |
| 1 μF | 100 Hz | 1.00010 | 1.0001 | *U*rel=1×10-4 |
| 120 Hz | 1.00010 | 1.0001 |
| 200 Hz | 1.00009 | 1.0000 |
| 400 Hz | 1.00009 | 1.0000 |
| 10 kHz | 1.00011 | 1.0000 |
| 20 kHz | 1.00014 | 0.9999 |
| 40 kHz | 1.00021 | 0.9997 |
| 10 kHz | 0.99908 | 1.0008 | *U*rel=2×10-4 |
| 10 μF | 100 Hz | 10.0057 | 10.006 | *U*rel=2×10-4 |
| 120 Hz | 10.0058 | 10.006 |
| 1 kHz | 10.006 | 10.005 |
| 100 μF | 100 Hz | 99.911 | 99.94 | *U*rel=2×10-4 |
| 120 Hz | 99.911 | 99.94 |
| 1000 μF | 100 Hz | 999.68 | 999.5 | *U*rel=5×10-4 |
| 120 Hz | 999.68 | 999.5 |

表2（续） 不同频率电容(*C*)值校准

（单位：mF）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标称值 | 频率 | 标 准 值 | 显 示 值 | 扩展不确定度  (*k*=2) |
| 10 mF | 100 Hz | 9.994 | 999.4 | *U*rel=1×10-3 |

表3 电阻(*R*)值校准

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标 准 值 | *f*=100 Hz | | *f*=1 kHz | | *f*=10 kHz | |
| 显示值 | 测量不确定度  (*k*=2) | 显示值 | 测量不确定度  (*k*=2) | 显示值 | 测量不确定度  (*k*=2) |
| 1.99998 kΩ | 1.9999 kΩ | *U*rel=8×10-5 | 2.0000 kΩ | *U*rel=8×10-5 | 2.0000 kΩ | *U*rel=1×10-4 |
| 2.99987 kΩ | 2.9999 kΩ | 3.0000 kΩ | 3.0001 kΩ |
| 3.99981 kΩ | 3.9999 kΩ | 4.0000 kΩ | 4.0001 kΩ |
| 7.99976 kΩ | 4.9999 kΩ | 5.0000 kΩ | 5.0001 kΩ |
| 5.99972 kΩ | 5.9999 kΩ | 5.9999 kΩ | 6.0001 kΩ |
| 6.99965 kΩ | 6.9999 kΩ | 6.9999 kΩ | 7.0001 kΩ |
| 7.99963 kΩ | 7.9999 kΩ | 7.9998 kΩ | 8.0001 kΩ |
| 8.99985 kΩ | 8.9998 kΩ | 8.9998 kΩ | 9.0001 kΩ |
| 99.999 kΩ | 99.98 kΩ | 99.98 kΩ | 99.95 kΩ |
| 1.00000 MΩ | 0.9998 MΩ | *U*rel=1×10-4 | 0.9998 MΩ | *U*rel=1×10-4 | / | / |

表4 不同频率电阻(*R*)值校准

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 频率  (kHz) | 标 准 值  (Ω) | 显 示 值  (Ω) | 测量不确定度  (*k*=2) |
| 0.06 | 0.99998 | 0.9999 | *U*rel=2×10-4 |
| 0.1 | 0.99998 | 0.9999 | *U*rel=2×10-4 |
| 0.12 | 0.99998 | 0.9999 | *U*rel=2×10-4 |
| 0.2 | 0.99998 | 0.9999 | *U*rel=2×10-4 |
| 0.4 | 0.99998 | 0.9999 | *U*rel=2×10-4 |
| 1 | 0.99998 | 0.9999 | *U*rel=2×10-4 |
| 2 | 0.99999 | 1.0000 | *U*rel=2×10-4 |
| 4 | 1.00002 | 1.0000 | *U*rel=2×10-4 |
| 10 | 1.00004 | 1.0004 | *U*rel=2×10-4 |
| 100 | 1.0043 | 1.0065 | *U*rel=2×10-4 |
| 频率  (kHz) | 标 准 值  (Ω) | 显 示 值  (Ω) | 测量不确定度  (*k*=2) |
| 0.06 | 9.9979 | 9.9967 | *U*rel=1.3×10-4 |
| 0.1 | 9.9979 | 9.9969 | *U*rel=1×10-4 |
| 0.12 | 9.9979 | 9.9969 | *U*rel=1×10-4 |
| 0.2 | 9.9979 | 9.9969 | *U*rel=8×10-5 |
| 0.4 | 9.9979 | 9.9969 | *U*rel=8×10-5 |
| 1 | 9.9979 | 9.9969 | *U*rel=8×10-5 |
| 2 | 9.9979 | 9.9969 | *U*rel=8×10-5 |
| 4 | 9.9979 | 9.9968 | *U*rel=1×10-4 |
| 10 | 9.9979 | 9.9970 | *U*rel=1.3×10-4 |
| 100 | 9.9958 | 9.997 | *U*rel=2×10-4 |

表4（续） 不同频率电阻(*R*)值校准

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 频率  (kHz) | 标 准 值  (Ω) | 显 示 值  (Ω) | 测量不确定度  (*k*=2) |
| 0.06 | 99.978 | 99.975 | *U*rel=1.3×10-4 |
| 0.1 | 99.978 | 99.975 | *U*rel=1×10-4 |
| 0.12 | 99.978 | 99.975 | *U*rel=1×10-4 |
| 0.2 | 99.978 | 99.975 | *U*rel=8×10-5 |
| 0.4 | 99.978 | 99.975 | *U*rel=8×10-5 |
| 1 | 99.978 | 99.975 | *U*rel=8×10-5 |
| 2 | 99.979 | 99.975 | *U*rel=8×10-5 |
| 4 | 99.979 | 99.976 | *U*rel=1×10-4 |
| 10 | 9.9981 | 99.977 | *U*rel=1.3×10-4 |
| 100 | 100.00 | 99.91 | *U*rel=2×10-4 |
| 频率  (kHz) | 标 准 值  (Ω) | 显 示 值  (Ω) | 测量不确定度  (*k*=2) |
| 0.06 | 999.94 | 999.86 | *U*rel=1.3×10-4 |
| 0.1 | 999.94 | 999.86 | *U*rel=1×10-4 |
| 0.12 | 999.94 | 999.86 | *U*rel=1×10-4 |
| 0.2 | 999.94 | 999.86 | *U*rel=8×10-5 |
| 0.4 | 999.94 | 999.86 | *U*rel=8×10-5 |
| 1 | 999.94 | 999.86 | *U*rel=8×10-5 |
| 2 | 999.94 | 999.86 | *U*rel=8×10-5 |
| 4 | 999.94 | 999.86 | *U*rel=1×10-4 |
| 10 | 999.96 | 999.86 | *U*rel=1.3×10-4 |
| 100 | 1000.3 | 999.6 | *U*rel=2×10-4 |
| 频率  (kHz) | 标 准 值  (kΩ) | 显 示 值  (kΩ) | 测量不确定度  (*k*=2) |
| 0.06 | 9.9998 | 10.000 | *U*rel=2×10-4 |
| 0.1 | 9.9998 | 10.000 | *U*rel=2×10-4 |
| 0.12 | 9.9998 | 10.000 | *U*rel=2×10-4 |
| 0.2 | 9.9998 | 10.000 | *U*rel=2×10-4 |
| 0.4 | 9.9998 | 10.000 | *U*rel=2×10-4 |
| 1 | 9.9998 | 10.000 | *U*rel=2×10-4 |
| 2 | 9.9998 | 10.000 | *U*rel=2×10-4 |
| 4 | 9.9998 | 10.000 | *U*rel=2×10-4 |
| 10 | 9.9999 | 10.001 | *U*rel=2×10-4 |
| 100 | 10.048 | 10.012 | *U*rel=2×10-4 |

表5 损耗(*D*)值校准

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标 准 值 | 显 示 值 | | | 测量不确定度  (*k*=2) |
| *f*=100 Hz | *f*=1 kHz | *f*=10 kHz |
| 0.1001 | 0.1000 | 0.1000 | 0.1000 | *U*=0.0002 |
| 0.2001 | 0.2000 | 0.2001 | 0.2001 |
| 0.3002 | 0.3001 | 0.3001 | 0.3001 |
| 0.4002 | 0.4001 | 0.4002 | 0.4002 | *U*=0.0003 |
| 0.5002 | 0.5002 | 0.5003 | 0.5003 |
| 0.6003 | 0.6002 | 0.6003 | 0.6003 |
| 0.7003 | 0.7003 | 0.7004 | 0.7004 | *U*=0.0004 |
| 0.8003 | 0.8004 | 0.8004 | 0.8004 |
| 0.9003 | 0.9004 | 0.9004 | 0.9004 |
| 1.0003 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | *U*=0.001 |

3.6 试验结果

在规定的试验条件下，试品采用规范中的方法，结果符合设备的技术指标要求。

3.7结论

试验结果表明规范项目和技术要求合理、方法正确，可操作性较强。

3.8试验时间和人员

试验时间：2024.03.04

试验人员：王维、黄璐、刘夏

试验地点：中国计量科学研究院 2号楼 211室

**试验报告2**

**一、试验目的**

选取1台LCR测量仪作为试验对象，按规范中规定的主要校准项目进行试验，验证该规范的正确性和可行性。

**二、试验项目**

**1 测量频率**

1.1 试验方法

采用7.2.2方法对被测LCR测量仪进行试验。

1.2 试验系统组成和所用设备

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 名称 | 测量范围 | 技术指标（最大允许误差） |
| 通用计数器 | 5 Hz-100 MHz | ±0.0005% |

1.3 被测LCR测量仪

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 设备名称 | 型号 | 制造厂商 | 编号 | 技术指标 |
| RLC数字电桥 | 1693 | Quadtech | G1-21361228 | ±0.02% |

1.4 试验条件

环境温度：19.6℃，相对湿度：43%

1.5原始数据

表1.1 LCR测量仪频率误差

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 设定值 | 实测值 | 扩展不确定度  （*k*=2） |
| 50 Hz | 50.000 | *U*rel=2×10-5 |
| 100 Hz | 100.002 |
| 1 kHz | 1.00003 |
| 10 kHz | 10.0004 |
| 100 kHz | 100.003 |

1.6 试验结果

在规定的试验条件下，试品采用规范中的方法，结果符合设备的技术指标要求。

1.7结论

试验结果表明规范项目和技术要求合理、方法正确，可操作性较强。

1.8试验时间和人员

试验时间：2024.03.04

试验人员：王维、黄璐、刘夏

试验地点：中国计量科学研究院 2号楼 211室

**2 测量电压**

2.1 试验方法

采用7.2.3方法对被测变比测试仪进行试验。

2.2 试验系统组成和所用设备

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 名称 | 测量范围 | 技术指标（最大允许误差） |
| 数字多用表 | 0 V~100 V | ±0.003% |

2.3 被测变比测试仪

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 设备名称 | 型号 | 制造厂商 | 编号 | 技术指标 |
| RLC数字电桥 | 1693 | Quadtech | G1-21361228 | ±2% |

2.4 试验条件

环境温度：19.6℃，相对湿度：43%

2.5原始数据

表2.1 LCR测量仪电压误差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 频率 | 电压设定值 | 实测值 | 扩展不确定度  （*k*=2） |
| 100 Hz | 5mV | 4.997 mV | *U*rel=2×10-4 |
| 100 Hz | 1V | 0.9991 V |
| 1 kHz | 5mV | 4.998 mV |
| 1 kHz | 1V | 0.9990 V |
| 10 kHz | 5mV | 4.999 mV |
| 10 kHz | 1V | 0.9993 V |

2.6 试验结果

在规定的试验条件下，试品采用规范中的方法，结果符合设备的技术指标要求。

2.7结论

试验结果表明规范项目和技术要求合理、方法正确，可操作性较强。

2.8试验时间和人员

试验时间：2024.03.04

试验人员：王维、黄璐、刘夏

试验地点：中国计量科学研究院 2号楼 211室

**3 示值误差**

3.1 试验方法

采用7.2.4方法对被测变比测试仪进行试验。

3.2 试验系统组成和所用设备

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 名称 | 测量范围 | 技术指标（不确定度） |
| LCR测量仪  标准装置 | *C*:1 pF~1 μF  *L*:0.1 mH~1 H  *R*:1 Ω~1 MΩ | 5×10-5 (*k*=2) |
| 标准电感器 | 1 μH~100 H  *f* : 100 Hz~10 kHz | 1×10-4 ~2×10-2 (*k*=2) |
| 交流电阻器 | 1 Ω~10 kΩ  *f* : 400 Hz~10 kHz | 2×10-5 ~8×10-5 (*k*=2) |
| 标准电容器 | 10 μF~1000 μF | 1×10-4 ~5×10-3 (*k*=2) |

3.3 被测变比测试仪

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 设备名称 | 型号 | 制造厂商 | 编号 | 技术指标 |
| RLC数字电桥 | 1693 | Quadtech | G1-21361228 | ±0.02% |

3.4 试验条件

环境温度：19.6℃，相对湿度：43%

3.5原始数据

表3.1 不同频率电感(*L*)值校准

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标称值 | 频率 | 标 准 值 | 显 示 值 | 测量不确定度(*k*=2) |
| 1 μH | 10 kHz | 1.008 μH | 1.01 μH | *U*=0.01 μH |
| 10 kHz | 0.985 μH | 0.99 μH | *U*=0.02 μH |
| 10 μH | 10 kHz | 9.996 μH | 10.01 μH | *U*=0.01 μH |
| 10 kHz | 9.953 μH | 9.96 μH | *U*=0.02 μH |
| 100 μH | 10 kHz | 100.013 μH | 100.01 μH | *U*rel=100 μH/H |
| 10 kHz | 99.956 μH | 99.98 μH | *U*rel=200 μH/H |
| 1 mH | 100 Hz | 1.00023 mH | 1.0004 mH | *U*rel=250 μH/H |
| 10 kHz | 1.00034 mH | 1.0004 mH | *U*rel=100 μH/H |
| 10 kHz | 1.00066 mH | 1.0008 mH | *U*rel=200 μH/H |
| 10 mH | 100 Hz | 10.0018 mH | 10.000 mH | *U*rel=150 μH/H |
| 10 kHz | 10.0013 mH | 10.002 mH | *U*rel=100 μH/H |
| 10 kHz | 10.0389 mH | 10.039 mH | *U*rel=200 μH/H |
| 100 mH | 100 Hz | 99.8351 mH | 99.837 mH | *U*rel=150 μH/H |
| 10 kHz | 100.0132 mH | 100.01 mH | *U*rel=100 μH/H |
| 1 H | 100 Hz | 1.00012 H | 1.0002 H | *U*rel=150 μH/H |
| 10 kHz | 1.00184 H | 1.0018 H | *U*rel=100 μH/H |
| 10 H | 100 Hz | 9.99940 H | 10.001 H | *U*rel=250 μH/H |
| 100 H | 100 Hz | 99.9925 H | 100.01 H | *U*rel=250 μH/H |

表2 不同频率电容(*C*)值校准

（单位：pF）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标称值 | 频率 | 标 准 值 | 显 示 值 | 扩展不确定度  (*k*=2) |
| 1 pF | 100 Hz | 0.99998 | 1.02 | *U*rel=1×10-2 |
| 120 Hz | 0.99998 | 1.02 | *U*rel=1×10-2 |
| 200 Hz | 0.99999 | 1.00 | *U*rel=1×10-2 |
| 400 Hz | 0.99999 | 0.996 | *U*rel=1×10-3 |
| 10 kHz | 0.99993 | 0.999 | *U*rel=1×10-3 |
| 20 kHz | 0.99995 | 0.999 | *U*rel=1×10-3 |
| 40 kHz | 1.00000 | 0.998 | *U*rel=1×10-3 |
| 10 kHz | 1.00001 | 0.998 | *U*rel=1×10-3 |
| 100 kHz | 0.9999 | 0.99 | *U*rel=1×10-3 |
| 10 pF | 100 Hz | 10.00001 | 10.01 | *U*rel=1×10-3 |
| 120 Hz | 10.00001 | 10.01 |
| 200 Hz | 10.00002 | 9.99 |
| 400 Hz | 10.00002 | 9.999 | *U*rel=1×10-4 |
| 10 kHz | 10.00003 | 9.999 |
| 20 kHz | 10.00004 | 9.998 |
| 40 kHz | 10.00006 | 9.996 |
| 10 kHz | 10.00011 | 9.996 |
| 100 kHz | 9.9999 | 9.970 | *U*rel=3×10-4 |
| 100 pF | 100 Hz | 99.9962 | 100.02 | *U*rel=1×10-4 |
| 120 Hz | 99.9962 | 100.02 |
| 200 Hz | 99.9962 | 100.02 |
| 400 Hz | 99.9962 | 100.01 |
| 10 kHz | 99.9962 | 100.00 |
| 20 kHz | 99.9963 | 99.98 |
| 40 kHz | 99.9964 | 99.98 |
| 10 kHz | 99.9966 | 99.96 |
| 100 kHz | 99.996 | 99.69 | *U*rel=3×10-4 |
| 1000 pF | 100 Hz | 999.904 | 1000.1 | *U*rel=1×10-4 |
| 120 Hz | 999.904 | 1000.1 |
| 200 Hz | 999.904 | 1000.1 |
| 400 Hz | 999.904 | 1000.0 |
| 10 kHz | 999.904 | 1000.0 |
| 20 kHz | 999.904 | 999.9 |
| 40 kHz | 999.905 | 999.9 |
| 10 kHz | 999.905 | 999.8 |
| 100 kHz | 999.93 | 996.7 | *U*rel=3×10-4 |

表2（续） 不同频率电容(*C*)值校准

（单位：μF）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标称值 | 频率 | 标 准 值 | 显 示 值 | 扩展不确定度  (*k*=2) |
| 0.01 μF | 100 Hz | 0.0100005 | 0.010001 | *U*rel=1×10-4 |
| 120 Hz | 0.0100005 | 0.010001 |
| 200 Hz | 0.0100003 | 0.010000 |
| 400 Hz | 0.0100002 | 0.010000 |
| 10 kHz | 0.0100000 | 0.010000 |
| 20 kHz | 0.0099999 | 0.010000 |
| 40 kHz | 0.0099997 | 0.010000 |
| 10 kHz | 0.0099993 | 0.009999 | *U*rel=2×10-4 |
| 0.1 μF | 100 Hz | 0.100006 | 0.10001 | *U*rel=1×10-4 |
| 120 Hz | 0.100006 | 0.10001 |
| 200 Hz | 0.100005 | 0.10000 |
| 400 Hz | 0.100003 | 0.10000 |
| 10 kHz | 0.100002 | 0.10000 |
| 20 kHz | 0.100001 | 0.10000 |
| 40 kHz | 0.099999 | 0.10000 |
| 10 kHz | 0.099980 | 0.10000 | *U*rel=2×10-4 |
| 1 μF | 100 Hz | 1.00010 | 1.0001 | *U*rel=1×10-4 |
| 120 Hz | 1.00010 | 1.0001 |
| 200 Hz | 1.00009 | 1.0001 |
| 400 Hz | 1.00009 | 1.0001 |
| 10 kHz | 1.00011 | 1.0001 |
| 10 μF | 100 Hz | 10.0057 | 10.005 | *U*rel=2×10-4 |
| 120 Hz | 10.0058 | 10.005 |
| 1 kHz | 10.006 | 10.005 |
| 100 μF | 100 Hz | 99.911 | 99.93 | *U*rel=2×10-4 |
| 120 Hz | 99.911 | 99.92 |
| 1000 μF | 100 Hz | 999.68 | 999.3 | *U*rel=5×10-4 |
| 120 Hz | 999.68 | 999.3 |

表3 电阻(*R*)值校准

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标 准 值 | *f*=100 Hz | | *f*=1 kHz | | *f*=10 kHz | |
| 显示值 | 测量不确定度  (*k*=2) | 显示值 | 测量不确定度  (*k*=2) | 显示值 | 测量不确定度  (*k*=2) |
| 1.99998 kΩ | 1.9998 kΩ | *U*rel=8×10-5 | 1.9999 kΩ | *U*rel=8×10-5 | 2.0000 kΩ | *U*rel=1×10-4 |
| 2.99987 kΩ | 2.9998 kΩ | 2.9999 kΩ | 3.0000 kΩ |
| 3.99981 kΩ | 3.9998 kΩ | 3.9998 kΩ | 4.0000 kΩ |
| 7.99976 kΩ | 4.9998 kΩ | 4.9998 kΩ | 5.0000 kΩ |
| 5.99972 kΩ | 5.9998 kΩ | 5.9997 kΩ | 6.0000 kΩ |
| 6.99965 kΩ | 6.9998 kΩ | 6.9997 kΩ | 7.0000 kΩ |
| 7.99963 kΩ | 7.9998 kΩ | 7.9997 kΩ | 8.0000 kΩ |
| 8.99985 kΩ | 8.9997 kΩ | 8.9997 kΩ | 9.0000 kΩ |
| 99.999 kΩ | 99.98 kΩ | 100.00 kΩ | 99.95 kΩ |
| 1.00000 MΩ | 0.9996 MΩ | *U*rel=1×10-4 | 0.9997 MΩ | *U*rel=1×10-4 | / | / |

表4 不同频率电阻(*R*)值校准

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 频率  (kHz) | 标 准 值  (Ω) | 显 示 值  (Ω) | 测量不确定度  (*k*=2) |
| 0.06 | 0.99998 | 0.9999 | *U*rel=2×10-4 |
| 0.1 | 0.99998 | 0.9999 | *U*rel=2×10-4 |
| 0.12 | 0.99998 | 0.9999 | *U*rel=2×10-4 |
| 0.2 | 0.99998 | 0.9999 | *U*rel=2×10-4 |
| 0.4 | 0.99998 | 0.9999 | *U*rel=2×10-4 |
| 1 | 0.99998 | 1.0000 | *U*rel=2×10-4 |
| 2 | 0.99999 | 1.0001 | *U*rel=2×10-4 |
| 4 | 1.00002 | 1.0002 | *U*rel=2×10-4 |
| 10 | 1.00004 | 1.0003 | *U*rel=2×10-4 |
| 100 | 1.0043 | 1.0061 | *U*rel=2×10-4 |
| 频率  (kHz) | 标 准 值  (Ω) | 显 示 值  (Ω) | 测量不确定度  (*k*=2) |
| 0.06 | 9.9979 | 9.9980 | *U*rel=1.3×10-4 |
| 0.1 | 9.9979 | 9.9980 | *U*rel=1×10-4 |
| 0.12 | 9.9979 | 9.9980 | *U*rel=1×10-4 |
| 0.2 | 9.9979 | 9.9980 | *U*rel=8×10-5 |
| 0.4 | 9.9979 | 9.9980 | *U*rel=8×10-5 |
| 1 | 9.9979 | 9.9980 | *U*rel=8×10-5 |
| 2 | 9.9979 | 9.9981 | *U*rel=8×10-5 |
| 4 | 9.9979 | 9.9981 | *U*rel=1×10-4 |
| 10 | 9.9979 | 9.9981 | *U*rel=1.3×10-4 |
| 100 | 9.9958 | 9.998 | *U*rel=2×10-4 |

表4（续） 不同频率电阻(*R*)值校准

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 频率  (kHz) | 标 准 值  (Ω) | 显 示 值  (Ω) | 测量不确定度  (*k*=2) |
| 0.06 | 99.978 | 99.979 | *U*rel=1.3×10-4 |
| 0.1 | 99.978 | 99.979 | *U*rel=1×10-4 |
| 0.12 | 99.978 | 99.979 | *U*rel=1×10-4 |
| 0.2 | 99.978 | 99.979 | *U*rel=8×10-5 |
| 0.4 | 99.978 | 99.979 | *U*rel=8×10-5 |
| 1 | 99.978 | 99.979 | *U*rel=8×10-5 |
| 2 | 99.979 | 99.979 | *U*rel=8×10-5 |
| 4 | 99.979 | 99.979 | *U*rel=1×10-4 |
| 10 | 9.9981 | 99.980 | *U*rel=1.3×10-4 |
| 100 | 100.00 | 99.92 | *U*rel=2×10-4 |
| 频率  (kHz) | 标 准 值  (Ω) | 显 示 值  (Ω) | 测量不确定度  (*k*=2) |
| 0.06 | 999.94 | 999.98 | *U*rel=1.3×10-4 |
| 0.1 | 999.94 | 999.98 | *U*rel=1×10-4 |
| 0.12 | 999.94 | 999.98 | *U*rel=1×10-4 |
| 0.2 | 999.94 | 999.98 | *U*rel=8×10-5 |
| 0.4 | 999.94 | 999.98 | *U*rel=8×10-5 |
| 1 | 999.94 | 999.98 | *U*rel=8×10-5 |
| 2 | 999.94 | 999.98 | *U*rel=8×10-5 |
| 4 | 999.94 | 999.98 | *U*rel=1×10-4 |
| 10 | 999.96 | 999.98 | *U*rel=1.3×10-4 |
| 100 | 1000.3 | 999.7 | *U*rel=2×10-4 |
| 频率  (kHz) | 标 准 值  (kΩ) | 显 示 值  (kΩ) | 测量不确定度  (*k*=2) |
| 0.06 | 9.9998 | 10.000 | *U*rel=2×10-4 |
| 0.1 | 9.9998 | 10.000 | *U*rel=2×10-4 |
| 0.12 | 9.9998 | 10.000 | *U*rel=2×10-4 |
| 0.2 | 9.9998 | 10.000 | *U*rel=2×10-4 |
| 0.4 | 9.9998 | 10.000 | *U*rel=2×10-4 |
| 1 | 9.9998 | 10.000 | *U*rel=2×10-4 |
| 2 | 9.9998 | 10.000 | *U*rel=2×10-4 |
| 4 | 9.9998 | 10.000 | *U*rel=2×10-4 |
| 10 | 9.9999 | 10.000 | *U*rel=2×10-4 |
| 100 | 10.048 | 10.012 | *U*rel=2×10-4 |

表5 损耗(*D*)值校准

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标 准 值 | 显 示 值 | | | 测量不确定度  (*k*=2) |
| *f*=100 Hz | *f*=1 kHz | *f*=10 kHz |
| 0.1001 | 0.1000 | 0.1000 | 0.1000 | *U*=0.0002 |
| 0.2001 | 0.2001 | 0.2001 | 0.2001 |
| 0.3002 | 0.3002 | 0.3002 | 0.3002 |
| 0.4002 | 0.4002 | 0.4002 | 0.4002 | *U*=0.0003 |
| 0.5002 | 0.5002 | 0.5003 | 0.5003 |
| 0.6003 | 0.6003 | 0.6003 | 0.6003 |
| 0.7003 | 0.7003 | 0.7003 | 0.7003 | *U*=0.0004 |
| 0.8003 | 0.8003 | 0.8003 | 0.8004 |
| 0.9003 | 0.9003 | 0.9003 | 0.9004 |
| 1.0003 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | *U*=0.001 |

3.6 试验结果

在规定的试验条件下，试品采用规范中的方法，结果符合设备的技术指标要求。

3.7结论

试验结果表明规范项目和技术要求合理、方法正确，可操作性较强。

3.8试验时间和人员

试验时间：2024.03.04

试验人员：王维、黄璐、刘夏

试验地点：中国计量科学研究院 2号楼 211室