

线圈浸水提质增效

张瑞民¹ 肖红菊¹ 张卓颖²

(1 电机分公司线圈车间,山西 永济 044502

2. 电机分公司电机车间,山西 永济 044502)

摘要 针对交流电机运行中发生绕组匝短、接地等问题,借鉴定子浸漆后的浸水检测工艺,应用于涨型线圈损伤部位检测,再加以裸线检测涨型线圈损伤点并修复补强,经过烘焙和不去除引线头烘焙变色,创新出一套完整的涨型线圈浸水工艺(俗称线圈浸水工艺)。经过近5年运用,检验了该工艺既能检测到涨型线圈外表面的损伤,又能检测到涨型线圈紧密接触部分的内在损伤,提升了线圈整体绝缘强度,降低了生产制造成本。

关键词 涨型线圈 浸水检测 裸线检测 修复补强 浸水工艺 提升 整体绝缘强度

0 引言

随着电力电子技术的进步,使得结构简单、维护量少、重量轻的交流电机的经济、平滑、宽调速成为可能,迎来了铁路交流牵引时代,中国的高铁成为世界“金名片”。然而,交流电机定子线圈成型过程中,电磁线与机床、工装、模具等接触、摩擦以及力的作用,不可避免存在着损伤,造成定子线圈的绝缘强度降低,嵌线后的电机出现匝短、接地现象。对于涨型线圈的损伤,目前用裸线检测仪检测,它虽能够准确的检测到涨型线圈外观的损伤点,但它人工操作检测,又不能检测到紧密接触的涨型线圈内部,造成有问题的线圈流入下工序。为此对占故障37%(根据EPRI报道)的交流电机定子绕组问题(匝短、接地)进行探索。

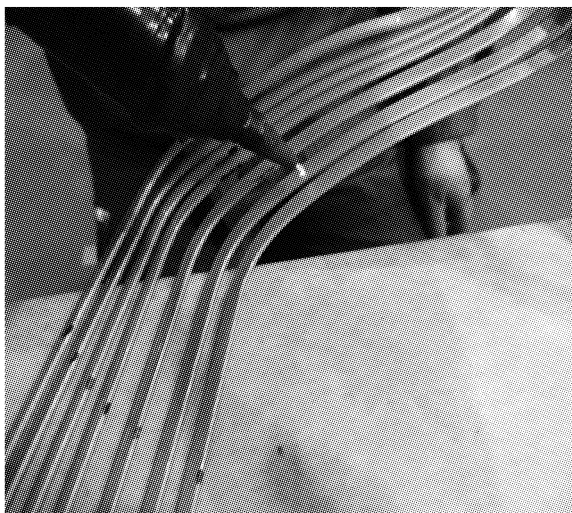


图1 裸线检测成型线圈



图2 手提升成型线圈浸水检测

1 涨型线圈浸水工艺方案

检测涨型线圈损伤的手段是通过裸线检测仪发出调整后的高频、高压,将损伤部位内部气体变为等离子状态,从发射的弧光中,观察到击穿放电产生亮光为损伤,对其损伤部位进行绝缘修复补强,提高线圈整体绝缘强度。然而等离子污染环境又直线运动,不能绕行紧密接触的涨型线圈内部;等离子束直径1~2mm,检测需要的时间很长(2分钟左右);如在同一地方长时间检测,对绝缘有损害。但裸线检测对损伤点反应敏感。

水分子很小,具有很好的渗透性、扩散性、流动性,能够快速渗透到涨型线圈的绝缘薄膜各个部位。聚酰亚胺类薄膜熔融的电磁线没有吸水性,薄膜又能够把水与导体隔离。借鉴定子浸漆后的浸水工艺,应用于涨型线圈浸水检测(简称浸水检测)。当涨型线圈放入水媒介中,合格线圈的绝缘薄膜把水与导体隔离开来,导体与水之间形成很大的绝缘电

阻;损伤绝缘薄膜的涨型线圈,水渗透过损伤薄膜部位,而后到达导体,导体与水之间形成很小的绝缘电阻,通过评价测得的绝缘电阻,也就评价了绝缘损伤状况。但浸水检测只能检测到涨型线圈损伤的区域,而不能检测到损伤点。

浸水检测能够检测到涨型线圈绝缘的各个部位,具有评价涨型线圈是否合格的定性优势。裸线检测能够检测到涨型线圈的绝缘缺陷点,具有很强的定量优势。将浸水检测和裸线检测取长补短,有机结合,成为一套检测涨型线圈薄膜损伤的最佳方法。依据损伤情况制定修复补强方案,再加以涨型线圈烘焙去潮,成为线圈浸水工艺,提升了线圈整体绝缘强度。

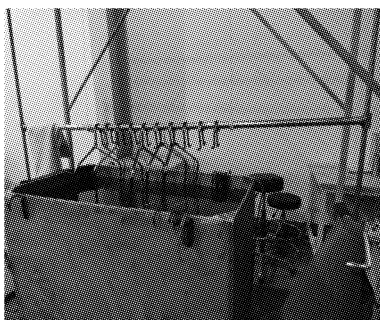


图3 机械提升线圈浸水检测

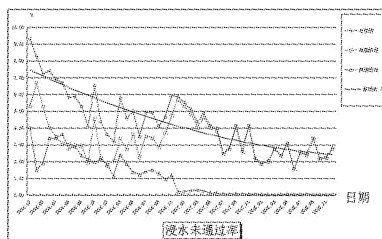


图4 浸水趋势图

2 涨型线圈浸水工艺过程

针对涨型线圈浸水工艺技术方案,设计制造一套浸水检测工装。浸水检测工装由浸水架和浸水箱两大部分组成,可手提升涨型线圈浸水检测,也可机械提升涨型线圈浸水检测。浸水箱内储存的水,可由阀门排出,也可由水管加入,同时水箱上有安装测量仪表的支架。

待检测涨型线圈缓缓浸入水箱中,只露出未带绝缘部分的引线头。按国家标准选取绝缘电阻表量程电压 1000V,负极线接入水中(试验过程中可预防触电),正极接未绝缘的引线头。接通绝缘电阻表开关输出电压,持续 10s 后,读出稳定时的绝缘电阻值。如绝缘电阻值 $\geq 100M\Omega$,此涨型线圈薄膜是完好的,放电 3s;如绝缘电阻值小于 $1M\Omega$,涨型线圈薄

膜有损伤。将有损伤的涨型线圈在水中缓慢上下移动,绝缘电阻数值变化较大时,水面附近的涨型线圈薄膜为损伤区域,标识出大致损伤位置。

裸线检测仪检测标识附近的涨型线圈绝缘薄膜,鉴别涨型线圈破损的具体位置点,根据损伤情况修复补强损伤点。分开紧密接触的涨型线圈损伤点区域各匝,裸线检测仪枪形手柄距离涨型线圈 30 ~ 40mm,调整发出高频、高压,在标识附近不断移动,遇到损伤部位时将其内部气体变为等离子状态,看到击穿放电产生亮光就为损伤点。擦拭干净水,用聚酰亚胺粘带对损伤点进行修复补强。

潮湿的涨型线圈放入 110 ~ 120℃ 烘箱内,保温烘焙 4 小时后,冷却近室温时,进行下工序外包绝缘。涨型线圈烘潮后的引线头表面颜色变深,对焊接几乎没有影响,线圈可以正常流转。



图5 浸水箱

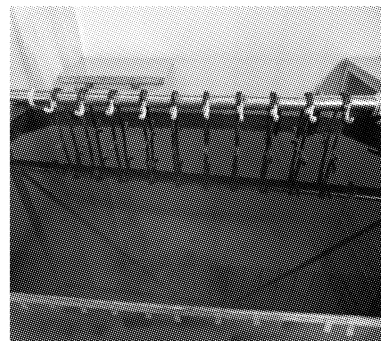


图6 浸水架

3 涨型线圈浸水工艺成果

浸水检测能够检测到涨型线圈所有部位绝缘,反应线圈整体绝缘性能,具有定性优势。裸线检测对涨型线圈绝缘损伤反应灵敏,反应涨型线圈损伤缺陷优势,具有很强的定量性优势。因此将浸水检测和裸线检测取长补短、有机结合,再加依据损伤情况制定修复补强,烘焙去潮,不需要去除烘焙颜色变深的引线头,直接流转下工序,成为一套提升涨型线圈整体绝缘强度的工艺—线圈浸水工艺。该线圈浸水工艺,从源头上控制了涨型线圈的损伤,避免了损

伤线圈直接流转到下工序;同时从人、机、料、环、法、测等方面进行统计与分析,进一步改进浸水工艺,产品整体质量持续得到提升。

1) 损伤检出率提高了 50% 以上。裸线检测只能检测到涨型线圈外表面,而浸水能够检测到紧密接触的绝缘各个表面,因此检出率高。

2) 浸水损伤从 10% 以上,下降到现在的 2.5% 左右。通过分析检测数据,寻找问题发生根源,然后进行 QC 攻关等等,损伤率大幅度下降。

3) 减少等离子气体、弧光对环境和人体的危害,实现绿色持续发展。裸线检测一支成型线圈用时 2 分钟,现在一支线圈平均用时 0.2 分钟,缩短裸线检测时间 90%。减少了 90% 的等离子气体、弧光对环境和人体的危害。

4) 减少了劳动力,降低了劳动强度,解决生产瓶颈。取消裸线检测、打磨引线头的专职人员和专用设备、场地。原裸线检测涨型线圈数量大,排出有害废气多,同时转入线圈浸水工艺后,线圈引线头颜色变深需要打磨,这些工序各需要 4 人及专场地、设

备。而攻关后,线圈浸水工艺只需要 4 人,取消了专用检测区域、设备。至少每月节约成本 1.6 万元。

5) 能够发现规律性损伤后的故障原因。如 2015 年 5 月,某线圈因导线薄膜熔敷质量问题,浸水后出现熔敷薄膜搭接处发黑。2016 年 6 月,某种线圈涨型后浸水检测发现规律性损伤,找到机床问题。

6) 提升产品整体绝缘质量。涨型线圈浸水检测后烘焙,减少了潮湿线圈泄露电流大,提高了电机整体绝缘质量。

7) 降低成本。2014 年,厂内外电机匝短和接地烧损电机 8 台,每台返工费用按 7 万元计算,共计 56 万元。使用线圈浸水工艺后,厂内外匝短和接地烧损电机 2 台,每台返工费用按 7 万元计算,共计 14 万元。年节约 42 万元,同时又节省许多时间。

8) 维护公司名誉。2014 年 10 月至今,应用浸水工艺后,没有出现 1 起责任事故及零公里匝短或接地的厂外责任事故;且厂内电机的匝短、接地率也比没有浸水检测的明显降低(浸水前损失 3% 以上,现在损失 1% 左右),电机绕组的质量有明显提升。

表 1 2015 年 2 月份浸水试验统计、分析表

型号	数量	工序	损伤情况	部位(处)								总计
				前鼻部	后鼻部	前上层 折弯	前下层 折弯	后上层 折弯	后下层 折弯	上层 直线	下层 直线	
101A	103 台	涨型	损伤数(支)	170	98	31	18	19	13	11	3	363
			损伤率(%)	2.29	1.32	0.42	0.24	0.26	0.18	0.15	0.04	4.89
	7416 支	拆保护带	损伤数(支)	27	30	13	2	3	2	10	3	90
			损伤率(%)	0.36	0.40	0.18	0.03	0.04	0.03	0.13	0.04	1.21
102A	63 台	涨型	损伤数(支)	87	70	21	30	18	24	25	32	307
			损伤率(%)	1.92	1.54	0.46	0.66	0.40	0.53	0.55	0.71	6.77
	4536 支	拆保护带	损伤数(支)	37	23	1	2	2	2	20	17	104
			损伤率(%)	0.82	0.51	0.02	0.04	0.04	0.04	0.44	0.37	2.29
103A	161 台	涨型	损伤数(支)	154	160	40	45	52	36	3	3	493
			损伤率(%)	1.59	1.66	0.41	0.47	0.54	0.37	0.03	0.03	5.10
	9660 支	拆保护带	损伤数(支)	75	99	4	12	8	12	2	1	213
			损伤率(%)	0.78	1.02	0.04	0.12	0.08	0.12	0.02	0.01	2.20
104B	46 台	涨型	损伤数(支)	49	45	11	12	7	4	4	5	137
			损伤率(%)	1.78	1.63	0.40	0.43	0.25	0.14	0.14	0.18	4.96
	2760 支	拆保护带	损伤数(支)	13	24	3	2	2	1	7	3	55
			损伤率(%)	0.47	0.87	0.11	0.07	0.07	0.04	0.25	0.11	1.99
总计	373 台	涨型	损伤数(支)	460	373	103	105	96	77	43	43	1300
			损伤率(%)	1.89	1.53	0.42	0.43	0.39	0.32	0.18	0.18	5.3
	24372 支	拆保护带	损伤数(支)	152	176	21	18	15	17	39	24	462
			损伤率(%)	0.62	0.72	0.09	0.07	0.06	0.07	0.16	0.10	1.9
损伤总数											1762	
损伤总率											7.23	

4 结论

定子线圈使用线圈浸水工艺后,取得了许多成果,电机整体质量得到提升。至今没有看到线圈使用浸水工艺的相关报道,首家成功使用,值得在同行业推广。但是,这种工艺不能够检测到线圈绝缘薄弱环节,人工作业需要大量时间,同时人员操作和身心保护要求较高,后续从以下几个方面入手。进一步细化线圈浸水工艺,丰富和发展线圈浸水工艺内容,如水处理、潮湿露凝影响、线圈绝缘存在薄弱环节等等;与有自动烘焙设备的厂家合作,建立一个能够自动检测、判定、烘焙的生产线,把作业人员解放出来。同时调研国际在这方面的前沿研究,尽早使用更新技术。

参考文献

- [1] 辜承林,熊永前,李滨波,肖鸿杰. 电机学. 北京:中国电力出版社,2006.
- [2] 中国电器工业协会. GB/T 1032-2012 三相异步电动机试验方法. 北京:中国标准出版社,2012.
- [3] 才家刚. 电机试验设备与技术手册. 北京:机械工业出版社,2004.
- [4] 徐君贤. 电机与电器制造工艺学. 北京:机械工业出版社,2007.
- [5] 张瑞民,曲治国,张卓颖. 短时低温烘潮后的铜与焊接探讨. 中车永济电机有限公司. 电传动技术,2017,118(1): 23-25.