

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ (ГУ)

Г.И. Цопов, В.Н. Овсянников, Н.А. Елшанский

Самарский государственный технический университет
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Рассмотрены наиболее распространенные виды отказов автомобильной генераторной установки. Выявлены общие факторы и причины появления отказов. Даны рекомендации по их устранению и предупреждению.

Ключевые слова: отказ, подшипниковый узел, магнитный шум, надежность, ресурс.

Интеграция России в мировую экономическую систему, вступление ее в ВТО, свободный доступ на ее рынки зарубежных производителей автомобильных компонентов вызывают необходимость решения проблемы обеспечения высокого качества и конкурентоспособности продукции отечественных предприятий. Под качеством продукции понимается совокупность ее свойств, обуславливающих способность выполнять свое функциональное назначение в заданных условиях эксплуатации в течение времени, предусмотренного технической документацией [1]. Известно, что до 35 % всех отказов автотранспортных средств связано с выходом из строя изделий системы электрооборудования, причем на долю ГУ приходится до 10 % отказов. Тенденция роста комфорта автомобилей связана с увеличением числа элементов электрооборудования (электронных приборов, регуляторов, датчиков других потребителей электрической энергии), а это приводит к необходимости увеличения мощности источников питания (аккумуляторная батарея, ГУ) и повышения надежности их работы и ресурса. Поэтому требования к надежности работы ГУ как основного источника электрической энергии в системе электроснабжения будут постоянно расти. Анализ рекламационного материала за 8 месяцев 2011 года с СТО «АО АвтоВАЗ» по отказам и неисправностям ГУ типа 9402.3701 и 9412.3701 позволил выявить дефектные узлы на стадии технологического процесса. Распределение отказов по отдельным узлам ГУ приведено на рисунке. Выборка исследуемых изделий составила 424000 шт. Число отказавших или не удовлетворяющих условиям работы – 6891 шт. (1,62 %). В таблице приведены виды отказов, возникших в период приработки, по мере их убывания.

Большая часть из них (24,4 %) приходится на подшипниковый узел. Повышенный шум узла хотя и не приводит к отказу ГУ, но создает дискомфорт и вреден для организма человека, а следовательно, провоцирует аварийную ситуацию. Под действием сильного шума повышается артериальное давление, ускоряется пульс, изменяется ритм дыхания, снижается острота зрения.

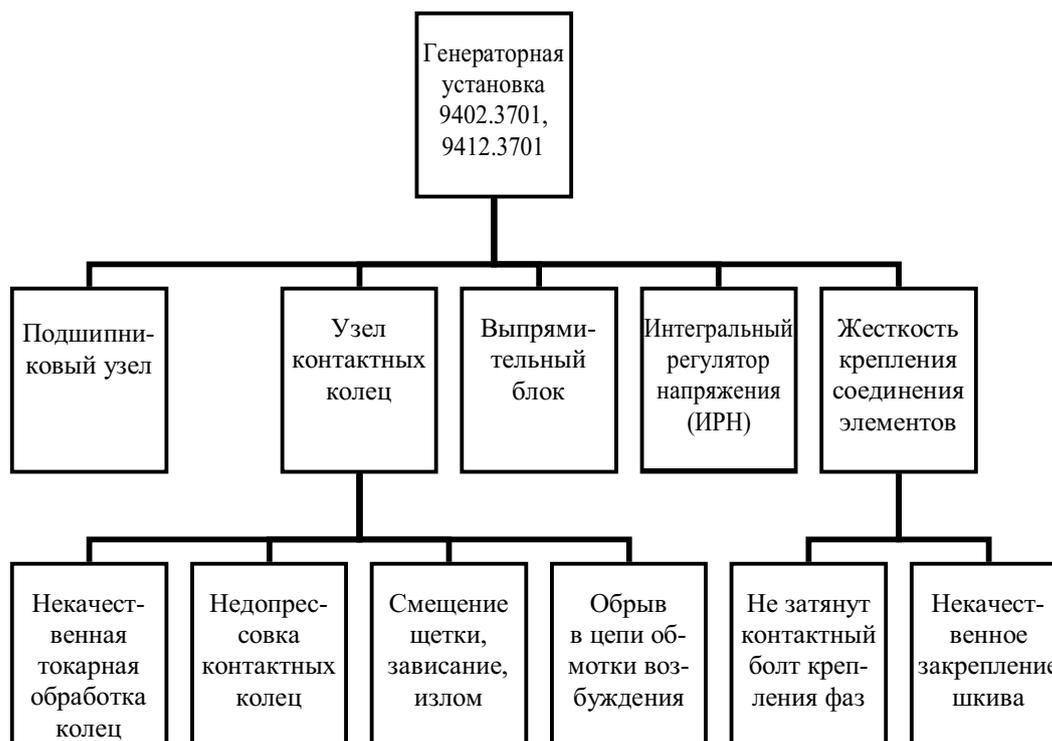
Причин, вызывающих повышенный шум, очень много, и установить истинную причину в каждом конкретном случае весьма сложно. Во вращающихся электриче-

Геннадий Иосифович Цопов (к.т.н., доц.), доцент кафедры «Электромеханика и автомобильное оборудование».

Владимир Николаевич Овсянников, старший преподаватель кафедры «Электромеханика и автомобильное оборудование».

Николай Анатольевич Елшанский (к.т.н., доц.), доцент кафедры «Электромеханика и автомобильное оборудование».

ских машинах имеют место магнитные, механические и аэродинамические виды шумов [2]. Магнитный шум зависит от частоты и формы колебаний статора, виброскорости, величины излучающей поверхности. Механический шум и вибрации обусловлены трением щеток на контактных кольцах, а аэродинамический шум создается в первую очередь охлаждающим вентилятором. Кроме этого следует учитывать и такие факторы, как повышенный дисбаланс ротора, вибрации, несоответствие технических показателей консистентных смазок рабочим температурам подшипников.



Распределение отказов по отдельным узлам ГУ

Подшипники являются комплектующим и неремонтируемым изделием. В исследуемых ГУ производства ОАО «ЗиТ» установлены подшипники зарубежного производства SKS (Франция), но, судя по рекламациям, на долю подшипниковых узлов приходится 24,4 % отказов, они не в полной мере отвечают требованиям по шуму. Проводимый входной контроль ограничивает уровень вибрации 69 Дб (при выборке 10 % от партии); кроме этого, изделия проверяются на герметичность (1 %); выборочно контролируются и геометрические размеры, внешний вид и температура каплепадения.

Для установления истинной причины неудовлетворительной работы подшипникового узла и разработки мероприятий, предупреждающих отказ, необходимы дальнейшие дополнительные исследования отбракованных ГУ в номинальном режиме работы и при повышенной частоте вращения ротора. Оценка среднего уровня шума согласно ГОСТ 16372-84 устанавливает предельные значения уровней звуковой мощности:

$$L_2 - L_1 \approx 60 \lg \frac{n_2}{n_1}, \quad (1)$$

где L_2 – уровень шума при повышенной частоте вращения n_2 ; L_1 – уровень шума при номинальной частоте вращения n_1 . Аналитическое выражение (1) справедливо при отношении $\frac{n_2}{n_1} = 1 \dots 1,5$.

Превалирующие виды отказов

№	Вид дефектов	Число дефектов, шт.	Процент числа дефектов, %
1	Повышенный шум подшипников	1683	24,4
2	Контактные соединения:	1296	18,8
	а) некачественно закреплен шкив;	703	10,2
	б) некачественно закреплен контактный болт и винты крепления фаз	593	8,6
3	Некачественная токарная обработка контактных колец	1044	15,1
4	Скользящий контакт:	1000	14,5
	а) излом щеток;	407	5,9
	б) обрыв обмотки возбуждения;	386	5,6
	в) недопрессовка и перепрессовка контактных колец;	166	2,4
	г) смещение щеток относительно контактных колец	41	0,6
5	Отказ интегрального регулятора напряжения	977	14,2
6	Отказ выпрямительного блока	861	12,5
7	Прочие	30	0,5
8	Итого	6891	100

Вторым по величине (18,8 %) видом неисправности является недостаточная жесткость контактных соединений. Была обнаружена неудовлетворительная механическая прочность крепления контактного болта и винтов крепления фазных выводов обмотки (8,6 %), а также шкива (10,2 %). Эти отказы относятся к технологическим отклонениям операции сборки. В качестве предупреждающего отказ мероприятия может быть рекомендован более жесткий контроль момента затяжки в соответствии с требованиями технических условий ТУ 37.460.090-94. Так, например, момент затяжки шкива распределительного вала согласно нормативным данным должен нахо-

даться в пределах 67,42...83,3 (8,88...8,5) Нм (кГс.м). Уменьшение момента затяжки шкива вызывает неуравновешенность вращающихся частей, при этом нарушается динамическая жесткость рабочей поверхности шкива, а при наличии радиального зазора вал расшатывается и возможны ударные нагрузки.

Третьим по величине (15,1 %) видом неисправности является некачественная токарная обработка поверхности контактных колец. Эта неисправность не связана с полным отказом, но влияет на механизм контактирования кольцо – щетка, а также на износостойкость скользящего контакта. Поверхность контактного кольца, обработанная точением ($H_{\max} = 20...30$ мкм), способствует более интенсивному износу щетки, особенно в период приработки.

Однако и слишком гладкая поверхность, полученная, например, полированием, не дает положительных результатов, так как при этом ухудшаются условия формирования электрической проводимости. Оптимальная система характеристик шероховатости поверхностного слоя определяются экспериментально. Практика эксплуатации подобных скользящих контактов показала [3, 4, 5], что поверхность кольца, обработанная точением с высотой неровностей $H_{\max} = 20...30$ мкм, что соответствует 7-му классу шероховатости, является близкой к оптимальной.

Скользкий контакт (кольцо – щетка) является одним из самых уязвимых узлов ГУ, требующим неукоснительного выполнения операций сборки в соответствии с техническими требованиями. Несоблюдение правил установки щеткодержателей и несоответствие щеток дорожкам скольжения колец приводит к их смещению, излому и ускоренному износу. При этом нарушается работа системы возбуждения. При наличии такого дефекта функционирование ГУ прекращается только на период его устранения и замены щеток.

Недопрессовка или перепрессовка контактных колец встречается довольно редко, но, как показала практика, имеет место при их изготовлении. Контактные кольца опрессовываются пластмассой на гидравлическом прессе. Используемый прессматериал АГ-4С представляет собой анизотропный материал, прочность которого ориентирована вдоль волокна. Условия формирования изделий из АГ-4С имеют некоторые особенности. Так, материал этой марки в виде лент целесообразно применять лишь для изготовления деталей, имеющих простую геометрическую форму. Контактные кольца этим требованиям соответствуют. На качество изделия значительное влияние оказывают условия хранения прессматериала (температура, повышенная влажность), степень полимеризации смолы. Кроме этого, необходимо выбрать технологический процесс таким, чтобы условия прессования и последующая термообработка обеспечивали полную полимеризацию связывающего вещества. Таким режимом является следующий: температура прессования 130...150 °С, удельное давление прессования $P = 500$ кг/см² (при времени выдержки 1 мин). Отклонение от оптимального технологического процесса приводит к снижению прочностных и диэлектрических свойств прессматериала, усилению ползучести, обусловленной перераспределением напряжения между стеклонитью и связующими (модифицированной фенолформальдегидной смолой) в процессе релаксации напряжений в материале.

Отказ интегрального регулятора напряжения со встроенным щеткодержателем (14,2 %) является внезапным, носит случайный характер, что приводит к отказу всей ГУ. Он является неразборным и неремонтируемым узлом. В случае выхода его из строя или износа щеток (выступают из щеткодержателя менее чем на 5 мм) заменяется целиком весь узел. Однако после его замены ГУ восстанавливает свои функциональные действия. Сам по себе износ щеток является постепенным и прогнозируемым отказом.

Чуть меньше (12,5 %) отказов приходится на выпрямительный блок. Их основными причинами являются пробой и короткое замыкание. Это неремонтируемый узел ГУ, и поэтому его обычно заменяют на новый. На отечественных ТУ типа 9402.3701 и 9412.3701 применяются блоки двух типов – БВ03-105-01 и БПВ076-105-02, имеющие трехфазные мостовые двухпериодные схемы выпрямления. Общим для этих блоков является то, что силовыми выпрямительными элементами в них являются автомобильные диоды Зенера, у которых максимально допустимая сила прямого тока через диод составляет 35А, а максимальный импульс прямого напряжения при этом не превышает 1,16 В. Дополнительные выпрямители в цепи обмотки возбуждения выполняются на диодах типа Д223А с номинальным током 2,0 А. Для ГУ с выпрямительным блоком БПВО 76-105-02 особо опасным является короткое замыкание изолированного от «массы» теплоотвода блока на крышку. В этом случае аккумуляторная батарея может оказаться замкнутой накоротко внутри ГУ.

Приведенные отказы и дефекты согласно теории надежности можно условно разделить на внезапные и постепенные. К первым можно отнести такие, как отказ выпрямительного блока, обрыв в цепи обмотки возбуждения, повышенный шум подшипников, отказ интегрального регулятора напряжения, которые являются событиями случайными. Вторую группу составляют постепенные, вызванные дефектами технологического процесса или сборки, особо выявляемые в приработочный период. На этапе производства возможна реализация связей путем управления технологическим процессом и операциями, а также ужесточения контроля.

Таким образом, проведенные исследования позволяют рекомендовать проведение мероприятий по предупреждению и устранению отказов:

- не все изготовленные ГУ проходят приработочный режим. В целях обнаружения технологических отклонений необходимо обеспечить их 100%-е прохождение;
- ужесточить промежуточный контроль жесткости крепления соединений отдельных элементов (шкива, контактного болта, фаз и т. д.) согласно ТУ 37.460.090-94;
- оптимизация режимов обработки поверхности контактных колец окажет положительное влияние на изнашивающую способность скользящего контакта;
- для комплектующих изделий необходимо увеличить выборку от партии проводимого входного контроля.

Эти мероприятия позволяют не только сократить число отказов отдельных элементов ГУ в приработочный период, но и положительно повлиять на эксплуатационные характеристики изделия в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Анисимов В.М., Николаев В.А.* Системы и статические методы обеспечения качества промышленной продукции: Учеб. пособие. – Самара: СамГТУ, 2000. – 230 с.
2. *Гольдберг О.Д.* Испытание электрических машин: Учебник для вузов по спец. «Электромеханика». – М.: Высшая школа, 1990. – 254 с.
3. *Витенберг Ю.Р.* Расчет параметров оптимальной шероховатости пар трения // Тезисы докладов научно-технического совещания «Контактная жесткость в машиностроении». – Куйбышев, 1997. – С. 174-175.
4. *Демкин Н.Б.* Контактное шероховатых поверхностей. – М.: Наука, 1970. – 227 с.
5. *Цопов Г.И., Костылев Б.Н., Скороспешкин А.И., Лексенберг Е.Л.* Влияние материалов и исходного микрорельефа контактирующих поверхностей на надежность работы скользящего контакта // Тезисы докладов научно-технической конференции «Пути повышения качества и надежности электрических машин». – Киев: Институт проблем материаловедения, 1981. – С. 143-146.

**TECHNOLOGICAL SUPPORT OF RELIABILITY
OF THE AUTOMOBILE GENERATING INSTALLATION (GI)**

G.I. Tsopov, V.N. Ovsyannikov, N.A. Elshansky

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100

The most widespread types of refusals of automobile generating installation are considered. The general factors and the reasons of emergence of refusals are revealed. Recommendations of their elimination and the prevention are given.

Keywords: *refusal, bearing knot, magnetic noise, reliability, resource.*

*Gennady I. Tsopov (Ph.D. (Techn.)), Associate Professor.
Vladimir N. Ovsyannikov, Senior Lecture.
Nikolay A. Elshansky (Ph.D. (Techn.)), Associate Professor.*