

# Ускорение процесса образования политурной пленки на кольцах и коллекторах электрических машин

How to accelerate the process of forming a varnish film on rings and collectors of electric machines

А И Изотов<sup>1,2</sup>, С А Изотов<sup>1,3</sup> and А А Фоминых<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Vyatka State University, Moskovskaya str., 36 610000 Kirov, Russia,

<sup>2</sup> E-mail: usr00150@vyatsu.ru

<sup>3</sup> E-mail: usr00151@vyatsu.ru

<sup>4</sup> E-mail: aa\_fominyh@vyatsu.ru



Условия коммутации в значительной степени характеризуются спецификой прерывистого характера контактирования щеток с каждой коллекторной пластиной. Распределение тока в щеточном контакте определяется притертостью рабочей щетки к коллектору и состоянием политурной пленки, определяющей характер «зеркала» на рабочей поверхности щеток. Именно наличие политурной пленки на рабочей поверхности коллектора или токосъемного кольца является обязательным условием обеспечения удовлетворительной коммутации электрических машин. Важным аспектом в этом отношении является структура политурной пленки. Структура политурной пленки определяется как составом атмосферы в которой она формируется (газовый состав, влажность, солесодержание), так и электрическими процессами происходящими в прерывистом контакте в узле скользящего токосъема. В некоторых случаях политурная пленка может не образовываться и тем самым значительно ухудшает трение скольжения и условия передачи тока. В этих условиях износ пар щетка – коллектор (токосъемное кольцо) существенно возрастает. Важным в этой связи представляется (в условиях слабой защитной политурной пленки или при ее отсутствии) использовать приемы ее искусственного наведения. Нами рассмотрен вариант наведения политурной пленки с использованием твердого окислителя. Это решение может представлять значительный интерес для электрических машин эксплуатирующихся в условиях разряженной атмосферы и атмосферы цехов с пониженным содержанием кислорода.



## Проблематика необходимости решения задачи

Анализ работы многощеточных систем токосъема показывает, что токовая нагрузка по параллельно работающим электрическим щеткам в условиях ненадлежащей политуры в некоторых случаях имеет значительную неравномерность [6]. Это явление приводит к перегрузке отдельных электрических щеток, их нагреву, уменьшению сопротивления тела щетки и дальнейшему увеличению их токовой нагрузки [7]. Процесс будет длиться до тех пор, пока весь ток не начнет проходить практически через одну или несколько щеток, что в конечном счете приведет к их недопустимому нагреву и расколу.

На распределение тока между параллельно работающими подпружиненными токосъемными щетками влияют также переходное сопротивление между клеммой и поводком щетки, сопротивление контакта между клеммой щетки и траверсой щеткодержателя, сопротивление между поводком и телом щетки, сопротивление углеродного материала (тела щетки), сопротивление переходного слоя контакта щетка - контактное кольцо (коллектор). Сопротивление переходного слоя, в свою очередь, определяется сопротивлением политурной пленки, которое зависит от структуры пленки (сплошности, плотности, адгезии к металлической основе). Структура пленки формируется в соответствующих атмосферных условиях, таких как атмосферная влажность, газовый и солевой состав, пыленаполнение, а также определяется явлениями прерывистого скользящего токосъема и.т.



## Значимость политурной пленки для надежности в эксплуатации электрических машин

При наличии «нормальной» политурной пленки, как показывают исследования, сопротивление перехода щетка-коллектор до 100 раз превышает суммарное значение остальных, ранее перечисленных составляющих, влияющих на токораспределение [8]. И, следовательно, неравномерность токораспределения между параллельно работающими щетками в прерывистом контакте будет определяться в этом случае сопротивлением политурной пленки, которая зависит от действительной дуги касания (дуги контактирования подпружиненной токосъемной щетки – контактное кольцо, коллектор). Она значительно отличается от кажущейся (теоретической) и в процессе работы при нормальном давлении претерпевает значительное изменение (до 1000 раз) [9]. Стабилизация контактной дуги может быть достигнута за счет повышения давления на подпружиненные токосъемные щетки. Однако, в некоторых случаях, это может привести к смещению процесса образования и истирания политурной пленки в сторону ее истирания, вплоть до полного исчезновения. Надежность электрических машин, имеющих в своем составе узел скользящего токосъема (УСТ) зависит от скорости износа коллекторов и токоведущих щеток, которая определяется наличием поверхностной политурной пленки. Политурная пленка выполняет роль особой смазки, для соприкасающихся поверхностей электрических щеток и коллектора, а также покровной защитной пленки обладающей переходным сопротивлением, для осуществления стабильного электрического переноса тока. Нормативными документами величина переходного сопротивления политурной пленки не нормируется в силу ее возможной структурной трансформации, а толщина находится в пределах (5-100)нм.

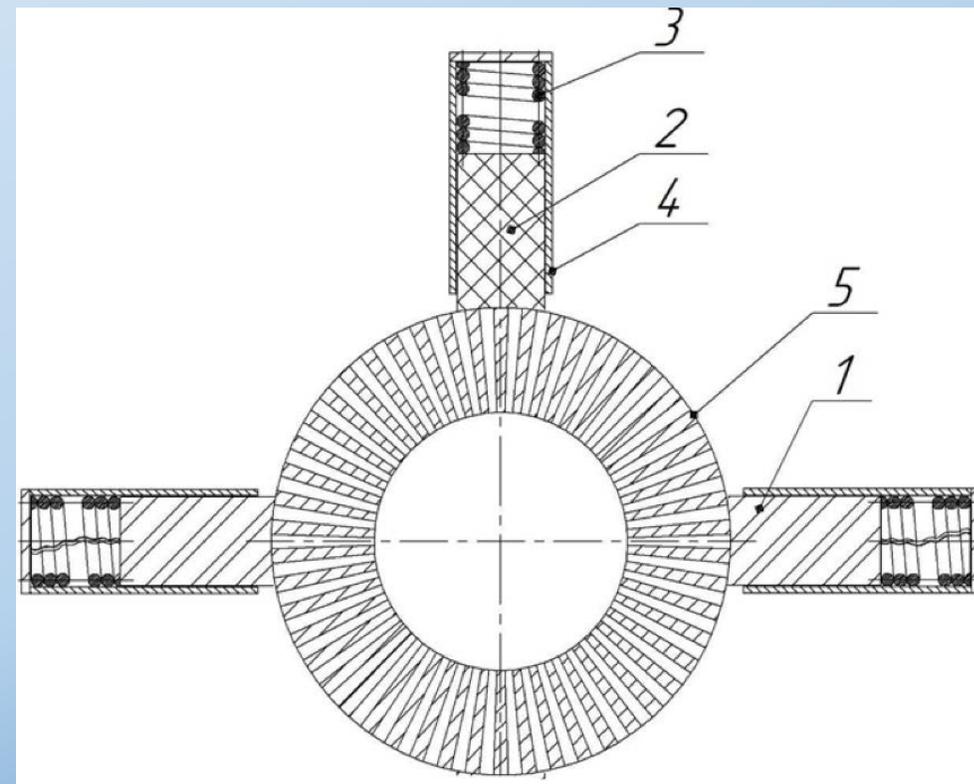
Известно, что политурная пленка состоит из оксидной составляющей металла имеющей состав оксидов с различной стехиометрией и находящейся поверх нее углеродистого материала щетки и прочих компонентов входящих в состав щеточного изделия.

Наличие «нормальной» политурной пленки означает, что сопротивление перехода пленки является самым значимым сопротивлением из всех возможных сопротивлений стоящих на пути прохождения тока от траверсы до металла коллектора.

## Принцип работы технического решения

Технический результат по улучшению токораспределения в (УСТ) предлагаемым способом достигается тем, что в узел скользящего токосъема, содержащий щеткодержатели, подпружиниваются не только токосъемные, но и дополнительные щетки, изготовленные из химически активного катализатора. Щеткой служит брикет из катализатора окисления (ванадиевый ангидрид) со связующим, произведенный по разработанной технологии с допустимой температурой нагрева более 650 о С. Брикет не участвующий в токопередаче ускоряет процесс образования политурной пленки на дорожке скольжения при штатных подпружиненных токосъемных щетка. Окисляющая щетка устанавливается на дорожку скольжения, в пустой щеткодержатель. Каждая окисляющая щетка скрепляется клеем с отработанной штатной щеткой и подпружинивается в щеткодержателе штатной щеточной пружиной (figure 1).

Figure 1. Вид узла скользящего токосъема коллектора электрической машины со штатными и дополнительной окисляющей щеткой где: 1 – штатная щетка; 2 – дополнительная щетка; 3 – пружина щеткодержателей; 4 – щеткодержатель; 5 – коллектор.



## Количественная оценка политурной пленки

Оценку толщины политурной пленки кроме визуализации осуществляли по величине ее сопротивления[14].

Замер сопротивления политурной пленки по дорожке коллектора производился при помощи цифрового миллиомметра и посеребренных щупов (figure 2).

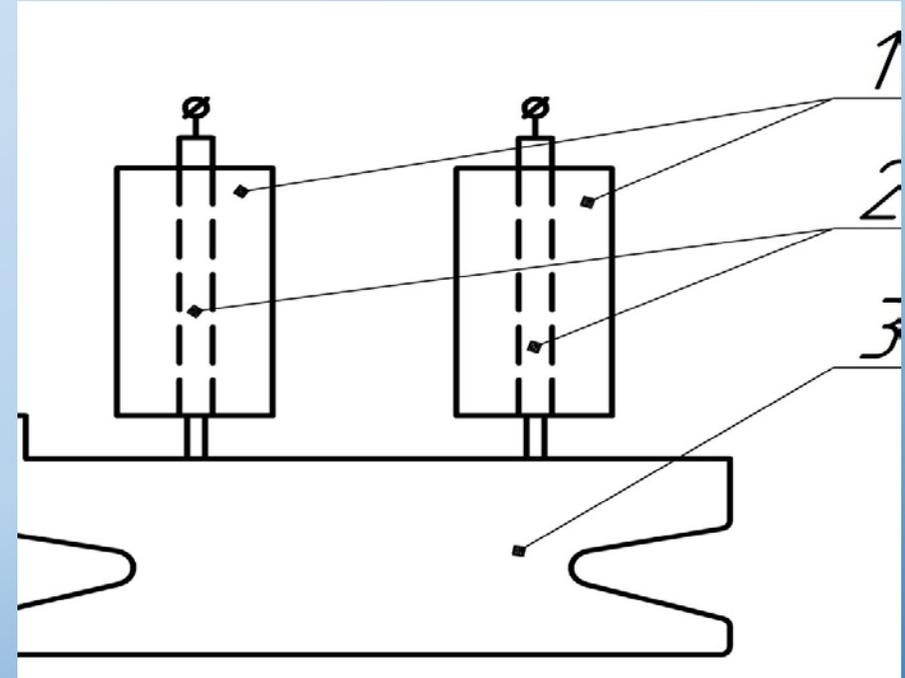
Figure 2. Установка щупов для определения сопротивления политурной пленки

1 – фальшь-щетка; 2 – посеребренные щупы;

3 – коллекторная пластина.

оценку возможности использования дополнительной щетки в качестве окислительного агента оценивалось на машинах МШУ (машинах шлифовальных - универсальных), модернизированных под испытательный стенд. В машинах дополнительно было изготовлено окно, в которое вставлялся подпружиненный фрагмент (вкладыш) окисляющего композита, полученного из готового брикета.

Работает устройство следующим образом. При вращении коллектора контактная часть дополнительной щетки смазывает его поверхность. На его поверхности образуется активная политурная пленка, которая увеличивает сопротивление перехода в паре подпружиненная токосъемная щетка – коллектор.





## Заключение

Было обнаружено, что наведение политурной пленки в естественных условиях при работе двигателя в штатном режиме позволило достигнуть в среднем сопротивления 2 Ом в течении 5 часов. Исходное сопротивление политурной пленки по методике измерения (figure 2) не превышало 0.05 Ом

Использование ванадиевого ангидрида в виде брикетов позволит наводить равномерную защитную оксидную пленку на контактную металлическую поверхность, улучшить равномерность распределения по току и тем самым повысить надежность работы щеточно-коллекторного узла особенно в условиях разряженной и агрессивной депассивационной атмосферы.

Коллектив ученых кафедры ЭМА ВятГУ будет рад сотрудничеству со стратегическими партнерами по совместному развитию направления на условиях НИР.

## Литературные ссылки

1. Шантаренко С Г Повышение качества токосъема в контакте «щетка-коллектор» тягового электродвигателя электровоза 2 ЭС6/С Г Шантаренко, В Ф Кузнецов , Е В Пономарев and В А Тараненко //Омский научный вестник.- 2016.- №5. - С.77-80.
2. Белан Д Ю Электроискровая обработка с позиционированием электродов относительно поверхности коллектора электрической машины/Д Ю.Белан, А О Отраднова //Омский научный вестник.-2013.-№ 3.- С.92-96.
3. Качин С И Результаты исследования влияния механического состояния коллекторов и подшипников на процессы износа в скользящем контакте электрической машины / С И Качин, О С Качин // Известия высших учебных заведений. Электротехника. – 2011. - №6. – С. 5-9.
4. Цопов Г И Механизм контактирования скользящего контакта из углеграфитовых материалов / Г И Цопов, В Н Овсянников and Н А Елшанский // Вестник транспорта поволжья. - 2014. - №1(43). - С. 111-114.
5. Патент 2501134.Российская Федерация, МПК H01R 43/033.Способ создания оксидной пленки на рабочей поверхности коллекторов машин постоянного тока:№2012119534/07:заяв.11.05.2012:опуб.10.12.2013/А П Моргунов,С В Петроченко,А А Рауба and А А Федоров.- 4с.
6. Безчастнов К К [Сравнительный анализ условий функционирования щеточно-контактных аппаратов турбогенераторов ГРЭС / К К Безчастнов](#) , Н Н Прокопенко and А В Старцев // [Энергетик](#). - 2012. - [№ 7](#). - С. 2-6.
7. О неравномерности распределения тока узлов трения электрических машин [Электронный ресурс]: А А Фоминых и [др.] всерос.ежегод.науч.-прак.конф.:сб.материалов,15-26 апреля 2014г./Вят.гос.ун-т.-Киров,2014.-1 электрон.опт.диск (CD-ROM)/- (электротехнический факультет (ЭТФ)).Секция «Электромеханика», Статья №3.
8. Деева В С, Слободян [«Живучесть» щеточного контакта электрических машин/ В С Деева, М С Слободян and С М Слободян](#) // [Электричество](#). 2013.- [№ 04](#).- С. 45-49.
9. Солдаткин А В Повышение коммутационной устойчивости тяговых электрических машин за счет совершенствования технологии ремонта коллекторов: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.07 / А В Солдаткин. – Омск, 2013. – 22 с.
10. Kharlamov V V Determination wear intensity of electrical brushes in DC machines considering impact of collector's surface. / V V Kharlamov, D I Popov and M F Baysadykov // *Journal of Physics: Conference Series* 1260(5), 052009. -2019.
11. Kharlamov V V Effect of transient processes on the switching stability of dc machines / V V Kharlamov, P K Shkodun, A Ognevsky // *MATEC Web of Conferences* 239, 01036. 2018..
12. Изотов А И Оценка эффективности применения смазывающих щеток на кольцах турбогенератора/А И Изотов, А А Фоминых and К К Безчастнов [ и др.] // [Энергетик](#). -2015.- №3.- С. 12 – 15.
13. Патент 112513. Российская Федерация, МПК H 01 R 39/00 Узел скользящего токосъема (варианты): № 2011120198/07 :заявл. 19.05.2011: опубл. 10.01.2012, / А И Изотов и др. Бюл. №1.- 2 с.
14. Патент СССР, МКИ5 H01R30 00 А.С. № 1468346. Способ определения времени формирования политурной плёнки на коллекторе электрической машины / Изотов А И и др.; 1988 г.