

# Снижение износа щеток в стартер-генераторе специального назначения ГС-12ТОК\*

Изотов А.И., Тимошенко В.Н., Изотов С.А.

Вятский государственный университет

г. Киров, Российская Федерация

[izotov@vyatsu.ru](mailto:izotov@vyatsu.ru)

**Аннотация.** В статье рассматриваются причины повышенного износа щеток у стартер-генератора ГС-12ТОК, вызванные особенностью его режима работы. Исследовано влияние искрения по переходным процессам наброс-сброс нагрузки на сопротивление политурной пленки, искрение приводит к ее нарушению и увеличению износов щеток. Предложена методика ускорения образования политурной пленки в многощеточных системах за счет включения в систему токопередачи щеток, обладающей высокой скоростью образования политурной пленки. Проведены летные испытания и эквивалентно-циклические ресурсные стендовые испытания. Генератор, оборудованный политурообразующими щетками ЭГ-61А (пропитанными) при штатном давлении на все щетки обеспечивает увеличение ресурса токоведущих щеток более чем в два раза без увеличения скорости образования политурной пленки. Генератор с политурообразующими щетками ЭГ-61А (не пропитанными) при давлении на все щетки 500-550 г обеспечивает увеличение ресурса щеток до пяти раз с увеличением скорости образования политурной пленки и рекомендуется к внедрению в серийное производство.

**Ключевые слова:** политурная пленка, искрение, износ щеток, коммутация, политурообразующие щетки.

## ВВЕДЕНИЕ

У авиационного генератора ГС-12ТОК после изменения режима его работы – запуск вспомогательной силовой установки и дальнейшая работа в режиме генератора на режим, когда после запуска вспомогательной силовой установки генератор работает несколько часов только в режиме холостого хода (без возбуждения) стал наблюдаться повышенный износ щеток [1-5]. Для обеспечения прежнего ресурса в комплект запчастей, инструментов, приспособлений стали прикладывать пять комплектов щеток для замены изношенных. Так как замена щеток возможна только на аттестованных предприятиях, а стоимость эксплуатационных расходов на час полета самолета АН-124-100 при крейсерской скорости 800 км/ч составляет около 2,5 млн. рублей, это приводит к значительному увеличению расходов.

Исследования, проведенные кафедрой «Электрические машины и аппараты» ВятГУ, позволили сделать заключение, что повышенный износ щеток обусловлен нарушением политурной пленки на коллекторах [6-11].

## ИСКРЕНИЕ В ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ

При работе в стартерном режиме при пуске и дальнейшем сбросе нагрузки по переходным процессам возникает искрение, обусловленное замедленным ( $A_{НК}$ ) и уско-

ренным ( $A_{ПК}$ ) характером коммутации (рис. 1) за счет отставания изменения индукции ( $B$ ) в дополнительных полюсах от тока якоря ( $I$ ) из-за вихревых токов, возникающих в магнитной системе дополнительных полюсов. Индукция под дополнительным полюсом измерялась с помощью датчика Холла, а искрение индикатором искрения ( $I$  – ток в обмотке дополнительных полюсов,  $B_k$  – индукция в коммутационной зоне) [12-16].

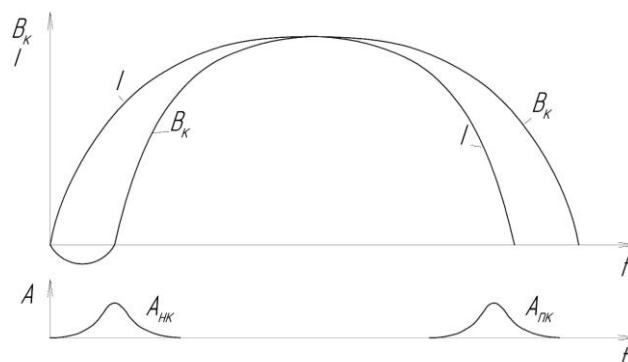


Рис. 1. Кривые тока нагрузки  $I$ , индукции в коммутационной зоне  $B_k$  и искрения при набросе ( $A_{НК}$ ) и сбросе ( $A_{ПК}$ ) нагрузки

Ранее в случае генераторного режима политурная пленка, нарушенная искрением в переходных процессах, успевала восстанавливаться. Когда имел место режим только холостого хода, происходит дальнейшее нарушение (истирание) политурной пленки, которая в конечном итоге исчезает (политурная пленка является твердой смазкой, снижает износ щеток и защищает коллектор от износов). В табл. 1 приведены результаты заводских испытаний генератора в пусковых режимах.

Таблица 1

Влияние искрения на сопротивление политурной пленки у генератора штатного исполнения

Условие опытов	Сопротивление политурной пленки:	
	начальное $R_{нач}, Ом$	конечное $R_{кон}, Ом$
<i>Марка токоведущих щеток: МГС-7 (18 штук)</i>		
Двигательный режим: $t = 7$ час.	0,002	0,37
Стартерный режим $t = 3$ час.	0,37	0,031
Двигательный режим: $t = 5$ час.	0,031	0,345
Стартерный режим $t = 1$ час.	0,345	0,245
Стартерный режим $t = 1$ час.	0,245	0,135

\* Статья публикуется по рекомендации программного комитета Международной научно-технической конференции "Пром-Инжиниринг" (ICIE-2019), <http://icie-rus.org>

Полученные результаты подтверждают предположение об активном влиянии искрения на сопротивление политуры пленки.

**ЧАСТИЧНАЯ ЗАМЕНА ЩЕТОК**

Нами были проведены исследования политурыобразующих свойств разных марок щеток, выпускаемых в России (табл. 2, 3) и для дальнейших испытаний выбраны щетки ЭГ-61А и ЭГ-74, обладающие повышенной скоростью образования политуры пленки. В систему токопередачи наряду со штатными щетками МГС-7 включались политурыобразующие (на две штатные одна политурыобразующая) [17]. Проведены испытания на ударную прочность, по результатам которых установлено, что щетки ЭГ-61А со штатными пружинами соответствуют требованиям технических условий. Проведены приемо-сдаточные испытания генератора в сравнении с серийно выпускаемым (табл. 4-7). При одинаковом токе нагрузки у генератора с установленными политурыобразующими щетками и с пружинами пониженного давления ток возбуждения больше на 0,1А во всем диапазоне нагрузок чем у стандартного генератора. По техническим условиям изменение тока возбуждения при изменении тока нагрузки генератора от холостого хода до номинального должно быть в пределах 0,5-1А. У генератора с установленными щетками ЭГ-61А и МГС-7 и пружинами давления 500-550г потребляемый ток при работе под нагрузкой больше на 30А чем у стандартного генератора. Это обусловлено большим сопротивлением политуры пленки. Применение политурыобразующих щеток и пружин пониженного давления не оказало влияния на степень искрения при работе в стартерном и генераторном режиме.

Таблица 2

Образование политуры пленки на холостом ходу (n=6000 об/мин, t=5 час)

№	Марка токоведущих щеток	Сопротивление политуры пленки, Ом				
		Время проведения замера сопротивления политуры пленки, час				
		1	2	3	4	5
1	ЭГ-54П	0,393	0,207	0,516	1,152	0,93
2	ЭГ-75	0,103	0,212	0,246	0,78	0,95
3	МГС-7	0,53	0,46	0,604	1,08	1,034
4	ЭГ-74	2,035	2,448	2,646	2,383	2,145
5	ЭГ-61	1,076	0,902	1,487	1,776	2,219
6	ЭГ-61А	0,6	1,17	1,27	1,79	2,535
7	ЭГ-4	0,43	0,77	1,596	1,877	2,9

Таблица 3

Образование политуры пленки под нагрузкой (I=300 А, n=6000 об/мин, t=30 час)

№ п/п	Марка токоведущих щеток	Начальное сопротивление политуры пленки R <sub>нач</sub> , Ом	Конечное сопротивление политуры пленки R <sub>кон</sub> , Ом
1	МГС-7	0,002	0,528
2	ЭГ-61	0,002	0,912
3	ЭГ-4	0,002	1,7
4	ЭГ-54П	0,002	1,84
5	ЭГ-61А	0,002	2,01
6	ЭГ-75	0,002	2,08
7	ЭГ-74	0,002	2,113
8	ЭГ-4	0,002	3,41

Таблица 4

Регулировочная характеристика (n=9000 об/мин, напряжение 28,5В)

Генератор модифицированный		Генератор штатный	
Ток нагрузки, А	Ток возбуждения, А	Ток нагрузки, А	Ток возбуждения, А
0	2,7	0	2,6
50	2,8	50	2,7
100	2,9	100	2,8
150	3,0	150	2,9
200	3,1	200	3,0
250	3,2	250	3,1
300	3,3	300	3,2
350	3,4	350	3,3
400	3,5	400	3,4

Таблица 5

Проверка при номинальных данных в генераторном режиме

Продолжительность испытания, мин	Частота вращения, об/мин	Ток нагрузки, А	Напряжение, В	Ток возбуждения, А	
				генератор модиф.	генератор штатный
30	3700	200	26,5-30	10,5	10,2
30	4200	400	26,5-30	9,9	9,8
15	9000	400	26,5-30	3,6	3,5
2	11200	-	-	-	-
5	9000	0	70	6,2	6,1
30	8000	400	26,5-30	4,2	4,3
1	8000	600	26,5-30	5,1	5,0
15	9000	400	26,5-30	2,6	2,8
30	6000	400	26,5-30	5,7	5,8

Таблица 6

Проверка в стартерном режиме (U=30 В, M=3,4 кг·м, t=30 с)

№ вкл.	Генератор модифицированный		Генератор штатный	
	Потребляемый ток, А	Частота вращения, об/мин	Потребляемый ток, А	Частота вращения, об/мин
-	380	2370	350	2350
1	380	2390	350	2370
2	380	2400	350	2380
3	380	2410	350	2400
4	380	2430	350	2420
5	380	2440	350	2480
Перерыв 15 минут				
6	380	2380	350	2370
7	380	2400	350	2390

Таблица 7

Степень искрения под щетками при проведении генераторного режима

Нагрузка	Степень искрения	
	Генератор модифицированный	Генератор штатный
100%	1 ¼	1 ¼
150%	1 ½	1 ½

По окончании испытаний произведен замер сопротивления политуры пленки между дорожками коллектора

ных пластин и высоты щеток по большей стороне. Замер сопротивления производился цифровым миллиметром при помощи специальных щупов, выполненных в виде фальщеток 1 из текстолита, давление на которые создается пружинами щеткодержателя, и вмонтированных в них посеребренных электродов 2 (рис. 2).

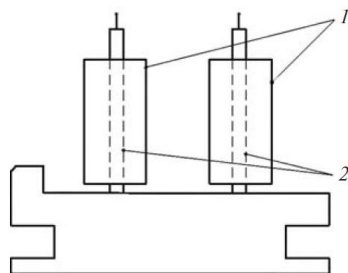


Рис. 2. Схема измерения сопротивления политушной пленки

Среднее сопротивление политушной пленки на модифицированном генераторе (с политуруобразующими щетками ЭГ-61А и пружинами меньшего давления) после ПСИ составило 0,284 Ом. На поверхности коллектора наблюдалась установившаяся политузная пленка, подгара и ребристости не обнаружено.

Среднее сопротивление политушной пленки на штатном генераторе (с штатными щетками МГС-7 и стандартными пружинами) после приемо-сдаточных испытаний составило 0,15 Ом. На поверхности коллектора образовалась политузная пленка с рваными краями, подгара не обнаружено. Также присутствует ребристость поверхности коллектора и щеток.

По результатам исследования можно сделать вывод, что при частичной замене щеток на политуруобразующие и при применении пружин меньшего давления характеристики генератора не выходят за пределы характеристик, указанных в технических условиях. Частичная замена штатных щеток на политуруобразующие и установка пружин давления 500-550 г способствовала ускорению образования политушной пленки на коллекторе генератора в 2 раза по отношению к штатному исполнению (рис. 3). Износы щеток в исследуемых генераторах приблизительно одинаковые.

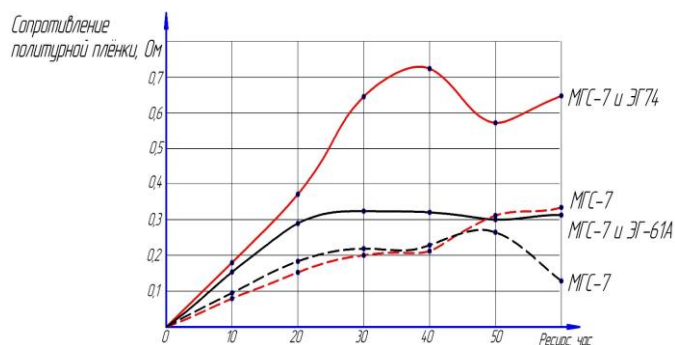


Рис. 3. Наведение политушной пленки щетками за 60 часов

### ПОЛНАЯ ЗАМЕНА ЩЕТОК

Затем были проведены исследования возможности замены всех штатных щеток МГС-7 на политуруобразующие щетки ЭГ-61А. По техническим условиям на щетки ЭГ-61А допускается превышение плотности тока до 1,9 раза в течение 10 минут.

Проведены приемо-сдаточные испытания, полученные данные (приведены в табл. 8-12) не противоречат требованиям технических условий стартер-генератора ГС-12ТОК, следовательно, он может эксплуатироваться с данной маркой щеток. Токи возбуждения генератора, оборудованного щетками МГС-7, и генератора, оборудованного щетками ЭГ-61А, совпадают во всем диапазоне измерений. Наблюдается незначительная разница в токах возбуждения. При использовании щеток ЭГ-61А потребляемый ток возрастает на 30 А, частота вращения снизилась в среднем на 15 об/мин. Это обусловлено тем, что сопротивление тела щетки ЭГ-61А больше, чем у МГС-7. Применение щеток марки ЭГ-61А не оказало влияние на степень искрения.

При одинаковом токе нагрузки у генератора с установленными политуруобразующими щетками и с пружинами пониженного давления ток возбуждения больше на 0,1 А во всем диапазоне нагрузок чем у стандартного генератора. По ТУ изменение тока возбуждения при изменении тока нагрузки генератора от холостого хода до номинального должно быть в пределах 0,5-1 А.

Результаты заводских испытаний представлены в табл. 13 и рис. 4. Применение политуруобразующих щеток значительно ускоряет процесс восстановления политушной пленки после стартерного режима.

Таблица 8

Регулировочная характеристика (n=9000 об/мин, напряжение 28,5 В)

Марка щеток			
МГС-7		ЭГ-61А	
Ток нагрузки, А	Ток возбуждения, А	Ток нагрузки, А	Ток возбуждения, А
0	2,6	0	2,6
50	2,7	50	2,7
100	2,8	100	2,8
150	2,9	150	2,9
200	3,0	200	3,0
250	3,1	250	3,1
300	3,2	300	3,2
350	3,3	350	3,3
400	3,4	400	3,4

Таблица 9

Проверка в генераторном режиме

Продолжительность испытания, мин	Частота вращения, об/мин	Ток нагрузки, А	Напряжение, В	Марка щеток	
				МГС-7	ЭГ-61А
				Ток возбуждения, А	
30	3700	200	26,5-30	10,2	11,1
30	4200	400	26,5-30	9,8	10,5
15	9000	400	26,5-30	3,5	3,4
2	11200	—	—	—	—
5	9000	0	70	6,1	6,1
30	8000	400	26,5-30	4,3	4,2
1	8000	600	26,5-30	5,0	3,8
15	9000	400	26,5-30	2,8	3,1
30	6000	400	26,5-30	5,8	5,7

Таблица 10

Проверка в стартерном режиме

№ включения	Напряжение, В	Нагрузочный момент, кг·м	Продолжительность включения, с	Марка щеток			
				МГС-7		ЭГ-61А	
				Потребляемый ток, А	Частота вращения, об/мин	Потребляемый ток, А	Частота вращения, об/мин
–	30	3,4	Не более 30	350	2350	380	2320
1				350	2370	380	2350
2				350	2380	380	2390
3				350	2400	380	2400
4				350	2420	380	2420
5				350	2480	380	2430
				Перерыв 15 минут			
6				350	2370	380	2350
7				350	2390	380	2400

Таблица 11

Степень искрения под щетками при проведении генераторного режима

Нагрузка	Степень искрения	
	Марка щеток	
	МГС-7	ЭГ-61А
100%	1 ¼	1 ¼
150%	1 ½	1 ½

Таблица 12

Степень искрения под щетками при проведении стартерного режима

Степень искрения	
Марка щеток	
МГС-7	ЭГ-61А
1 ½	1 ½

ИСПЫТАНИЯ

В дальнейшем у двух генераторов ГС-12ТОК шесть штатных щеток МГС-7 из 18 были заменены на политурообразующие щетки ЭГ-61А. Давление на политурообразующие щетки соответствовало удельному давлению на штатные щетки. Первый генератор был направлен в ЗАО “Полет” г. Ульяновск для летных испытаний на объекте АН-124-100, а второй генератор в ОАО “Научно-производственное предприятие “Аэросила” г. Ступино для моторных испытаний.

Первый генератор обеспечил удовлетворительную работу на объекте АН-124-100 с увеличенным в два раза ресурсом щеток без замечаний ЗАО “Полет”. Однако наблюдалось снижение сопротивления политурной пленки.

Второй генератор успешно прошел эквивалентно-циклические ресурсные стендовые испытания на вспомогательном газотурбинном двигателе ТА12(А) с относительно низким износом щеток. Генератор работал с приводом, имеющим обгонную муфту, отключающей его после окончания стартерного режима (т.е. генератор работал только в стартерном режиме без режима холостого хода). У генератора наблюдалось общее увеличение сопротивления политурной пленки.

В дальнейшем, для снижения шлифующего действия щеток на политурную пленку, давление на все щетки было уменьшено. Опытные генераторы, оборудованные политурообразующими щетками ЭГ-74 и ЭГ-61А (не пропитанные) успешно прошли приемо-сдаточные испытания, а также испытания на ударную прочность. Характеристики и параметры генераторов соответствуют требованиям технических условий на поставку. Наилучшие результаты по летным испытаниям были получены в случае применения политурообразующих щеток ЭГ-61А (не пропитанных). Ресурс щеток был увеличен в 5 раз с сохранением исходного сопротивления политурной пленки. Наряду с износом щеток на генераторах наблюдается повышенный износ коллекторов. Некоторые генераторы, приходящие на первый капитальный ремонт, имеют выработку коллектора под электрощетками, выходящую за пределы ремонтных допусков, что требует замены якоря.

Таблица 13

Влияние искрения на сопротивление политурной пленки в случае применения политурообразующих щеток ЭГ-61А

Условие опытов	Сопротивление политурной пленки	
	начальное Rнач, Ом	конечное Rкон, Ом
Двигательный режим: U=15 В, t=7 ч.	0,002	0,4
Стартерный режим t=3 ч.	0,4	0,497
Двигательный режим: U=15 В, t=5 ч.	0,497	0,501
Стартерный режим t=1 ч.	0,501	0,334
Стартерный режим t=1 ч.	0,334	0,327
Двигательный режим: U=15 В, t= ч.	0,327	0,8
Стартерный режим t=1 ч.	0,8	0,529
Стартерный режим t=1 ч.	0,529	0,456

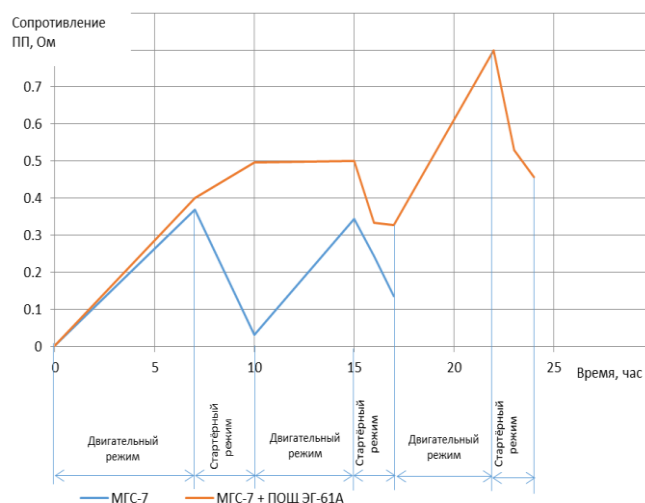


Рис. 4. Зависимость сопротивления политурной пленки от искрения стартерного режима:

- 1 – на коллекторе установлен полный комплект щеток МГС-7;
- 2 – Вместо одной щетки МГС-7 на каждую дорожку установлена одна политурообразующая щетка

Снижение давления на щетки и получение стабильной политурной пленки на коллекторах также приведет к снижению механического и электроэрозионного износа [18-23].

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных работ по исследованию скорости образования политушной плёнки и её величины на авиационном стартер-генераторе ГС-12ТОК при работе электрической машины в обесточенном состоянии и под нагрузкой рядом отечественных марок щёток (ЭГ-74, ЭГ-54П, ЭГ-75, ЭГ-4, ЭГ-61А, ЭГ-61) как наиболее эффективные выделены щётки ЭГ-61А и ЭГ-74. Предложена методика ускорения образования политушной плёнки в многощёточных системах за счёт включения в систему токопередачи электрощёток, обладающих повышенной скоростью образования политушной плёнки. Проведена оценка эффективности ускорения процесса образования политушной плёнки и её величины на авиационном генераторе ГС-12ТОК в заводских условиях за счёт включения в систему токопередачи щёток, обладающих высокой скоростью образования политушной плёнки. Проведены летные испытания щёток ЭГ-74 и ЭГ-61А (в сочетании со штатными) с разным и одинаковым давлением на штатные и политушообразующие щётки. По результатам летных испытаний как наиболее перспективные, обеспечивающие высокий ресурс токоведущих щёток были выбраны щётки ЭГ-61А с штатным и пониженным давлением на токоведущие щётки. В настоящее время проводятся работы по внедрению модернизированных генераторов в серийное производство.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Байсадыков М.Ф. К вопросу о надежности работы контакта щетки с коллектором в электрических машинах // Международная научно-техническая конференция «Повышение эффективности эксплуатации коллекторных электромеханических преобразователей энергии» (Омск, 5-6 декабря 2013г.). – Омск, 2013. – С. 19-23.
2. Веселка Ф. Перспективы развития электрических машин со скользящим контактом с применением тефлона // Международная научно-техническая конференция «Повышение эффективности эксплуатации коллекторных электромеханических преобразователей энергии» (Омск, 5-6 декабря 2013г.). – Омск, 2013. – С. 59-67.
3. Качин О.С. Повышение ресурса скользящего контакта универсальных коллекторных электродвигателей: дис.канд. техн. наук. – Томск, 2008.
4. Качин С.И. Результаты исследования влияния механического состояния коллектора и подшипников на процессы износа в скользящем контакте электрической машины / С.И. Качин, О.С. Качин // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2011. – № 6. – С. 5-9.
5. Цопов Г.И. Механизм контактирования скользящего контакта из углеграфитовых материалов / Г.И. Цопов, В.Н. Овсянников, Н.А. Елшанский // Вестник транспорта Поволжья. – 2014. – № 1 (43). – С. 111-114.
6. Мышкин Н.К. Электрические контакты / Н.К. Мышкин, В.В. Кончиц, М. Браунович. – Издательский Дом «Интеллект», 2008. – 560 с.
7. Безчастнов К.К. Сравнительный анализ условий функционирования щеточно-контактных аппаратов турбогенераторов ГРЭС / К.К. Безчастнов, Н.Н. Прокопенко, А.В. Старцев // Энергетик. – 2012. – № 7. – С. 2-6.
8. Деева В.С. «Живучесть» щеточного контакта электрических машин / В.С. Деева, М.С. Слободян, С.М. Слободян // Электричество. – 2013. – № 04. – С. 45-49.

9. Авербух В.Я. Вращающиеся контактные устройства с длительным ресурсом работы / В.Я. Авербух, К.А. Гамыгин, Е.М. Гнутов // Вопросы электромеханики. Труды НПП ВНИИЭМ. – 2008. – Т. 107. – С. 4-6.

10. Enhancement of commutation stability of traction motors edp 800 trucks / V.V. Kharlamov, E.Yu. Chupryna, R.V. Sergeev, D.I. Popov, Y.V. Moskalev // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering. – 2018. – is. 329(7). – P. 138-147.

11. Creating a graph model for the diagnosis of the traction motor commutator-brush unit considering thermal factors / V.V. Kharlamov, P.K. Shkodun, A.S. Khloptsov, A.V. Dolgova // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering. – 2016. – is 327(1). – P. 88-95.

12. Харламов В.В. Диагностирование состояния коммутации коллекторных электродвигателей с использованием прибора ПКК-5М / В.В. Харламов, П.К. Шкодун, А.П. Афонин // Известия Транссиба. – 2011. – №3(7). – С. 52-57.

13. Харламов В.В. Формирование эффективного множества диагностических параметров для контроля технического состояния коллекторно-щеточного узла тяговых электродвигателей в условиях неидентичности коммутационных циклов / В.В. Харламов, П.К. Шкодун, А.П. Афонин // Известия Транссиба. – 2012. – №4 (12). – С. 69-75.

14. Повышение достоверности диагностирования коллекторно-щеточного узла электрических машин с учетом неидентичности коммутационных циклов / В.В. Харламов, Д.И. Попов, О.С. Огневский, А.П. Афонин // Омский научный вестник. – 2016. – №4 (148). – С. 65-69.

15. Харламов В.В. Диагностирование состояния коллекторно-щеточного узла машин постоянного тока в условиях приемосдаточных испытаний с учетом параметров неидентичности коммутационных циклов / В.В. Харламов, Д.И. Попов, А.П. Афонин // Омский научный вестник. – 2017. – №5. – С. 66-71.

16. Харламов В.В., Р.В. Сергеев Устройство для измерения интенсивности искрения на коллекторе электрической машины // Патент России №100679. 2010. Бюл. №35.

17. Изотов А.И., Мамаев Г.А. Щеточно-коллекторный узел // Полезная модель России №91479. 2010г. Бюл. №4.

18. Качин С.И. Результаты исследования влияния механического состояния коллектора и подшипников на процессы износа в скользящем контакте электрической машины / С.И. Качин, О.С. Качин // Известия вузов. Электромеханика. – 2011. – №6. – С. 5-9.

19. Деева В.С. Модель периодического скользящего токосъема / В.С. Деева, С.М. Слободян, М.С. Слободян // Вопросы электромеханики. – 2012. – Т.129. – С. 9-14.

20. Девликамов Р.М. Механические факторы искробразования в щеточном контакте тяговых двигателей электровозов // Вестник РГУПС. – 2006. – №4. – С. 38-45.

21. Хомченко Д.Н. Опытная эксплуатация тяговых электродвигателей с щеткодержателями нового типа / Д.Н. Хомченко, А.Е. Черешко // Труды РГУПС. – 2016. – №3. – С. 130-134.

22. Долгова А.В. Совершенствование метода оценки износа коллектора тягового электродвигателя // Омский научный вестник. – 2012. – №3. – С. 227-231.

23. Kharlamov V.V. Improvement of the Methodology for Improvement of the Turn-to-Turn Short Circuit Detection in the Driving Motor Anchor Winding / V.V. Kharlamov, P.K. Shkodun, I. Shestakov // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2018. – is. 692. – P. 24-30.

# Reducing the Wear of Brushes in the Special-Purpose Starter-Generator GS-12TOK

Izotov A.I., Timoshenko V.N., Izotov S.A.

Vyatka State University  
Kirov, Russian Federation  
[izotov@vyatsu.ru](mailto:izotov@vyatsu.ru)

**Abstract.** The article analyzes the reasons for the increased wear of the brushes of the starter-generator GS-12TOK, caused by the peculiarity of its mode of operation. The authors of the article have investigated how sparking has influenced transitional processes “throwing the load - dropping the load” on the resistance of the polished film. Sparking leads to its disturbance and an increase in the wear of brushes. The authors have proposed a method for accelerating the formation of the polished film in multi-brush systems due to the inclusion of brushes with a high rate of formation of the polished film in the current transmission system. Flight tests and equivalent cyclic resource bench tests have been conducted. The generator equipped with the EG-61A polish-forming brushes (impregnated) with normal pressure on all brushes provides an increase in the service life of the current-carrying brushes by more than two times without increasing the rate of formation of the polished film. The generator with EG-61A polish-forming brushes (not impregnated) with a pressure on all brushes of 500-550g provides an increase in the resource of brushes up to five times with an increase in the rate of formation of the polished film. It is recommended for mass production.

**Keywords:** polished film, sparking, wear of brushes, commutation, polish-forming brushes.

## REFERENCES

1. Baisadykov M.F. On the issue of the reliability of the contact of the brush with the collector in electrical machines [K voprosu o nadezhnosti raboty kontakta shchetki s kollektorem v elektricheskikh mashinakh], *Mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya: Povyshenie effektivnosti ekspluatatsii kollektornykh elektromekhanicheskikh preobrazovateley energii* [International Scientific and Technical Conference "Improving the efficiency of operation of collector electromechanical energy converters"], Omsk, 2013, pp. 19-23. (in Russ.)
2. Veselka F. Prospects for the development of electric machines with sliding contact using Teflon [Perspektivy razvitiya elektricheskikh mashin so skol'zyashchim kontaktom s primeneniem teflona], *Mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya «Povyshenie effektivnosti ekspluatatsii kollektornykh elektromekhanicheskikh preobrazovateley energii»* [International Scientific and Technical Conference "Improving the efficiency of operation of collector electromechanical energy converters"], Omsk, 2013, pp. 59-67. (in Russ.)
3. Kachin O.S. *Povyshenie resursa skol'zyashchego kontakta universal'nykh kollektornykh elektrodvigateley* [Increasing the life of the sliding contact of universal collector motors], PhD. Tomsk, 2008. (in Russ.)
4. Kachin S.I., Kachin O.S. The results of the study of the influence of the mechanical state of the collector and bearings on the processes of wear in the sliding contact of the electrical machine [Rezultaty issledovaniya vliyaniya mekhanicheskogo sostoyaniya kollektora i podshipnikov na protsessy iznosa v skol'zyashchem kontakte elektricheskoy mashiny], *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Elektromekhanika* [Proceedings of higher educational institutions. Electromechanics], 2011, no.6, pp. 5-9. (in Russ.)
5. Tsofov G.I., Ovsyannikov V.N., Elshansky N.A. Mechanism of contacting sliding contact from carbon-fit materials [Mekhanizm kontaktirovaniya skol'zyashchego kontakta iz uglegrafitovykh materialov], *Vestnik transporta Povolzh'ya* [Volga Region Transport Bulletin], 2014, no.1 (43), pp. 111-114. (in Russ.)
6. Myshkin N.K., Konchits V.V., Brownovich M. *Elektricheskije kontakty* [Electrical contacts], Intellect Publishing House, 2008, 560 p. (in Russ.)
7. Bezchastnov K.K., Prokopenko N.N., Startsev A.V. Comparative analysis of the operating conditions of pinpoint-contact devices of turbogenerators of a state district power station [Sravnitel'nyy analiz usloviy funktsionirovaniya shchetочно-kontaktnykh apparatov turbogeneratorov GRES], *Energetik* [Energetik], 2012, no. 7, pp. 2-6. (in Russ.)
8. Deeva V.S., Slobodian M.S., Slobodyan S.M. “Vitality” of the brush contact of electric machines [«Zhivuchest» shchetочноgo kontakta elektricheskikh mashin], *Elektrichestvo* [Electricity], 2013, no. 04, pp. 45-49. (in Russ.)
9. Averbukh V.Ya., Gamygin K.A., Gnutov E.M. et al. Rotating contact devices with a long service life, Issues of Electromechanics [Vrashchayushchiesya kontaktnye ustroystva s dlitel'nyim resursom raboty], *Voprosy elektromekhaniki* [Proceedings of NPP VNIEM], 2008, vol. 107, pp. 4-6. (in Russ.)
10. Kharlamov V.V., Chupryna E.Yu., Sergeev R.V. et al. Enhancement of commutation stability of traction motors edp 800 trucks, *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering*, 2018, is. 329 (7), pp. 138-147.
11. Kharlamov V.V., Shkodun P.K., Khloptsov A.S., Dolgova A.V. Creating a graph model for the diagnosis of the traction motor commutator-brush unit considering thermal factors, *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering*, 2016, is 327(1), pp. 88-95.
12. Kharlamov V.V., Shkodun P.K., Afonin A.P. Diagnosing the state of commutation of collector electric motors using the PKK-5M device [Diagnostirovanie sostoyaniya kommutatsii kollektornykh elektrodvigateley s ispol'zovaniem pribora PKK-5M], *Izvestiya Transsiba* [News of Transsib], 2011, no.3 (7), pp. 52-57. (in Russ.)

13. Kharlamov V.V., Shkodun P.K., Afonin A.P. Formation of an effective set of diagnostic parameters for monitoring the technical state of a collector-brush unit of traction motors in the conditions of non-identical switching cycles [Formirovanie effektivnogo mnozhestva diagnosticheskikh parametrov dlya kontrolya tekhnicheskogo sostoyaniya kollektorno-shchetchnogo uzla tyagovykh elektrodvigateley v usloviyakh neidentichnosti kommutatsionnykh tsiklov], *Izvestiya Transsiba [News of Transsib]*, 2012, no. 4 (12), pp. 69-75. (in Russ.)

14. Kharlamov V.V., Popov D.I., Ognevsky O.S., Afonin A.P. Improving the reliability of diagnosing a collector-brush unit of electric machines, taking into account the non-identity of switching cycles [Povyshenie dostovernosti diagnostirovaniya kollektorno-shchetchnogo uzla elektricheskikh mashin s uchetom neidentichnosti kommutatsionnykh tsiklov], *Omskiy nauchnyy vestnik [Omsk Scientific Herald]*, 2016, no. 4 (148), pp. 65-69. (in Russ.)

15. Kharlamov V.V., Popov D.I., Afonin A.P., Diagnostics of the state of the brush-electro-node of DC machines under the acceptance test conditions taking into account the parameters of non-identical switching cycles [Diagnostirovanie sostoyaniya kollektorno-shchetchnogo uzla mashin postoyanogo toka v usloviyakh priemosdatochnykh ispytaniy s uchetom parametrov ne-identichnosti kommutatsionnykh tsiklov], *Omskiy nauchnyy vestnik [Omsk Scientific Herald]*, 2017, №5, pp. 66-71. (in Russ.)

16. Kharlamov V.V., Sergeev R.V., Shkodun P.K., Afonin A.P. Ustroystvo dlya izmereniya intensivnosti iskreniya na kollektore elektricheskoy mashiny [Device for measuring the intensity of arcing on the collector of an electric machine], Patent RF 100679, 2010, Bul. no.35. (in Russ.)

17. Izotov A.I., Mamaev G.A. *Shchetchno-kollektorny uzel* [Brush-collector unit], Useful model of Russia 91479, 2010, Bul. no.4. (in Russ.)

18. Kachin S.I., Kachin O.S. Results of the study of the influence of the mechanical state of the collector and bearings on the processes of wear in the sliding contact of an electric machine [Rezultaty issledovaniya vliyaniya mekhanicheskogo sostoyaniya kollektora i podshipnikov na protsessy iznosa v skol'zyashchem kontakte elektricheskoy mashiny], *Izvestiya vuzov. Elektromekhanika [University news. Electromechanics]*, 2011, no.6, pp. 5-9. (in Russ.)

19. Deeva V.S., Slobodian S.M., Slobodian M.S. Model of a periodic sliding current collection [Rezultaty issledovaniya vliyaniya mekhanicheskogo sostoyaniya kollektora i podshipnikov na protsessy iznosa v skol'zyashchem kontakte elektricheskoy mashiny], *Izvestiya vuzov. Elektromekhanika [Electromechanical Issues]*, 2012, vol.129, pp. 9-14. (in Russ.)

20. Devlikamov R.M. Mechanical factors of spark formation in the brush contact of traction motors of electric locomotives [Mekhanicheskie faktory iskroobrazovaniya v shchetchnom kontakte tyagovykh dvigateley elektrovozov], *Vestnik RGUPS [Vestnik RGUPS]*, 2006, no.4, pp. 38-45. (in Russ.)

21. Khomchenko D.N., Cheresheko A.E. Trial operation of traction motors with brush holders of a new type [Opytnaya ekspluatatsiya tyagovykh elektrodvigateley s shchetkoderzhatelnyami novogo tipa], *Trudy RGUPSS [Proceedings of RSTU]*, 2016, no.3, pp. 130-134. (in Russ.)

22. Dolgova A.V. Improving the method of assessing the wear of the collector traction motor [Sovershenstvovanie metoda otsenki iznosa kollektora tyagovogo elektrodvigatelya], *Omskiy nauchnyy vestnik [Omsk Scientific Herald]*, 2012, no.3, pp. 227-231. (in Russ.)

23. Kharlamov V.V., Shkodun P.K., Shestakov I. Improvement of the Methodology for Improvement of the Turn-to-Turn Short Circuit Detection in the Driving Motor Anchor Winding, *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2018, is. 692, pp. 24-30. DOI: 10.1007/978-3-319-70987-1\_3

#### Библиографическое описание статьи

Изотов А.И. Снижение износа щеток в стартер-генераторе специального назначения ГС-12ТОК / А.И. Изотов, В.Н. Тимошенко, С.А. Изотов // *Электротехника: сетевой электронный научный журнал*. – 2019. – Т.6, №1. – С. 40-46. DOI: 10.24892/RIJEE/20190106

#### Reference to article

Izotov A.I., Timoshenko V.N., Izotov S.A. Reducing the wear of brushes in the special-purpose starter-generator GS-12ТОК, *Russian Internet Journal of Electrical Engineering*, 2019, vol.6, no.1, pp. 40-46. DOI: 10.24892/RIJEE/20190106