



双馈式风力发电机零环断裂故障分析与改进

闫睿琪

(电机电器修配有限公司,山西 永济 044500)

摘要 随着不可再生资源储量的减少,在电力工业中风能发电技术已经凸显出它的强大潜能,而风力发电机也因此得到了广泛的应用。如今,风力发电机的相关技术、应用广度和发展速率与国外相比仍存在明显差距。为了推动风力发电机相关技术的发展,降低发电机因故障而上下塔的风险,本文将以此种双馈式风力发电机的零环断裂故障为例,向读者简要介绍其故障原因及相关改进技术。

关键词 双馈式风力发电机 零环 断裂 分析 改进

0 引言

双馈式风力发电机是一种绕线式异步电机,其定子三相绕组直接与电网相联;而转子的三相励磁绕组与四象限变频器相联,通过调节变频器的频率、幅值、相位及相序,从而调节定子绕组的输出功率和功率因数,并使定子绕组的输出电压与电网电压同频、同相且同幅值。到目前为止,常见的双馈式风力发电机定、转子都有其自身的缺陷与不足。转子采用的是星型联接方式,而零环起到了至关重要的作用。

下面,笔者将以某公司生产的双馈式风力发电机故障为例,简明扼要地介绍其发生的原因及改进措施。

1 故障概述

某公司生产的1.5MW空气冷却型风力发电机配属东方电气集团有限公司1.5MW双馈机组。2016年至今陆续有多台该型号电机报转子侧断路故障而下塔。在电机拆解前,使用绝缘电阻仪测试了定子、转子的绝缘电阻,并用微欧计测量了定子、转子的三相冷态直流电阻。其统计测量数据如表1所示。

从表1可以看出电机定、转子并未接地,但定子有一相断路,还需解体进行进一步直观的判定。经返厂拆解后发现转子零环断裂烧损(如图1、2、3所示)。

表1 定、转子电气检测数据表

电机	绝缘电阻 (MΩ) (1000V)	三相冷态直流电阻 (Ω)		
定子	>100MΩ	U-V: 0.00413	U-W: 0.00412	V-W: 0.00414
转子	>100MΩ	K-L: 0.03745	K-M: 0.03746	L-M: ∞
结论	定子: 试验电压为1000V时, 绝缘电阻值≥100MΩ为合格, 测量的绝缘电阻值大于100MΩ, 冷态直流电阻三相平衡, 所测数据合格。			
	转子: 试验电压为1000V时, 绝缘电阻值≥100MΩ为合格, 测量的绝缘电阻值大于100MΩ, 但是冷态直流电阻三相不平衡, 所测数据不合格。			

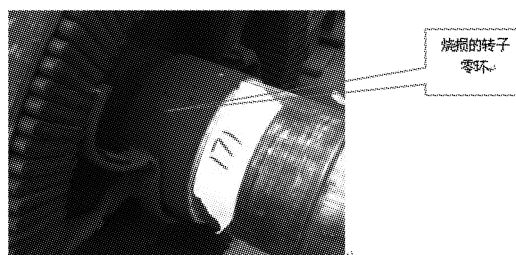


图1 烧损的转子零环



图2 断裂的转子零环

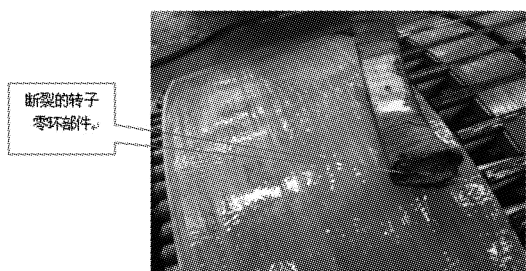


图3 断裂的转子零环部件

2 原因分析

从直观上可以判定,造成电机下塔的直接原因是转子开路、接地,电机无法进行发电工作。通过对其深度原因的剖析,寻找不同的改进方案。

2.1 零环本身结构的问题

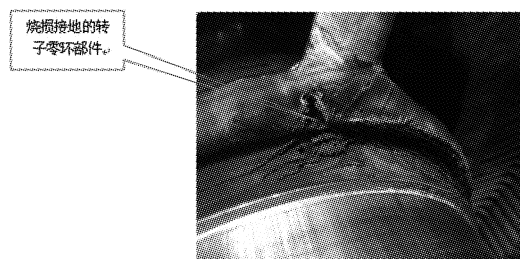


图4 接地烧损的零环

(1)从图4来看,转子零环烧损接地的原因是电机在长期运行的过程中,转轴与零环之间的绝缘薄弱,没有足够的绝缘层进行包扎,导致层间绝缘烧损接地。因此,在安装零环前需要对转轴进行严密的绝缘包扎防护。

(2)从图2中可以看出,零环与转轴之间存在很大的间隙,零环主体悬空,很容易因电机的振动而断裂。该零环设计者对电机高速旋转的离心力以及其所产生的破坏力未引起重视,零环与转轴径向、轴向均未进行固定,运行中不断的与转轴发生碰撞摩擦,导致绝缘破损接地烧损或机械断裂。

(3)零环与零环引出线头整体的制作及安装结构存在缺陷,没有进行有效地固定,应力增大,致使机组在高速运行过程中,零环受离心力作用,失去稳定性。电机长期运行使缺陷加大,从而烧断。

2.2 电机振动的问题

2.2.1 振动对转子零环的影响

在双馈式发电机结构中只有转子与轴承是旋转部件,在振动发生时,直接受到冲击的便是两端轴承与转子。振动的频率变化与振动幅度变化随着发电机转速的变化均直接传递到轴承与转子上。当发电机在振动的环境中长时间运行时,轴承与转子的薄

弱点就会因振动而发生质的变化。

(1)转子结构中,零环与零环引出线头均是焊接而成,而焊接点就是转子的薄弱点,容易因振动的加大而断裂。振动→引起焊接点的疲劳→产生裂纹→焊接点产生过电流→持续发生焊接点的烧损→引起转子零环烧损故障的发生。

(2)轴保持架是轴承的薄弱点,振动→轴保持架与滚珠之间冲击加大→滚珠与保持架之间的间隙加大→轴承故障→加剧轴承振动→引起转子零环烧损故障的发生。

因此,振动是引起转子零环烧损的根本原因之一。

2.2.2 振动的原因

引起发电机振动的主要原因是轴承振动,而轴承电蚀是引起轴承振动的直接原因,轴电流又是轴承电蚀的根本原因。具体为:

发电机轴电流过大→轴承电蚀→轴承滚道粗糙→发电机高速旋转过程中,滚珠碾过粗糙的滚道→轴承振动→发电机振动。

因此,为了消除轴电流对轴承的影响,双馈式风力发电机在采用绝缘轴承的同时,刷架上还装有接地碳刷装置。在发生零环烧损断裂的发电机中,均发现轴承电蚀的现象。所以在发动机机组日常运行的过程中,未及时更换接地碳刷是引起轴承电蚀的原因之一。

3 改进方案

3.1 零环材料方面

铜和铜合金母线的抗拉强度、伸长率、硬度和硬度

表8 铜和铜合金母线抗拉强度、伸长率和硬度

型号	截面积 N/mm ²	伸长率	布氏硬度
TMR, THMR	≥285	—	—
TMY, THMY	—	≥25	—

图5 铜和铜合金母线抗拉强度、伸长率和硬度

表10 铜和铜合金母线电阻率

型号	20℃直流电阻率 $\rho \cdot 10^{-2} / \text{mm}^2 \cdot \text{m}$	导电率 %IACS
TMR, THMR	≤0.017 241	≥100
TMY, THMY	≤0.017 77	≥97

图6 铜和铜合金母线电阻率

原始的零环采用的是硬铜母线,而改进后的零环所采用的是软铜母线(TMR),又叫软连接,其抗拉强度、伸长率及电阻率(如图5、6所示),具有良好的机械性能。采用分子扩散焊技术,一次性焊接成型,产品质量好,导电性强,承受电流大,电阻小,经久耐用等特点。广泛用于冶金(如:电解铝、电解

锌、电解铜),化工(如:电镀),轮变电工程(如:电厂、电站),电力设备(如:变压器、配电柜)。

3.2 零环本身结构方面



图7 零环原始结构

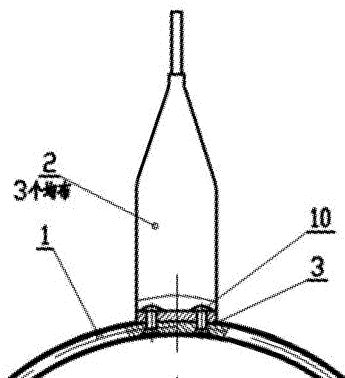


图8 零环局部图

1 零环 2 零环引出线 3 银焊片 10 铜铆钉

如图7、8所示,分别为零环原始设计与改进后的结构。原始设计并没有对零环与零环引出线之间的连接做加强固定。考虑到振动及铜线的薄弱点的影响,对零环的结构进行改进。改进后的零环结构是用两个铜铆钉将引出线头与零环环体铆接,最后用焊机在两者间加银焊片焊接固定的。这种连接方式弥补了两者之间只有焊接,没有进行其他方式固定的缺陷。其中采用铆接的结构不仅加强了零环圈体与零环引出线间的连接力,而且增强了零环整体结构的抗应力与抗振动的能力。

3.3 零环本身绝缘包扎方面

零环整体先后用DR云母带和聚酰亚胺薄膜各半叠包2次,再用罗麦克纸在内圈垫1层,再用聚矾毡内圈包1层,再用玻璃丝带收紧,最后在外圈和3根引线上缠绕3根涤波绳。使用涤波绳将零环引出线头紧固在零环圈体上,使零环与零环引出线一体化。转子浸漆后增强一体化的程度,发电机转子的可靠性和抗振动性增强。如图9所示

3.4 零环安装结构方面

(1) 转轴零环安装位绝缘

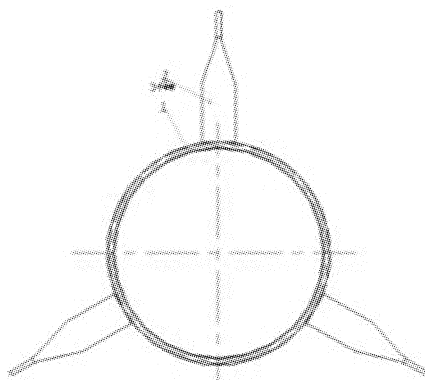


图9 零环装配图

通过对其原始绝缘进行剥离分析后发现包扎工艺为:转轴零环安装位先用NH复合薄绕包两层,再用压敏带固定(如图10所示)。

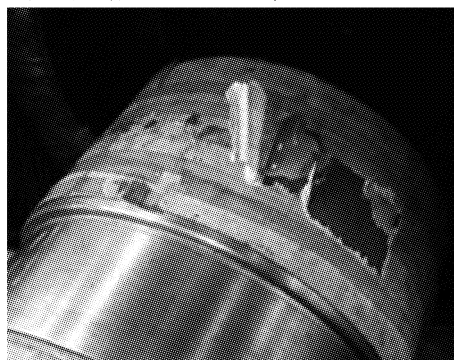


图10 原始零环绝缘

改进后工艺:转轴零环安装位先用CR云母带包一层,然后垫一层毛毡,最后用压敏带包两层(如图11所示)。转轴与零环间的缝隙被填满,不会产生相对位移,减少了两者间的摩擦。

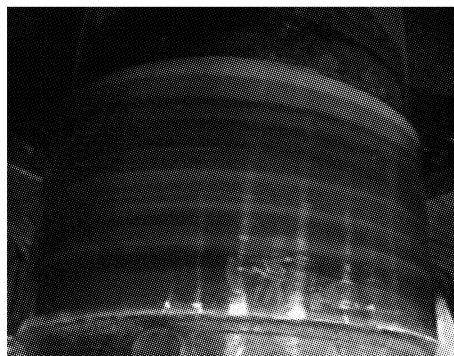


图11 转轴绝缘包扎

(2) 零环引出线头绝缘

原始引出线头上方未用毛毡进行填充处理,引出线头在径向上悬空。改进后的引出线头(如图12所示)上方加有卷好的毛毡。整体浸漆后可以使其一体化,缓冲引出线头的振动,降低其断裂的风险。

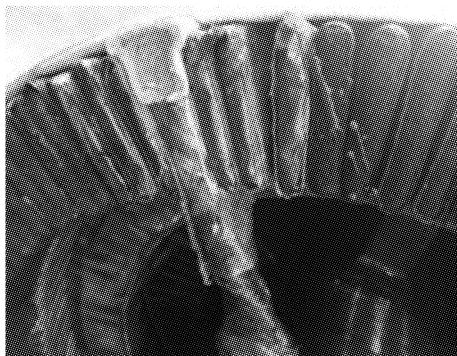


图 12 引出线头处绝缘

关键技术. 大功率变流技术. 2013(03).

[3]程东星,白菊梅,邵明杰,王朝泽. 浅析风力发电机转子故障. 电传动技术. 2017(01).

(3) 零环与转轴整体固化绝缘

在零环安装焊接后,用涤波绳将零环与转轴整体固定,再将打完无纬带的转子整体浸漆烘焙,零环与转子固化成一体,增强整体的抗震性与可靠性(如图 13 所示)。

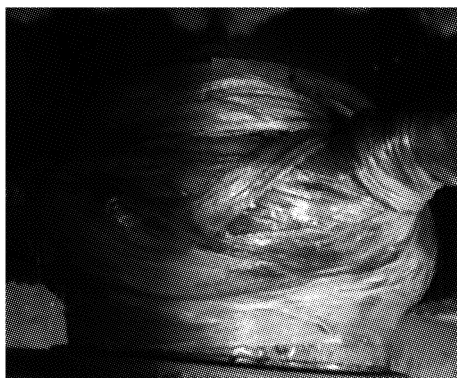


图 13 零环安装后整体绝缘包扎

4 改进效果

改进后的零环及零环安装结构已用于该电机的修理。自 2016 年至今,改进后的发电机目前运行正常,使用状态良好,满足用户正常发电的各项使用要求。

5 结语

通过对双馈式风力发电机的零环结构等多方面的改进,不仅解决了双馈式风力发电机零环本身设计结构的缺陷,而且对今后的更高层次的改进提供了有力的技术支撑。我们可以从零环的固定方式等方面的技术出发,或许能有更大的突破与提升。

参考文献

- [1]李红艳. 双馈风力发电机运行原理及发动机控制技术研究. 现代经济信息. 2013(12).
- [2]李进泽,王建良. 并网型双馈风力发电机设计中的