

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102983656 A

(43) 申请公布日 2013. 03. 20

(21) 申请号 201210159378. 7

(22) 申请日 2012. 05. 21

(71) 申请人 上海同立电工材料有限公司

地址 201605 上海市松江区新浜工业园胡工
路 378 号

(72) 发明人 李雪 倪永庆 白双建

(74) 专利代理机构 上海精晟知识产权代理有限
公司 31253

代理人 何新平

(51) Int. Cl.

H02K 3/40(2006. 01)

H02K 3/34(2006. 01)

C09J 163/02(2006. 01)

C09J 11/06(2006. 01)

B32B 19/02(2006. 01)

B32B 27/36(2006. 01)

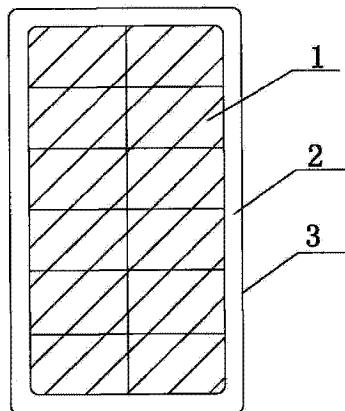
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种 10kV 级高压电机的绝缘结构及其制造
方法

(57) 摘要

本发明公开了一种 10kV 级高压电机的绝缘
结构及其制造方法，包括含有导线绝缘层的电磁
线圈、绕制于电磁线圈上的主绝缘层，上述电磁线
圈上导线绝缘层和主绝缘层的空隙中含有的环氧
酸酐型浸渍树脂固化物。本发明的优势在于，导线
绝缘层和主绝缘层的绝缘强度都有较大提升，而
其绝缘厚度却明显减薄。



1. 一种 10kV 级高压电机的绝缘结构, 其特征在于, 包括含有导线绝缘层的电磁线圈、绕制于电磁线圈上的主绝缘层, 上述电磁线圈上的导线绝缘层和主绝缘层的空隙中含有的环氧酸酐型浸渍树脂固化物; 所述电磁线圈由绕组铜扁线绕制若干圈而形成; 所述绕组铜扁线含有导线绝缘层, 导线绝缘层是由厚度为 $0.070 \pm 0.005\text{mm}$ 的聚酯薄膜少胶粉云母带平包若干层, 形成具有双边绝缘厚度为 $0.48\text{mm} \sim 0.52\text{mm}$ 的绝缘层; 所述的在绕组铜扁线上绕包使用的聚酯薄膜少胶粉云母带的厚度为 $0.070 \pm 0.005\text{mm}$, 其中包含聚酯薄膜、粉云母纸和胶粘剂; 所述的主绝缘层是由聚酯薄膜少胶粉云母带采用 50% 叠包的方式叠包若干层所形成的, 厚度为 $1.2\text{mm} \sim 2.0\text{mm}$ 的绝缘层; 所述的主绝缘层中使用的聚酯薄膜少胶粉云母带的厚度为 $0.09 \pm 0.01\text{mm}$, 其中包含聚酯薄膜、粉云母纸和胶粘剂。

2. 如权利要求 1 所述的一种 10kV 级高压电机的绝缘结构, 其特征在于, 所述的在绕组铜扁线上绕包使用的聚酯薄膜少胶粉云母带中的聚酯薄膜是厚度为 $0.030 \pm 0.003\text{mm}$ 、单位面积重量为 $42 \pm 5\text{g}$ 、由聚对苯二甲酸乙二醇酯制得的电气绝缘用聚酯薄膜。

3. 如权利要求 1 所述的一种 10kV 级高压电机的绝缘结构, 其特征在于, 所述的在绕组铜扁线上绕包使用的聚酯薄膜少胶粉云母带中的粉云母纸为单位面积重量为 $58 \pm 10\text{g}$ 的非煅烧型白粉云母纸。

4. 如权利要求 1 所述的一种 10kV 级高压电机的绝缘结构, 其特征在于, 所述的在绕组铜扁线上绕包使用的聚酯薄膜少胶粉云母带中的胶粘剂为至少含有双酚 A 型环氧树脂和有机酸锌盐化合物的胶粘剂, 胶粘剂的含量为所述云母带总重量的 2%~12%。

5. 如权利要求 1 所述的一种 10kV 级高压电机的绝缘结构, 其特征在于, 所述的主绝缘层中使用的聚酯薄膜少胶粉云母带中的聚酯薄膜为厚度为 $0.030 \pm 0.003\text{mm}$ 、单位面积重量为 $42 \pm 5\text{g}$ 、由聚对苯二甲酸乙二醇酯制得的电气绝缘用聚酯薄膜。

6. 如权利要求 1 所述的一种 10kV 级高压电机的绝缘结构, 其特征在于, 所述的主绝缘层中使用的聚酯薄膜少胶粉云母带中的粉云母纸为单位面积重量为 $88 \pm 10\text{g}$ 的非煅烧型白粉云母纸。

7. 如权利要求 1 所述的一种 10kV 级高压电机的绝缘结构, 其特征在于, 所述的主绝缘层中使用的聚酯薄膜少胶粉云母带中的胶粘剂为至少含有双酚 A 型环氧树脂和有机酸锌盐化合物的胶粘剂, 胶粘剂的含量为所述云母带总重量的 2%~12%。

8. 如权利要求 1 所述的一种 10kV 级高压电机的绝缘结构, 其特征在于, 所述的电磁线圈上的导线绝缘层和主绝缘层的空隙中含有的环氧酸酐型浸渍树脂固化物, 是在线圈经过真空压力浸渍方式浸渍环氧酸酐型浸渍树脂, 使电磁线圈的导线绝缘层、主绝缘层中的微小空隙均被填充饱满该种树脂, 并通过加热烘焙固化得到的树脂固化物。

9. 一种 10kV 级高压电机的绝缘结构制造方法, 其特征在于, 包括如下步骤:

a. 使用具有厚度为 $0.070 \pm 0.005\text{mm}$ 的聚酯薄膜少胶粉云母带平包若干层, 形成具有双边绝缘厚度为 $0.48\text{mm} \sim 0.52\text{mm}$ 的导线绝缘层的绕组铜扁线作为材料绕制电磁线圈;

其中, 绕组铜扁线中使用的聚酯薄膜粉云母带包含聚酯薄膜、粉云母纸和胶粘剂:

聚酯薄膜: 厚度为 $0.030 \pm 0.003\text{mm}$ 、单位面积重量为 $42 \pm 5\text{g}$ 、由聚对苯二甲酸乙二醇酯制得的电气绝缘用聚酯薄膜;

粉云母纸: 单位面积重量为 $58 \pm 10\text{g}$ 的非煅烧型白粉云母纸;

胶粘剂: 含量占该云母带总重量的 2%~12% 的, 至少含有双酚 A 型环氧树脂和有机酸锌

盐化合物的胶粘剂；

b. 在使用上述绕组铜扁线经过绕线、涨型整型等步骤形成定子线圈后，在电磁线圈上50%叠包若干层厚度为 $0.09\pm0.01\text{mm}$ 的聚酯薄膜粉云母带、形成绝缘厚度为 $1.2\text{mm}\sim2.0\text{mm}$ 的绝缘层，以此作为主绝缘层；

其中，主绝缘层中使用的聚酯薄膜少胶粉云母带含有聚酯薄膜、云母纸和胶粘剂；

聚酯薄膜：厚度为 $0.030\pm0.003\text{mm}$ 、单位面积重量为 $42\pm5\text{g}$ 、由聚对苯二甲酸乙二醇酯制得的电气绝缘用聚酯薄膜；

粉云母纸：单位面积重量为 $88\pm10\text{g}$ 的非煅烧型白粉云母纸；

胶粘剂：含量占该云母带总重量的 $2\%\sim12\%$ 的，至少含有双酚A型环氧树脂和有机酸锌盐化合物的胶粘剂；

c. 将经过c步骤后的电磁线圈装配到定子铁心中，经过固定、接线绑扎后形成电机的定子绕组；

d. 将c步骤中的定子绕组使用环氧酸酐型浸渍树脂进行真空压力浸渍处理，使绕组各个线圈的绝缘层中填充满上述浸渍树脂，然后将定子绕组在烘炉中加热烘培固化，使绝缘层中的树脂与绝缘层中的云母带共同构成的绝缘结构固化粘结为一个整体，形成具有绝缘效果的电机定子绕组。

一种 10kV 级高压电机的绝缘结构及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及额定电压为 10kV 级(含额定电压为 10.0kV、10.5kV) 的 F 级减薄绝缘的高压电机绝缘制造领域, 具体涉及一种 10kV 级(含额定电压为 10.0kV、10.5kV) 的减薄绝缘高压电机上使用的绝缘结构及这种绝缘结构的制造方法。

背景技术

[0002] 电机的产生虽有百余年历史, 但工作原理和基本结构一直未有显著变化, 制造技术的进步和发展主要体现在冷却系统和绝缘技术两方面, 而电机运行寿命的主要影响因素之一是电机绝缘, 毫不夸张地说, 绝缘即是电机的“心脏”。

[0003] 在目前 F 级中型高压电机绝缘的制造领域, 真空压力浸渍技术(即“VPI”技术)是目前公认的应用最广泛、技术最先进的绝缘制造技术。在国内, 自二十余年前就已经开始应用“中胶整浸 VPI”的技术路线作为电机绝缘制造和绝缘处理的主要技术, 近十年来, 由于技术的不断发展进步, 国外较为先进的“少胶整浸 VPI”技术也在国内越来越广泛的使用。目前国内在该领域的工业制造方法上, 基本上是以上两种技术路线并存的局面。

[0004] 但是, 在国内厂家, 无论是已经成熟应用的“中胶整浸 VPI”, 还是正在逐步推广的“少胶整浸 VPI”技术, 都由于存在着诸多缺点: 比如电机绝缘的绝缘强度较低、绝缘厚度较厚、电机运行温升高、产品使用和运行寿命短等。这主要是由于 VPI 技术中所使用的绝缘材料技术水平普遍不高而造成的, 而且, 由于电机制造企业过分注重绝缘材料的低廉价格和操作工艺性, 从而忽视了通过绝缘材料及绝缘技术水平的提升达到产品质量提高、产品生产所用材料消耗减少的发展理念。所以, 为了保证高压电机的可靠运行寿命, 电机设计人员和电机绝缘工程师大多均遵循增加绝缘厚度和绝缘材料的使用量以保证电机绝缘质量的思路设计和生产高压电机产品, 这样做虽然在表面上看似乎节约了绝缘材料的成本(使用价格低廉、性能不高的绝缘材料), 但是由于绝缘厚度厚, 相应的电机设计尺寸和其他钢铁、铜导体材料用量也增加很多, 使电机的总体材料制造一直偏高、电机尺寸偏大、功率低、出力小、整个电机的外形尺寸很大, 给人一种傻大黑粗的感觉。

[0005] 如前所述, 在电机制造和电机绝缘技术的发展历程中, 自始至终的核心命题即是: 如何在满足电机运行对绝缘的要求下, 设计和使用厚度更薄的绝缘结构和绝缘材料。所以, 电机绝缘技术的水平进而涉及到电机的技术水平最直观的指标即是绝缘厚度。

[0006] 目前国内在使用“中胶整浸 VPI”和“少胶整浸 VPI”技术生产 10kV 级高压电机的企业, 以绝缘厚度判断, 技术水平大概分为三个档次: 第一类企业, 数量众多, 其绝缘技术属于大众水平, 大多数使用“中胶整浸 VPI”绝缘技术(少数使用“少胶整浸 VPI”技术), 该类电机制造企业生产的 10kV 级(含额定电压为 10.0kV、10.5kV) 高压电机, 其匝间绝缘厚度均在 0.70mm 以上, 主绝缘厚度在 2.6~3.0mm 左右; 第二类企业, 随着绝缘技术的进步, 数量正在逐步增多, 其技术水平发展相对较高、建成投产时间较晚并利用后发优势应用了部分先进的绝缘材料和技术, 一般使用“少胶整浸 VPI”技术, 其 10kV 级(含额定电压为 10.0kV、10.5kV) 高压电机的绝缘厚度在 0.70mm 左右(匝间绝缘) 和 2.1~2.5mm (主绝缘) 的水

平;第三类企业,数量极少,属于行业技术领先企业(目前国内仅有1~2家),该企业生产的10kV级高压电机(使用“少胶整浸VPI”技术),绝缘厚度为0.56mm(匝间绝缘)和2.08mm(主绝缘),是目前国内生产的此电压等级的高压电机中最薄的。但是,由于该生产绝缘结构的质量稳定性和绝缘裕度仍有不尽如人意之处,故该厂生产的此种薄绝缘结构的10kV级高压电机产量较小,一直未成为该厂在该电压等级产品中的主力。

[0007] 在国内专利检索发现有一名称为“适用于高压电机的减薄绝缘结构及绝缘处理方法”、专利申请号为201010214455.5的文献报道,该文献中谈到使用自粘性双玻云母绕包线SBEFB-70/155-2N(匝间双边绝缘厚度为0.7mm)、在对地绝缘层使用聚酯薄膜补强少胶粉云母带,绕包8层,形成理论绝缘厚度为2.08mm的绝缘层,经环氧酸酐体系浸渍树脂VPI处理,烘焙固化,试验线圈的击穿电压在82kV~88kV之间(此种绝缘结构对地绝缘层中使用的云母带按照该文献的描述应为厚度为0.13mm的少胶粉云母带);该专利中提到的上述线圈根据原机械工业部JB/T50133-1999标准要求进行判定,结果为合格,且远超过该标准中要求10kV级高压电机的绝缘击穿电压的合格标准(70kV),但是,该绝缘使用的仍是绝缘层厚度为0.70mm的绕组铜扁线,其导线绝缘厚度明显偏厚。

发明内容

[0008] 针对上述提到的现有技术中存在的问题,本发明的目的是:提出一种10kV级(含额定电压为10.0kV、10.5kV)的高压电机绝缘结构及制造方法,以改变我国高压电机的普遍落后形象,其主要是通过提升绝缘材料的绝缘水平,减薄单项材料的厚度尺寸,从而使绝缘结构的电气强度显著提升,绝缘的总厚度大幅减小,并达到电机的优化设计和高质量生产、缩小电机体积和尺寸、节省生产用材、相近尺寸的电机功率输出提升、相同容量的电机缩小电机尺寸的效果。

[0009] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:

[0010] 一种10kV级高压电机的绝缘结构,包括含有导线绝缘层的电磁线圈、绕制于电磁线圈上的主绝缘层,上述电磁线圈上的导线绝缘层和主绝缘层的空隙中含有的环氧酸酐型浸渍树脂固化物。

[0011] 所述电磁线圈由绕组铜扁线根据设计要求绕制若干圈而形成。

[0012] 所述绕组铜扁线含有导线绝缘层,导线绝缘层是由厚度为0.070±0.005mm的聚酯薄膜少胶粉云母带平包若干层,形成具有双边绝缘厚度为0.48mm~0.52mm的绝缘层。

[0013] 所述的在绕组铜扁线上绕包使用的聚酯薄膜少胶粉云母带的厚度为0.070±0.005mm,其中包含聚酯薄膜、粉云母纸和胶粘剂。

[0014] 所述的在绕组铜扁线上绕包使用的聚酯薄膜少胶粉云母带中的聚酯薄膜是厚度为0.030±0.003mm、单位面积重量为42±5g、由聚对苯二甲酸乙二醇酯制得的电气绝缘用聚酯薄膜。

[0015] 所述的在绕组铜扁线上绕包使用的聚酯薄膜少胶粉云母带中的粉云母纸为单位面积重量为58±10g的非煅烧型白粉云母纸。

[0016] 所述的在绕组铜扁线上绕包使用的聚酯薄膜少胶粉云母带中的胶粘剂为至少含有双酚A型环氧树脂和有机酸锌盐化合物的胶粘剂,胶粘剂的含量为所述云母带总重量的2%~12%。

[0017] 所述的主绝缘层是由聚酯薄膜少胶粉云母带采用 50% 叠包的方式叠包若干层所形成的,厚度为 1.2mm~2.0mm 的绝缘层。

[0018] 所述的主绝缘层中使用的聚酯薄膜少胶粉云母带的厚度为 0.09±0.01mm,其中包含聚酯薄膜、粉云母纸和胶粘剂。

[0019] 所述的主绝缘层中使用的聚酯薄膜少胶粉云母带中的聚酯薄膜为厚度为 0.030±0.003mm、单位面积重量为 42±5g、由聚对苯二甲酸乙二醇酯制得的电气绝缘用聚酯薄膜。

[0020] 所述的主绝缘层中使用的聚酯薄膜少胶粉云母带中的粉云母纸为单位面积重量为 88±10g 的非煅烧型白粉云母纸。

[0021] 所述的主绝缘层中使用的聚酯薄膜少胶粉云母带中的胶粘剂为至少含有双酚 A 型环氧树脂和有机酸锌盐化合物的胶粘剂,胶粘剂的含量为所述云母带总重量的 2%~12%。

[0022] 所述的电磁线圈上的导线绝缘层和主绝缘层的空隙中含有的环氧酸酐型浸渍树脂固化物,是在线圈经过真空压力浸渍方式浸渍环氧酸酐型浸渍树脂,使电磁线圈的导线绝缘层、主绝缘层中的微小空隙均被填充饱满该种树脂,并通过加热烘焙固化得到的树脂固化物。

[0023] 上述的环氧酸酐型浸渍树脂是主要组分为两种:一种是环氧值 ≥ 0.56 当量 /100g 的双酚 A 型环氧树脂,另一种是甲基六氢邻苯二甲酸酐,以上两种组分占浸渍树脂总重量的 80~90%。

[0024] 本发明的另一个技术方案是提供里一种 10kV 级高压电机的绝缘结构制造方法,包括如下步骤:

[0025] a. 使用具有厚度为 0.070±0.005mm 的聚酯薄膜少胶粉云母带平包若干层,形成具有双边绝缘厚度为 0.48mm~0.52mm 的导线绝缘层的绕组铜扁线作为材料绕制电磁线圈。

[0026] 其中,绕组铜扁线中使用的聚酯薄膜粉云母带包含聚酯薄膜、粉云母纸和胶粘剂:

[0027] 1. 聚酯薄膜:厚度为 0.030±0.003mm、单位面积重量为 42±5g、由聚对苯二甲酸乙二醇酯制得的电气绝缘用聚酯薄膜;2. 粉云母纸:单位面积重量为 58±10g 的非煅烧型白粉云母纸;3. 胶粘剂:含量占该云母带总重量的 2%~12% 的,至少含有双酚 A 型环氧树脂和有机酸锌盐化合物的胶粘剂。

[0028] b. 在使用上述绕组铜扁线经过绕线、涨型整型等步骤形成定子线圈后,在电磁线圈上 50% 叠包若干层厚度为 0.09±0.01mm 的聚酯薄膜粉云母带、形成绝缘厚度为 1.2mm~2.0mm 的绝缘层,以此作为主绝缘层。

[0029] 其中,主绝缘层中使用的聚酯薄膜少胶粉云母带含有聚酯薄膜、云母纸和胶粘剂:

[0030] 1. 聚酯薄膜:厚度为 0.030±0.003mm、单位面积重量为 42±5g、由聚对苯二甲酸乙二醇酯制得的电气绝缘用聚酯薄膜;2. 粉云母纸:单位面积重量为 88±10g 的非煅烧型白粉云母纸;3. 胶粘剂:含量占该云母带总重量的 2%~12% 的,至少含有双酚 A 型环氧树脂和有机酸锌盐化合物的胶粘剂。

[0031] c. 将经过 c 步骤后的电磁线圈装配到定子铁心中,经过固定、接线绑扎后形成电机的定子绕组。

[0032] d. 将 c 步骤中的定子绕组使用环氧酸酐型浸渍树脂进行真空压力浸渍处理, 使绕组各个线圈的绝缘层中填充满上述浸渍树脂, 然后将定子绕组在烘炉中加热烘培固化, 使绝缘层中的树脂与绝缘层中的云母带共同构成的绝缘结构固化粘结为一个整体, 形成具有绝缘效果的电机定子绕组。

[0033] 本发明的有益效果是：

[0034] 本发明的绝缘结构, 导线绝缘层的绝缘强度有较大提升, 导线绝缘层的绝缘厚度明显减薄。

[0035] 在本发明中, 绕制线圈所用的绕组铜扁线是聚酯薄膜粉云母带绕包铜扁线, 此类电磁线在减薄绝缘的同时提升了绝缘层的击穿电压。而在传统技术中, 尤其是技术水平不高的企业(最为典型的是前面提到的第一类和第二类企业), 其所使用的绕组铜扁线通常为以下几种: 1. 双(或单)玻璃丝包单(或双)聚酰亚胺薄膜绕包铜扁线、2. 自粘性双(或单)玻璃丝包单(或双)聚酰亚胺薄膜绕包铜扁线、3. (自粘性)玻璃丝包云母带绕包铜扁线。上述的几种铜扁线的广泛应用主要基于以下原因: 1. 外包的浸漆玻璃丝在包绕到铜扁线外层后有利于防止导线绝缘在制作线圈过程中的损伤; 2. 由于铜扁线绝缘内层是半叠包的聚酰亚胺薄膜(或云母带), 在常规情况下电气性能相对较好(云母带尤其在经过VPI处理后更好), 结合外层的浸漆玻璃丝绝缘效果能满足要求; 3. 该类型的铜扁线上的导线绝缘厚度大多在0.70mm左右, 绝缘厚度适中。

[0036] 但是, 若要减薄上述的导线绝缘的厚度, 以上1、2、3所述的铜扁线就表现出了一些局限: 1. 该类铜扁线外包的浸漆玻璃丝的主要作用是提高导线的耐磨性和提供少量绝缘加强, 而此类结构的绕组铜扁线能够大大避免铜扁线受到由于机械磕碰带来的损伤, 但对绝缘的加强效果并不高; 2. 铜扁线上主要起绝缘作用的材料是半迭包的聚酰亚胺薄膜或云母带, 在这种情况下, 在使用该类铜扁线制作电磁线圈过程中, 尤其是铜扁线根据设计要求而产生弯曲时, 处于弯曲半径外圆侧的玻璃丝由于拉伸作用而产生少量开裂, 此处的绝缘强度仅由绝缘内层的聚酰亚胺薄膜或云母带承受而显得较为薄弱; 3. 若仍以上述铜扁线弯曲的例子来说, 弯曲半径外侧的半叠包聚酰亚胺薄膜或云母带同样受到拉伸作用, 从而使绝缘局部处于小于半叠包的状态, 产生了仅有被拉伸的聚酰亚胺薄膜或云母带作为绝缘层的情况, 进而使导线绝缘的裕度进一步减小; 4. 基于上述原理, 绕包玻璃丝主要提供了机械加强而很少提供绝缘加强, 但重要的是其占据了一部分的铜扁线绝缘厚度, 该情况对在保证绝缘强度的基础上减薄绝缘厚度十分不利; 5. 若单纯的看第三类铜扁线, 在大部分不需要弯曲成弧形的电磁线部分, 由于浸漆玻璃丝的阻碍, 内层的云母带无法通过VPI工艺进行良好的浸渍, 所以在导线绝缘层会出现浸渍树脂无法充分浸渍导线绝缘的情况, 进而无法得到无气隙的绝缘层, 在电机运行中会出现较大的局部放电(相比于6kV级电机, 10kV级电机由于额定电压更高, 绝缘缺陷引起的局部放电会更加剧烈), 日积月累的受到局部放电侵蚀将使绝缘过早损坏。

[0037] 基于以上原因, 我们设计了厚度为 $0.070 \pm 0.005\text{mm}$ 的聚酯薄膜少胶粉云母带绕包铜扁线代替以上几种常用的铜扁线, 假设该云母带采用四层平包的方式, 则理论上该铜扁线的绝缘厚度为0.56mm, 但是, 考虑到在绕包云母带时由于拉伸引起云母带厚度变薄, 则实际绝缘厚度仅在0.48mm~0.52mm之间。

[0038] 本发明中导线绝缘的主要优势体现在: 1. 每一层绕包的粉云母带均具有良好的

绝缘性能,整个绝缘层的所有材料均能提供良好的绝缘加强;2. 每一层绕包的粉云母带均能达到与聚酰亚胺薄膜等同甚至更好的绝缘强度,这是因为云母带含有粉云母这种性能优异的富含微孔利于浸渍的无机绝缘材料,尤其在经过真空压力浸渍(VPI)工艺进行处理并加热固化后,整个绝缘层中的所有微孔均会被浸渍树脂固化物填充饱满,所以在最大程度上降低了由于铜扁线弯曲使绝缘层被拉伸导致的绝缘强度下降的影响;3. 正是基于以上两点,使铜扁线上的绝缘层具有更好的电气强度,从而为在满足同样性能要求下减薄导线绝缘厚度提供了可能。通过本发明,每根铜扁线的导线绝缘厚度均从至少0.7mm减少至0.48mm~0.52mm,每根减少了0.20mm(以现有技术的绝缘厚度按0.70mm计,本发明的绝缘厚度按照的0.50mm计),而若以较为简单的电磁线圈的2排16匝计算,则仅导线绝缘减薄所带来的电磁线圈截面尺寸的减少即相当可观,高度方向上减少了3.20mm,宽度方向上减少了0.40mm,导线绝缘减薄的厚度占传统技术中绝缘厚度的至少28%。

[0039] 本发明的绝缘结构,主绝缘层的绝缘强度有较大提升,主绝缘层的绝缘厚度明显减薄。

[0040] 在本发明中,电磁线圈的主绝缘层使用的是厚度为 $0.09\pm0.01\text{mm}$ 的聚酯薄膜少胶粉云母带,这相比于传统技术中的主绝缘用云母带(一般为 $0.13\text{mm}\pm0.02\text{mm}$)明显减薄,由此假设本发明中的主绝缘层的绕包层数与传统技术中的绕包层数相同(假设层数均为n),则整个绝缘层的厚度可在原有技术的基础上减薄30%左右((现有技术云母带的厚度 $0.13\times2n$ -本发明技术云母带的厚度 $0.09\times2n$)/现有技术云母带的厚度 $0.13\times2n\times100\% = 30.8\%$)。在实际应用中,本发明的绝缘结构应用于10kV级高压电机线圈试验,与传统技术的绝缘厚度相比具有明显的优势:绝缘厚度从现有的普遍应用技术的 $2.1\sim3.0\text{mm}$ 减薄到 $1.2\text{mm}\sim2.0\text{mm}$,绝缘减薄的幅度一般在5%($(2.1-2.0)/2.0 \times 100\% = 5\%$)到60%($(3.0-1.2)/3.0 \times 100\% = 60\%$)之间。另一方面,本发明的技术方案经电气试验证实,本发明的绝缘结构具有优良的电气性能和相比于传统技术更大的绝缘裕度,绝缘结构的击穿电压可以超过标准要求10kV以上,击穿场强为标准分等要求中优等品的两倍左右。

[0041] 由以上两点可以看出,通过本发明技术的应用,可以大幅度减少绝缘材料的使用量,进一步的,通过电机设计的优化,使用于电机制造过程中的金属材料,包括铜导体、矽钢片、钢铁结构件、机座、焊接材料、冷却器等各种材料和配套设备以及带来的工时、加工费的各项费用也明显节省。经过粗略的计算,一台10kV级高压电机,绝缘厚度减小20~30%,将促使电机整体体积减小,一般会降低电机生产的各种成本总和的8%~15%。

附图说明

[0042] 图1为10kV级高压电机绝缘结构的线圈直线部分的剖面结构示意图。

[0043] 其中:1—含有导线绝缘层的电磁线圈、2—主绝缘层、3—表面防护层。

具体实施方式

[0044] 现在结合附图对本发明作进一步详细的说明。

[0045] 如图1:一种10kV级高压电机的绝缘结构,包括含有聚酯薄膜少胶粉云母带与环氧酸酐型浸渍树脂固化物构成导线绝缘层的电磁线圈1、绕制于电磁线圈外的由聚酯薄膜少胶粉云母带与环氧酸酐型浸渍树脂固化物构成的主绝缘层2、以及绕制于主绝缘层外的

表面防护层 3。

[0046] 所述电磁线圈 1 由绕组铜扁线根据设计要求绕制若干圈而形成。

[0047] 所述电磁线圈 1 中的绕组铜扁线含有导线绝缘层，导线绝缘层是由厚度为 $0.070 \pm 0.005\text{mm}$ 的聚酯薄膜少胶粉云母带平包若干层，形成具有双边绝缘厚度为 $0.48\text{mm} \sim 0.52\text{mm}$ 的绝缘层。

[0048] 所述电磁线圈 1 中的在绕组铜扁线上绕包使用的聚酯薄膜少胶粉云母带的厚度为 $0.070 \pm 0.005\text{mm}$ ，其中包含聚酯薄膜、粉云母纸和胶粘剂。

[0049] 所述电磁线圈 1 中的在绕组铜扁线上绕包使用的聚酯薄膜少胶粉云母带中的聚酯薄膜是厚度为 $0.030 \pm 0.003\text{mm}$ 、单位面积重量为 $42 \pm 5\text{g}$ 、由聚对苯二甲酸乙二醇酯制得的电气绝缘用聚酯薄膜。

[0050] 所述电磁线圈 1 中的在绕组铜扁线上绕包使用的聚酯薄膜少胶粉云母带中的粉云母纸为单位面积重量为 $58 \pm 10\text{g}$ 的非煅烧型白粉云母纸。

[0051] 所述电磁线圈 1 中的在绕组铜扁线上绕包使用的聚酯薄膜少胶粉云母带中的胶粘剂为至少含有双酚 A 型环氧树脂和有机酸锌盐化合物的胶粘剂，胶粘剂的含量为所述云母带总重量的 $2\% \sim 12\%$ 。

[0052] 所述的主绝缘层 2 是由聚酯薄膜少胶粉云母带采用 50% 叠包的方式叠包若干层所形成的，厚度为 $1.2\text{mm} \sim 2.0\text{mm}$ 的绝缘层。

[0053] 所述的主绝缘层 2 中使用的聚酯薄膜少胶粉云母带的厚度为 $0.09 \pm 0.01\text{mm}$ ，其中包含聚酯薄膜、粉云母纸和胶粘剂。

[0054] 所述的主绝缘层 2 中使用的聚酯薄膜少胶粉云母带中的聚酯薄膜为厚度为 $0.030 \pm 0.003\text{mm}$ 、单位面积重量为 $42 \pm 5\text{g}$ 、由聚对苯二甲酸乙二醇酯制得的电气绝缘用聚酯薄膜。

[0055] 所述的主绝缘层 2 中使用的聚酯薄膜少胶粉云母带中的粉云母纸为单位面积重量为 $88 \pm 10\text{g}$ 的非煅烧型白粉云母纸。

[0056] 所述的主绝缘层 2 中使用的聚酯薄膜少胶粉云母带中的胶粘剂为至少含有双酚 A 型环氧树脂和有机酸锌盐化合物的胶粘剂，胶粘剂的含量为所述云母带总重量的 $2\% \sim 12\%$ 。

[0057] 所述的电磁线圈 1 上的导线绝缘层和所述的主绝缘层 2 的空隙中含有的环氧酸酐型浸渍树脂固化物，是在线圈经过真空压力浸渍方式浸渍环氧酸酐型浸渍树脂，使电磁线圈的导线绝缘层、主绝缘层中的微小空隙均被填充饱满该种树脂，并通过加热烘焙固化得到的树脂固化物。

[0058] 上述的环氧酸酐型浸渍树脂是主要组分为两种：一种是环氧值 ≥ 0.56 当量 / 100g 的双酚 A 型环氧树脂，另一种是甲基六氢邻苯二甲酸酐，以上两种组分占浸渍树脂总重量的 $80\% \sim 90\%$ 。

[0059] 所述的表面防护层是低阻防晕带。

[0060] 一种 10kV 级高压电机的绝缘结构制造方法，包括如下步骤：

[0061] a. 使用具有厚度为 $0.070 \pm 0.005\text{mm}$ 的聚酯薄膜少胶粉云母带平包若干层，形成具有双边绝缘厚度为 $0.48\text{mm} \sim 0.52\text{mm}$ 的导线绝缘层的绕组铜扁线作为材料绕制电磁线圈。

[0062] 其中，绕组铜扁线中使用的聚酯薄膜粉云母带包含聚酯薄膜、粉云母纸和胶粘剂：

[0063] 1. 聚酯薄膜：厚度为 0.030 ± 0.003 mm、单位面积重量为 42 ± 5 g、由聚对苯二甲酸乙二醇酯制得的电气绝缘用聚酯薄膜；2. 粉云母纸：单位面积重量为 58 ± 10 g 的非煅烧型白粉云母纸；3. 胶粘剂：含量占该云母带总重量的 $2\% \sim 12\%$ 的，至少含有双酚 A 型环氧树脂和有机酸锌盐化合物的胶粘剂。

[0064] b. 在使用上述绕组铜扁线经过绕线、涨型整型等步骤形成定子线圈后，在电磁线圈上 50% 叠包若干层厚度为 0.09 ± 0.01 mm 的聚酯薄膜粉云母带、形成绝缘厚度为 $1.2\text{mm} \sim 2.0\text{mm}$ 的绝缘层，以此作为主绝缘层。

[0065] 其中，主绝缘层中使用的聚酯薄膜少胶粉云母带含有聚酯薄膜、云母纸和胶粘剂：

[0066] 1. 聚酯薄膜：厚度为 0.030 ± 0.003 mm、单位面积重量为 42 ± 5 g、由聚对苯二甲酸乙二醇酯制得的电气绝缘用聚酯薄膜；2. 粉云母纸：单位面积重量为 88 ± 10 g 的非煅烧型白粉云母纸；3. 胶粘剂：含量占该云母带总重量的 $2\% \sim 12\%$ 的，至少含有双酚 A 型环氧树脂和有机酸锌盐化合物的胶粘剂。

[0067] c. 将经过 c 步骤后的电磁线圈装配到定子铁心中，经过固定、接线绑扎后形成电机的定子绕组。

[0068] d. 将 c 步骤中的定子绕组使用环氧酸酐型浸渍树脂进行真空压力浸渍处理，使绕组各个线圈的绝缘层中填充满上述浸渍树脂，然后将定子绕组在烘炉中加热烘培固化，使绝缘层中的树脂与绝缘层中的云母带共同构成的绝缘结构固化粘结为一个整体，形成具有绝缘效果的电机定子绕组。

[0069] 实施例：

[0070] 应用本发明绝缘结构制作电机线圈，使用四层聚酯薄膜云母平包绕包铜扁线作为绕组铜扁线，铜导体截面尺寸为 2.2×5.0 mm，匝间双边绝缘厚度为 0.50 mm。经双排并绕 10 匝、涨型匝间胶化后，绕包厚度为 0.09 mm 的聚酯薄膜少胶粉云母带 8 层，以此作为主绝缘层（其绝缘厚度为 1.50 mm），然后包低阻防晕带和高阻防晕带，经真空压力浸渍烘培固化后，其槽部线圈总尺寸为 $14.32\text{mm} \times 30.32\text{mm}$ ，槽部总截面积约 434.2mm^2 ，其中铜导体总截面积为 220mm^2 ，铜导体截面积占线圈槽部总截面积的 50.7% 。

[0071] 若以传统的电机线圈作为对比，假定铜导体尺寸、绕线方式 VPI 浸漆等工艺完全一样，使用双边匝间绝缘为 0.7 mm 的绕组铜扁线、绕包厚度为 0.14 mm 的环氧玻璃中胶粉云母带 11 层，以此作为主绝缘层，（其绝缘厚度为 3.0 mm），其槽部线圈尺寸为 $17.72\text{mm} \times 35.32\text{mm}$ ，槽部总截面积约 625.9mm^2 ，其中铜导体总截面积为 220mm^2 ，铜导体截面积占总截面积的 35.1% 。

[0072] 再以上述两种线圈各三只进行瞬时工频击穿电压测试，结果如下表 1：

[0073] 表 1

样品	击穿电压(kV)		标准评判	击穿场强(MV/m)		标准评判
本发明线圈 绝缘厚度 1.5mm	83.5	平均值 84.9	$\geq 70\text{kV}$ 合格	55.7	平均值 56.6	$\geq 30\text{MV/m}$ 优等
	87.1			58.1		
	84.1			56.1		
传统线圈 绝缘厚度 3.0mm	75.6	平均值 74.4	$\geq 70\text{kV}$ 合格	25.2	平均值 24.8	$\geq 20\text{MV/m}$ 合格
	72.8			24.3		
	74.9			25.0		

[0075] 通过以上的对比试验,经过计算可以看到如下变化:

[0076] a. 在导体面积不变的情况下,本发明实施例的线圈截面积较传统电机线圈减少30.6%,估算下来每只线圈所使用的绝缘材料所节约的重量大概为传统技术对比例线圈消耗绝缘材料的57%以上,说明本实施例的材料节省非常明显。

[0077] b. 在性能测试中,由试验数据可知本发明实施例线圈的击穿电压均值较传统线圈高14.1%,说明本发明实施例中的绝缘结构具有比传统技术对比例结构更高的绝缘裕度,绝缘对电机产品的质量保障程度更高;而本发明实施例中线圈击穿场强的平均值较传统技术对比例的线圈高128.2%,说明本实施例中的绝缘结构性能较对比结构提升十分明显。

[0078] c. 本发明实施例线圈和传统技术对比例线圈所使用的材料分别为0.90mm厚的聚酯薄膜补强少胶粉云母带和0.13mm厚的环氧玻璃中胶粉云母带,在两种云母带中,本发明实施例的云母带明显薄于传统技术对比例中使用的云母带,而且本发明实施例中云母带绕包的绝缘层数仅为8层,而传统技术对比例线圈绕包绝缘层数达11~12层,所以本发明实施例线圈的生产效率明显提升。

[0079] 以上所述的利用较佳的实施例详细说明本发明,而非限制本发明的范围。本领域技术人员可通过阅读本发明后,做出细微的改变和调整,仍将不失为本发明的要义所在,亦不脱离本发明的精神和范围。

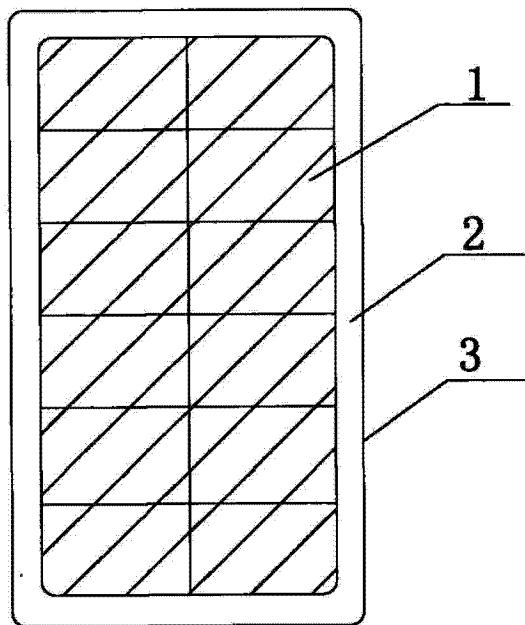


图 1