浅谈高频变压器检验用要求及测试方法

聂应发

田村（中国）企业管理有限公司，惠州 516003

摘　要：目前高频变压器生产和制造工艺方法都很多，但是不象低频电子变压器可以对空载及负载电流及损耗和输出电压及负载进行测试，高频变压器需要电源整个组合器件，才可测试，因此行业中绝大多数厂家只对开路及短路电感及圈数比及极性，直流电阻及各种耐压进行全数严格管控，同时对其它参数也必须进行管控。现主要分为从三大关键工序来进行工程管控，保证合格品出货。

关键词：高频变压器，检验要求，测试方法

Discussion on inspection requirements and test methods of high frequency transformer

Nie ying fa

Tamura corporation of china Ltd., Huizhou 516003

Abstract: at present, there are many production and manufacturing processes for high-frequency transformers, but unlike low-frequency electronic transformers, which can be tested with no-load and load loss, output voltage and load, high-frequency transformers require the whole combination of power supply components to be tested. Therefore, the vast majority of manufacturers in the industry only carry out all kinds of open circuit and short-circuit inductance, coil ratio and polarity, DC resistance and various withstand voltage Strictly control and control other parameters at the same time. Now it is mainly divided into three key processes to carry out engineering control to ensure the delivery of qualified products.

前言

目前高频变压器生产和制造工艺方法都很多，检验及测试方法也相当多，有些技术参数需要将高频变压器接入整机电源中才可测试，如电磁干扰 EMI 参数及温升测试，如对有些技术参数如漏感及设计对电流密度及磁通密进行严格管控，也能很好对 EMI 和温升进行控制。因此基于上述，通常量产品只能开路及短路电感及圈数比、直流电阻及极性为管控重点，同时也须对初级、次级及磁芯之间耐压和绝缘强度测试，以及对匝间及层间测试和双线或多线并绕进行 Q 值或平面隙磁芯开路电感进行测试，同时对直流电阻测试以检证圈数及线径的正确性，这些都是高频变压器主要检验项目，但是也一些客户特别要求如局部放电及提高耐压测试。当然在量产前对样品生产中做可靠性测试是必须要做认证的，这些项目多而复杂些。下记主要分为 3 大块程序来进行管控，同时也从原材料 IQC，制程中 PQC，出货检查 OQC 各个环节进行管控，达到更好品质效果。现主要从以下 3 个方面来实现保证合格品出货。

1 中间检查（含浸前）通用要求

先启动综合测试仪，调零或校对测试仪设置，将包好胶带的变压器平放测试架上进行测试，要求测试前与测试后产品摆放整齐。所有产品的测试端要良好接触。待仪表数据稳定后或发出 OK 蜂鸣声后方可移开测试，不良品需再次确认后贴上标示后放入不良品标示盒中，必须百分之百测试每一个产品，主要项目如下：

（1）开路电感测试条件（中间检查必全数检查）：先

设定测试针脚，频率和电压、电感值及范围，电感机设备如 HP4284 或同等品。

（2）测试漏感测试条件（中间检查必全数或抽检）：测试频率和 DC 电压及短路针脚、电感值及范围，电感机设备如 HP4284 或同等品。

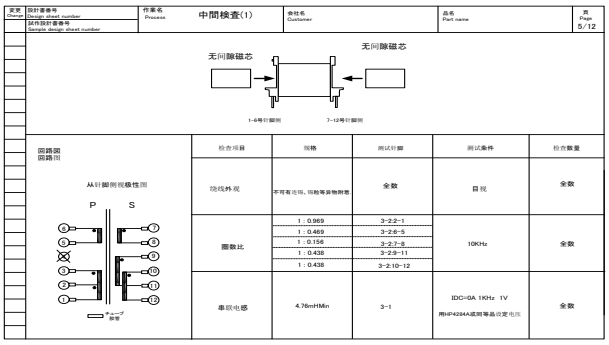
（3）测试圈数比及极性测试条件（中间检查必全数耐压检查）：测试频率和 DC 电压，测试圈数结果，以初级圈数为基准，其它输出及反馈绕组以其进行比较，同时将起始点也要进行测试“+”代表极性。

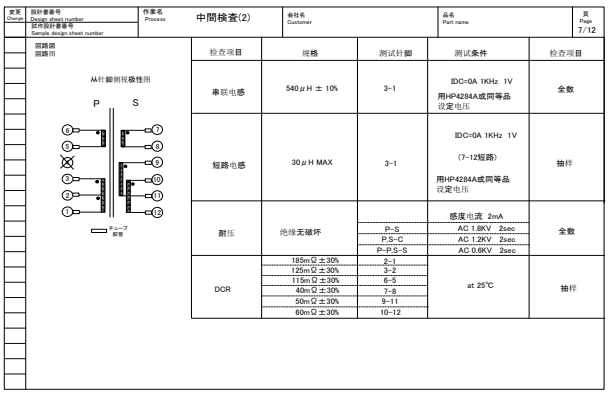
（4）先启动耐压机，调试好准备测试。（中间检查必全数检查）

测试条件如 P-S,C　S-C 测试条件 AC: 电压值及感度电流、时间及频率数，初级侧对次级侧 at: AC: 几 kV 感度电流 2.0mA（客户有规定时按其要求）时间 2sec（客户有规定时按其要求）50Hz。初、次级侧对磁心，交流电压 AC: 几 kV 感度电流 2.0mA（客户有规定时按其要求）时间 2sec（客户有规定时按其要求）50Hz。

（5）对直流电阻进行测试（规定环境温度）这部分可进抽检。

具体如下图所示：





2 出货检查（含浸后）通用要求

（1）先启动综合测试仪，校对测试仪设置条件。将含浸好的变压器平放测试架上进行测试，要求测试前与测试后产品摆放整齐。所有产品的测试端要良好接触。待仪表数据稳定后或发出 OK 蜂鸣声后方可移开测试。不良品需再次确认后贴上标示后放入不良品标示盒中，必须百分之百测试每一个产品。

（2）开路电感测试条件（出货检查必全数检查）：测试频率和电压、电感值及范围，电感机如 HP4284 或综合测试仪同等品。

（3）测试漏感测试条件（出货检查必全数检查）：测试频率和 DC 电压及短路针脚、电感值及范围，电感机如 HP4284 或综合测试仪同等品。

（4）测试圈数比及极性条件（出货检查必全数检查）：测试频率和 DC 电压，测试圈数结果：以初级圈数为基准，其它输出及反馈绕组以其进行比较，同时将起始点也要进行测试“+”代表极性。

（5）先启动耐压机，调试好准备测试。（出货检查必全数检查）测试条件：如 P-S,C　S-C 测试条件 AC: 电压值及感度电流、时间及频率数，如下图初级侧对次级侧 at: AC: 几 kV 感度电流 2.0mA（客户有规定时按其要求）时间 2sec（客户有规定时按其要求）50Hz 初、次级侧对磁心 AC: 几 kV 感度电流 2.0mA（客户有规定时按其要求）时间 2sec（客户有规定时按其要求）50Hz。

（6）对匝间及层间绝缘进行脉冲测试：条件基本波形 +/-15%，1.2kV 5 个脉冲进行比对，或由设备进行判定是否 OK。

（7）对直流电阻进行测试（规定环境温度）这部分可进抽检。

（8）必须使用针脚板进行针脚位进行确认。

（9）对外观整体成与客户承认规格书进全面确认。

（10）将标贴粘于计数器顶部磁芯中心位置胶带上，铁芯外包有 2Ts 玛拉胶带。

（11）含浸出的产品要求光亮，无堆圾、毛刺、针孔现象。

（12）锡点无虚焊、漏焊、断线、焊点高、焊点赃、不光亮、焊点粘连。

（13）聚脂胶带应平整、不可有叠起、翘起或打皱、卷边、破损、粘污等现象。

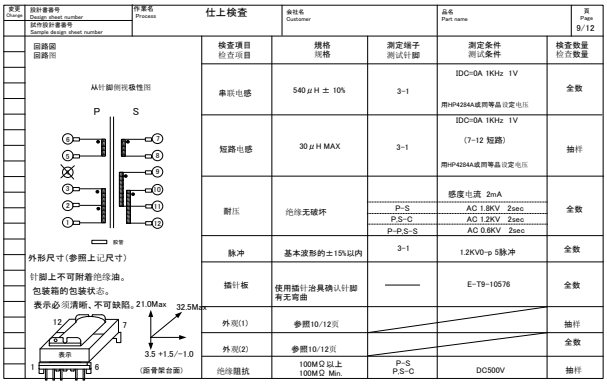
（14）骨架无变形。骨架上下挡板及引出端齿无断裂、PIN 针无掉落。

（15）铭牌要求字清楚，日期批号正确，产品铭牌粘贴不应有歪斜、贴反、字头方向不对、破损、赃现象。注意各部分尺寸。

（16）对于剪去针脚，须用量尺与剪钳来确定与修剪引线尺寸。

（17）按包箱上的折痕外箱底面对折后用封箱胶纸封起。合格的产品 PIN 脚朝下放入包装箱内珍珠棉上，用适当的力度将产品 PIN 针插在珍珠棉上。

（18）装满后盖上 1P 平卡，将包装箱按折痕折封，用封箱胶纸封箱，完成包装工序。



3 OQC 出货抽检（关键工序）

（1）先启动综合测试仪，校对测试仪设置条件。 测试条件：开路电感：测试条件：测试频率和电压、电感值及范围，电感机如 HP4284 或同等品。

（2）测试开路电感测试条件：测试频率和 DC 电压及针脚、电感值及范围用 HP4284 或同等品。

（3）测试短路电感测试条件：测试频率和 DC 电压及短路针脚、电感值及范围用 HP4284 或同等品。

（4）测试圈数比及极性条件：测试频率和 DC 电压，测试圈数结果：以初级圈数为基准，其它输出及反馈绕组以其进行比较，同时将起始点也要进行测试“+”代表极性。

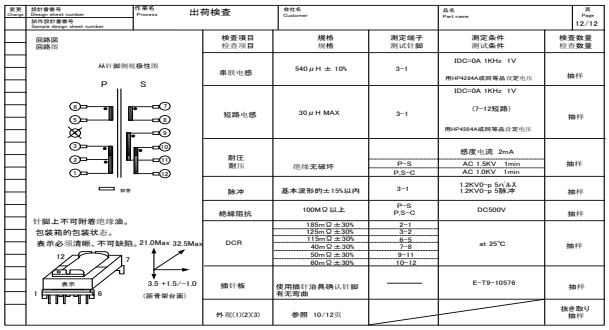
（5）先启动耐压机，调试好准备测试。（中间检查必全数耐压检查）测试条件：如 P-S,C S-C 测试条件 AC: 电压值及感度电流、时间及频率数，如下图初级侧对次级侧 at: AC: 几 kV（一般为中间检查电压除以 1.2 倍）感度电流 2.0mA（或客户有规定时按其要求）时间必须 60sec（客户有规定时按其要求）50Hz 初、次级侧对磁心 AC: 几 kV（一般为中间检查电压除以 1.2 倍）感度电流 2.0mA（客户有规定时按其要求）时间 2sec（客户有规定时按其要求）50Hz。

（6）对匝间及层间绝缘进行脉冲测试：条件基本波形 +/-15%，1.2kV 5 个脉冲进行比对。

（7）对直流电阻进行测试（规定环境温度）这部分可进抽检。

（8）必须使用针脚板进行针脚位进行确认。

（9）对外观整体成与客户承认规格书进全面确认。



以上是对量产品制程各工序进行测试和管控办法，能做到以上检测，基本能上杜绝高频变压器不良流出，但是在进行量产以前，对于样品阶段必须严格把关，进行各项可靠性测试，才能保证产品品质稳定和可靠性。

下记入厂检验及可靠性型式试验项目见表 1。

为了更详细说明高频变压器检查项目，下记举例说明一下。

例题：

电路图如下，圆点代表起始点

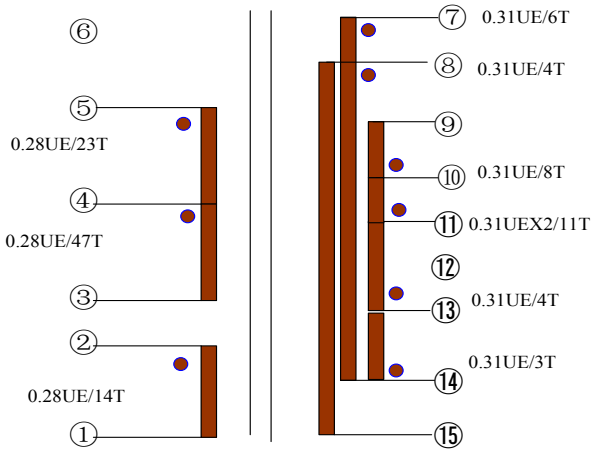


表 1 试验项目

序号	试验项目	入厂检验	型式试验	AQL/n（Ac，Re）	缺陷类别
1	外观	√	√	4.0	D
2	外观	√	√	3(0,1)	B
3	外形及安装尺寸	√	√	4.0	C
4	绕组直流电阻值	√	√	2.5	B
5	漆包线线径、股数、匝数		√	1(0,1)	B
6	电感测试	√	√	2.5	B
7	漏感测试	√	√	2.5	B
8	电气强度	√	√	1.0	A
9	绝缘电阻	√	√	1.0	A
10	恒定湿热试验		√	1(0,1)	B
11	输出电压测试		√	2.5	B
12	可焊性试验	√	√	3(0,1)	B
13	耐焊接热	√	√	3(0,1)	B
14	匝间耐压试验	√	√	2(0,1)	B
15	针焰试验		√	1(0,1)	A
16	球压试验		√	1(0,1)	A
17	盐雾试验		√	1(0,1)	B
18	低温试验		√	1(0,1)	B
19	高温试验		√	1(0,1)	B
20	针脚焊接及强度	√	√	2.5	B
21	内部结构检查	√	√	1(0,1)	B
22	材料		√	2(0,1)	B
23	有害物质含量		√	1(0,1)	A
24	产品认证	√	√	2.5	C
25	标志、包装	√	√	4.0	C
26	对比与审查（针对新厂家）	对应以上检验项目			
27	有效贮存期及超期复检	√	√	2(0,1)	C
28	振动试验		√	2(0,1)	B
29	饱和电流		√	2(0,1)	B
30	爬电距离和电气间隙	√	√	1(0,1)	A

注 1：√表示应检验项目；

注 2：项目类别“A、B、C、D”分别为：

A. 零缺陷控制项目（安全 / 特别故障）

B. 重要控制项目（会使整机出现主要性能故障）

C. 主要控制项（一般性能指标）

D. 次要控制项（外观 / 包装及其它轻微控制项）

（1）先启动综合测试仪，校对测试仪设置条件。

（2）将包好胶带的变压器平放测试架上进行测试。

测试开路电感（中间检查及出货必全数检查）：测试条件：测试频率和电压、电感值及范围

如 at:50kHz DC1.0V 测试电感结果 :L(3-5) 1.5mH ±4%(1.44-1.56mH) 用 HP4284 或同等品

（3）测试漏感电感（中间检查及出货必全数检查）：测试条件：测试频率和 DC 电压及短路针脚、电感值及范围用 HP4284 或同等品。

如：LK(3-5) 20uH MAX (1,2,7,8,9,10,11,13,14,15; short) 及 at：50KHz 1.0V

（4）测试圈数比及极性（中间检查及出货必全数检查）

测试条件：at：20Kz 1.0V

测试圈数结果：P：4- 3 47Ts "+" 代表极性

S1: 5-4 +23Ts (22.75-23.25) S2: 7-14 + 6Ts (5.75-6.25)

S3: 8-15 +4Ts (3.75 - 4.25) S4: 14-13 + 3Ts (2.75-3.25)

S5: 13-11 + 4Ts (3.75 - 4.25) S6: 11-10 + 11Ts (10.75-11.25)

S7: 10-9 +8 Ts (7.75-8.25) S8: 2-1 + 14 Ts (13.75-14.25)

S9: 7-9 + 32 Ts (31.75-32.25)

（5）先启动高压机，调试好准备测试.（中间检查及出货必全数检查）

测试条件：如 P-S,C S-C 测试条件 AC: 电压值及感度电流、时间及频率数

如下图初级侧（pin 1,2,3,4,5）对次级侧（pin 7,8,9,10,11,13,14,15;）

at: AC:4500V 感度电流 1.0mA 时间 2 sec 频率 50Hz

初、次级侧（pin1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,13,14,15;）对 CORE

at: AC:1800V 感度电流 1.0mA 时间 2 sec 频率 50Hz

（6）要求测试前与测试后产品摆放整齐.所有产品的测试端要良好接触。

（7）待仪表数据稳定后或发出 OK 蜂鸣声后方可移开测试。

（8）不良品需再次确认后贴上标示后放入不良品标示盒中。

（9）必须百分之百测试每一个产品。

结论

通过对于高频变压器在各个工序检测项目及测试方法，以及在样品阶段中可靠性测试项目方法说明，同时还需借鉴同时有益新工艺和制造方法，多参加行业技术学习会。只有在实践不断积累和总结，将理论知识更加丰富结合起来，同时将实际制造工艺紧密结合，一定能制造出更加品质优良产品出来。

上接146页

表 3 磁粉芯替代方案对比表

项目	一般设计	中研方案
OBC PFC		
体积	Φ31*H38	Φ31*H27
电感量	132uH@10A	132uH@10A
磁环个数	Φ27*3	Φ27*2
线圈匝数	24Ts	32Ts
重量	127g	88g
材质	FeSiAl 铁硅铝	APC 非晶粉芯
损耗	Pfe:1.48W	Pfe: 0.26W
	Pcu:1.28W	Pcu: 1.02W
成本	高	低
fsw	40kHz	40kHz

"十五"和"十一五"期间，中国先后投入 20.4 亿元科研经费，实施"863"计划、电动汽车重大科技专项、节能与新能源汽车重大项目；在这样的大环境下，软磁材料在汽车方面的应用将得到大幅提升，也将获得更为广泛的应用。新能源和自动驾驶的发展是相辅相成的，未来汽车势必会面向车联网、智能化和自动化方向发展。新能源采用电驱动，使车联网和自动驾驶技术更容易实现；而相对应的，新能源的发展势必会加快自动驾驶的发展。因此对软磁材料的特性方面也提出了更大挑战，如何提升电子元器件的使用频率、提高转化效率、使用寿命、提升温度和安全可靠性等方面将成为软磁材料下一步研发的方向。佛山中研非晶科技股份有限公司一致致力于非晶、纳米晶合金以及磁粉芯的研发、生产及销售的高科技企业，目前生产的非晶、纳米晶合金以及磁粉芯也陆续在系能源汽车上得到应用，中研非晶愿意同各汽车企业以及其供应商共同研究开发，改变目前部分元器件或磁性材料进口的现状，也愿意与同行一起共同迎接未来汽车行业对我们的挑战。

参考文献

（1）详解磁性材料在汽车电子器件中的应用，2018，21ic. 中国电子网

（2）萩原和弘，西村和則，三吉康晴等，高周波スイッチングに適した新しい軟磁性材料と高電力密度車載充電器への適用，2020，日立金属技报，Vol.36