

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL / T 849.6 — 2016

代替 DL / T 849.6 — 2004

电力设备专用测试仪器通用技术条件 第 6 部分：高压谐振试验装置

General specification for special test instruments used in power equipments
Part 6: High voltage resonant test device

2015-12-05 发布

2017-05-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言..... III

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 产品分类和命名..... 3

 4.1 产品分类..... 3

 4.2 命名..... 4

5 技术要求..... 4

 5.1 使用条件..... 4

 5.2 谐振试验装置的成套性..... 5

 5.3 外观要求..... 5

 5.4 整套谐振试验装置的性能要求..... 5

 5.5 变频电源..... 8

 5.6 调压器..... 9

 5.7 励磁变压器..... 12

 5.8 谐振电抗器..... 14

 5.9 谐振电容器..... 16

 5.10 分压器测量系统..... 17

 5.11 控制、保护和测量系统..... 19

 5.12 连接线..... 19

6 试验方法..... 20

 6.1 试验环境..... 20

 6.2 成套性检查..... 20

 6.3 外观检查..... 20

 6.4 变频电源..... 20

 6.5 调压器..... 21

 6.6 励磁变压器..... 22

 6.7 谐振电抗器..... 23

 6.8 谐振电容器..... 24

 6.9 分压器测量系统..... 24

 6.10 控制、保护和测量系统..... 25

 6.11 连接线..... 26

 6.12 整套谐振试验装置..... 26

7 检验规则..... 28

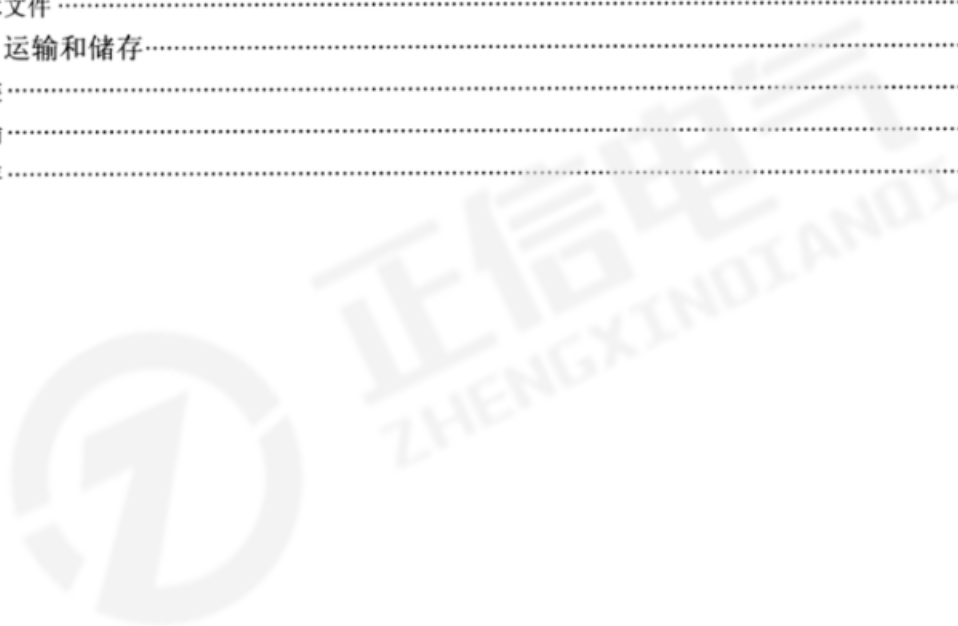
 7.1 例行检验..... 28

 7.2 型式检验..... 28

8 标志和技术文件..... 28

 8.1 标志..... 28

8.2 技术文件	29
9 包装、运输和储存	29
9.1 包装	29
9.2 运输	29
9.3 储存	29



前 言

DL/T 849 的本部分按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

DL/T 849《电力设备专用测试仪器通用技术条件》分为6个部分：

- 第1部分：电缆故障闪测仪；
- 第2部分：电缆故障定点仪；
- 第3部分：电缆路径仪；
- 第4部分：超低频高压发生器；
- 第5部分：振荡波高压发生器；
- 第6部分：高压谐振试验装置。

本部分是 DL/T 849 的第6部分。

本部分是对 DL/T 849.6—2004《电力设备专用测试仪器通用技术条件 第6部分：高压谐振试验装置》的修订，与 DL/T 849.6—2004 相比，主要技术变化如下：

- 补充了除工频谐振以外谐振试验装置回路的组成方式和调谐方式；
- 补充了采用高压变频谐振方式试验装置的内容；
- 综合 GIS、电力电缆等国内外试验标准，针对试验室和现场交流电压试验的具体情况，补充了高压谐振试验装置的技术要求内容；
- 对各类设备的绝缘水平按其工作电压分别取不同的倍数；
- 对电气设备的温升按油浸式、干式及不同绝缘耐热等级做出不同的规定；
- 增加了环境适应性的要求和试验的内容；
- 删除了装置额定电压、额定容量和励磁变压器输出电压优先值的规定。

本部分由中国电力企业联合会提出。

本部分由全国高电压试验标准化分技术委员会（SAC/TC163/SC1）归口并解释。

本部分主要起草单位：中国电力科学研究院、国网安徽省电力公司电力科学研究院、国家高电压计量站、国网河北省电力公司电力科学研究院、国网天津市电力公司电力科学研究院、国网大连供电公司、国网浙江省电力公司电力科学研究院、苏州华电电气股份有限公司、国网湖北省电力公司电力科学研究院、国网陕西省电力公司电力科学研究院、国网江苏省电力公司电力科学研究院、国网上海市电力公司、国网湖南省电力公司电力科学研究院、国网山东省电力公司电力科学研究院、思源电气股份有限公司、武汉磐电科技有限公司。

本部分主要起草人：雷民、王贻平、潘瑾、刘宝成、戚革庆、詹洪炎、阮羚、孙强、杨景刚、周谷亮、叶会生、孙浩良、刘民、余青、郭守贤、边华荣、孙军。

本部分代替了 DL/T 849.6—2004。

本部分在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

电力设备专用测试仪器通用技术条件

第 6 部分：高压谐振试验装置

1 范围

本部分规定了高压谐振试验装置（以下简称谐振试验装置）的定义、产品分类和命名、技术要求、试验方法、检验规则、标志和技术文件、包装、运输和储存等。

本部分适用于调频率式、调电感式和调电容式谐振试验装置。

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 311.1 绝缘配合 第 1 部分：定义、原则和规则
- GB 1094.1 电力变压器 第 1 部分：总则
- GB 1094.2 电力变压器 第 2 部分：液浸式变压器的温升
- GB 1094.3 电力变压器 第 3 部分：绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙
- GB 1094.5 电力变压器 第 5 部分：承受短路的能力
- GB/T 1094.6 电力变压器 第 6 部分：电抗器
- GB/T 1094.7 电力变压器 第 7 部分：油浸式电力变压器负载导则
- GB/T 1094.10 电力变压器 第 10 部分：声级测定
- GB 1094.11 电力变压器 第 11 部分：干式变压器
- GB/T 6587—2012 电子测量仪器通用规范
- GB/T 16927.1 高电压试验技术 第 1 部分：一般定义及试验要求
- GB/T 16927.2 高电压试验技术 第 2 部分：测量系统
- GB/T 16927.3 高电压试验技术 第 3 部分：现场试验的定义及要求
- GB/T 16935.1 低压系统内设备的绝缘配合 第 1 部分：原理、要求和试验
- GB/T 19749.1 耦合电容器和电容分压器 第 1 部分：总则
- JB/T 3837—2010 变压器类产品型号编制方法
- JB/T 8749.1—2007 调压器 第 1 部分：通用要求和试验
- JB/T 9641 试验变压器

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

谐振试验装置 resonant test device

通过调整试验回路中的电感、电容或（和）电源频率，使其达到谐振状态的试验装置。

3.2

谐振电路连接方式 connecting mode of resonant circuits

谐振试验装置谐振时，试验回路中的电容和电感的连接方式。通常指容性试品和谐振电抗器，或感性试品和谐振电容器的连接方式。

注：回路中的电感、电容可以采用串联、并联或两者组合的谐振电路。

3.3

调谐方式 resonant tuning mode

为使试验回路达到谐振状态而调整试验装置中的某一（或某些）参数的方式。

3.3.1

调频率式 regulating frequency mode

通过调节试验回路中的电源频率使其谐振的方式，简称调频式（RF）。

3.3.2

调电感式 regulating inductance mode

通过调节试验回路中的电感使其谐振的方式，简称调感式（RL）。

3.3.3

调电容式 regulating capacitance mode

通过调节试验回路中的电容使其谐振的方式，简称调容式（RC）。

3.4

谐振电抗器 resonant reactor

用于同试品（负载）电容产生谐振，以获得高电压或大电流的电抗器。

3.5

谐振电容器 resonant capacitor

用于同试品（负载）电感产生谐振，以获得高电压或大电流的电容器。

3.6

调感电抗器 adjustable reactor

可在一定范围调整电感的电抗器。

3.7

励磁变压器 exciting transformer

用于给电感、电容谐振系统提供激励能量的变压器。

3.8

变频电源 variable frequency source

可在一定范围内调整输出电能频率的变换器。

3.9

品质因数（ Q ）（试验装置的） quality factor (of a testing device)

试品（负载）所获得的无功功率与励磁变压器输出有功功率之比值。

对于串联谐振回路，可用试品（负载）两端的电压与励磁变压器的输出电压之比值表达；对于并联谐振回路，可用试品（负载）支路的电流与励磁变压器输出电流之比值表达。

3.10

额定频率（ f_r ）（试验装置的） rated frequency (of a testing device)

谐振试验装置中变频电源或其他调压装置、励磁变压器、谐振电抗器、谐振电容器和测量系统等各部件的额定参数对应的设计工作频率。

3.11

工作频率范围（ f_{wr} ） working frequency range

变频谐振试验装置及其各部件的设计工作频率范围。

注：工作频率异于额定频率时，谐振试验装置中的各部件与频率有关的参数将可能随之改变。

3.12

额定电压（ U_r ）（试验装置的） rated voltage (of a testing device)

在额定频率和规定的工作条件（工作制、环境温度等）下，谐振电抗器或谐振电容器等高、低压

5.1.1.3 环境湿度

相对湿度应不大于 90%。

5.1.2 工作电源

5.1.2.1 电压

供电电压允许偏差为标称系统电压的 $\pm 10\%$ 。

5.1.2.2 频率

50Hz，允许偏差 $\pm 1\%$ 。

5.1.2.3 波形

电压总谐波畸变率不大于 5%。

5.2 谐振试验装置的成套性

谐振试验装置的结构可分为调频式、调感式和调容式三种。

三种谐振试验装置均由调压装置、励磁变压器、谐振电抗器、谐振电容器、分压器以及控制和保护装置构成。

有特殊用途的谐振试验装置还可增加滤波装置等。

5.3 外观要求

所有部件外观应满足以下要求：

- 各部分外观应完好，无明显的变形和损伤；
- 金属件外露表面应具有良好的防腐蚀层；
- 充油设备应无漏油，干式设备应无裂痕；
- 所有电气设备的金属外壳应有接地端子，其有效截面不宜小于 25mm^2 ，附近应有易见、清晰、不易脱落的接地标志；
- 产品铭牌及端子标志应正确、齐全，并符合图样要求。

5.4 整套谐振试验装置的性能要求

5.4.1 输入工作电源

输入工作电源可为三相或单相，频率 50Hz。有特殊要求时，谐振试验装置也可采用其他电源。

输入工作电源的电压、频率和波形应符合 5.1.2 的要求。

5.4.2 输出电压

谐振试验装置输出电压应满足以下要求：

- 波形应为两个半波相同的近似正弦波，电压总谐波失真度应不大于 3%；
- 最低输出电压应低于额定输出电压的 10%；
- 调整速度满足 GB/T 16927.1 和 GB/T 16927.3 的要求；
- 不稳定性不应大于 1.0%；
- 在额定电压 50%~100%范围内，测量准确度高于 3%。

5.6.10 温升

在规定的使用条件下，油浸式或干式调压器的绕组、铁心及顶层油温升应不超过表 2 或表 3 所规定的限值。

安装场所条件不满足正常使用条件要求的，调压器的温升限值应按照 JB/T 8749.1—2007 的规定作相应调整。

表 2 油浸式调压器的温升限值

部 位	温升限值 K
绕组（绝缘耐热等级为 A 级，用电阻法测量的平均温升）	65
顶层油（用温度计测量）	55
铁心、绕组外部电气连接线及油箱中的结构件	不规定温升限值，通常不超过 80 K，以免使其本身及与其相邻的部件和材料受到热损坏或使油过度老化

表 3 干式调压器和电抗器的温升限值

部 位	绝缘系统温度及对应的耐热等级 ℃	温升限值 K
绕组 （用电阻法测量的 平均温升）	105 (A)	60
	120 (E)	75
	130 (B)	80
	155 (F)	100
	180 (H)	125
铁心、绕组外部电气 连接线及结构件		不规定温升限值，但温升不应使其本身及与其相邻的部件和材料受到热损坏

5.6.11 局部放电

用于局部放电测量的谐振试验装置中额定电压 $\geq 6\text{kV}$ 的调压器，在额定输入电压和（或）额定输出电压下的局部放电量均不得大于 10pC。

对局部放电有特殊要求的谐振试验装置（如用于电力电缆局部放电测量的装置），额定电压 $\geq 6\text{kV}$ 的调压器的局部放电量可由用户和制造厂协商确定。

5.6.12 噪声

在额定工作条件下，噪声不应大于 76dB。

5.6.13 接地端子

调压器的适当位置应有接地端子，并应满足本部分 5.3 的要求。

5.6.14 铭牌

调压器油箱或外壳上应牢固地安装铭牌，内容包括：

- a) 产品名称；
- b) 产品型号；
- c) 产品编号；

表 4 油浸式励磁变压器和电抗器各部分温升限值

变压器部位	温升限值 K	测量方法
绕组	65	电阻法
铁心表面	使相接触的绝缘物不受损伤的温升值	温度计法
顶层油	55	温度计法
注：海拔超过 1000m 的温升校正值按 GB 1094.2 标准的规定。		

5.7.7 绝缘水平

励磁变压器各绕组的绝缘电阻宜符合表 5 的要求，绝缘水平应符合 5.4.6 的要求。感应耐压时，试验电压频率与励磁变压器的额定频率之比不宜低于感应耐压的试验电压与励磁变压器额定电压之比。

在规定的试验电压下历时 1min 不应发生击穿、发热或闪络。

表 5 励磁变压器各绕组的绝缘电阻

绕组电压 U V	绝缘电阻	
	20℃时的绝缘电阻 MΩ	使用仪表
$100 < U \leq 1000$	10	1000V 绝缘电阻表
$1000 < U \leq 10000V$	20	2500V 绝缘电阻表
$U > 10000V$	50	2500V 绝缘电阻表

5.7.8 局部放电

用于局部放电测量的试验装置中的励磁变压器，在额定电压下的局部放电量不得大于 10pC。

对局部放电有特殊要求的试验装置（如用于电力电缆局部放电测量的装置），励磁变压器的局部放电量可由用户和制造厂协商确定。

5.7.9 噪声

额定工作条件下，噪声不应大于 76dB。

5.7.10 接地端子

励磁变压器的适当位置应有接地端子，并应满足 5.3 的要求。

5.7.11 铭牌

励磁变压器的外壳上应牢固地安装铭牌，内容包括：

- 产品名称；
- 产品型号；
- 产品编号；
- 接线图、端子标号、绕组极性；
- 各绕组的额定输入电压、电流和频率；
- 各绕组的额定输出电压和电流；
- 额定频率下的空载电流、空载损耗、阻抗电压和负载损耗；
- 绝缘水平；

- i) 总重量;
- j) 出厂日期;
- k) 制造厂名称。

5.8 谐振电抗器

5.8.1 组成

谐振电抗器可由单台或多台串联、并联或串并联混合组成。

5.8.2 一般要求

谐振电抗器的技术性能应满足 GB/T 1094.6 的规定。

型号命名规则应符合 JB/T 3837—2010 中电抗器产品型号的组成型式的规定。

5.8.3 额定电感

固定电抗器的额定电感为高压额定端子与低压端子之间的电感。

可调电抗器在一定的范围内应能连续平稳的调节电感。

5.8.4 电感的偏差

如无特别规定,电抗器的偏差是指电抗器额定值的偏差。

单台电抗器的电感与额定电感之差不应超过额定电感的 $\pm 5\%$ 。

串联电抗器中任意两节(或带抽头的电抗器任意两段)电抗器的电感与对应部分的额定电感之比的偏差不应超过 2% 。

5.8.5 电抗器的互感

串联电抗器叠柱中,相连的两台电抗器之间的互感不宜大于单台电抗器电感实测值的 5% 。

5.8.6 额定频率

用于调频式谐振试验装置中的谐振电抗器,额定频率应在 $20\text{Hz}\sim 300\text{Hz}$ 内。

用于调感式和调容式谐振试验装置中的谐振电抗器额定频率为 50Hz ,有特殊要求时,也可可为 60Hz 或其他频率。

5.8.7 额定电压

谐振电抗器的额定电压应满足以下要求:

——在额定频率下,额定电压不应低于整套试验装置的额定输出电压;

——当工作频率低于电抗器的额定频率时,应按工作频率与额定频率之比降低电抗器的工作电压;

——当工作频率高于电抗器的额定频率时,若电抗器的绝缘水平有足够的强度,且整套装置中电容器、励磁变压器、分压器、谐振电容器、均压系统和电源等器件的运行工况允许时,可按工作频率与额定频率之比适当提高电抗器的工作电压。

5.8.8 额定电流

在额定频率下,谐振电抗器的额定电流不应小于整套试验装置的额定输出电流。

5.8.9 额定容量

在额定频率下,谐振电抗器的额定容量不应小于整套装置的额定输出容量。

- k) 出厂日期;
- l) 制造厂名称。

5.9 谐振电容器

5.9.1 组成

谐振电容器主要用于电感性被试品的试验,可由单台或多台组合构成。

5.9.2 额定电容

电容器的额定电容为高、低压端子之间的电容量。该电容量应满足最低品质因数至最高品质因数范围内,整套试验装置能达到设计输出能力。

5.9.3 电容量的偏差

单台电容器电容及电容器叠柱的电容偏差应不超过其额定值的 $\pm 5\%$ 。

电容器叠柱中任何两单台电容器的实测电容之差应不大于额定值的 2% 。

5.9.4 额定频率

用于调频式谐振试验装置中的谐振电容器,额定频率范围应在 $20\text{Hz}\sim 300\text{Hz}$ 内。

用于调感式和调容式谐振试验装置中的谐振电容器,额定频率为 50Hz ,有特殊要求时,也可为 60Hz 或其他频率。

5.9.5 额定电压

谐振电容器的额定电压应满足以下要求:

- 在额定频率下,谐振电容器的额定电压不应低于整套试验装置的额定输出电压;
- 当工作频率高于电容器的额定频率时,应按工作频率与额定频率之比降低电容器的工作电压;
- 当工作频率低于电容器的额定频率时,若谐振电容器的绝缘水平有足够的强度,且整套装置中电抗器、励磁变压器、分压器、谐振电容器、均压系统和电源等器件的运行工况允许时,可按工作频率与额定频率之比适当提高谐振电容器的工作电压。

5.9.6 额定电流

在额定频率下,谐振电容器的额定电流应满足整套试验装置的额定输出电流。

5.9.7 额定容量

在额定频率下,谐振电容器的额定容量应满足最低品质因数至最高品质因数范围内,整套试验装置能达到设计输出能力。

5.9.8 绝缘水平

电容器的绝缘电阻应满足 5.4.6 的规定。绝缘水平应满足 GB/T 19749.1 的规定。交流试验电压频率不宜高于谐振电容器的额定频率。

由多台电容器组成的电容器叠柱,单节电容器的试验电压按式(3)计算:

$$\text{单台电容器的试验电压} = \frac{\text{单台电容器的额定电压}}{\text{叠柱电容器的额定电压}} \times \text{电容器叠柱的试验电压} \quad (3)$$

5.9.9 工作制和温升

在额定频率的额定电压和额定电流下，运行时间应满足整套试验装置的要求。额定工作条件下，油浸式电容器的上部油温不应超过 60℃。

5.9.10 局部放电

电容器在 70%额定电压下的局部放电量不应大于 10pC。

用于局部放电测量的试验装置中的谐振电容器，在额定电压下的局部放电量不应大于 10pC。

对局部放电有特殊要求的试验装置（如用于电力电缆局部放电测量的装置），电容器的局部放电量可由用户和制造厂协商确定。

5.9.11 铭牌

谐振电容器铭牌可安装在底座上，包括整柱电容器和每台电容器的参数。单节电容器的主要参数可以标在绝缘筒上。

电容器的铭牌应包含以下内容：

- a) 产品名称；
- b) 产品型号；
- c) 产品编号；
- d) 单台编号；
- e) 额定电压；
- f) 额定频率（及范围）；
- g) 单台电容量；
- h) 单台重量；
- i) 出厂日期；
- j) 制造厂名称。

5.10 分压器测量系统

5.10.1 组成

高压谐振试验装置宜采用电容分压器测量其高压输出电压。电容分压器由高压臂、低压臂和电压表（或示波器）组成。当测量范围较大时，可采用多个不同电容量的低压臂中的 1 个，以获得适当的分压比。

分压器的技术要求应符合 GB/T 19749.1 和 GB/T 16927.2 的规定。

5.10.2 额定电容

分压器的额定电容为其高压臂电容器的电容量，其值不宜小于 500pF。

5.10.3 电容量的偏差

高压臂单台电容器电容及电容器叠柱、低压臂的电容偏差应不超过其额定值的 $\pm 5\%$ 。

高压臂电容器叠柱中任何两单台电容器的实测电容之差应不大于 2%。

高压臂电容温度系数不得大于 $\pm 5 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}$ 。

低压臂电容与高压臂电容的温度系数应方向相同、数值相近。

5.10.4 额定频率

用于调频式谐振试验装置中的分压器，额定频率应在 20Hz~300Hz 内。

用于调感式和调容式谐振试验装置中的分压器，额定频率为 50Hz，有特殊要求时，也可为 60Hz 或其他频率。

5.10.5 额定电压

高压臂电容器的额定电压应不低于整套试验装置的额定输出电压。

5.10.6 系统误差

在规定的工作频率和额定电压范围内，系统误差应满足 GB/T 16927.2 的要求。

5.10.7 绝缘水平

高、低压臂电容器及低压测量回路的绝缘电阻应满足 5.4.6 的要求，绝缘水平应满足 GB/T 19749.1 的要求。

由多台电容器组成的高压臂电容器叠柱，单节电容器的试验电压按式（3）计算。

5.10.8 运行时间

在额定频率的额定电压下，分压器应能长时间连续运行。

5.10.9 分压器的局部放电

用于局部放电测量的试验装置中的分压器，在额定电压下的局部放电量不得大于 10pC。

对局部放电有特殊要求的试验装置（如用于电力电缆局部放电测量的装置），分压器的局部放电量可由用户和制造厂协商确定。

5.10.10 铭牌

分压器的铭牌可安装在底座上，高压臂单节电容器的主要参数可以标在绝缘筒上。

分压器的铭牌应包含以下内容：

- a) 产品名称；
- b) 产品型号；
- c) 产品编号；
- d) 高压臂单台电容器编号；
- e) 额定电压；
- f) 额定频率（及范围）；
- g) 高压臂电容器单台和叠柱实测电容；
- h) 每个（若不止 1 个）低压臂电容器实测电容；
- i) 分压器的每个（若不止 1 个）实测分压比；
- j) 高、低压臂的绝缘水平；
- k) 单台电容器重量和总重量（包括底座）；
- l) 出厂日期；
- m) 制造厂名称。

5.11 控制、保护和测量系统

控制、保护和测量系统应满足以下要求：

- 可采用控制柜或控制箱。
- 电气回路的绝缘电阻和绝缘水平符合 5.4.6 的要求。
- 用于变频谐振试验装置工作频率范围内的电磁器件，其频率特性应满足控制、保护和测量功能的需要。
- 电路接通和断开的操作、指示正确、可靠。
- 零位保护正确。
- 变频电源输出频率的调整和显示正确、可靠。测量准确度不低于 1%。
- 电压升、降的操作和指示正确、可靠。
- 试验电压计时、显示和到时自动降压（若有）功能正确、可靠。
- 过电压保护的电压信号应取自分压器，动作正确、可靠。
- 过电流保护动作正确、可靠。
- 调压器作为调压设备时，跳闸后调压器自动回零功能可靠。
- 谐振试验装置具有失谐保护功能，回路中高压部分持续放电或击穿时失谐保护能可靠动作。
- 在回路参数及品质因数变化超过整定的范围时，失谐保护的動作正确、可靠。但电源电压在规定的范围内波动时，失谐保护不误动。
- 工作电源电压、调压设备输出电压（励磁变压器输入电压）的测量准确度不低于 2%。
- 调压装置输入电流、励磁变压器输入、输出电流的测量准确度不低于 3%。
- 在 10%~100%额定输出电压范围内，谐振试验装置输出电压测量准确度不低于 3%。
- 远方控制和测量功能（若有）可靠、正确。

5.12 连接线

5.12.1 谐振试验电源装置应配以下连接线：

- a) 开关柜电源进线、调压设备进线、励磁变压器进线；
- b) 励磁变压器高压出线；
- c) 谐振高压引出线；
- d) 控制、保护、测量线；
- e) 光缆。

5.12.2 电源进线、调压设备进线、励磁变压器进线和辅助设备需要的连接线等按其工作制规定的工作电流应有足够的截面、机械强度和耐磨的护层，布线后应满足 5.4.10 对绝缘的规定。

5.12.3 励磁变压器高压出线可分架设和拖地两种，按其长期工作电流应有足够的截面。

架设式高压出线应有足够的机械强度，可配有绝缘支架，其电气强度应满足 5.4.6 的规定。

拖地式高压出线应有足够的机械强度和耐磨的护层，其电气强度应满足 5.4.6 的规定。

5.12.4 控制、保护、测量线或光缆宜采用屏蔽线，按其长期工作电流应有足够的截面、机械强度和耐磨的护层。

5.12.5 整套装置的高压引线表面应平整、光滑，在规定的工作条件和额定输出电压下不应发生明显的放电和超出规定的噪声。

用于整套装置有局部放电要求的高压引线，应满足 5.4.10 对局部放电的要求。

用于非闭合铁心的柱式电抗器的高压引线及其金具，不应因漏磁产生环流、局部过热或影响系统的品质因数。

5.12.6 光缆应有耐磨的护套。

- 5.12.7 所有连接线的长度应满足整套谐振试验装置合理布置的需要，长线宜配有绕线盘。
- 5.12.8 所有电源线、控制线、保护线、测量线或光缆宜在两端标号，并应与接线图正确对应。

6 试验方法

6.1 试验环境

试验环境应符合 5.1.1 的规定。

6.2 成套性检查

按 5.2 的规定检查，各类谐振试验装置配套应完整。

6.3 外观检查

按 5.3 的规定检查。

6.4 变频电源

变频电源的试验项目、要求和试验方法见表 6。其中控制、保护和测量等项目操作试验可与控制柜一起进行。

表 6 变频电源的试验项目、要求和试验方法

序号	试验项目	例行 试验	型式 试验	要 求	试 验 方 法
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	外观检查	●	●	外观完好，无明显的变形和锈蚀。 各电气元件应齐全，安装牢固。 铭牌和标示应齐全、正确。 接地端子应符合本部分 5.3 的要求	目测
2	回路的绝缘电阻和交流耐压试验	●	●	应符合本部分 5.4.6 的要求	用绝缘电阻表测量绝缘电阻，取 1min 或稳定时的值。 施加本部分 5.4.6 规定的试验电压进行交流耐压试验
3	控制和调节功能检查		●	电路接通和断开应正确、可靠。输出电压频率应符合本部分 5.5.7 的要求。 电压的升、降平稳，升压速度可在每秒 1%~3%变频电源额定输出电压的范围内调节。 最低输出电压不应高于变频电源额定输出电压的 1%；最高输出电压不应低于变频电源额定输出电压	变频电源空载，分别在 20Hz、50Hz、100Hz、200Hz 和 300Hz 接通和断开电路，共操作 5 次，调节频率时测量频率调节细度。 首先测量最低输出电压。然后从额定输出电压的 10%开始升压，每次调节额定输出电压的 10%为一级，直至额定输出电压，测量最高输出电压和升压速度
4	保护功能检查	●	●	过电压保护装置动作应正确、可靠，并正确返回。 过电流保护装置动作应正确、可靠，并正确返回	保护校验的试验频率为 45Hz~55Hz。 动作电压分别整定在 0.525 倍和 1.05 倍变频电源额定输出电压。变频电源空载，在谐振试验装置的额定频率下，以每秒 3%变频电源额定输出电压的速度升压，至保护动作。 动作电流分别整定在 0.525 倍和 1.05 倍变频电源额定输出电流。 变频电源带电阻负载，在谐振试验装置的额定频率下，逐步增加电流，至保护动作。升流速度不限

表 6 (续)

序号	试验项目	例行 试验	型式 试验	要 求	试 验 方 法
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
5	负载特性和 温升试验		●	温升不应高于 60K。 输出电压不稳定度应符合本部分 5.4.2 和 5.5.6 的要求。 电压、电流、功率因数和功率的测量准确度应符合本部分 5.11 的要求	负载特性试验频率为 50Hz。应在 10℃~40℃ 的环境中进行。试验时被试变频电源周围 2m~3m 内不得有墙壁、热源及大型堆积物。变频电源的散热装置全部投运。 负载不匹配时, 允许输出电压偏差 -8%~+2%, 但电流应为额定。 变频电源带阻性负载, 从最小输出电压和输出电流开始, 升至额定电压下的额定电流, 停留 2h。每隔 15min 测量各导电部分和功率器件的温度。当测得的温度变化率小于 1K/h 并维持连续 3h, 可认为温度已平衡。取最后 1h 的温度平均值为变频电源的温升。 在 100%额定电流时测量输出电压不稳定度。 变频电源带阻性负载, 在 50%和 100%额定输出功率下, 测量电压、电流和功率
6	空载输出电压波形失真度测量注 ^a		●	输出电压为正弦波的变频电源, 总谐波失真度应不大于 3%	50%以上额定电压, 分别在 20Hz、50Hz、100Hz、200Hz 和 300Hz 时用谐波分析仪测量
7	噪声		●	应符合本部分 5.4.12 和 5.5.11 的要求	距离变频电源柜 3m 四周每边的中轴线上, 在 1m 高的位置用声级计测量
^a 仅线性功率放大正弦波变频电源。 ● 表示应进行的试验项目(下同)。					

6.5 调压器

调压器的试验项目、要求和试验方法见表 7。

表 7 调压器的试验项目、要求和试验方法

序号	试验项目	例行 试验	型式 试验	要 求	试 验 方 法
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	一般(外观)检查	●	●	JB/T 8749.1—2007 中 6.1、6.16、6.3.4	JB/T 8749.1—2007 中 7.3.1
2	绕组电阻测量	●	●	—	JB/T 8749.1—2007 中 7.3.2
3	外施耐压试验	●	●	JB/T 8749.1—2007 中 6.3.2	JB/T 8749.1—2007 中 7.3.3、7.3.5
4	感应耐压试验	●	●	JB/T 8749.1—2007 中 6.3.3	JB/T 8749.1—2007 中 7.3.4、7.3.5
5	操动机构试验	●	●	JB/T 8749.1—2007 中 6.5	JB/T 8749.1—2007 中 7.3.6
6	空载试验	●	●	JB/T 8749.1—2007 中 6.2、6.6	JB/T 8749.1—2007 中 7.3.7

表 7（续）

序号	试验项目	例行 试验	型式 试验	要 求	试 验 方 法
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
7	负载试验	●	●	JB/T 8749.1—2007 中 6.2、6.6	JB/T 8749.1—2007 中 7.3.8
8	输出电压特性曲线试验		●	JB/T 8749.1—2007 中 6.9	JB/T 8749.1—2007 中 7.3.11
9	输出电压波形畸变率测定		●	JB/T 8749.1—2007 中 6.10	JB/T 8749.1—2007 中 7.3.12
10	调压时间测定		●	JB/T 8749.1—2007 中 6.11	JB/T 8749.1—2007 中 7.3.13
11	温升试验		●	JB/T 8749.1—2007 中 6.4	JB/T 8749.1—2007 中 7.3.15
12	局部放电测量		●	应符合本部分 5.6.11 的要求	用脉冲电流法测量

6.6 励磁变压器

励磁变压器的试验项目、要求和试验方法见表 8。

表 8 励磁变压器的试验项目、要求和试验方法

序号	试验项目	例行 试验	型式 试验	要 求	试 验 方 法
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	外观检查	●	●	外观应完好，无明显的损坏和锈蚀。 油浸式变压器不应有明显的渗漏油。 铭牌和标示应齐全、正确。 油位指示和防爆功能应齐全。 高压宜有过电压保护器件。 接地端子应符合本部分 5.3 和 5.7.10 的要求	目测
2	变比测量	●	●	应符合 JB/T 9641 的要求	变比电桥或双电压表法测量
3	联结组标号测定	●	●	应符合 JB/T 9641 的要求，应为减极性	直流感应法测量
4	绕组电阻测量	●	●	应符合 JB/T 9641 的要求	直流电桥测量
5	绕组的绝缘电阻 ^a	●	●	应符合本部分 5.7.7 的要求	按本部分 5.7.7 的规定
6	感应耐压和外施耐压试验	●	●	应符合本部分 5.7.7 的要求	全绝缘变压器的高压线端按其额定工作电压分别进行感应耐压试验； 分级绝缘变压器的高压尾端和低电压端子进行外施耐压试验
7	空载损耗和空载电流试验		●	符合 JB/T 9641 和订货技术条件的要求	试验电压采用励磁变压器的额定频率
8	负载损耗和阻抗电压试验		●	符合 JB/T 9641 和订货技术条件的要求	试验电流采用励磁变压器的额定频率

表 8 (续)

序号	试验项目	例行 试验	型式 试验	要 求	试 验 方 法
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
9	温升试验		●	应符合本部分 5.7.6 的要求	试验电流采用励磁变压器的额定频率。按 GB 1094.2 的规定进行
10	局部放电 测量		●	应符合本部分 5.7.8 的要求	用脉冲电流法测量
^a 绕组一端固定接地或接设备外壳的可不作要求。					

6.7 谐振电抗器

谐振电抗器的试验项目、要求和试验方法见表 9。

表 9 谐振电抗器的试验项目、要求和试验方法

序号	试验项目	例行 试验	型式 试验	要 求	试 验 方 法
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	外观检查	●	●	外观应完好, 无明显的损坏和锈蚀。 油浸式电抗器不应有明显的渗漏油。 铭牌和标示应齐全、正确。 高、低压引出端子应正确、牢固	目测
2	电感测量	●	●	电感的范围和偏差应符合本部分 5.8.3 和 5.8.4 的要求	固定电抗器测量单节和叠柱的电感。 可调电抗器测量最小、额定和最大电感。 采用额定频率下电压—电流法测量, 试验电压不宜低于电抗器额定电压的 20%。
3	互感测量	●	●	应符合本部分 5.8.5 的要求	采用额定频率下电压—电流法测量, 试验电压不宜低于电抗器额定电压的 20%。
4	绕组电阻 测量	●	●	应符合 JB/T 9641 的要求	直流电桥测量
5	绝缘电阻 ^a	●	●	应符合本部分 5.8.10 的要求	绕组对外壳
6	感应耐压 和外施耐压 试验	●	●	应符合本部分 5.8.10 的要求	绕组高压电极对外壳进行感应耐压试验; 绕组低压电极对外壳进行外施耐压试验 ^b
7	损耗		●	应符合本部分 5.8.11 的要求	谐振试验装置的最大运行方式下进行
8	温升试验		●	应符合本部分 5.8.12 的要求	——连续工作制: 电抗器在额定频率的额定容量下, 每隔 15min 测量本部分 5.8.12 规定的各部分温度。当测得的温度变化率小于 1K/h 并维持连续 3h, 可认为温度已平衡。取最后 1h 的温度平均值为调压器的温升。 ——短时和周期工作制: 在工作制规定的时间内, 电抗器在额定频率的额定容量下, 持续短时或周期工作制规定的时间

表 9（续）

序号	试验项目	例行 试验	型式 试验	要 求	试 验 方 法
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
9	局部放电 测量	●	●	应符合本部分 5.8.13 的要求	用脉冲电流法测量
10	噪声测量		●	应符合本部分 5.8.14 的要求	在额定频率的额定负载时，距离电抗器柜 3m 四周每边的中轴线上，在 1m 高的位置用声级计测量
11	电感调整装置试验 ^c	●	●	应符合本部分 5.8.15 的要求	调整机构从电感最大位置调到电感最小位置，再调到电感最大位置。 限位装置的动作应可靠
^a 绕组一端固定接地或接设备外壳的可不作要求。 ^b 仅铁壳式电抗器。 ^c 仅调感电抗器。					

6.8 谐振电容器

谐振电容器的试验项目、要求和试验方法见表 10。

表 10 谐振电容器的试验项目、要求和试验方法

序号	试验项目	例行 试验	型式 试验	要 求	试 验 方 法
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	外观检查	●	●	外观应完好，无明显的损坏和锈蚀。 不应有明显的渗漏油。 铭牌和标示应齐全、正确	目测
2	电容量测量	●	●	电容的偏差应符合本部分 5.9.2 和 5.9.3 的要求	测量单节和叠柱的电容。 采用以下方法之一： ——额定频率下电压—电流法测量； ——电桥法
3	绝缘电阻和 绝缘水平	●	●	应符合本部分 5.9.8 的要求	高、低压电极之间
4	局部放电 测量	●	●	应符合本部分 5.9.10 的要求	按 GB/T 19749.1 的规定

6.9 分压器测量系统

分压器测量系统的试验项目、要求和试验方法见表 11。

表 11 分压器测量系统的试验项目、要求和试验方法

序号	试验项目	例行 试验	型式 试验	要 求	试 验 方 法
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	外观检查	●	●	外观应完好，无明显的损坏和锈蚀。 不应有明显的渗漏。 铭牌和标示应齐全、正确	目测

表 11 (续)

序号	试验项目	例行试验	型式试验	要 求	试 验 方 法
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2	电容量测量	●	●	应符合本部分 5.10.2 和 5.10.3 的要求	采用以下方法之一： ——采用额定频率下电压—电流法测量； ——电桥法
3	分压比测量	●	●	应符合本部分 5.10.6 的要求	分别采用以下方法： ——根据高、低压臂的电容量计算分压比； ——用于调频式试验装置的分压器，分别施加最低工作频率和最高工作频率下不低于额定电压 20% 的试验电压实测分压比； ——用于调感和调容式试验装置的分压器，施加额定频率下不低于额定电压 20% 的试验电压实测分压比
4	绝缘电阻和绝缘水平	●	●	应符合本部分 5.10.7 的要求	高、低压电极之间
5	局部放电测量	●	●	应符合本部分 5.10.9 的要求	按 GB/T 19749.1 的规定用脉冲电流法测量

6.10 控制、保护和测量系统

控制、保护和测量系统的例行试验项目、要求和试验方法见表 12。

表 12 控制、保护和测量系统的例行试验项目、要求和试验方法

序号	试验项目	要 求	试 验 方 法
(1)	(2)	(3)	(4)
1	外观检查	外观应完好，无明显的损坏或变形，按钮和指示灯应齐全。 符合本部分 5.3 的要求	目测
2	绝缘电阻和绝缘水平	应符合本部分 5.4.6 和 5.11 的要求	按本部分 5.4.6 和 5.11 的规定
3	电磁器件频率特性测量 ^a	符合本部分 5.11 的要求： 在最低工作频率的额定电压或电流下不饱和； 在工作频率范围内应达到规定的准确度； 在工作频率范围内控制或保护功能正常	施加最低工作频率的额定电压或电流，测量电磁器件的励磁特性； 在工作频率范围内，分别在 20% 和 100% 的额定电压或电流下校验测量系统的准确度； 在工作频率范围内，分别在 50% 和 110% 的额定电压或电流下检查控制和保护功能
4	控制、保护和测量功能检验	应符合本部分 5.11 的要求	调压设备输出电压为零时，依次接通和断开谐振试验装置各开关； 输出电压最低时，励磁变压器空载，在变频电源输出电压的频率范围内调节输出电压频率，并测量频率调节细度 ^a ； 用调压设备将励磁变压器空载输出电压由最低升至最高，再降至最低； 用调压设备在分压器低压臂上加压，电压升至整定的试验电压； 用调压设备在分压器低压臂上加压，电压升至整定的过电压保护动作电压；

表 12 (续)

序号	试验项目	要 求	试 验 方 法
(1)	(2)	(3)	(4)
4	控制、保护和测量功能检验	应符合本部分 5.11 的要求	励磁变压器带阻性负载，用升流设备将过流保护装置中的电流升至动作电流； 谐振试验装置带额定负载的 50%和 100%时，分别测量本部分 5.11 所列各回路电流； 谐振试验装置高压输出额定电压的 50%和 100%时，测量分压器—电压表测量系统的电压； 用远方控制和测量装置对 5.11 所列功能进行检查
* 仅对变频谐振试验装置。			

6.11 连接线

连接线的例行试验项目、要求和试验方法见表 13。

表 13 连接线的例行试验项目、要求和试验方法

序号	试验项目	要 求	试 验 方 法
(1)	(2)	(3)	(4)
1	外观检查	所配导线和地线应齐全； 外护层应完好； 长度应符合本部分 5.12.7 的要求； 端子的标号应符合本部分 5.12.8 的要求	结合接线图检查； 目测护层； 根据设备布置方式检查连接线长度和绕线盘； 结合接线图检查连接线的标号
2	绝缘电阻和绝缘水平	应符合本部分 5.12.2 和 5.12.3 的要求	按本部分 5.12.2 和 5.12.3 的规定
3	整套装置的高压引线	应符合本部分 5.12.5 的要求	外观检查； 升至整套装置额定输出电压，用紫外成像仪观察； 对有局部放电要求的整套装置，在规定的试验电压下测量局部放电

6.12 整套谐振试验装置

整套谐振试验装置的试验项目、要求和试验方法见表 14。

表 14 整套谐振试验装置的试验项目、要求和试验方法

序号	试验项目	例行 试验	型式 试验	要 求	试 验 方 法
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	成套性检查	●	●	应符合本部分 5.2 的要求	按本部分 5.2 的规定进行
2	外观检查	●	●	应符合本部分 5.3 的要求	按本部分 5.3 的规定进行
3	输出电压初始值测量	●	●	应符合本部分 5.4.2 的要求	在调压设备最低输出电压下，测量分压器的电压
4	输出电压调整速度检查和输出电压不稳定性测量	●	●	应符合本部分 5.4.2 的要求	首先测量最低输出电压。然后从额定输出电压的 10%开始升压，每次调节额定输出电压的 10%为一级，直至额定输出电压，检查电压调整速度，测量电压不稳定性

表 14 (续)

序号	试验项目	例行 试验	型式 试验	要 求	试 验 方 法
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
5	输出电压波形检查	●	●	电压总谐波失真度应不大于 3%	50%以上额定电压, 分别在最低工作频率、50Hz 和最高工作频率时用谐波分析仪测量
6	输出电压准确度校准	●	●	应符合本部分 5.4.2 的要求	校准电压应满足下列条件之一: 额定输出电压的 25%、50%、75% 和 100% 各点; 对调频谐振试验装置, 变频电源输出端之后的被测参数, 分别在尽量接近最低工作频率、额定频率和最高工作频率下校准
7	测量系统准确度校准	●	●	应符合本部分 5.10 和 5.11 的要求	在 50% 和 100% 额定输出功率下, 测量电压、电流、频率
8	绝缘电阻和绝缘水平	●	●	应符合本部分 5.4.6 的要求	按本部分 5.4.6 的规定
9	突发短路试验		●	应符合本部分 5.4.6 的要求	按本部分 5.4.6 的规定
10	温升试验		●	应符合本部分 5.4.8 和 5.5~5.9 的要求	在规定的工作条件下, 谐振试验装置输出额定负载, 持续工作制规定的工作时间
11	品质因数测量	●	●	应符合本部分 5.4.9 或订货技术条件的要求	谐振试验装置输出额定负载, 测量品质因数。 对调频谐振试验装置, 分别在最低工作频率、额定频率和最高工作频率下测量
12	局部放电测量 ^a		●	应符合本部分 5.4.10 的要求	按本部分 5.4.10 的规定。 用脉冲电流法测量
13	保护功能检验	●	●	调压器等零位保护应可靠; 过电压保护装置按整定值动作应正确、可靠; 过电流保护装置按整定值动作应正确、可靠; 接地保护应正确、可靠; 调频谐振试验装置的失谐保护应正确、可靠	保护校验的电源频率为 45Hz~55Hz。 调压器等机械位置不在输出零位, 按合闸按钮。 电压继电器的动作电压分别整定在 0.525 和 1.05 倍被保护回路额定电压。 以每秒 3% 被保护回路额定电压的速度升压, 至保护动作。 电流继电器的动作电流分别整定在 0.525 和 1.05 倍变频电源额定输出电流。 在谐振试验装置的额定频率下, 逐步增加电流至保护动作, 升流速度不限。 在保护接地回路瞬间断开时, 应在断开点并联电压匹配的放电管、间隙等。 在额定频率的额定电压下, 调整试验频率直至失谐保护动作
14	就地和远动电压自动升、降和自动计时功能检查	●	●	应符合本部分 5.4.11 的要求	谐振试验装置的输出电压分别整定在 50% 和 100% 额定电压, 试验电压持续时间整定在 15min, 检查就地和远动方式下电压自动升、降和自动计时功能
15	噪声测量		●	应符合本部分 5.4.12 的要求	距离声源 3m 四周每边的中轴线上, 在 1m 高的位置用声级计测量

表 14（续）

序号	试验项目	例行 试验	型式 试验	要 求	试 验 方 法
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
16	变频电源和控制、保护系统的环境适应性试验		●	应符合本部分 5.4.13 的要求	1) 电源适应性试验： 按 GB/T 6587—2012 中 1.1 的方法进行。 2) 温度试验： 按 GB/T 6587—2012 温度试验组别第 II 组方法进行。 3) 湿度试验： 按 GB/T 6587—2012 湿度试验组别第 II 组方法进行。 4) 振动试验： 按 GB/T 6587—2012 振动试验组别第 II 组方法进行。 5) 冲击试验： 按 GB/T 6587—2012 冲击试验组别第 II 组方法进行。 6) 包装运输试验： 按 GB/T 6587—2012 中 4.8 的方法进行
^a 仅对用于局部放电测量的谐振试验装置进行此项试验。					

7 检验规则

7.1 例行检验

产品逐台进行例行检验，并具有检测报告和产品合格证。
例行检验项目见表 6～表 14 的第（3）栏。

7.2 型式检验

凡属下列情况之一，应进行产品的型式试验：

- a) 新产品；
- b) 老产品转厂生产试制；
- c) 产品停产超过 3 年恢复生产；
- d) 主要部件、材料和工艺有重大改变，可能对产品性能影响较大时；
- e) 国家或行业标准对主要技术性能的要求有重大变化时。

型式检验项目见表 6～表 11 和表 14 的第（4）栏。

型式检验应由国家或行业认可的检验机构进行。

由有资质的国家或行业技术机构提供的部分项目的检验报告合格且在有效期内，可视为型式试验中相关项目已完成且合格。

8 标志和技术文件

8.1 标志

装置的标志应齐全，其中主要包括以下内容：

- a) 铭牌，应包括：
谐振试验装置和主要器件的产品名称、型号、参数、生产企业名称、出厂编号、出厂日期等；

- b) 电气主接线图;
- c) 接线端子和接地端子标号。

8.2 技术文件

技术文件应包括以下内容:

- a) 产品合格证;
- b) 有效期内的检验报告;
- c) 安装和使用技术图样;
- d) 操作说明书;
- e) 维护手册。

9 包装、运输和储存

9.1 包装

包装箱应牢固, 保证运输、装卸时产品不受损伤, 保证各电气设备不进水、不受潮。

包装箱外应有如下标志:

- a) 收货单位、地址、收货人;
- b) 产品型号;
- c) 包装箱件数、尺寸、毛重;
- d) 吊点位置;
- e) 防倾、防潮、防雨标记;
- f) 发货单位、地址、发货人;
- g) 包装箱内应有装箱单, 应详细标明装置和主要器件的型号、数量。

9.2 运输

谐振试验装置在铁路、公路或水路运输时, 应用专用器具起吊和固定, 以防损坏产品。

9.3 储存

谐振试验装置储存时, 应尽可能放在室内或棚内。存放场所应通风、干燥、无腐蚀性气体, 并不受雨、雪侵袭。

长期停放的场所应能提供仪器设备通电必需的交流电源, 应有消防设施。
