

彩电回扫变压器的可靠性研究

Research for FBT in color TV

无锡新中亚电讯电器有限公司 夏春荣 (无锡 214135)

摘要: 文章从产品结构、制造工艺、材料选用、安全等方面分析了影响彩电回扫变压器(FBT)可靠性的因素, 研究了改善措施。并对可靠性试验方法进行了探讨。

关键词: 回扫变压器; 可靠性、试验方法。

中图分类号: TM4

文献标识码: B

文章编号: 1606-7517 (2006) 10-05-00

1 引言

在彩电中, 回扫变压器 (Flying Back Transformer 简称 FBT) 是其五大关键件之一, 被喻为彩电的心脏, 其作用之重要显而易见。FBT 的产品质量直接影响到彩电的整机质量, FBT 的可靠性和彩电的可靠性息息相关。在对彩电失效模式分析和统计发现, 因 FBT 的失效而导致彩电故障的比例占 45% 强。正因为如此, 各彩电生产厂家对 FBT 的品质和可靠性提出了非常严格的要求, 以此来保证自身的品牌。

根据国家标准, 彩电 FBT 的不良品率应在 400PPM 以内。FBT 的可靠性应当在 FBT 的设计中来保证。因此, FBT 的可靠性研究是 FBT 设计工作中的一个十分重要的环节。

FBT 的可靠性研究工作, 主要是从 FBT 工作的原理、作用、特性出发, 分析对 FBT 可靠性直接产生影响的因素的基础上, 优化 FBT 的设计, 改进制作工艺, 同时采用科学合适的材料, 兼顾 FBT 的成本, 来提高 FBT 的可靠性。

2 FBT 的工作原理

彩电 FBT 是一种特殊的高压脉冲功率变压器。它主要是在行扫描逆程时间, 利用偏转电流向逆程电容充电,

形成高压行频脉冲, 通过变压器转换, 提供显象管所需的阳极高压、聚焦电压和帘栅电压。很多还同时提供彩电电路工作所需的中、低电压等。其基本工作原理如图 1 所示:

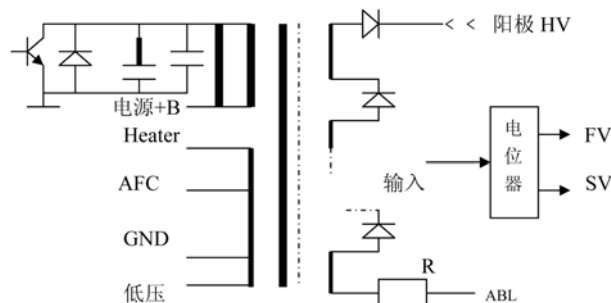


图 1

3 FBT 可靠性的改进:

通过对 FBT 工作原理的分析, 结合多年生产的经验, 我们可以发现, 从设计者的角度看, 影响 FBT 可靠性的因素主要有:

- ①结构设计: 需要减小调整率差, 振铃高等缺陷
- ②材料特性: 如何提高含浸度、阻燃性及元件的抗潮性引起的失效;
- ③生产工艺: 怎样改进加工工艺, 确保 FBT 产品安全性好、可靠性高。

为此, 可以进行如下改进:

表1

比较项目	槽绕	平绕
振铃大小	大	小
电磁耦合度	松	紧
匝间电压	高	低
层间击穿	容易	难
工艺状况	良好	较差
成本情况	低	高

a. 高压绕组采用平绕（层绕）方式，可以有效减小振铃，提高高压调整率。

经过十多年的技术发展，平绕型基本上完全代替了槽绕型。两种方式比较如表1：

平绕方式的好处是很显然的。采用平绕方式，是指高压绕组分层平整绕线，各层绕组之间用高压二极管串连，分段整流。这样做的目的是可以降低漏感和分布电容。

由于漆包线极细（目前最细的达 ϕ 0.028mm），漆包线本身的耐压很低。因此，在绕制过程中要注意解决叠线、匝间排列不均、薄膜蛇形、断线、余线和杂线夹入等问题，以保证完全平整，可靠。通常采取以下措施：

①使用日本等国进口的全自动绕线机，主要有TORAY、NITTOKU多贺等厂家生产的TSCW-208Z、NT880N等先进的数控绕线机。严密注意从程序编写、现场调试到日常调机的每一个环节。

②层间绝缘薄膜两端切成45°斜角，利于包膜平整；

③超声波焊接（welder horn）时间设定不要太长，以免焊点太大、太粗，从而使薄膜拱起，导致蛇形，通常起焊0.2秒，续焊0.1秒；

④采用类钓鱼竿式张力控制装置，通过调整合适的张力控制范围，确保漆包线绕制正常。这种装置的好处在于它实现了负反馈调节，可以有效保证张力的动态稳定。一般经验选择张力范围为： ϕ 0.028/5 ~ 7g， ϕ 0.03/6 ~ 8g。并且绕脚和绕线张力还不一样。

b. 为提高环氧树脂的浸润性，可以在聚脂薄膜上压花（emboss），同时选择合适粘度的环氧树脂，改进真空灌封工艺。

因漆包线很细，其本身的耐压又低，所以必须依靠环氧树脂来保证产品的安全。因此，环氧树脂的浸润性

对FBT的安全就显的尤为重要。提高含浸度的方法有：

①在聚脂薄膜上压花，压花长度为40mm，共8段，每段5mm。这样做的目的是增大膜间间隙，利于环氧树脂渗透。

②选择合适粘度的环氧树脂。我们知道，粘度越低，流动性越好，浸润性越高。但粘度太低，固化时的收缩率大，会引起高压线圈断线而使产品报废。根据统计数据，粘度在27P左右的环氧树脂流动性好，其固化收缩率 < 0.3%。符合要求的产品有无锡惠利公司的9001A/B、日本日立的KE5203A/B等。

③改进真空灌封工艺。在环氧树脂使用前，对树脂进行预热处理（Pre-heating）。预热条件为：80℃，4小时。对待灌产品也要进行预热，条件为：105℃，不小于1.5小时。灌封真空度要 \geq 5mbar，灌前真空下不小于1分钟，灌后保真空的时间要 \geq 20秒。

考虑环氧树脂的固化为放热反应，应选取合适的固化曲线，避开放热峰，使固化过程中的最高温升小于玻璃化转折点，即T_g值。通常选用曲线为：75℃/2hrs +90℃/0.5hr +105℃/2.5hrs，也叫三阶梯固化曲线。

c. 使用新开发的环氧树脂，提高FBT的阻燃性能，同时满足环保要求。

环氧树脂中的阻燃剂起初为磷系、后为卤系，目前已经改为氢氧化铝系。原先的磷系环氧树脂为红色，而卤系、氢氧化铝系为白色。所以常说由红料改为白料。如今为满足环保的要求，减少燃烧时的发烟量，降低燃烧时释放出的有害气体，我们又使用了新开发出的新型的环保料，其主要优点在于：低含水率（仅为0.03%），高阻燃性（添加玻璃纤维等阻燃剂），无卤无锑，对环境无污染，性能又提高了，可谓一举两得。如：无锡惠利WELLS9002、东芝化学的TCG1120等。

d. 增加整脚装置；将二极管有玻封型改为塑封型，减少影响产品可靠性的寄生因素。

增加整脚装置，是为了防止尖端放电。FBT工作在高压状态，尖端放电的避免必须优先考虑。在制造过程中，增加了一整脚装置，这样可以去除高压线圈上的针角拉尖，从而避免尖端放电。

在FBT的失效中，二极管的失效占很大比例。统计数据表明：由于运输和保存等环节中受潮是造成失效的原因

之一，但最主要的还是高压二极管本身的抗潮性有问题。以前使用的封装材料是玻璃，现在则改用树脂材料。这不仅降低了高压二极管的生产成本，而且不断改进的树脂封装材料也使高压二极管的抗潮性大大提高。通过蒸汽压力蒸煮实验（Pressure Cooking Test 简称PCT）测试进一步可以验证了这个结论。

e. 电位器外壳由 MPPO 改为 PBT，提高产品的安全可靠性能。

MPPO 又名 PPE，学名改性聚苯醚，为线性、热塑性非结晶树脂，分子结构中无明显的极性基团，有较好的刚性、抗蠕变性能，吸水率低，尺寸稳定性好。注塑成型产品光洁度高、外观漂亮，有很好的电绝缘性能。不足之处是具有开裂倾向，疲劳强度较低；遇到有机溶剂和植物油会溶解和碎裂，非常容易引起火灾。业界 1990 年以前曾大量使用 MPPO 来制造 FBT 的塑料件及其聚焦电位器的外壳。

PBT，聚对苯二甲酸丁二醇酯，热塑性结晶树脂，具有较优良的机械电气、耐热性能，特别是在接触有机溶剂和植物油方面明显好于 MPPO，亦即克服了 MPPO 的缺

点。但普通 PBT 在温度较高、湿度较高的情况下，存在会发生水解的缺点。因此应选择耐压、耐湿型的 PBT 用于 FBT 的塑料件和聚焦电位器的外壳。

两种材料的基本性能对比如表 2：

4 可靠性试验方法的探讨

为了对 FBT 产品的可靠性指标进行验证，需要对产品进行可靠性试验、寿命试验。FBT 的可靠性通常采用加速寿命试验方法来预测。即在尽量短的时间内，采用加速老化的办法，来预测产品的平均寿命。一般有两种办法：温度加速和电压加速。国标 GB9367-88 中对回扫变压器加速寿命试验的规定为：在环境温度 70℃、1.1 倍阳极高压、额定负载的条件下，15 只样品进行 1000 小时试验。按照这个标准，做一个试验，需要近 42 天时间。不仅消耗大量的人力物力，而且费用很高。

由于回扫变压器属于小功率脉冲变压器，其失效率基本公式为：

$$\lambda_p = \lambda_b (\pi E \pi Q)$$

式中： λ_p 为失效数/10E6 小时， λ_b 为基本失效率， πE 为环境系数， πQ 为质量系数。且有 $\lambda_b = A \cdot e^x$ 。

$$x = [(T_{HS} + 273) / N_T]^G$$

其中： T_{HS} 为 FBT 热点温度(℃)， N_T 为温度常数，G 为加速常数，A 为不同绝缘等级的调节系数。

这样的公式显得很烦琐，它常常只具有定性分析的意义。实际上，设计一种回扫变压器的可靠性预算，不必搬用整机那样的可靠性分配方法。较好的方法应建立在对原有 FBT 实际使用失效率的统计数据 and 失效模式、失效机理分析的基础上，通过相似法来对产品的可靠性进行简便的预算。

由失效率基本公式可以看出：彩电回扫变压器 FBT 的可靠性问题主要取决于 πE 环境系数、 πQ 质量系数。事实上，FBT 的失效绝大部分是由于工艺不当，使用了不符合要求的材料，工作在不适当的环境因素所引起。抛开材料和工艺问题，在一个时间段对用户实际使用时失效的统计数据表明：在每个月份 FBT 失效的数量并不一样，1 月、2 月、6 月、7 月要高于其它月份。生活常识告诉我们，这 4 个月的空气湿度较高。说明在空气湿度高时，产品更容易失效。因此，可以利用湿度来加速产品的老化，这

表 2

名称	单位	MPPO	PBT
密度	g/cm ³	1.09	1.61
吸水率	%	0.07	0.07
成型收缩率	%	0.5 ~ 0.7	0.2 ~ 0.7
硬度（洛氏）	R Scale	124	120
抗拉强度	Mpa	63.7	118
挠曲强度	Mpa	93.2	186
挠曲模量	Gpa	2.5	8.3
伸长率	%	40	4
热变形温度	℃	130	221
热膨胀系数	10E5mm/mm/℃	5.3	3.3
阻燃性		V-0	V-0
介电常数		2.8	3.4
损耗因子		0.0054	0.015
体电阻	1016 Ω-cm	38	1
介电强度	KV/mm	26	20

就是所谓的压力蒸煮试验 (PCT)。现在比较通用的做法是先进行 PCT 试验, 再进行温度和电压的老化试验。

在较高的湿度下, 作为绝缘材料的环氧树脂发生了变化, 其绝缘性能下降。主要表现在体电阻和吸水率方面。未使用的 FBT 的体电阻和吸水率分别为 2.3 和 0.18%, 使用 23 个月后会变为 0.75 和 0.65% 左右, 即体电阻将为原来的 1/3, 吸水率会变为原来的 3 倍。

有鉴于此, 通过比较不同条件下吸水率和体电阻的变化, 同时又要保证试验时 FBT 的环氧树脂不会软化, 建议选择 PCT 条件为: 气压 2atm, 湿度 85%RH, 温度 121℃, 时间 72 小时。这样的试验周期大大缩短, 节约了大量的资源。

4 结束语:

本文结合设计、制造 FBT 的实际情况, 探讨了 FBT 可靠性技术的发展及其改进办法, 关于可靠性预算和降额设计未进行讨论。愿本文对关联电子元器件的可靠性研究能够有一定的参考意义。

参考文献:

- [1]. 变压器制造技术丛书编审委员会, 变压器试验[M], 北京: 机械工业出版社, 1985。
- [2] 贝寇祺, 小功率电源变压器实用设计制作和修理[M], 人民邮电出版社, 1995。
- [3] 冯镇业, 利用 TDA16846 设计 34" 彩色电视机开关电源 [J]. 电子元器件应用, 2000, 2(4): 23 - 28。