

直驱风电定子线圈绝缘制作过程优化

李雪琴¹ 朱杭杭² 张小芳¹ 薛文军¹

(1. 西安中车永电捷力风能有限公司,陕西 西安 710016

2. 西安中车永电电气有限公司,陕西 西安 710016)

摘要 主要针对直驱定子槽口一次浸水通过率低进行原因查找和分析,并制定措施达到一次浸水通过率指标。

关键词 槽满率 浸水验证 槽口绝缘补强

0 引言

在直驱风电定子生产中,一次浸水通过率是检验浸漆后绝缘结构的一项重要指标。大型风电电机定子浸漆后进行浸水验证,绝缘电阻达标率连续多年控制在65%~75%,未通过浸水指标的定子需要进行二次浸漆和烘焙,严重影响定子生产制造周期。

1 存在问题及现状分析

下表是跟踪5个月定子浸水不通过各部位统计,其中槽口部位浸水不通过率占比最高,达到其中的45%~75%,具体如下表1所示。

表1 定子浸水不通过各部位统计

月份	不合格 一次浸水不 通过率(%)	一次浸水不通过部位占比(%)				
		上槽口	下槽口	小并头	下绕组	铁心
1月	28.31	10.38	4.72	8.49	1.89	2.83
2月	25.76	8.33	9.09	5.30	1.52	1.52
3月	12.6	7.09	3.15	0.79	0.00	1.57
4月	19.88	8.70	6.21	3.73	0.62	0.62
5月	24.11	8.82	11.76	0.59	1.18	1.76

我们重点进行槽口部位绝缘攻关,针对定子槽口部位浸水不过进行线圈绝缘结构及制造过程分析,发现在嵌线时线圈存在以下问题:

(1)定子线圈在上下槽口部位存在变形,槽满率低,浸渍漆不能完全填补缝隙,造成槽口部位漆流失。其中上槽口线圈引线头与端部组合绝缘,绝缘工艺复杂,手工作业多,端部至直线拐角部位绝缘存在不同程度的增厚,嵌线时槽口部位进槽难度增大。

(2)线圈成型过程中,涨形机因钳口鼻销配合尺寸差异,直线边成型后会造斜,线圈进入嵌线槽后存在间隙;线圈直线部分成型过程因设备、手工作业局部存在弯曲变形,与铁心槽型不符,嵌线时槽

口部位在进线过程中线圈绝缘会造成损伤^[1]。

(3)线圈端部全部使用手工包扎,直线部位使用设备进行机包,在绝缘搭接部位,会因个人操作差异和设备不同在绝缘搭接处形成密包、稀包、局部漏包等问题,造成该部位线圈尺寸超差、绝缘薄弱等质量问题。迭包度过密(如图1所示),嵌线进槽困难,严重的嵌线会造成线圈槽口部位破损。稀包、漏包会造成搭接部位绝缘薄弱(如图2所示),降低吸漆效果。

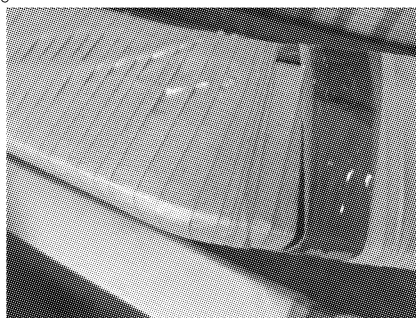


图1 云母迭包过密



图2 云母搭接不完全

2 工艺方案改进和实施

通过以上问题原因查找及跟踪分析,我们主要从以下三点进行线圈改进:提高线圈成型质量、优化线圈直线与端部绝缘搭接工艺、改善槽口部位绝缘

薄弱。

2.1 提高线圈成型质量

(1)成型工序重点控制线圈直线平直度和匝间紧密度。在涨形时引线首末匝与线圈端部增加固定工装,减小线匝间错位,保证R角度的一致性;

(2)对现场的涨形机进行维修,重新制作涨形钳口鼻销,控制夹钳上鼻销间隙配合尺寸,保证线圈在涨形时夹钳处于夹紧状态,减小直线翻边,角度偏斜问题;

(3)对涨型后的线圈放置时增加层高垫块,减少线圈流过程中的线形变化。同时对使用工装、设备做好防护,减少线圈绝缘损伤。

2.2 提高绝缘包扎质量

绝缘包扎重点主要是绝缘迭包度,直线部位迭包度主要由设备保证,现场使用的包带机是半自动控制,起头、收尾搭接是操作的重点和难点。另外引线与端部绝缘组合包扎过程复杂,工艺上引线头与端部绝缘单独处理后再使用热收缩带进行组合,中间间隙采用美塔斯毡填缝,存在尺寸过渡。具体通过以下几点进行控制:

(1)引线及端部组合前先进行整形,使引线及R角、直线匝间服帖、角度一致,同时在组合过程中对错位部位增加整形次数,使引线端部固定紧密、无错位。拐角部位的包扎以内R为中心,包扎时始终向中心靠拢,外R严格按迭包工艺要求进行,保证绝缘包扎的服帖度和紧密度,减少鼓包和发泡;

(2)自制端部V形划线样板,确定绝缘包扎起头、收尾位置,减少人为误差;主绝缘材料绝缘端部与直线搭接完全,提高吸漆效果。如图3所示;

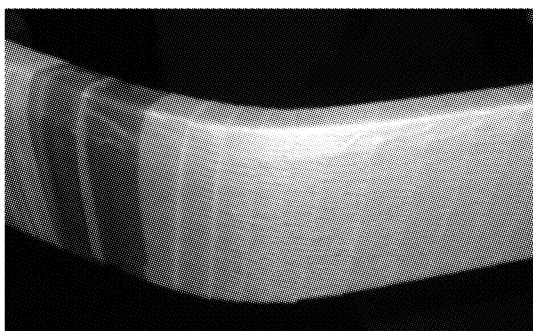


图3 端部与直线云母搭接

(3)包扎过程做好线圈防护和工装防护,减少绝缘损伤,提高线圈绝缘包扎质量。

2.3 槽口部位绝缘补强

嵌线槽口部位浸水通过率低,计算理论尺寸可以增加绝缘提高槽满率,同时加强槽口部位吸漆效

果^[2]。在线圈放置槽口部位增加一种绝缘材料,选择该绝缘料主要是吸漆效果好,同时其厚度能够有效填充槽口绝缘,提高槽满率,如图4所示。

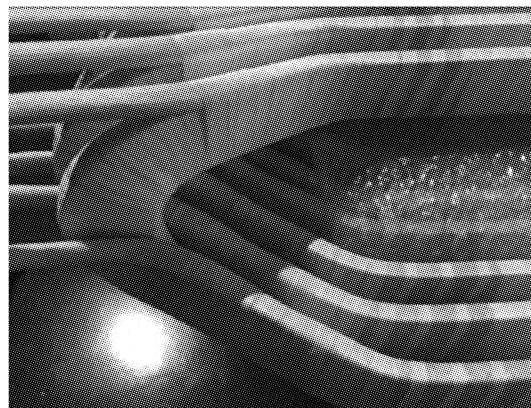


图4 成品线圈

3 工艺验证

经过线圈绝缘结构改进及工艺过程控制,槽口部位一次浸水合格率明显提升(如表2所示),9、10月连续2个月跟踪,定子槽口部位一次浸水全部通过绝缘电阻检测,验证线圈绝缘处理是有效的。

表2 浸水合格率跟踪验证统计表

月 部 位	6月	7月	8月	9月	10月	总数
槽口	1	1	2	0	0	4
整体	0	0	0	0	0	0
T包	8	2	0	3	0	13
总数	9	3	2	3	0	17
生产	189	96	73	83	50	491
台数 一次 合格率	95.20%	96.87%	97.20%	96.38%	100%	97.13%

4 结语

通过以上各项改进,提升绝缘包扎质量,改善工艺方案,减少绝缘磕碰,使线圈整体绝缘质量提升,定子嵌线后槽口一次浸水通过率整体提升,目前,此工艺已推广到同类其他定子线圈绝缘工艺,使线圈的绝缘性能整体提高。

参考文献

- [1]陈洪武.电机与控制应用.2012,39(6);34-42.
[2]谢恒堃.电气绝缘结构设计原理.西安:西安交通大学,2010.