

三层挤包绝缘线性能特点

Performance characteristics of three layer extrusion insulated wire

李红兵, 张文灵

大比特(香港)资讯出版有限公司, 广州, 510660

摘要: 三层绝缘线是近几年提出的新品种, 主要用于高频电子变压器。文章综述了三层绝缘线的结构和性能特点。

关键词: 三层绝缘线, 挤包, 性能, 特点

1 引言

漆包线种类中三层挤包绝缘线是近几年提出的新品种, 主要用于高频电子变压器, 实现电子元器件的短小轻薄化。文章综述了三层绝缘线的结构、性能特点, 使用注意事项。

2 三层绝缘线概述

漆包线种类中三层挤包绝缘线, 称三层绝缘线, 亦称三重绝缘线, 它是近年来国际上新开发的一种高性能绝缘导线。这种导线有三个绝缘层, 中间是芯线, 导体 99.99% 铜。第一层绝缘 PET, 挤包于铜导体之外, 是呈金黄色的聚酯薄膜, 国外称之为“黄金薄膜”, 其厚度为几个微米, 却可承受 1kV 的脉冲高压; 第二层绝缘 PET, 挤包于第一层绝缘层之外, 为高绝缘性的喷漆涂层; 第三层(最外层)绝缘 PA, 挤包于第二层绝缘层之外, 是透明的聚酰胺(俗称尼龙), 尼龙改性玻璃纤维层。绝缘层的总厚度仅为 20~100 μm 。

三层绝缘线适用于尖端技术、国防领域, 制作微型电机绕组、小型化开关电源的高频变压器绕组。其优点是绝缘强度高(任何两层之间均可承认交流 3000V 的安全电压), 不需要加阻挡层以保证安全边距, 也不用在级间绕绝缘胶带层; 电流密度大。用它绕制的高频变压器, 比用漆包线绕制的体积可减小一半。三层绝缘线的质地坚韧, 需加温到 200~300 $^{\circ}\text{C}$ 才能变软, 进行绕制。绕制完毕, 遇冷后线圈即可自动成型。

3 三层绝缘线结构特点

三层绝缘线的结构分为三种: 标准型、自粘接型、绞合线型, 结构如图 1、图 2、图 3 所示。

(1) 标准型

图 1 为标准型三层绝缘线结构。其绝缘层材料可选软钎焊的聚酯类耐热树脂和聚酰胺类树脂构成, 具有良好的电气性能。

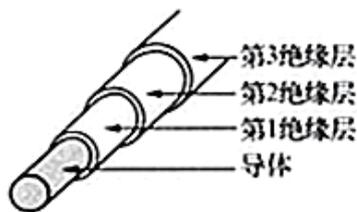


图 1 标准型三层绝缘线

(2) 自粘接型

图 2 为自粘接型三层绝缘线结构, 它是在标准型的外侧附加了自粘着层, 以适用于无线圈骨架的线圈。

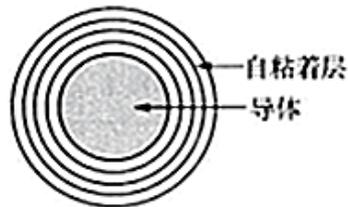


图 2 自粘接型三层绝缘线

(3) 绞合线型

图3为绞合线型三层绝缘线结构，其导线采用了多股绞合线，外侧具有三层绝缘层，以适用于高频领域。

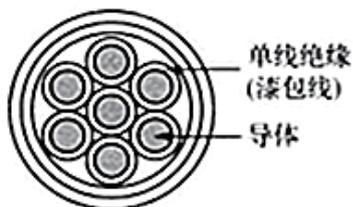


图3 绞合线型三层绝缘线

三层绝缘线特别适合于绕制小型化、高效率开关电源中的高频变压器。以高频变压器为例，由于省去了层间绝缘带，也不必加阻挡层，因此它要比用漆包线绕制传统变压器的体积减小1/2，而重量大约减小2/3，可大大节省材料和加工费用。两种高频变压器的结构比较情况如图4所示。

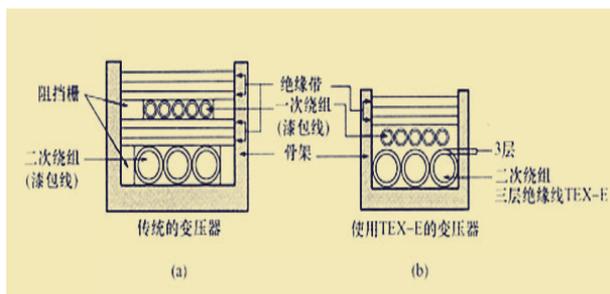


图4 两种高频变压器的结构比较
(a) 用漆包线绕制；(b) 用三层绝缘线绕制

鉴于三层绝缘线的价格昂贵，因此它特别适合于绕制小型化开关电源的高频变压器二次绕组，而一次绕组和反馈绕组仍采用普通漆包线绕制。

三层绝缘线产品必须通过国际权威机构的安全性认证，例如UI、CSA、BSI、NEMKO、VDE等认证。所使用的安全标准主要有IEC 60950、UL 1950、CSA C22.2No.950-95、EN60950A3A4、HD195S6。

4 三层绝缘线性能特点

挤包绝缘线是近几年提出的新品种，目前主要是用于

高频电子变压器。高频电子变压器的最大特点就是高频化，从变压器的工作原理看，提高工作频率可以减少变压器的体积和重量，也就是实现短小轻薄化，从而提高单位体积(或重量)传输功率，也就是高功率密度。随着高频电子变压器整体结构的发展，线圈结构的主要发展是平面线圈、片式线圈和薄膜线圈，其中又包括多层结构、立体结构的高频变压器线圈采用三层挤包绝缘线圈。提高了允许温升，缩小了线圈体积。最典型的例子是手机的充电器。

挤包绝缘线的绝缘层和漆包涂层的树脂结构不同，而且挤包的绝缘层一般较厚，因此挤包绝缘线有其独特的性能。

最早是由日本古河公司研制成功的，牌号TEX-E，其结构底层是聚氨酯漆包线或可焊性聚酯亚胺漆包线，中间层称为耐热树脂，外层为聚酰胺树脂，线规范围为 $\Phi 0.20 \sim 1.00\text{mm}$ ，漆绝缘厚度为双面0.2mm，厚度公差10%，该线具有2万伏的击穿电压，1万伏1分钟的耐压试验，火花实验为3000V/0.15秒，水中耐压为500V/1分钟，绝缘电阻 $1\text{M}\Omega\cdot\text{km}$ 以上，耐软化击穿 240°C 以上，耐刮60次以上。TEX-E线在 420°C 以下具有直焊性。后来又发展TEX-F挤包绝缘线，采用着ETFE(聚四氟乙烯—乙烯共聚物)树脂。

美国Phelps Dodge公司和其他公司相继开发了其他绝缘结构的三层挤出线，如采用聚醚酰亚胺树脂、聚芳砜树脂、聚芳醚酮树脂、聚四氟乙烯—六氟丙烯共聚物等，采用不同的绝缘材料有其不同的特性，也可适用于不同要求的场合。这种线必定通过UL认可方可使用。

国内三层绝缘线也已有多家企业在开发研究生产，台湾已有企业大量生产。目前国内仍有很大部分进口。

目前国内发展三层挤包绝缘线的关键在精密挤包技术与设备，材料主要依旧进口，三层共挤设备，尤其是薄层挤出设备，以及工艺研究都是处于研发阶段。所以应加快材料工艺、设备的研制步伐，以满足挤出绝缘线发展的需要。

三层绝缘线主要特性：

- (1) 耐热温度等级： 130°C 、 155°C 、 180°C 、 200°C 。
- (2) 耐电压性能良好，无针孔现象。
- (3) 高频损耗小。
- (4) 可不剥除绝缘层直接焊锡。
- (5) 可用高速绕线机进行高速绕线。

三层绝缘线广泛应用于长期工作温度在 130°C 以下的

高频变压器，电感绕组。

5 三层绝缘线使用注意事项

(1) 存放及使用环境

三层绝缘线存放条件是环境温度为 $-25\sim 300^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 $5\%\sim 75\%$ ，保存期为一年。禁止在高温、高湿度、日光直射、粉尘环境下存放三层绝缘线。对超过保管期的三层绝缘线，必须重新做绝缘击穿电压、耐压、可绕性试验，方可使用。

(2) 绕线时的注意事项

①三层绝缘线是靠被膜来强化绝缘的。若被膜因受机械应力或热应力而发生严重变形、受损伤时，安全性标准就无法保证。

②变压器骨架上不得有毛刺，接触导线的拐角部分要圆滑（形成倒角）。出线嘴的内径应为导线外径的 $2\sim 3$ 倍。

③切断的导线末端十分锐利，不要贴近导线被膜。

(3) 剥离被膜的方法

剥离被膜时需采用三层绝缘线剥膜机、可调式剥膜机等专用设备。其特点是一边熔化被膜，一边进行剥离工作，因此不会损伤导线。如果使用普通的电线剥膜机来剥除绝缘被膜，导线有可能被拉细甚至被拉断。

(4) 焊接装置

焊接三层绝缘线的装置有两种。一种是静止式软钎料槽，适于焊接 $\Phi 0.40\text{mm}$ 以下的三层绝缘线。软钎焊时在软钎料槽中水平移动并震动线圈骨架（如图 5 所示），就能在短时间内完成焊接工作。

为防止在软钎料槽中长时间浸渍而将被膜熔化，亦可采用重复 $2\sim 3$ 次焊接的方法。另一种焊接装置是带风冷的喷射式软钎料槽，能同时进行多个线圈骨架的焊接，适合大批量生产。

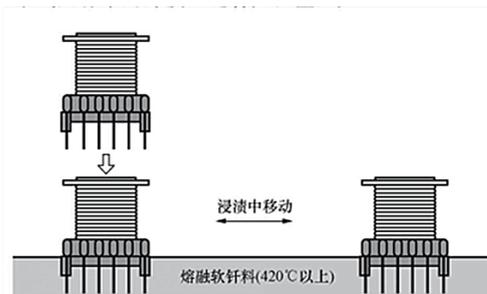


图 5 使用静止式软钎料槽焊接三层绝缘线

6 结束语

三层绝缘线它有三层绝缘，可以达到安规中规定的双层保护，还和工艺上对它的耐温都符合 UL 及 TUV 的加强绝缘要求。绕制线圈时无需在线圈层面加入绝缘隔离层和屏蔽层，可以缩小变压器的体积，减轻变压器的重量，降低生产成本，提高生产效率，三层绝缘线是实现变压器小型化、高效率的新型材料。

参考文献

- [1] 各种漆包线的性能介绍 . <https://wenku.baidu.com/view/12f72118c5da50e2524d7fa2.html?re=view>
- [2] 关于三层绝缘线的一些知识 . <http://wen.baidu.com/view/4f40f8a30029bd64783e2c96.html>
- [3] 三层绝缘电线 . <http://www.totoku-sz.com/古河电工三层绝缘线.html>
- [4] 三层绝缘线性能特点 . NEWind 三层绝缘线介绍 . http://www.testmart.cn/Home/News/data_detail/id/13843.205.html