



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 203056721 U

(45) 授权公告日 2013. 07. 10

(21) 申请号 201220724152. 2

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(22) 申请日 2012. 12. 25

(73) 专利权人 中国长江动力集团有限公司

地址 430074 湖北省武汉市洪山区关山一路
105 号

(72) 发明人 何智蓉 陈勇 陈永庚 张利新
毛薇 钱靖

(74) 专利代理机构 武汉开元知识产权代理有限
公司 42104

代理人 唐正玉

(51) Int. Cl.

H02K 3/34 (2006. 01)

H02K 3/40 (2006. 01)

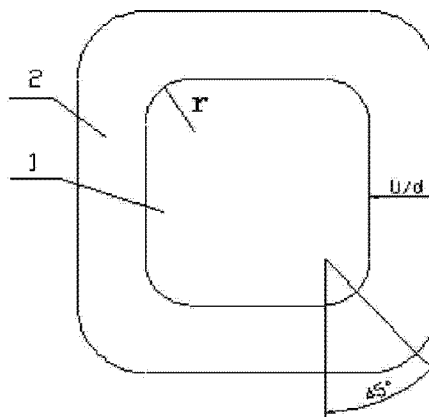
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 实用新型名称

15. 75kV 级发电机定子多胶模压减薄优化结构

(57) 摘要

本实用新型涉及一种 15. 75kV 级发电机定子多胶模压减薄优化结构, 包括导体和绝缘层, 导体的外围包裹绝缘层, 15. 75kV 级发电机定子的线棒为矩形截面, 绝缘层包括主绝缘和附加绝缘, 其特征在于: 线棒的四角半径设计为 2. 0mm, 线棒的主绝缘采用云母含量为 $105 \pm 8g/mm^2$ 的多胶高粉纸云母带, 主绝缘的厚度为 3. 65mm, 定子线棒端部防电晕采用二段三级防晕结构。本实用新型与容量等级的传统发电机相比, 主绝缘厚度减少了 24%, 减小定子铁芯硅钢片、定子机座等原材料用量, 使整机体积减小, 降低了发电机的制造成本, 从而提高了电机的技术经济指标, 具有节能降耗的特点。



1. 15.75kV 级发电机定子多胶模压减薄优化结构,包括导体和绝缘层,导体的外围包裹绝缘层,15.75kV 级发电机定子的线棒为矩形截面,绝缘层包括主绝缘和附加绝缘,其特征在于:线棒的四角半径设计为 2.0mm,线棒的主绝缘采用云母含量为 $105 \pm 8\text{g}/\text{mm}^2$ 的多胶高粉纸云母带,主绝缘的厚度为 3.65mm,定子线棒端部防电晕采用二段三级防晕结构。

2. 根据权利要求 1 所述的 15.75kV 级发电机定子多胶模压减薄优化结构,其特征在于:所述的二段三级防晕结构为:线圈出槽口处 1/2 叠包 1 层 $0.08 \times 25\text{mm}$ 低阻防晕带,低阻防晕带的表面电阻为 $200 \Omega \sim 900 \Omega$,包扎长度为 100-120mm;然后再 1/2 叠包 1 层 $0.18 \times 25\text{mm}$ 中阻防晕带,中阻防晕带的表面电阻为 $1.1 \sim 4.7 \times 10^{11} \Omega$,包扎长度为 120mm;最后 1/2 叠包 1 层 $0.18 \times 25\text{mm}$ 高阻防晕带,高阻防晕带的表面电阻为 $1.1 \sim 2.2 \times 10^{13} \Omega$,包扎长度 180mm;其中高阻防晕带、中阻防晕带外层再 1/2 叠包 1 层 $0.14 \times 25\text{mm}$ 多胶粉云母带作为附加绝缘。

3. 根据权利要求 2 所述的 15.75kV 级发电机定子多胶模压减薄优化结构,其特征在于:所述的防晕带之间的搭接长度设计为 20mm,搭接包扎采用迂回平包方式。

4. 根据权利要求 2 所述的 15.75kV 级发电机定子多胶模压减薄优化结构,其特征在于:所述的中阻防晕带、高阻防晕带分别为全固化碳化硅非线性防晕材料。

15. 75kV 级发电机定子多胶模压减薄优化结构

技术领域

[0001] 本实用新型适用于额定电压为 15.75kV 级发电机定子绝缘结构设计,特别适用于大型汽轮发电机定子线棒制作。

背景技术

[0002] 按照发电机设计要求,大型电机定子铁芯的槽为矩形,放入槽内的线圈或线棒也选择矩形截面,以便提高槽满率。然而这种矩形截面导体的电场强度沿四周的分布是不均匀的,其 4 个角部电场强度高达 6 ~ 9kV/mm,按照优化设计要求,电机导体相对于铁芯槽壁(即对地)绝缘厚度越薄越好,然而长期以来各发电机生产厂家始终没有很好地解决这个角部场强特高问题。设计时为了满足 4 个角部的高场强要求,往往采用增加主绝缘厚度的方法。同时,角部电场畸变容易引起线圈端部电晕发生,造成线棒起晕电压降低,机组运行时发电机定子线圈四角容易发生局放。目前国内额定电压为 15.75kV 级发电机定子单边主绝缘厚度在 4.8mm ~ 5.2mm 之间,线棒最高起晕电压仅能达到 35kV,这不仅仅增加了主绝缘材料浪费,提高了制造成本,而且影响到槽的利用率和电机整体性能的提高。

发明内容

[0003] 本实用新型的目的是为了解决上述现有技术存在的不足,利用静电场分析和有限单元计算法,找到改善线棒直部和端部电场分布均匀性的线棒制作工艺,降低线棒直部四角角部场强,使 15.75kV 定子线棒单边主绝缘减薄至 3.65mm,电场不均匀系数 f_m 由 3.0 减少至 1.26,工作场强达到 2.49kV;定子线棒端部防电晕采用多级防晕结构,起晕电压达到 50kV 以上。本实用新型具有改善线棒角部电场分布效果明显,在定子线棒主绝缘厚度明显减薄的情况下,线棒的电气性能得到提高。能有效预防发电机单根线圈或整机电晕发生。与容量等级的传统发电机相比,主绝缘厚度减少了 24%,减小定子铁芯硅钢片、定子机座等原材料用量,使整机体积减小,降低了发电机的制造成本,从而提高了电机的技术经济指标。具有节能降耗的特点。

[0004] 本实用新型主要是通过以下技术方案实现的:

[0005] 15.75kV 级发电机定子多胶模压减薄优化结构,包括导体和绝缘层,导体的外围包裹绝缘层,15.75kV 级发电机定子的线棒为矩形截面,绝缘层包括主绝缘和附加绝缘,其特征在于:线棒的四角半径设计为 2.0mm,线棒的主绝缘采用云母含量为 $105 \pm 8\text{g}/\text{mm}^2$ 的多胶高粉纸云母带,且厚度为 3.65mm,定子线棒端部防电晕采用二段三级防晕结构。

[0006] 所述的二段三级防晕结构为:线圈出槽口处 1/2 叠包 1 层 $0.08 \times 25\text{mm}$ 低阻防晕带,低阻防晕带的表面电阻为 $200 \Omega \sim 900 \Omega$,包扎长度为 100-120mm;然后再 1/2 叠包 1 层 $0.18 \times 25\text{mm}$ 中阻防晕带,中阻防晕带的表面电阻为 $1.1 \sim 4.7 \times 10^{11} \Omega$,包扎长度为 120mm;最后 1/2 叠包 1 层 $0.18 \times 25\text{mm}$ 高阻防晕带,高阻防晕带的表面电阻为 $1.1 \sim 2.2 \times 10^{13} \Omega$,包扎长度 180mm;其中高阻防晕带、中阻防晕带外层再 1/2 叠包 1 层 $0.14 \times 25\text{mm}$ 多胶粉云母带作为附加绝缘;防晕带之间的搭接长度设计为 20mm,搭接包扎采用迂回平包方式,使

线棒出槽口处的不均匀电场,变为较均匀电场,起晕电压达 50kV 以上。

[0007] 所述的中阻防晕带、高阻防晕带分别为全固化碳化硅非线性防晕材料。

[0008] 本实用新型是通过提高电气强度、导体变圆和改善线圈内部电场分配技术来增加边缘半径。利用静电场分析和有限单元算法,计算并分析最大电场强度出现在线圈角部 45 度射线上,要降低电场不均匀系数,必须降低 d/r 比值。所以增大导线圆角半径 r ,减薄主绝缘厚度 d 才能有效降低线棒的最大电场强度,改善电场分布。采用等位层结构,来降低线棒直部四角角部场强,使 15.75kV 定子线棒单边主绝缘可以减薄至 3.65mm,工作场强达到 2.49kV;定子线棒端部防电晕采用多级防晕结构,起晕电压达到 50kV 以上。使定子线棒绝缘厚度明显减薄,线圈的各项性能得到提高。

[0009] 本实用新型采用等位层结构,增大线棒四角半径,降低线棒角部电场不均匀系数;选用高云母含量的云母带做主绝缘,减薄主绝缘厚度,使主绝缘单边绝缘厚度由传统的 4.8mm 减薄至 3.65mm。

附图说明

[0010] 图 1 为发电机线圈截面模型图。

[0011] 图中 1- 导体,2- 绝缘层, r 为圆角半径, d 为绝缘层厚度, U 为绝缘所承受的电压。

[0012] 图 2 为额定电压为 15.75kV 级定子线棒优化三级防晕图结构示意图。

具体实施方式

[0013] 下面结合附图对本实用新型进行详细的说明:

[0014] 如图 1 所示线圈截面模型,本实用新型包括导体 1 和绝缘层 2,导体 1 的外围包裹绝缘层 2,导体 1 为铜线,15.75kV 级发电机定子的线棒为矩形截面,绝缘层包括主绝缘和附加绝缘,线棒的四角半径设计 2mm,线棒的主绝缘为云母含量为 $105 \pm 8g/mm^2$ 的云母带,主绝缘的厚度为 3.65mm,定子线棒端部防电晕采用二段三级防晕结构;如图 2 所示,所述的二段三级防晕结构为:线圈出槽口处 1/2 叠包 1 层 $0.08 \times 25mm$ 低阻防晕带,低阻防晕带的表面电阻为 $200 \Omega \sim 900 \Omega$,包扎长度为 100-120mm;然后再 1/2 叠包 1 层 $0.18 \times 25mm$ 中阻防晕带,中阻防晕带的表面电阻为 $4.7 \times 10^{11} \Omega$,包扎长度为 120mm;最后 1/2 叠包 1 层 $0.18 \times 25mm$ 高阻防晕带,高阻防晕带的表面电阻为 $2.2 \times 10^{13} \Omega$,包扎长度 180mm;其中高阻防晕带、中阻防晕带外层再 1/2 叠包 1 层 $0.14 \times 25mm$ 多胶粉云母带作为附加绝缘;防晕带之间的搭接长度设计为 20mm,搭接包扎采用迂回平包方式,使线棒出槽口处的不均匀电场,变为较均匀电场,起晕电压达 50kV 以上。所述的中阻防晕带、高阻防晕带分别为全固化碳化硅非线性防晕材料。

[0015] 本实用新型利用有限元计算软件对定子线棒槽部电场进行计算和分析的经验数据,得知线棒最大电场强度出现在角部 45 度射线上,电气强度随内部导线圆角半径增加而降低,随线棒圆角半径 r 的增加,角部不均匀系数 f_m 减小,线棒瞬间击穿电压升高。同时我们发现虽然增大圆角半径 r 可以有效降低电场不均匀系数 f_m ,改善电场分布,而且圆角半径越大效果越明显,但是成型后的线棒四角半径过大会影响槽利用率,也会给制造工艺带来困难。最终通过一系列试验,我们认为最佳四角半径 r 为 2.0mm 时,主绝缘厚度减薄至 3.65mm,工作场强达到 2.49kV,线棒各项性能有明显提高。采用等位层结构,不仅增加了线

棒圆角半径 r ，而且可以屏蔽由于导线换位引起的电场分布不均匀和换位处存在气隙引起的介质损耗增量增大的现象。实施步骤为：1) 线棒胶化成型后，用砂带将四角粗砂一遍。2) 用工具粗修四角，再用工具细修成圆角 r ，注意不要破坏股线。3) 在窄面换位股线修出若干接触点。4) 在窄面及圆角处涂刷半导体漆或覆垫半导体胶条，并在室温下。

[0016] 如图 2 所示，额定电压为 15.75kV 级定子线棒优化三级防晕图。采用 SiC 非线性中阻防晕带和高电阻防晕带作为防电晕材料，碳化硅具有非线性电阻特性，其电阻率随外加场强下降，具有调节场强的能力，使端部表面场强的分布比较均匀。设 L 为高电阻带的绕组沿面方向的长度，将高电阻末端的电压定义为 V_{end} ，从分布常数模型中，可推出：

[0017]

$$V_{\text{end}} = 2\sqrt{2}\Phi_e / e^{\sqrt{\omega CR/2L}}$$

[0018]

$$E_{\text{pm}} = 2\sqrt{\omega CR/2\Phi_e}$$

[0019] 其中： ω 为角频率； C 为线电容率； R 为线电阻率； V_{end} 为高阻带末端的电位与绕组导体电位之差； E_{pm} 为低电阻末端的沿面最大场强； Φ_e 为绕组电位的有效值； L 为高阻涂层的长度。当高阻的电阻率 ρ 为非线性时，绕组电位 ϕ_e 增大， E_{pm} 虽然升高，但 E_{pm} 的升高受到了很好的抑制，使 E_{pm} 几乎不变， V_{end} 虽然也受到抑制作用，但仍直线上升。如果只用一阶防晕方法，随电机的高压化会使 V_{end} 急剧上升，为避免这一点，就不得不延长高阻带的长度，但是其长度又受到电机小型化设计限制，而且 L 过小会使得残留电压 V_{end} 升高而产生电晕放电。因而，必须采用二种及二种以上的高阻带的防晕方法。防晕段数增多，虽然防晕电气特性得到改善，但其效果随着防晕段数的增多有饱和的趋势。采用二段三级防晕结构，不仅实际生产操作简单，而且防晕效果显著。

[0020] 通过对比试验，我们找到电阻率的组合对线圈端部电压的影响：1) 第 2 段高阻带的表面电阻 ρ_2 比第 1 段高阻带的表面电阻 ρ_1 大，在高阻 1 段上的场强减弱，高阻 1 上的沿面电位降 ΔV_{p1} 下降，等效于 L_1 变小，使加在高阻 2 上的电压升高，而高阻 2 的最大沿面场强 E_{pm} 增大，由于 E_{pm} 增大了，也增大了高阻 1 与高阻 2 搭接处电晕放电的危险性。也就是说 ρ_2 比 ρ_1 高出的比例过大，会使得高阻 1 与高阻 2 搭接处容易放电，因而， ρ_2 与 ρ_1 配比的选择对于防晕改善极为重要。2) 两段防晕结构比一段防晕结构的 V_{end} 变小，减小了在高阻末端的电晕放电的危险性。3) 采用比 ρ_0 小的 ρ_1 ，二段防晕结构比一段结构的 E_{pm1} 虽然减小了，但由于沿面电位降 ΔV_{p1} 的减小超过了 ΔV_{p2} 的增大，所以使二段结构的 V_{end} 升高，增加了沿面放电危险。4) 当涂层长度 L 一定时，电晕防护法的电气特性，受 ρ_1 与 ρ_2 以及 L_1 与 L_2 组合的影响。5) 绕组电压增高，则最大沿面电场强度 E_{pm} 和高电阻端的残留电压 V_{end} 一起升高。特别是 V_{end} 显著增大，有产生电晕放电的危险性。6) 防晕长度变小时，虽然 E_{pm} 几乎不变，但高电阻端的 V_{end} 增大，有产生电晕放电的危险性。

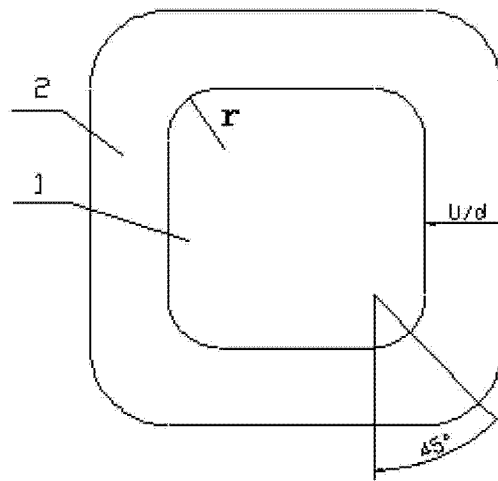


图 1

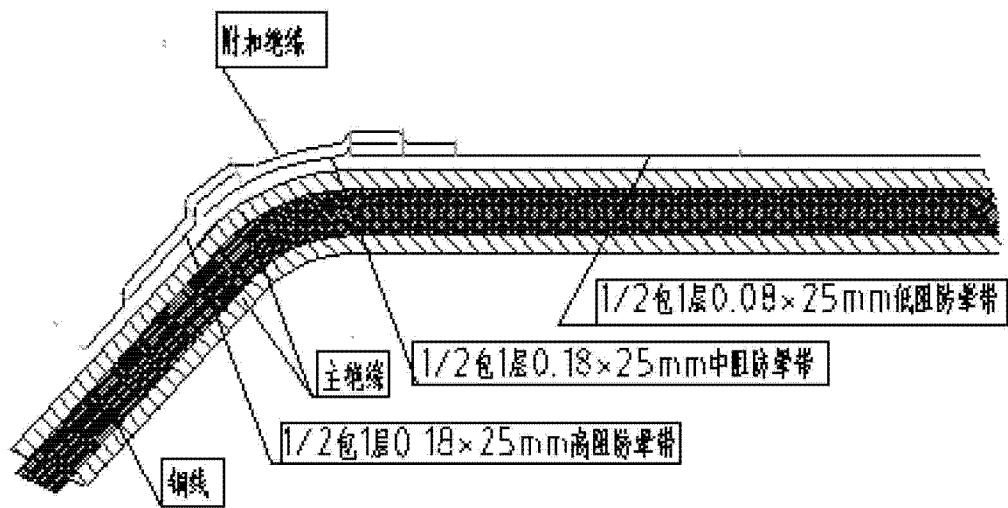


图 2