

发电机碳刷打火故障消除的研究与创新

兰 嵩

华电国际电力股份有限公司天津开发区分公司 天津 300000

摘 要: 针对发电机碳刷打火现象开展讨论创新, 研究分析解决问题的办法。从碳刷选型、碳刷用前预磨、碳刷支架、刷握匹配程度等方面研究分析, 逐一排除了滑环表面光洁度不够、碳粉和其它积垢过多、碳刷质量不良、碳刷架位置偏移、碳刷磨损过短等原因, 最终研究发现自卷式恒压弹簧的回弹力无法满足实际使用需求, 碳刷在刷握内存在卡涩现象, 碳刷受到的压力不均导致与集电环接触不良, 是发电机碳刷打火发生的主要原因。将恒压弹簧的稳定性提高, 通过简单、易实施的创新改造, 在不影响设备运行的情况下, 通过经济、节能的创新方法, 将刷握弹簧改造后, 使碳刷打火现象成功消除。

关键词: 碳刷打火; 恒压弹簧; 稳定性

引言

碳刷和滑环是发电机动静接触和交换能量的设备, 是发电机励磁系统的重要组成部分。但是运行中由于很多原因, 时常出现打火现象, 严重危及发电机的安全运行^[1]。



图 1 发电机励磁侧样图

碳刷打火故障有着“恶化迅速, 时间不定”的特点, 若未对打火碳刷进行重点监护和及时治理, 当碳刷打火故障严重时, 会限制机组无功出力, 或者需要采取在线打磨等措施^[2]。若出现发电机环火现象, 在几分钟内会导致集电环、碳刷、碳刷架、风扇烧损, 严重时烧损发电机大轴, 形成永久性损伤, 造成非常大的经济性损失。

1. 实验取证问题点

(1) 发现问题: 碳刷刷辫电流极不平衡; 问题原因: 碳刷与集电环接触不良。

出现打火现象后, 我们安排专人加强监护发电机励磁侧

设备状态。定时使用钳形电流表监测刷辫上的励磁电流。通过观察多次测量的电流数据, 我们发现 16 个刷握上的 48 个碳刷刷辫电流分布极为不均, 最小的电流数值在个位数 5A 左右, 最大的电流数值可以达到 183A 左右 (若碳刷电流在 12 ~ 80A, 说明运行正常; 若大于 160A, 说明运行不正常。超过 200A 的碳刷很快便会烧断刷辫。)

碳刷在刷握中卡涩会造成碳刷与滑环之间不能可靠接触, 卡涩碳刷分配到的励磁电流将会远远降低, 甚至会为零。当卡涩碳刷数量增加, 正常工作碳刷分配到的励磁电流将会大大增加, 从而使正常工作碳刷可能过热引起碳刷打火。所以我们基本可以判断发电机碳刷与集电环之间未能可靠接触。

(2) 发现问题: 碳刷侧边出现磨痕; 问题原因: 碳刷弹簧圈铆钉卡涩碳刷。

我们在检查过程中发现在碳刷侧边位置发现了卡涩、摩擦导致产生的凹槽, 说明碳刷在刷握内存在卡涩的现象。



图 2 发电机碳刷卡涩磨痕

通过观察，所有碳刷磨痕都是成对称性的两道凹槽形状，初步分析判断该卡涩磨痕是因为刷握中弹簧底座为一端铆钉固定在刷握本体上，另一侧由卡勾，勾住刷握本体。弹簧圈再由铆钉固定在弹簧底座的卡勾断。当弹簧圈位移时，卡勾端受力翘起，弹簧圈铆钉卡涩碳刷。

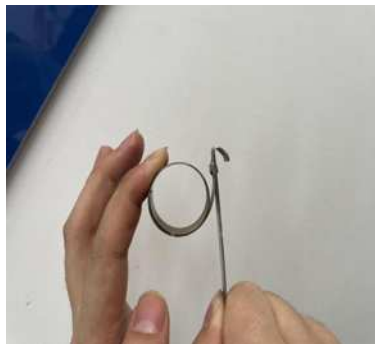


图3 发电机刷握弹簧

(3) 发现问题：部分碳刷存在崩角、裂纹；问题原因：弹簧回弹力不能够满足碳刷与集电环接触压力的稳定性要求。

在检查碳刷过程中同时发现，部分碳刷存在崩角、裂纹现象。可能产生崩角的原因是碳刷跳动太大，或碳刷质量存在问题。



图4 发电机碳刷崩角现象

在排除碳刷质量问题后，我们对发电机碳刷及刷握进行了逐一清理检查，并测量部分弹簧在压缩规定位移下的拉伸力与回弹力。通过测量发现，该类型的恒压弹簧在位移区间 27-90mm 以内的拉伸力和回弹力是较为恒压稳定的，该弹簧的回弹力在 11N 上下浮动。碳刷与集电环接触压力是依靠弹簧回弹力推动碳刷来形成，所有我们主要观察的是回弹力的数据，发电机规定刷握弹簧压力在 $1.45 \pm 20\% \text{kgf}$ ($1.45 \text{kgf} \approx 14.5 \text{N}$) 范围内属于正常。标准回弹力的下限为 $14.5 \times 80\% = 11.6 \text{N}$ 。所以实际使用中，该弹簧回弹力下限较低，不能够保证碳刷与集电环压力的稳定性。会导致碳刷出

弹簧压缩规定位移下平均值力方法试验报告

拉伸起: 30 mm 拉伸终点 70 mm
回弹起: 70 mm 回弹终点 30 mm

	编号	平均值	拉伸平均值	回弹平均值	拉伸起点	拉伸终点	回弹起点	回弹终点	4点平均
		N	N	N	N	N	N	N	N
第1根	7	14.793	18.152	11.434	18.469	17.835	11.497	11.434	14.809
第2根	10	14.132	17.348	10.915	17.337	17.24	10.974	10.761	14.078
第3根	14	14.609	18.18	11.039	17.754	18.415	11.1	11.059	14.582
第4根	15	14.781	18.151	11.41	18.054	18.174	11.693	11.339	14.815
第5根	19	14.944	18.322	11.566	18.472	18.237	11.919	11.43	15.015
第6根	5	14.424	17.608	11.239	17.814	17.645	11.36	11.165	14.496
第7根	6	14.857	18.239	11.475	18.576	18.222	11.605	11.547	14.859
第8根	11	14.884	18.456	11.312	18.215	18.28	11.596	11.343	14.705
平均值		14.678	18.057	11.299	18.086	18.006	11.468	11.26	14.705
最大值		14.944	18.456	11.566	18.576	18.415	11.919	11.547	15.015
最小值		14.132	17.348	10.915	17.337	17.24	10.974	10.761	14.078
标准偏差		0.277	0.378	0.224	0.431	0.399	0.312	0.254	0.31

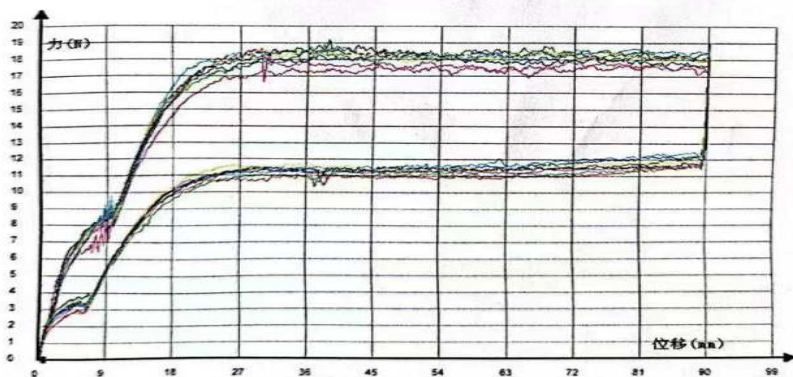


图5 旧弹簧测试报告（设备作图直接出纸质，扫描）

现振动过大现象，出现崩角、裂纹情况。

综合上诉调查情况，我们可以确定发电机碳刷在刷握中卡涩，弹簧回弹力不满足碳刷与集电环接触面压力的要求，而出现碳刷崩角、碳刷电流分布不均的情况，是碳刷打火现象产生的主要原因。

2. 消除碳刷打火方案及效果

创新改造选择由弹簧入手：因为刷握弹簧一端用铆钉固定，一端是卡勾固定，原有弹簧卡勾位置角度较大，存在一定弹簧活动的裕度，在弹簧展开位移时会使得弹簧卡勾处铆钉上翘，卡涩碳刷在刷握通道中的自由移动^[3]。

(1) 将原来的三圈弹簧改造为六圈弹簧，增加了弹簧回弹力，使弹簧的回弹力区间由 11N，提升至 13N。提高了弹簧回弹力的下限，使其在任何位移距离都能够满足碳刷与集电环接触压力的要求。弹簧圈数增加避免弹簧拉伸位移时出现变形，提高弹簧稳定性。使其推动碳刷与集电环良好接触。

新弹簧（六圈）规定位移下平均值力方法试验报告

拉伸起点 30mm；拉伸终点 70mm
回弹起点 70mm；回弹终点 30mm

	编号	平均值	拉伸平 均值	回弹平 均值	拉伸起 点	拉伸终 点	回弹起 点	回弹终 点	4 点平 均
		N	N	N	N	N	N	N	N
第 1 根	7	16.463	19.711	13.215	19.736	19.635	13.197	13.263	16.457
第 2 根	10	16.279	19.432	13.127	19.329	19.571	12.979	13.176	16.263
第 3 根	14	16.425	19.425	13.425	19.547	19.398	13.012	13.687	16.411
第 4 根	15	16.251	19.288	13.214	19.174	19.352	13.088	13.471	16.271
第 5 根	19	16.582	19.389	13.775	19.522	19.471	13.742	13.895	16.657
第 6 根	5	16.283	19.377	13.189	19.379	19.412	13.247	13.574	16.403
第 7 根	6	16.201	19.313	13.089	19.411	19.247	13.012	13.101	16.192
第 8 根	11	16.396	19.282	13.510	19.249	19.478	13.478	13.647	16.463
平均值		16.360	19.402	13.347	19.418	19.445	13.219	13.476	16.389
最大值		16.582	19.711	13.794	19.736	19.635	13.742	13.895	16.657
最小值		16.251	19.282	12.989	19.174	19.247	12.979	13.101	16.192
标准偏差		0.275	0.354	0.364	0.178	0.267	0.241	0.356	0.247

图 6 改造后弹簧测试报告

(2) 其完美卡在刷握本体结构上，避免弹簧位移拉伸是出现弹簧底座一端翘起，弹簧固定铆钉卡涩碳刷的情况。

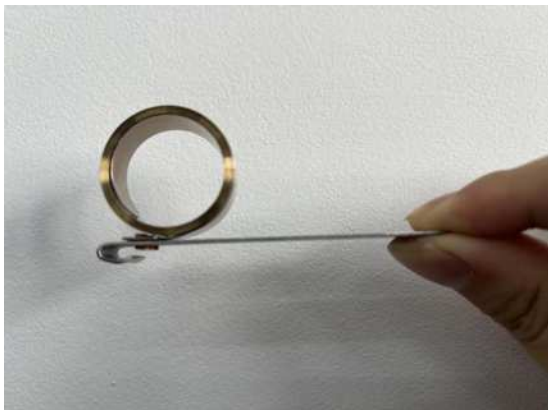


图 7 刷握弹簧改造后

弹簧回弹力由 11N 提高至 13N，回弹力在规定的 $1.45 \pm 20\% \text{kgf}$ 标准范围内，并确认增加了 2N 回弹力，并不影响励磁设备的正常经济运行，也不会十分明显的加快碳刷损耗的速率。在改造完成后，经过长时间的观察，碳刷打火现象彻底消失，钳形表监测 48 个碳刷刷辫电流较为平均。接触面温度上升 $3^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C}$ 左右，稳定在 $72^\circ\text{C} - 85^\circ\text{C}$ 之间。成果解决了发电机碳刷打火的问题。

3. 结语

滑环和碳刷是发电机励磁系统的重要部分，是发电机动静接触和交换能量的设备。发电机滑环在运行中出现打火现象，会严重危及发电机的安全运行。如不及时采取措施抑制或消除火花继续发展很容易造成集电环环火事故。在不影响机组设备正常运行的情况下，通过经济、节能的创新方法，简单、易实施的创新改造后，打火现象消失，成功解决发电机碳刷打火问题。创新改造后，观察发电机碳刷刷辫电流较为平均，碳刷与滑环接触面温度稳定在 $72^\circ\text{C} - 85^\circ\text{C}$ 之间，解决了碳刷弹簧压力不均的问题。

参考文献

- [1] 降低某水电站发电机集电环负极碳刷运行温度 [A]. 廖唱百；李伟；朱煜纯. 2022 年电力行业技术监督工作交流会暨专业技术论坛, 2022.
- [2] 大中型水轮发电机集电环及碳刷热成像在线监测系统成果报告 [A]. 李伟伟；田征前；王志宝；闫文峰. 中国电力企业管理创新实践（2019 年），2020.
- [3] 俄 TBM-160-2 型发电机转子集电环刷架结构优化 [A]. 郭光武；张建宏；宋景岚. 全国火电 100MW 级机组技术协作会第二届年会, 2003.

作者简介

兰嵩（1995.8——），男，汉族，山东济宁人，大学本科，助理工程师（初级职称），研究方向：电气设备管理及自动化研究