

如何准确有效的解剖开关电源变压器

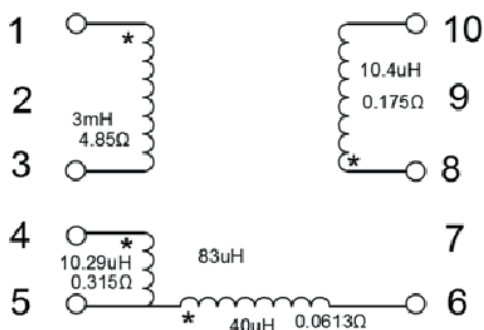
徐振德, 蒋大维

江阴市星火电子科技有限公司

摘要: 在《如何准确有效的测试开关电源变压器的结构参数》一文中作者已经和大家探讨了如何测试开关电源变压器的结构参数, 那仅仅靠测试参数是完全不能作为开关电源变压器的生产依据的, 因为开关电源变压器的每个绕组的线径、圈数, 还有变压器的端空、绝缘胶带是无法从外部结构来观察的, 当然也是无法测试的, 所以开关电源变压器最终还是需要解剖的。同时解剖完观察变压器的结构参数还能印证之前的测试情况是否正确, 相互印证, 万无一失。所以说, 由于很多借鉴的开关电源比较贵重, 客户有时会要求客户不能拆开开关电源变压器, 这样的要求往往是做不到的。通过本文的了解, 大家应该明白了其中的原因。

关键词: 开关电源变压器结构, 解剖, 同名端

本文主要讲开关电源变压器的有效解剖, 那么开关电源变压器测试的部分就不再赘述, 但依然用 EE13-5+5 开关电源变压器的例子, 见图 1。



L1-3=3mH (100K 0.3V)

L. L=34.21uH (100K 0.3V)

EE13-5+5 (立) 开关变压器测试参数

图 1 EE13-5+5 的测试参数

1、解剖开关电源变压器的 5 个注意点:

1.1、点清楚每组变压器的匝数: 变压器骨架一个通体旋转为一匝, 可以记为“1T”;

1.2、印证测试时开关电源变压器的同名端: 根据解剖时候的变压器绕线起末位置;

1.3、看清楚变压器的端空外置、胶带层数: 端空决定开关电源变压器的安规要求, 需要接实记录, 胶带层数每层胶带耐压可以记为 500V, 如果中间报了 3 层, 即是要求

两绕组耐压为 $500V \times 3 = 1500V$;

1.4、确认变压器的绕组关系: 最先拆解的绕组肯定是最后一层, 最后拆解的绕组肯定是先绕的, 一般记为“N1”;

1.5、用螺旋测微器测试出每组绕组的线径: 当然也可以用游标卡尺, 用不低于 0.02 精度的游标卡尺, 现在市面上有很多带数显读数的卡尺使用非常方便, 缺点就是数显的容易坏。

2、破坏磁芯

要解剖开关电源变压器, 首先要把磁芯给拆掉。(注意: 本文的前提是已经把开关电源变压器的性能参数测试完毕了。)具体方法是, 把变压器放入烘箱 (100°C) 烘半个小时, 目的是融化变压器磁芯上面的凡立水, 等变压器凡立水逐渐融化后, 把变压器拿出烘箱, 用钳子很容易就能把开关电源变压器上面的磁芯取下来了, 然后我们就来解剖这个变压器剩下的线包。(见图 2) 当然有些小型的开关变

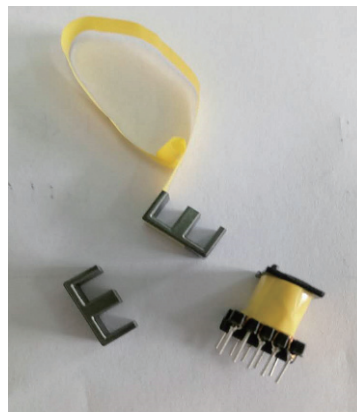


图 2

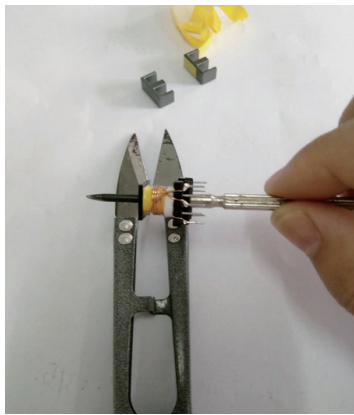


图 3

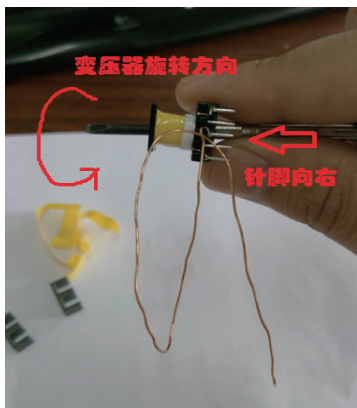


图 4

压器，磁芯比较单薄，那我们也可以直接用斜口钳把磁芯弄碎，只是要注意不要伤及骨架，特别是有漆包引线的针脚，那样对我们后面的解剖很不方便。

3、我们拉开开关电源变压器的外包胶带，（注意外层包了几层胶带）见图 2，变压器的倒数第一层绕组就展现在眼前了。用小剪刀剪断在我们眼前绕组尾部绕线端，见图 2，即 10 脚为尾部，开始拆圈、计数，拆解完毕，发现倒数第一层为 5 圈，注意变压器的针脚向右，必须一直保持，（见图 3）否则同名端方向就会发生错误，同时注意转动方向（见图 4）。一直到拆到头，发现一共为 5 圈，起线在 8 脚，那么根据原先的检测图，见图 1，我们就默认为 8 脚为起始端，而 10 脚为收尾端。

4、线径用螺旋测微器或者卡尺量好，注意量具量出来的漆包线线径，我们在记录时应根据线径的大小，适当的扣去 0.05-0.1，做为漆包线的漆包层，如倒数第一层量出的线径为 $\phi 0.055$ ，那我们则记录为 $\phi 0.5$ ，当然，这当中会多少出现误差，如果需要准确一点的话，可以量下拆下

来的漆包线拉直，测量其长度，见图 5，长度约为 170mm，根据铜阻率公式 $R=0.0176 \cdot L/S$ （L 单位是米，S 单位平方毫米）来计算，具体计算如下。

$$S=3.14 \cdot 0.25 \cdot 0.25=0.19625\text{mm}^2$$

则 $R=0.0176 \cdot 0.17/0.19625=0.0152\Omega$ ，略大于 8-10 的电阻，考虑电阻测试时的误差，0.5 基本符合要求。

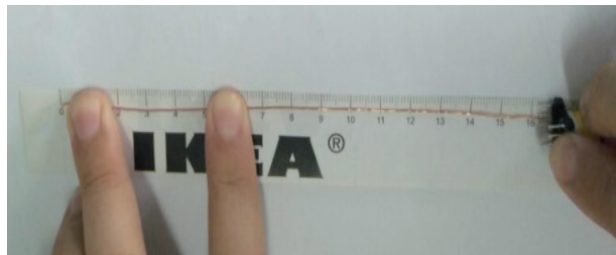


图 5 最后一层漆包线拉直长度

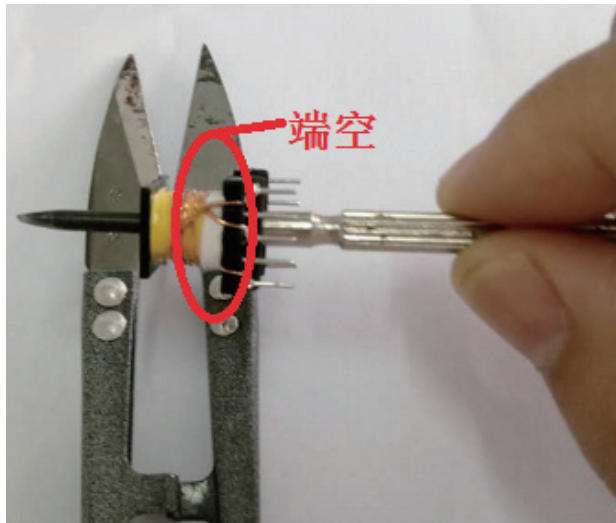


图 6 变压器的端空（挡墙）

5、解剖的同时，及时记录变压器上是否加了端空，见图 6，同时将以上的数据按照下表格记录好，见图 7。

6、依次把变压器解剖完毕，见图 8。

7、根据实际，我们将表格略微修改，倒数第四层是变压器生产绕线的第一层，而倒数第一层，是变压器绕线的最后一层，我们的数据是为生产服务，所以这个顺序要倒过来，方便使用，见图 9。

是变压器先绕线再包胶带

	胶带层数	起始脚*	结束脚	圈数	线径	是否有端空
倒数第一层	3	8	10	5	0.5	是

图 7 变压器倒数第一层数据记录

顺序	胶带层数	起始脚*	结束脚	圈数	线径	是否有端空
倒数第一层	3	8	10	5	0.5	是
倒数第二层	6	5	6	10	0.33	是
倒数第三层	0	4	5	5	0.33	否
倒数第四层	3	1	3	90	0.1	否

图 8 变压器全部数据记录

顺序	起始脚*	结束脚	圈数	线径	胶带层数	是否有端空
N1	1	3	90	0.1	3	否
N2	4	5	5	0.33	0	否
N3	5	6	10	0.33	6	是
N4	8	10	5	0.5	3	是

图 9 修改后的变压器数据表

8、根据上图包胶带的层数，N1\N2\N3 和 N4 之间有 6 层胶带，一定是需要电气隔离，6 层胶带，耐压应该为 3KV 左右，N1 和 N2 之间 3 层胶带，耐压 1500V 即口，N2 和 N3 之间不需要耐压，因为本身就是个抽头绕法，不需要耐压是正确的。

9、根据图 9 的数据表，补充完善绕线图，见图 10：

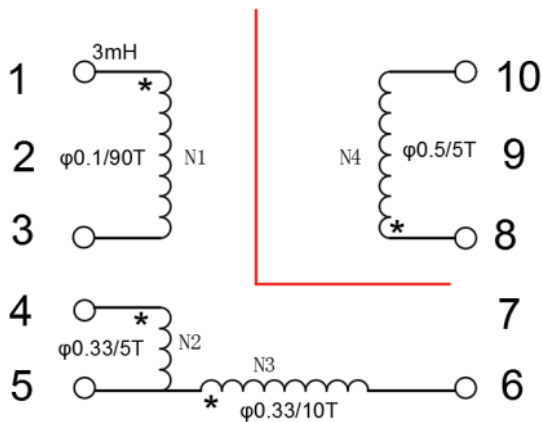


图 10 变压器绕线图，红线为电气隔离，说明他们之间必须要打耐压

10、验证，根据电感量和圈数的平方成正比，即 $AL=L1/N1^2=L2/N2^2=Ln/Nn^2$ ，（AL 为磁芯的电感系数，每副磁芯的电感系数一定，L1 是 N1 绕组的电感量，N1² 为 N1 绕组匝数的平方，L2 是 N2 绕组的电感量，N2² 为 N2 绕组匝数的平方，Ln 是 Nn 绕组的电感量，Nn² 为 Nn 绕组匝数的平方。）来检测每个绕组的圈数是否正确，例如：N1 和 N2 相互印证，N1 : 3mH, 90T, N2 : 10.29uH, 据

此推算 N2 圈数是否正确。N2=√(90*90*10.29/3000)=5.27T ≈ 5T，正确。其余几组都按照这个方法验证。

11、解剖过程中的注意点：

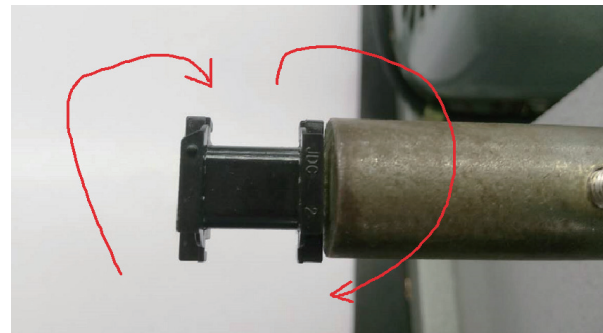
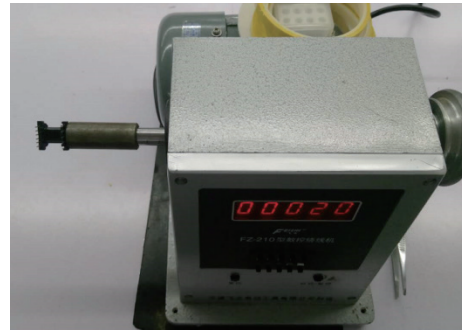


图 11 绕线机绕制变压器，中途正反转，导致拆解变压器同名端出错

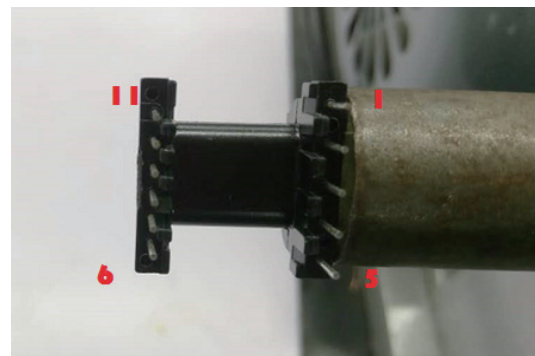
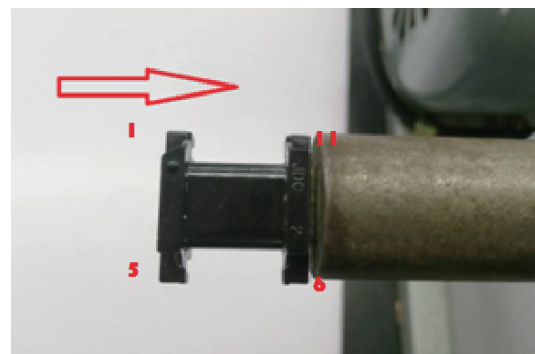


图 12 卧式骨架中途两边插入绕线机，导致拆解变压器同名端出错

在解剖变压器圈数的过程当中一定要注意变压器的旋转方向,如图 11,因为有的变压器厂家,由于某种工艺原因,会在绕变压器的时候中途将绕线机绕向变反,还有更大的一种可能性,有些厂家使用卧式骨架绕线时,由于他们的工艺原因,喜欢换边绕,(见图 12)这样我们解剖时,会发现变压器的旋转方向会反掉,那么同名端的始末端要掉个个,否则就会发生错误。如果解剖人员没有注意变压器的旋转方向已经变掉,而解剖前的测试也没有测试同名端,那么变压器肯定就要做错了,这个作者亲身经历过,一个不留神就会犯错。

这就是为什么要记清楚变压器旋转拆线的重要原因,如图 4,本来变压器拆线时是像自己方向转动,突然拆到某道线时,手中变压器向反方向转动时,那就要注意了,解决方法是,这道线是起始段改为收末端,这道线的收末端改成起始端。

本文讲述的是如何手工拆解开关电源变压器,当然现在有很多仪器可以测试同名端等功能,但多少都有限制,不如手测来得准确,只是手测的相对较慢。希望这篇文章对大家有所启发。

上接 143 页

- [8] Dianbo Fu, Fred C Lee, Wang S. Investigation on transformer design of high frequency high efficiency DC-DC converters[C]. Proceedings of IEEE Applied Power Electronics Conference & Exposition, 2010: 940-947.
- [9] Wong P L, Xu P, Yang B, et al. Performance improvements of interleaving VRMs with coupling inductors[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2001, 16(4): 499-507.
- [10] 冯阳. 适用于 DC-DC 模块电源的 IM-FAC 变换器[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2006.
- [11] 陈为, 卢增艺. 磁集成有源箝位正激变换器小信号建模分析[J]. 电工电能新技术, 2011, 30(2): 13-17. Chen Wei, Lu Zengyi. Small signal modeling

of active clamp forward converter with magnetic integration[J]. Advanced Technology of Electrical Engineering and Energy, 2011, 30(2): 13-17.

作者简介

卢增艺 男, 1979 年生, 博士, 研究方向为高功率磁元件设计技术、电力电子磁集成技术和电磁兼容技术。

陈为 男, 1958 年生, 教授, 博士生导师, 研究方向为电力电子功率变换、高频磁技术、电磁兼容诊断与滤波器、电磁场分析与应用和电磁检测等。(通信作者)