



中华人民共和国国家标准

GB/T 19346.1—2017
代替 GB/T 19346—2003

非晶纳米晶合金测试方法 第 1 部分：环形试样交流磁性能

Amorphous and nanocrystalline alloys measurement methods—
Part 1: AC magnetic properties by the use of ring specimens

2017-02-28 发布

2017-11-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
非晶纳米晶合金测试方法
第 1 部分：环形试样交流磁性能
GB/T 19346.1—2017

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址：www.spc.org.cn

服务热线：400-168-0010

2017 年 3 月第一版

*

书号：155066·1-55686

版权专有 侵权必究

前 言

本部分为 GB/T 19346 的第 1 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 19346—2003《非晶纳米晶软磁合金交流磁性能测试方法》。

本部分与 GB/T 19346—2003 相比,主要内容变化如下:

- 名称改为“非晶纳米晶合金测试方法 第 1 部分:环形试样交流磁性能”;
- 增加了术语和定义(见第 3 章);
- 删除了伏安法交流磁性测量原理(见 2003 年版的第 3 章);
- 增加了通则,并修改了试样要求(见第 4 章,2003 年版的第 4 章);
- 增加了对数字峰值电流表、电压数模转换器和功率表的技术要求(见 5.4、5.5、5.6,2003 年版的第 6 章);
- 增加了伏安法测量磁导率和磁化曲线的方法(见第 6 章);
- 删除了伏安相量法(见 2003 年版的 5.1);
- 增加了用功率表测量比总损耗的方法(见第 7 章);
- 修改和补充了数字采样法,并增加了比视在功率的测量方法(见第 8 章,2003 年版的 5.2);
- 增加了对测量结果再现性和不确定度评估的要求(见第 9 章);
- 补充了测量报告(见第 10 章,2003 年版的第 8 章)。

本部分由中国钢铁工业协会提出。

本部分由全国钢标准化技术委员会(SAC/TC 183)归口。

本部分起草单位:中国钢研科技集团有限公司、冶金工业信息标准研究院、中国计量科学研究院。

本部分主要起草人:卢志超、陈文智、栾燕、李德仁、刘国栋、张志高、贺建。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 19346—2003。

非晶纳米晶合金测试方法

第 1 部分：环形试样交流磁性能

1 范围

GB/T 19346 的本部分规定了非晶纳米晶合金卷绕环形试样交流磁性能的测量方法。

本部分适用于测量各种变压器和电感类元器件以及磁屏蔽用的非晶纳米晶软磁合金在 50 Hz ~ 200 kHz 频率范围内的相对幅值磁导率、比总损耗、比视在功率等交流磁性能。如果有合适的经过校准的仪器,频率上限可延伸到 1 MHz,但此时再现性应适当放宽要求。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2900.1 电工术语 基本术语

GB/T 9637 电工术语 磁性材料与元件

3 术语和定义

GB/T 2900.1 及 GB/T 9637 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

比总损耗 specific total loss

单位质量的均匀磁化材料所吸收的总功率,单位为瓦特每千克(W/kg)。

3.2

比视在功率 specific apparent power

比表观功率

传递给单位质量的均匀磁化材料的总视在功率,单位为伏安每千克(VA/kg)。

4 通则

4.1 试样

4.1.1 非晶纳米晶软磁合金交流磁性能的测量使用由带材卷绕而成的环形试样。如无专门要求,绕制试样时带材表面不采取绝缘措施。

4.1.2 推荐的试样内径为 35 mm±2 mm,试样的外径与内径之比应小于 1.25。如果需要采用其他尺寸的试样,应在测量报告中说明。

4.1.3 试样应平整,无毛刺、变形等缺陷。

4.1.4 试样在测量前应经过适当的热处理。试样在热处理过程中,应使用非铁磁性金属或陶瓷衬环支撑试样内窗口,以防止试样发生变形。衬环的直径应略小于试样内径,高度与试样相当。试样热处理应在保护气氛中进行,以防止表面氧化。

4.1.5 试样的外径和内径用最小分度值不大于 0.02 mm 的量具测量,试样的质量用检定分度值不大于试样质量 0.1% 的天平称量。

4.1.6 试样的平均磁路长度按式(1)计算:

$$l_m = \pi \frac{(D + d)}{2} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

l_m ——试样的平均磁路长度,单位为米(m);

D ——试样外径,单位为米(m);

d ——试样内径,单位为米(m)。

4.1.7 试样的有效截面积按式(2)计算:

$$A = \frac{2m}{\pi\rho_m(D + d)} \dots\dots\dots(2)$$

式中:

A ——试样的横截面积,单位为平方米(m²);

m ——试样的质量,单位为千克(kg);

ρ_m ——材料的密度,单位为千克每立方米(kg/m³);

D ——试样外径,单位为米(m);

d ——试样内径,单位为米(m)。

4.1.8 试样在测量前应装入由非铁磁性绝缘材料制成的保护盒中。保护盒的内腔尺寸应在保证所放入试样不受外力的前提下尽量小。

4.1.9 试样在测量前应进行交流退磁。

4.2 绕组

4.2.1 绕组数量和匝数取决于所使用的测量设备和方法。测量前,在装有试样的保护盒上分别绕制一个初级绕组和一个次级绕组。绕组应均匀地绕制在保护盒上。次级绕组应紧密地绕制在保护盒的整个周长上。应保证绕组所用导线的绝缘层不被保护盒边角损坏,初级绕组和次级绕组之间应保证良好的电气绝缘。

4.2.2 在高于工频的频率下测量时,应使用具有较低介电损耗绝缘层的导线。在保证测量条件的前提下尽可能减少绕组匝数和引线长度,以减小绕组的分布参数造成的影响。

4.3 测量环境

如无特殊要求,测量应在温度 23 °C ± 5 °C、相对湿度小于 90% 的室内环境下进行。

5 测量用主要仪器

5.1 交流磁化电源:

- a) 频率范围:50 Hz~200 kHz;
- b) 频率稳定性:±0.01%/3 min;
- c) 输出电压稳定性:±0.1%/3 min;
- d) 输出功率:大于 50 VA;
- e) 输出电压:0 V~50 V。

5.2 数字平均值电压表:

- a) 频率范围:50 Hz~200 kHz;

- b) 测量范围:10 mV~100 V;
- c) 输入阻抗:电阻不小于 1 MΩ;电容不大于 150 pF。

5.3 数字有效值电压表:

- a) 频率范围:50 Hz~200 kHz;
- b) 测量范围:10 mV~100 V;
- c) 输入阻抗:电阻不小于 1 MΩ;电容不大于 150 pF。

5.4 数字峰值电流表:

- a) 频率范围:50 Hz~200 kHz;
- b) 测量范围:1 mA~10 A。

5.5 电压模数转换器:

- a) 频率范围:50 Hz~200 kHz;
- b) 测量范围:10 mV~100 V;
- c) 电压电流两个通道应同步采集。

5.6 功率表:

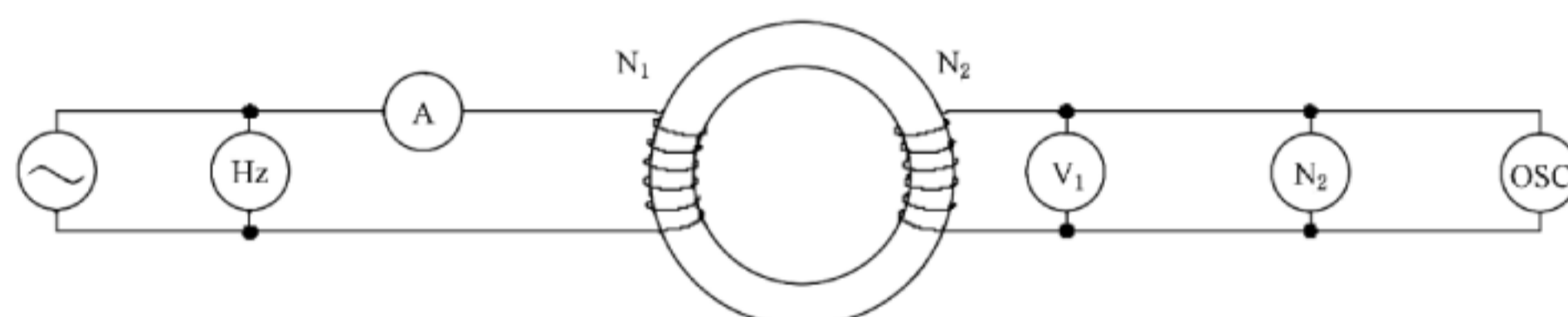
- a) 电压回路的输入阻抗:电阻不小于 1 MΩ;电容不大于 150 pF;
- b) 能够在低功率因数($\cos\phi=0.1$)下使用。

5.7 测量所采用的计量仪表和器具应定期校准。

6 伏-安法测量磁导率和磁化曲线

6.1 测量原理

用伏-安法测量磁导率和磁化曲线的原理示意图见图 1。



说明:

- ~ —— 交流电源(通常是一个振荡信号发生器和功率放大器);
- A —— 峰值电流表,也可由一只无感精密电阻器及与其并联的峰值电压表组成;
- Hz —— 频率计;
- N_1 —— 初级绕组;
- N_2 —— 次级绕组;
- OSC —— 示波器;
- V_1 —— 平均值电压表;
- V_2 —— 有效值电压表。

图 1 伏-安法电路示意图

6.2 次级电压波形

如无特殊要求,应保证测量时的次级电压波形为正弦,即波形系数为 1.111 ± 0.011 。波形系数可由并联在次级绕组两端的有效值电压表 V_2 读数与平均值电压表 V_1 读数的比值求得。应注意,当所用平

均值电压表 V_1 为正弦有效值刻度时,所显示的数值是电压平均值的 1.111 倍。

6.3 磁场强度的测量

测量所需的磁场强度按式(3)计算:

$$H = \frac{N_1 I}{l_m} \dots\dots\dots(3)$$

式中:

- H —— 磁场强度,单位为安培每米(A/m);
- N_1 —— 初级绕组的匝数;
- I —— 磁化电流,单位为安培(A);
- l_m —— 试样平均磁路长度,单位为米(m)。

6.4 磁通密度的测量

次级电压应采用平均值电压表 V_1 测量。磁通密度按式(4)计算:

$$|\overline{U_2}| = 4fA\hat{B}N_2 \dots\dots\dots(4)$$

式中:

- $|\overline{U_2}|$ —— 次级电压整流后的平均值,单位为伏特(V);
- f —— 频率,单位为赫兹(Hz);
- A —— 试样的横截面积,单位为平方米(m^2);
- \hat{B} —— 磁通密度的峰值,单位为特斯拉(T);
- N_2 —— 次级绕组的匝数。

6.5 相对幅值磁导率的测量

相对幅值磁导率按式(5)计算:

$$\mu_a = \frac{\hat{B}}{\mu_0 \hat{H}} \dots\dots\dots(5)$$

式中:

- μ_a —— 相对幅值磁导率;
- \hat{B} —— 磁通密度的峰值,单位为特斯拉(T);
- μ_0 —— 真空磁导率 $4\pi \times 10^{-7}$,单位为亨利每米(H/m);
- \hat{H} —— 磁场强度的峰值,单位为安培每米(A/m)。

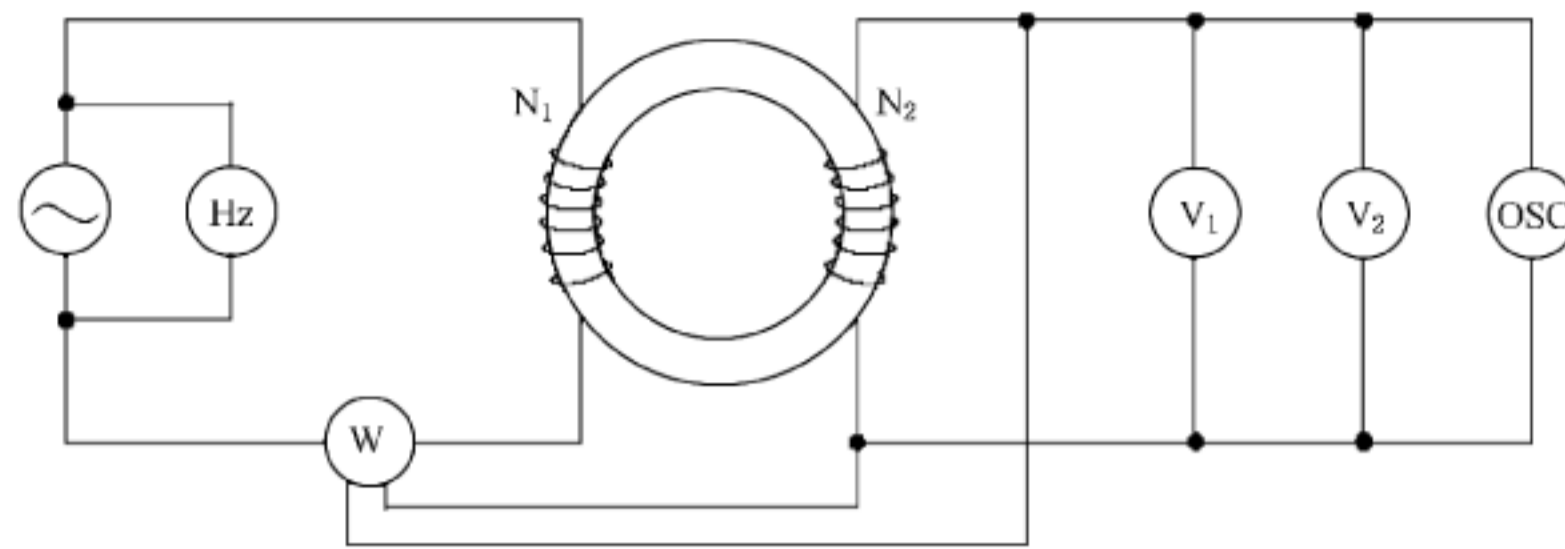
6.6 磁化曲线的测量

测量前,应对试样退磁,从一个不小于矫顽力 10 倍的磁场强度开始,缓慢减小磁化电流的相应幅值至零,退磁频率等于或小于测量频率。试样退磁后,逐步增大磁场强度并测得相应的磁通密度,可绘出磁化曲线。

7 用功率表测量比总损耗

7.1 测量原理

用功率表测量比总损耗的原理示意图见图 2。



说明:

- ~ ——交流电源(通常是一个振荡信号发生器和功率放大器);
- Hz ——频率计;
- N_1 ——初级绕组;
- N_2 ——次级绕组;
- OSC——示波器;
- W ——功率表;
- V_1 ——平均值电压表;
- V_2 ——有效值电压表。

图 2 用功率表测量比总损耗的电路示意图

7.2 次级电压波形

如无特殊要求,应保证测量时的次级电压波形为正弦,即波形系数为 1.111 ± 0.011 。波形系数可由并联在次级绕组两端的有效值电压表 V_2 读数与平均值电压表 V_1 读数的比值求得。应注意,当所用平均值电压表 V_1 为正弦有效值刻度时,所显示的数值是电压平均值的 1.111 倍。

7.3 比总损耗的测量

7.3.1 增大初级绕组 N_1 的电流,直到电压表 V_1 (显示整流后的电压平均值)的电压值与由式(4)计算得出的磁通密度峰值相对应。

7.3.2 记录两个电压表 V_1 和 V_2 的测量值,按照 7.2 的要求计算和确认次级电压波形的波形系数,然后记录功率表 W 的测量值 P_m 。

7.4 比总损耗的确定

7.4.1 功率表 W 测得的功率 P_m 包含了次级回路中仪表消耗的功率。在次级电压基本为正弦的条件下,次级回路中仪表消耗的功率近似值等于 $(1.111 |\overline{U_2}|)^2 / R_i$ 。试样的总损耗 P_c 按式(6)计算:

$$P_c = \frac{N_1}{N_2} P_m - \frac{(1.111 |\overline{U_2}|)^2}{R_i} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

- P_c ——试样的总损耗,单位为瓦特(W);
- P_m ——功率表测得的功率,单位为瓦特(W);
- N_1 ——初级绕组的匝数;
- N_2 ——次级绕组的匝数;
- $|\overline{U_2}|$ ——次级电压整流后的平均值,单位为伏特(V);
- R_i ——与次级绕组连接的仪表总的等效电阻,单位为欧姆(Ω)。

7.4.2 比总损耗 P_s 按式(7)计算:

$$P_s = \frac{P_c}{m} \dots\dots\dots(7)$$

式中:

P_s ——试样的比总损耗,单位为瓦特每千克(W/kg);

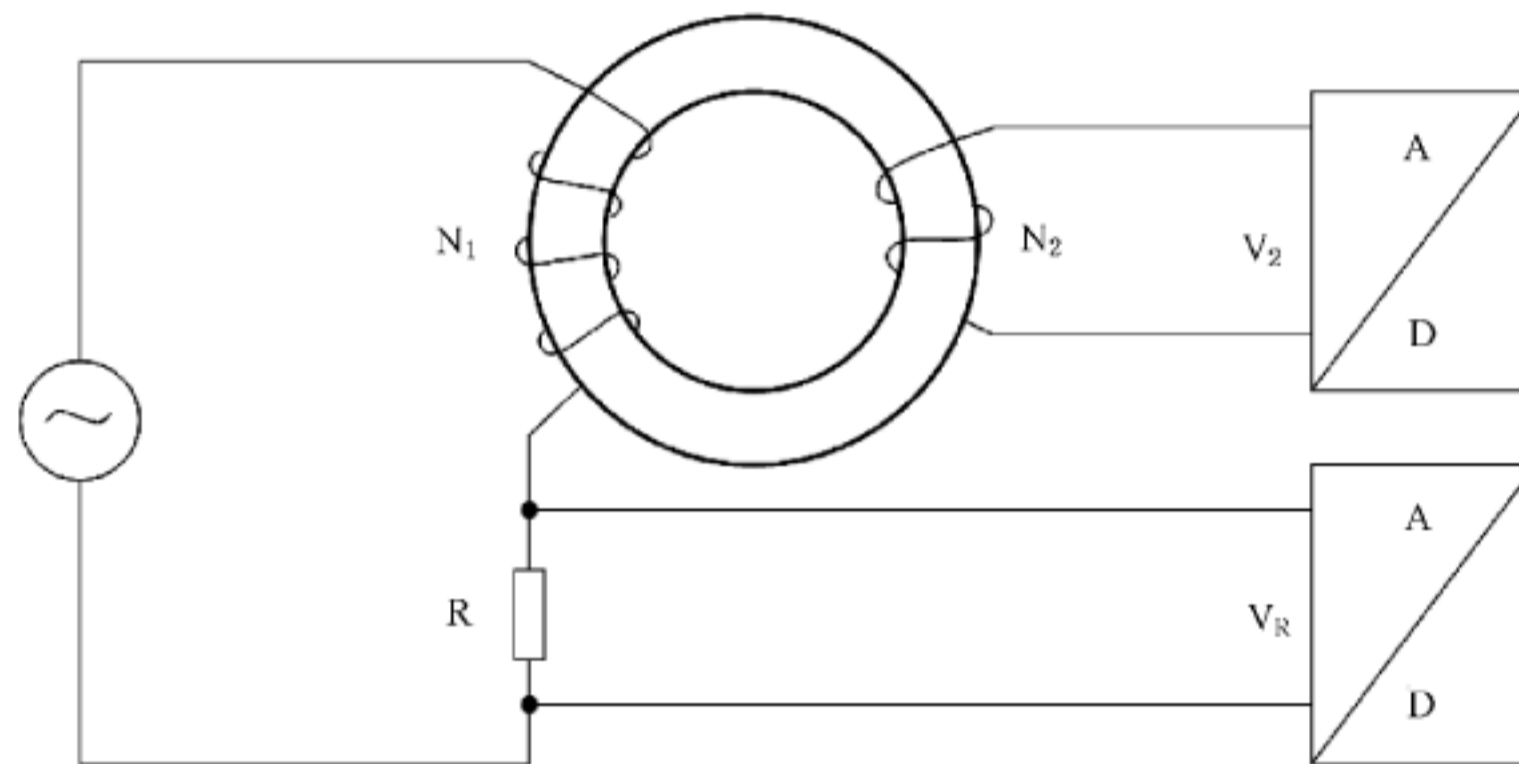
P_c ——试样的总损耗,单位为瓦特(W);

m ——试样的质量,单位为千克(kg)。

8 用数字方法测量磁性能

8.1 测量原理

用数字方法测量磁性能的原理示意图见图 3。



说明:

~ ——交流电源(通常是一个振荡信号发生器和功率放大器);

R ——无感精密电阻器;

N_1 ——初级绕组;

N_2 ——次级绕组;

V_R ——用于测量磁化电流的电压数模转换器;

V_2 ——用于测量次级电压的电压数模转换器。

图 3 数字方法测量磁性能的电路上示意图

8.2 次级电压波形

如无特殊要求,应保证测量时的次级电压波形为正弦,即波形系数为 1.111 ± 0.011 。波形系数可由次级绕组两端电压的有效值与平均值的比值求得。

8.3 磁场强度的测量

测量所需的磁场强度按式(8)计算:

$$H(t) = \frac{N_1}{Rl_m} U_R(t) \dots\dots\dots(8)$$

式中:

$H(t)$ —— t 时刻的磁场强度,单位为安培每米(A/m);

N_1 ——初级绕组的匝数;

R ——与初级绕组串联的无感精密电阻器的电阻值,单位为欧姆(Ω);

l_m ——试样的平均磁路长度,单位为米(m);

$U_R(t)$ —— t 时刻无感精密电阻器 R 两端的电压,单位为伏特(V)。

8.4 磁通密度的测量

在次级电压保持正弦变化的前提下,试样中的磁通密度按式(9)计算:

$$B(t) = -\frac{1}{N_2 A} \int_0^t U_2(t) dt + B(0) \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中:

$B(t)$ —— t 时刻的磁通密度,单位为特斯拉(T);

N_2 ——次级绕组的匝数;

$U_2(t)$ —— t 时刻的次级电压,单位为伏特(V);

$B(0)$ ——使 $B(t)$ 对时间的平均值为零的一个值。

8.5 相对幅值磁导率的测量

相对幅值磁导率按式(10)计算:

$$\mu_a = \frac{\hat{B}}{\mu_0 \hat{H}} \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中:

μ_a ——相对幅值磁导率;

μ_0 ——磁性常数 $4\pi \times 10^{-7}$,单位为亨利每米(H/m);

\hat{B} ——磁通密度的峰值,单位为特斯拉(T);

\hat{H} ——磁场强度的峰值,单位为安培每米(A/m)。

8.6 交流磁化曲线的测量

试样经退磁后,逐步增大磁场强度并测得相应的磁通密度,可绘出磁化曲线。

8.7 比总损耗的测量

比总损耗 P_s 等于由磁通密度 B 值和磁场强度 H 值构成的磁滞回线的面积,按式(11)计算:

$$P_s = \frac{f N_1}{N_2 m R} \int_{t=0}^T U_1(t) U_2(t) dt \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中:

P_s ——试样的比总损耗,单位为瓦特每千克(W/kg);

f ——频率,单位为赫兹(Hz);

N_1 ——初级绕组的匝数;

N_2 ——次级绕组的匝数;

m ——试样的质量,单位为千克(kg);

R ——用于测定磁化电流与初级绕组串联的无感精密电阻器的电阻值,单位为欧姆(Ω);

T ——周期, $1/f$,单位为秒(s);

$U_1(t)$ —— t 时刻用于测定磁化电流的无感精密电阻器两端的电压,单位为伏特(V);

$U_2(t)$ —— t 时刻时次级电压,单位为伏特(V)。

8.8 比视在功率的测量

比视在功率按式(12)计算:

$$S_s = \frac{U_1 U_R}{mR} = \frac{N_1}{N_2} \frac{U_2 U_R}{mR} \dots\dots\dots (12)$$

式中：

- S_s —— 试样的比视在功率,单位为伏安每千克(VA/kg);
- N_1 —— 初级绕组的匝数;
- N_2 —— 次级绕组的匝数;
- U_1 —— 初级绕组两端的电压有效值,单位为伏特(V);
- U_2 —— 次级绕组两端的电压有效值,单位为伏特(V);
- U_R —— 无感精密电阻器 R 两端的电压有效值,单位为伏特(V);
- m —— 试样的质量,单位为千克(kg);
- R —— 与初级绕组串联的无感精密电阻器的电阻值,单位为欧姆(Ω)。

9 再现性和不确定度

9.1 相对幅值磁导率、比总损耗和比视在功率的再现性用相对标准差来表示,其数值应符合表 1 要求。

表 1 相对幅值磁导率、比总损耗和比视在功率的再现性要求

物理性能	测量频率 f	
	≥ 50 Hz~20 kHz	>20 kHz~200 kHz
相对幅值磁导率	$\leq 3\%$	$\leq 5\%$
比总损耗	$\leq 3\%$	$\leq 5\%$
比视在功率	$\leq 3\%$	$\leq 5\%$

9.2 应识别测量中影响测量不确定度的因素,评估并报告测量结果的不确定度。

10 测量报告

测量报告应包含以下内容：

- a) 本部分编号；
- b) 试样基本参数：试样的名称、编号、质量、密度、尺寸、有效截面积、体积等；
- c) 测量条件：绕组匝数、测量频率、磁场强度或磁通密度、波形系数等；
- d) 使用的测量方法；
- e) 环境温度和湿度；
- f) 测量结果和不确定度。



GB/T 19346.1—2017

版权专有 侵权必究

*

书号：155066 · 1-55686