Advances in Energy and Power Engineering 电力与能源进展, 2020, 8(2), 31-37
Published Online April 2020 in Hans. http://www.hanspub.org/journal/aepe
https://doi.org/10.12677/aepe.2020.82004

Hans汉斯

Research on Slip Ring of Wind Turbine

Xiaolin Yang

Gansu China Power Guazhou Wind Power Company Limited, Jiuquan Gansu
Email: yxl5550333@163.com

Received: Mar. 13th, 2020; accepted: Mar. 31st, 2020; published: Apr. 7th, 2020

Abstract

This article has carried out an in-depth analysis of the causes of the slip ring damage of a certain type of direct drive wind turbine during operation. Based on the daily operation of the equipment and the main reasons for the slip ring damage, detailed preventive measures have been formulated, which has greatly improved the service life of the equipment. The good reference function reduces the failure rate of wind turbines and effectively reduces the economic losses of wind power enterprises.

Keywords

Direct-Drive Wind Turbine, Causes of Slip Ring Damage, Feasible Measures to Reduce Damage

风力发电机组滑环问题研究

杨晓林

甘肃中电瓜州风力发电有限公司，甘肃 酒泉
Email: yxl5550333@163.com

收稿日期：2020年3月13日；录用日期：2020年3月31日；发布日期：2020年4月7日

摘　要

本文针对某种直驱风力发电机组滑环在运行过程中损坏的原因进行了深度分析，通过设备日常运行情况及滑环损坏的主要原因制定了详细的预防措施，对提高设备使用寿命起到了很好的借鉴作用，降低了风力发电机组故障发生率，有效减少了风电企业经济损失。

关键词

直驱风力发电机组，滑环损坏原因，降低损坏的可行性措施

文章引用: 杨晓林. 风力发电机组滑环问题研究[J]. 电力与能源进展, 2020, 8(2): 31-37.
DOI: 10.12677/aepe.2020.82004

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

1. 引言

随着我国风电行业的持续快速发展，风电装机容量不断增加，同时有大批量的风力发电机组已逐渐出质保期，设备质量问题给风力发电企业带来巨大的压力，因此，如何提高风力发电机组运行质量将作为一个重要课题。风机滑环作为风力发电机动静衔接和能量转换的设备，是风力发电机励磁系统的重要组成部分，由于风力发电机组安装于 70 m 以上的高空，使得日常维护量增大，尤其是处于恶劣环境下的机组，其维护工作更加困难，维护成本也不断增加。因此如何有效维护滑环，提高设备可靠性，减少更换滑环的频次等对降低风力发电企业的运行成本具有一定的意义。

2. 风电滑环原理及运行参数

2.1. 工作原理

滑环是实现两个相对转动机构的信号及电流传递的精密输电装置，风力发电机组滑环的工作稳定性、可靠性及寿命会直接影响机组运行状态。风机系统滑环负责机舱和轮毂内变桨系统间的动力和信号传递，具体包括：动力电源 400 VAC + N + PE、安全链信号和 Profibus 通信信号。目前兆瓦直驱型风机使用的滑环主要为：SCHLEIFRING 滑环、MORGAN 滑环、LTN 滑环三种。

风机滑环的工作部件分为两个主要部分：定子滑道和转子电刷刷体。滑环的环道是沿着圆柱的轴心排列的，就像螺栓上的螺纹一样，电刷刷体借助弹性压力与环道滑动接触来传递信号及电流，在滑环体表面往往镀上多层贵金属以减小电阻，因此电刷采用贵金属合金丝加工成型。

2.2. 滑环安装位置及运行参数要求

以国内某兆瓦直驱型风机滑环为例，该滑环安装于轮毂内发电机前轴齿形盘处，如图 1。

电缆两端的连接器采用的是 Han 系列的 Harting 工业连接器，分别为滑环侧电缆终端的连接头(连接机舱)：公针；滑环侧电缆终端的连接头(连接轮毂)：母针。

图 2 和图 3 分别给出了 Harting 连接器的公针和母针的示意图。连接器上方插头为 400 VAC 电源；中间插头为 Profibus DP 现场总线；下方插头为安全链信号。

Figure 1. Slip ring installation position
图 1. 滑环安装位置

Figure 2. Male needle
图 2. 公针

Figure 3. Female needle
图 3. 母针

该滑环与连接的电缆数量与种类如表 1 所示：

Table 1. Number and types of connection cables
表 1. 连接电缆数量和种类

电缆芯数	电流(A)	电压(V)	电缆种类	截面积(mm^2)	外径(mm)
4	20	400	Helukabel JZ-602 4 AWG144G2, 5QMM	2.5	10.1
5 + 屏蔽	1	24	Helukabel JZ-602-CY5 AWG18 5G1	1.0	10.1
2 + 屏蔽	0.1	10	L2-BUS 1 2 0.64 Industrie Helu No.81186	0.64	8.0

表 2 简单介绍一下连接器三个插头每根针的情况：

Table 2. Each pin of the three plugs of the connector
表 2. 连接器三个插头每根针的情况

连接器上方的插头(400 V)	连接器中间的插头(SubD) (Profibus)	连接器下方的插头(24 V)
1 脚：L1，线 1	3 脚：信号 B (红色)	1 脚：外部安全链 24 V，线 1
2 脚：L2，线 2	5 脚：屏蔽层	6 脚：N 零线，线 2
3 脚：L3，线 3	8 脚：信号 A (绿色)	9 脚：内部安全链 24 V，线 3
4 脚：N 零线		12 脚：PEN，黄绿线

以金风 GW82-1500 型风力发电机组为例，要求 Profibus 数据传输速率为 6 Mbit/s，旋转运行速度 n = 0~24.8 r/min，防护等级 IP65。工作环境温度范围在−20℃~50℃之间，因整个温度范围内有可能在轮毂内发生粉尘微粒沉积现象，因此要求其具备在外部环境中含盐的近海地区以及空气中夹带沙尘和尘土的沙漠地区运行。由于风机震动影响，所以要求其满足运行期间的机舱加速度大约是 0.3 g，振动频率小于 2 Hz。

3. 某风电场滑环损坏案例分析

根据某风电场 2019 年故障停机分析，因变桨类问题导致的风机故障比例为 47.42%，其中由于滑环原因引起的故障占比为 32%，例如：变桨安全链故障、变桨信号反馈丢失等，究其原因均为滑环损坏导致。因此，提高滑环的运行质量可有效的降低风机故障率。图 4 为 2019 年风力发电机组故障统计分析。

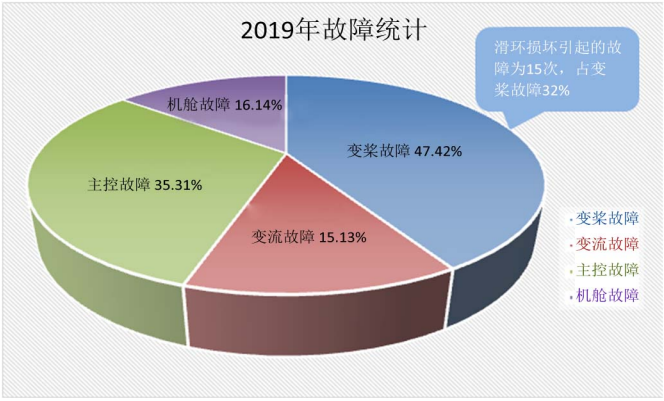

Figure 4. Fault statistics in 2019
图 4. 2019 年故障统计图

经对滑环进行了拆解分析，发现导致滑环损坏的原因：1) 滑环内部转子电刷刷体磨损严重；2) 滑环内部转子电刷刷体有过流烧毁现象。

以下为滑环损坏案例分析：

3.1. 滑环卡死导致触点过流短路故障

风机报变桨类故障后，运维人员通过故障状态观察与经验分析会初步判断是由于机舱通讯中断导致。首先检查机舱 400 V 断路器，发现 2F12 断路器跳闸。故猜测可能是由于机舱电源回路瞬时过载导致电源开关跳闸或者机舱、变桨内存在短路现象，立即对主控柜内机舱侧三相电源进行测量，未发现短路，因此初步判断是由于瞬时过载导致。测量机舱电源线三相阻值，发现 W 相对地有 300 Ω 的电阻，其他两项均为无穷大，因此判断机舱、变桨内电源线有问题。

原因分析：

检查滑环时发现，滑环转动部分晃动不正常。拆开滑环护套，发现有多处触点有烧坏的现象，从现场迹象判断，是由于滑环支架与滑环连接过紧，滑环支架旋转中心和滑环转动中心不能一直保持同轴，滑环支架长时间顶住滑环转动部分，导致转动部分轴损坏(如图 5)，出现滑环内触点对地短路，过流烧毁现象。

结论：

由于滑环内部转子电刷刷体部分有过流烧毁现象，滑环转动轴磨损严重，需对滑环转子电刷刷体部分进行修复或更换内部转子电刷刷体[1]，对磨损的轴体进行打磨，如果磨损太严重需要更换滑环。

Figure 5. Wear diagram of slip ring shaft
图 5. 滑环轴体磨损图

3.2. 滑环内部转子电刷刷体磨损导致故障

通过就地监控面板观察，所报出的故障为变桨子站以及安全链故障，同时查看变桨数据，发现变桨传给主控的数据有丢失，并且通常会不止一个变桨柜会报故障，而是 3 个变桨柜同时会报故障，由此分析是滑环引起的 DP 故障。如果风机在停机状态下还有此故障，那么需要检查接线、对应的子站以及主控的组态配置；如果是在运行的过程中报此故障，那么就应该是线路有虚接、子站出问题或者是屏蔽层没有接好。对故障点检查也未发现任何问题，判断应该就是滑环本身存在问题。

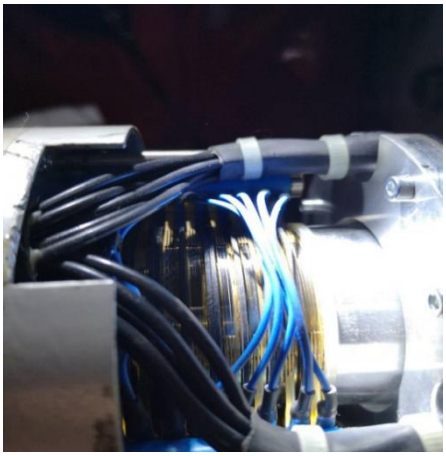

Figure 6. Brush body wear diagram
图 6. 电刷刷体磨损图

原因分析：

检查滑环时发现，滑环内部转子电刷刷体磨损严重，原本为金黄色，而出现异常的滑环内部转子电刷刷体已出现白色(如图 6)。其原因为滑环本身为高速旋转部件，且运行时间较长，导致内部金色轨道摩白，使得内部导通性较差，引发故障的发生。

结论：

由于滑环内部转子电刷刷体磨损严重，生产现场无法对滑环转子电刷刷体进行完全修复，故需要对滑环电刷进行整体更换，目前，国内缺乏碳刷研制技术，相比国外知名碳刷制造商仍有较大差距[2]，因此，滑环电刷磨损严重时应返厂进行维修。

4. 降低损坏的可行性措施

4.1. 滑环损坏的特性

滑环内部异常，机组会报变桨安全链子站以及安全链故障。通常滑环异常主要原因：

1) 滑环内部有杂质；

2) 滑环内部安全链以及 400 V 供电部分的转子电刷刷体出现磨损；

3) 滑环延长线内部出现磨损或有虚接现象；

4) 使用寿命到期。

4.2. 滑环维护

1) 滑环运转 5000 万转或 10 年后，需要彻底检修(即大修)，可将滑环直接发回厂家进行大修或更换新的滑环。

2) 生产现场对滑环拆卸维修：

因滑环内部的轨道属于精密性备件，且在风机上用含酒精的清洗剂对滑环进行清洗的过程中容易引发火灾，因此不建议在风机上直接进行维修清洗。维修人员应使用新的滑环将需要维修的滑环替换下来，转移至专用检修间进行彻底清洗、保养。具体流程如下：

如图 7，将固定锁定销(1)处的滑环锁定销固定板移开；将滑环壳体上下两个螺钉(2)松开，并把滑环壳(3)沿轴的方向拆下。

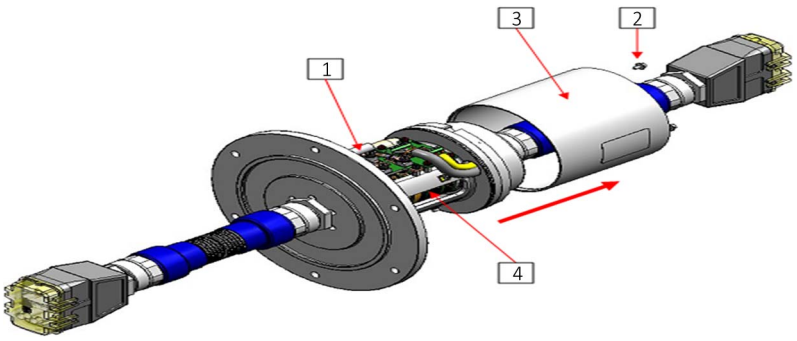

Figure 7. Brush body wear diagram
图 7. 滑环拆解图

使用 SCHLEIFRING 滑环专用的金丝触点喷剂对滑环金丝刷块(4)表面喷洒。

首先要把不需要润滑的地方予以覆盖，以免喷洒时受染；每次喷洒前用力摇动金丝触点喷剂罐让喷剂在罐内达到均匀；然后将喷头对准滑环表面，距离最少 10 厘米左右；延轴向由左向右对滑环表面快速

喷洒，喷洒时间约 2 秒钟即可。清洗完成待表面干燥后重新组装。对维修、保养后的滑环可继续替换至下一台风机上，以此类推。该方法可在风机进行定期检修时实施，能够确保整个风场的风机滑环能够得到全面维护、保养[3]。

5. 总结

由于滑环属于高速部件，生产现场每年会通过半年检修、全年检修对滑环进行两次全面的维护，但由于元器件本身存在损耗，长时间运行时会造成滑环内部安全链回路以及 400 V 回路转子电刷刷体的磨损，造成变桨数据采集缺失，促使机组 PLC 采集不到变桨数据，造成机组频繁性报故障。目前国内绝大多数风电场风机都属于厂家质保期或者交于外包商维护，滑环损坏后都会选择直接更换的措施，增加了业主的运行成本，因此每年对滑环的全面维护、保养至关重要，可有效降低运行成本。

参考文献

[1] 蒋雷. 发电机转子滑环故障分析[J]. 电世界, 2017, 58(8): 6-7.

[2] 阳辉力, 邓方林, 邹强龙, 祝令帅. 双馈风力发电机用滑环系统设计[J]. 电器工业, 2014(2): 72-74.

[3] 张曙光. 风力发电机的日常维护[J]. 电机技术, 2012(5): 25-27.