

УДК 621.9

ИССЛЕДОВАНИЯ УРОВНЯ НАДЕЖНОСТИ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЧИСТОВОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Д.А. БЕКТАШОВ, А.А. КРАПОСТИН
ФГБОУВПО «Ивановская государственная текстильная академия им. М.В. Фрунзе»,
Иваново, Российская Федерация

Авторское резюме

Состояние вопроса: Одним из основных показателей качества механической обработки роторов электрических машин является отсутствие замыкания листов электротехнической стали между собой и замыкания алюминиевой обмотки с листами электротехнической стали из-за наволакивания алюминия на поверхность. Необходима разработка способа механической обработки роторов новым режущим инструментом в целях повышения его надежности.

Материалы и методы: Модель основана на теории надежности и математической статистике.

Результаты: Разработана технология обработки роторов режущим инструментом из минералокерамики ВСК-71. Определен закон распределения, рассчитаны основные показатели надежности механических систем энергетических устройств и построены графические зависимости.

Выводы: Механическая обработка роторов режущим инструментом из минералокерамики ВСК-71 не приводит к замыканию листов электротехнической стали между собой и замыканию алюминиевой обмотки с листами электротехнической стали.

Ключевые слова: надежность, минералокерамика, закон распределения, энергетическое устройство.

RESEARCH OF RELIABILITY LEVEL OF MECHANICAL SYSTEMS OF FINISHING DETAIL SHAPING OF POWER ENGINEERING DEVICES

D.A. BEKTASHOV, A.A. KRAPOSTIN
Ivanovo State Textile Academy named after M. V. Frunze, Ivanovo, Russian Federation

Abstract

Background: The fault absence of electrotechnical steel plates between each other and fault of aluminum windings with electrotechnical steel plates because of the aluminum galling on the surface are the one of the main quality characteristics of mechanical treatment of rotors in electrical machines. The authors consider necessary to develop the way of mechanical treatment of rotors with the usage of new cutting tools in order to improve its reliability.

Materials and methods: The developing model is based on the theory of reliability and mathematical statistics.

Results: The technology of rotor treatment with the cutting tool made from mineral ceramics ВСК-71 is developed. The law of distribution is found out; the main indicators of mechanical systems reliability of power engineering devices are calculated; the graphical dependences are made.

Conclusions: Mechanical treatment of rotors with the cutting tool made from mineral ceramics ВСК-71 does not lead to the fault of electrotechnical steel plates between each other and fault of aluminum windings with electrotechnical steel plates.

Key words: reliability, mineral ceramics, the law of distribution, power engineering device.

На электромашиностроительных заводах широкое применение находит метод обработки наружной поверхности ротора гидрогенераторов вращающимися резцами. Резание вращающимися резцами называют ротационным резанием [1].

Наружную поверхность ротора можно обрабатывать резцами различного типа или шлифовкой. В зависимости от принятого способа обработки меняются добавочные потери в роторе. Обработка призматическими резцами и шлифованием приводит к замыканию листов электротехнической стали между собой, замыканию алюминиевой обмотки с листами электротехнической стали из-за наволакивания алюминия, упрочнению (наклепу) по-

верхностного слоя. Высокие температуры в зоне резания приводят к микросварке отдельных листов. Это вызывает увеличение добавочных потерь в роторе. С увеличением частоты потери увеличиваются и у высокочастотных машин могут достигать недопустимых значений.

При ротационном резании скорость резания увеличивается в 2–4 раза и достигает $v = 300\text{--}600$ об/мин. Глубина резания составляет $t = 0,4\text{--}1$ мм при $s = 0,4\text{--}0,7$ мм/об.

Недостатком механической обработки роторов ротационными резцами является необходимость более жесткой системы станок–приспособление–инструмент–деталь (СПИД), так как силы резания в 1,5–2 раза больше, чем при обычном точении.

Ниже предлагается ротационную обработку заменить более технологически выгодным чистовым точением минералокерамическим режущим инструментом. Исследовался процесс механической обработки роторов режущим инструментом из минералокерамики ВОК-71 при $t = 0,25$ мм, $S = 0,1$ мм/об, $V = 600$ м/мин. При проведении эксперимента использовался резец с механическим креплением пластин.

В результате был получен вариационный ряд (время стойкости режущего инструмента в секундах): 99, 109, 9, 120, 21, 47, 24, 14, 72, 35, 8, 11, 235, 9, 42, 65, 438, 107, 13, 17, 59, 107, 327, 109, 6 и определен размах вариации:

$$R = |t_{\max} - t_{\min}|, \quad (1)$$

где t_{\max} – максимальное значение варианта признака в полученном вариационном поле; t_{\min} – минимальное значение варианта признака в полученном вариационном поле.

Подставляя в (1) численные значения, получим

$$R = 438 - 6 = 432.$$

Величина частного интервала составляет

$$\Delta t = R / (1 + 3,322 \lg n), \quad (2)$$

где n – объем выборки; $\Delta t = 76,54$.

Определена шкала интервалов интервального вариационного ряда, частота попадания r_j случайной величины в частный интервал. Рассчитана частота попадания ρ_j случайной величины в частный интервал:

$$\rho_j = r_j / n, \quad (3)$$

где r_j – частота попадания случайной величины в частный интервал.

Результаты экспериментов и расчетов записаны в табл. 1.

Таблица 1. Интервальный вариационный ряд

Δt	r_j	$\rho_j = r_j / n$	$S(\rho_j)$	t_j	t_{jcp}
0–76,54	16	0,64	0,64	0	38,27
76,54–153,08	6	0,24	0,88	76,54	114,81
153,08–229,62	0	0	0,88	153,08	191,35
229,62–306,16	1	0,04	0,92	229,62	267,89
306,16–382,70	1	0,04	0,96	306,16	344,43
382,70–459,24	1	0,04	1,00	382,70	420,97
				459,24	

Определены средняя наработка на отказ T_0 , среднеквадратическое отклонение $\sigma(x)$, коэффициент вариации $V(X)$:

$$T_0 = (\sum t_{jcp} \cdot r_j) / \sum r_j, \quad (4)$$

где $T_0 = 93,38$; $t_{jcp} = (t_j + t_{j+1})/2$;

$$\sigma(x) = 100,43; \quad (5)$$

$$V(X) = \sigma(x) / T, \quad (6)$$

где $V(X) = 1,08$.

Так как коэффициент вариации равен 1,08, то предполагаем, что наше распределение подчиняется экспоненциальному закону распределения наблюдаемой случайной величины, потому что при экспоненциальном законе $V(X) = 1$.

Рассчитаны основные показатели надежности для экспоненциального закона распределения:

- интенсивность отказов

$$\lambda = 1 / T_0, \quad (7)$$

$$\lambda = 0,0107;$$

- вероятность безотказной работы

$$P(t) = e^{-\lambda t}; \quad (8)$$

- вероятность отказов

$$Q(t) = 1 - P(t); \quad (9)$$

- параметр потока отказов

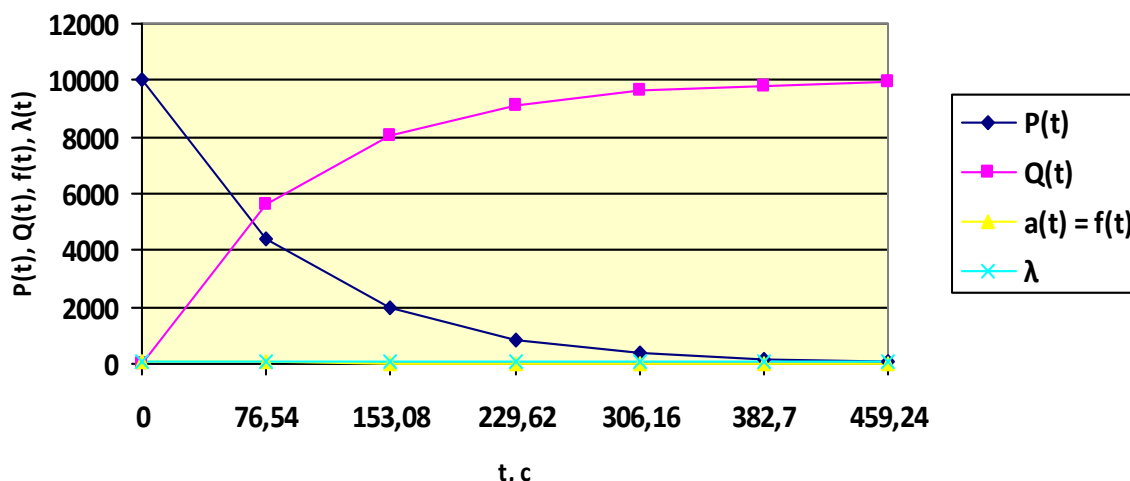
$$a(t) = f(t) = \lambda e^{-\lambda t}. \quad (10)$$

Полученные данные заносим в таблицу (табл. 2). Строим графические зависимости количественных характеристик от времени (умножаем все показатели на 10^4) (см. рисунок).

Таблица 2. Основные показатели надежности механических систем энергетических устройств

t	$P(t)$	$Q(t)$	$a(t) = f(t)$
0	1	0	0,0107
76,54	0,4409	0,5591	0,0047
153,08	0,1944	0,8056	0,0021
229,62	0,0857	0,9143	0,0009
306,16	0,0378	0,9622	0,0004
382,70	0,0167	0,9833	0,00018
459,24	0,0073	0,9927	0,00008

В результате проведенных испытаний механической обработки роторов было установлено, что минералокерамический режущий инструмент, изготовленный из ВОК-71, в процессе резания разрушался хрупким сколом. Отказ режущих пластин происходил внезапно. Так как экспоненциальному закону распределения подчиняется наработка на отказ ремонтируемых и неремонтируемых изделий при рассмотрении внезапных отказов, а также время безотказной работы сложных систем, прошедших период приработки и состоящих из элементов с различной интенсивностью отказов, то полученный вариационный ряд подчиняется экспоненциальному закону распределения наблюдаемой случайной величины. На основании этого были определены основные показатели надежности и построены графические зависимости



Вид зависимости $P(t)$, $Q(t)$, $f(t)$, $\lambda(t)$ для экспоненциального закона распределения

Механическая обработка роторов режущим инструментом из минералокерамики ВОК-71 не будет приводить к замыканию листов электротехнической стали между собой и замыканию алюминиевой обмотки с листами электротехнической стали, так как наволакивания алюминия на поверхность ротора не происходит.

Список литературы

1. Антонов М.В., Герасимова Л.С. Технология производства электрических машин. – М.: Энергоиздат, 1992. – 512 с.

Бекташов Дмитрий Алиевич,

Ивановская государственная текстильная академия, кандидат технических наук, доцент кафедры технология машиностроительного производства, телефон 8-920-359-83-59.

Крапостин Алексей Александрович,

Ивановская государственная текстильная академия, аспирант кафедры технология машиностроительного производства, телефон 8-920-359-83-59.

2. Пирогов К.М., Егоров С.А. Основы надежности машин: учеб. пособие для вузов. – Иваново: ИГТА, 2004. – 268 с.

References

1. Antonov, M.V., Gerasimova, L.S. *Tekhnologiya proizvodstva elektricheskikh mashin* [Production Technology of Electrical Machines], Moscow: Energoizdat, 1992, 512 p.
2. Pirogov, K.M., Egorov, S.A. *Osnovy nadezhnosti mashin: uchebnoe posobie dlya vuzov* [Reliability Foundations of Machines], Ivanovo: IGTA, 2004, 268 p.