

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ
ИМПУЛЬСНОГО МОТОР-ВАРИАТОРА

О.В. ШАРКОВ

Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Калининград, Россия

Проведено экспериментальное исследование надежности работы импульсного мотор-вариатора (ИМВ) с эксцентриковыми механизмами свободного хода (МСХ) фрикционного и нефрикционного типов.

ИМВ имел следующие технические характеристики: передаваемая мощность $P=1,5$ кВт; максимальный вращающий момент на выходном валу $T=250$ Н·м; диапазон изменения частоты вращения $n=0-30$ мин⁻¹; габариты $L \times V \times H=400 \times 320 \times 380$ мм.

ИМВ и эксцентриковые МСХ являются восстанавливаемыми изделиями и при испытаниях их надежности наиболее эффективен последовательный метод контроля по ГОСТ 27.410-87 «Надежность в технике. Методы последовательных испытаний».

При работе ИМВ частота включения эксцентриковых МСХ за один и тот же период времени может быть различна, поэтому при исследовании надежности удобно использовать не время работы МСХ, а соответствующее ему число включений: $N_{ц}$ – общее число включений; $N_{н}$ – число включений, соответствующее нижней границе доверительного интервала наработки на отказ; N_{α} – число включений, соответствующее заданным требованиям.

Для определения допускаемого числа отказов $[k]$ при работе ИМВ в предположении справедливости экспоненциального распределения в координатах $[k]=f(N_{ц}/N_{\alpha})$ строят наклонные линии (линии соответствия), показывающие зону соответствия, неопределенности и несоответствия фактического уровня надежности изделия заданным требованиям.

По рекомендациям ГОСТ 27.410-87 число включений, соответствующее заданным требованиям назначалось $N_{\alpha}=2 \cdot N_{н}$. Следует учитывать, что для разных МСХ величина $N_{н}$ различна и одинаковая величина отношения $N_{ц}/N_{\alpha}$ соответствует разному числу $N_{ц}$.

Согласно экспериментальным данным $N_{н}$ эксцентриковых МСХ: фрикционного типа $2,04 \cdot 10^6$ (сталь ШХ15) и $0,96 \cdot 10^6$ (сталь 12ХН3А); нефрикционного типа $2,1 \cdot 10^6$ (модуль $m=0,5$ мм, сталь ШХ15) и $1,65 \cdot 10^6$ (модуль $m=0,5$ мм, сталь 12ХН3А).

Условия испытаний ИМВ следующие: частоту вращения выходного вала изменяли в диапазоне $n = 0-30$ мин⁻¹, нагрузочный момент на выходном валу $T = 0-250$ Н·м. ИМВ работал непрерывно по 8–12 часов в сутки с частотой включения эксцентриковых МСХ 10 Гц.



В табл. 1. приведены основные параметры опытных образцов эксцентриковых МСХ, используемых в ИМВ.

При работе ИМВ с эксцентриковыми МСХ серии № 1 первый отказ произошел при $N_{ц} = 13 \cdot 10^6$ (зона соответствия). При продолжении испытаний до $N_{ц} = 20 \cdot 10^6$ отказов не наблюдалось, и испытания были признаны положительными.

Табл. 1. Основные параметры опытных образцов эксцентриковых МСХ

№ серии	Диаметр обоймы, мм	Угол заклинивания	Материал	Тип МСХ
1	60	$9^{\circ}30' \pm 25'$	Сталь ШХ15	Фрикционный
2	60	$9^{\circ}30' \pm 25'$	Сталь 12ХН3А	Фрикционный
3	60	$11^{\circ}30' \pm 30'$	Сталь ШХ15	Нефрикционный
4	60	$11^{\circ}30' \pm 30'$	Сталь 12ХН3А	Нефрикционный

При работе ИМВ с эксцентриковыми МСХ серии №2 первый отказ произошел при $N_{ц} = 3,4 \cdot 10^6$ (зона неопределенности) и испытания были продолжены. Второй, третий и четвертый отказы произошли соответственно при $N_{ц} = 5,9 \cdot 10^6$, $7,5 \cdot 10^6$ и $9,0 \cdot 10^6$ (зона неопределенности). Так как четыре отказа последовательно произошли в зоне неопределенности (хотя точки последних трех отказов достаточно близки к линии соответствия), то испытания признаны неудовлетворительными.

При работе ИМВ с эксцентриковыми МСХ серии №3 до $N_{ц} = 18 \cdot 10^6$ (зона соответствия) отказов не наблюдалось. В связи со стабильной работой эксцентриковых МСХ и ИМВ в целом испытания были признаны положительными.

При работе ИМВ с эксцентриковыми МСХ серии №4 первый отказ произошел при $N_{ц} = 7,2 \cdot 10^6$ (зона неопределенности) и испытания были продолжены. Второй и третий отказы произошли соответственно при $N_{ц} = 9,2 \cdot 10^6$ и $10 \cdot 10^6$ (зона неопределенности). Так как три отказа последовательно произошли в зоне неопределенности, то испытания были признаны неудовлетворительными.

Требуемый уровень надежности ИМВ при использовании эксцентриковых МСХ фрикционного и нефрикционного типов, выполненных из материала сталь 12ХН3А, не обеспечивается.

Общее время испытаний ИМВ составило: 540 часов (эксцентриковые МСХ серии №1), 250 часов (эксцентриковые МСХ серии №2), 500 часов (эксцентриковые МСХ серии №3) и 270 часов (эксцентриковые МСХ серии №4).