

## ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ БЕССАЛЬНИКОВЫХ ГИЛЬЗОВАННЫХ НАСОСОВ С ПОВЫШЕННЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ ПО ВИБРАЦИИ

В.В. Митин, Г.Н. Смирнов, С.Н. Вахмистров, В.А. Сорокин  
(ОАО «Силловые машины», Филиал «Электросила»)

*Исследуется влияние технологии посадки защитных гильз статора и ротора на виброактивность асинхронного двигателя. Представлены результаты анализа уровней вибраций, полученные экспериментальным путем, при различных значениях технологического зазора между защитной гильзой и сердечниками.*

**Ключевые слова:** виброактивность, асинхронный двигатель.

Электродвигатели, применяемые в приводах герметичных и бессальниковых насосов, работают в перекачиваемой жидкости, поэтому для повышения их надежности принимают специальные меры. Используют, например, гильзованные трехфазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором [1 – 3].

Двигатель с выходной мощностью 3 кВт, изготовленный в ОАО "Электросила", имеет обмотку статора, защищенную от жидкости тонкой трубой – гильзой с внутренним диаметром 214 мм и длиной 375 мм, расположенной в расточке. Ротор также защищен от коррозии гильзой. Таким образом, в зазоре между статором и ротором расположены две гильзы.

Гильза изготовлена из тонкого немагнитного и высокоомного материала – титана. Пусковой момент и эксплуатационные характеристики двигателя, в целом, соответствуют характеристикам серийных двигателей, но абсолютная величина частоты вращения и коэффициента полезного действия несколько ниже.

К двигателю предъявлены повышенные требования по вибрации.

Вибрация в электродвигателях данного типа вызвана следующими основными причинами, которые можно разделить на механические, электромагнитные и гидродинамические.

Механические:

- неуравновешенность ротора на оборотной частоте  $f = n/60$  Гц, где  $n$  – частота вращения, об/мин;
- перекос подшипников скольжения, эллипсность зазора, подвижный эксцентриситет ротора на частоте  $f = 2n/60$  Гц;
- изменение геометрии гильзы ротора и гильзы статора на частоте более высокого порядка  $f = kn/60$  Гц, где  $k > 3$ .

Электромагнитные:

- вибрация на зубцовой частоте ротора  $f = Zn/60$  Гц;
- вибрация на частоте перемагничивания железа статора на двойной частоте питающего напряжения  $f = 100$  Гц.

Гидродинамические:

- вихреобразование пузырьков воздуха в проточных

частях машины в 1/3-октавных полосах 8 и 10 кГц.

Вибрация от вращающегося ротора передается на корпус электродвигателя двумя путями:

- через подшипники скольжения;
- через слой жидкости, находящийся в зазоре между статором и ротором.

Эти взаимодействия проявляются на вышеуказанных частотах и зависят, помимо параметров активной зоны, качества изготовления и сборки электродвигателя, от толщины гильз статора и ротора, и параметров их посадки.

В силу того, что в жидкой среде вращающийся ротор механически воздействует на собственную гильзу и через "воздушный зазор" на тонкостенную гильзу статора, необходимо как можно более плотное прилегание гильз к посадочным поверхностям.

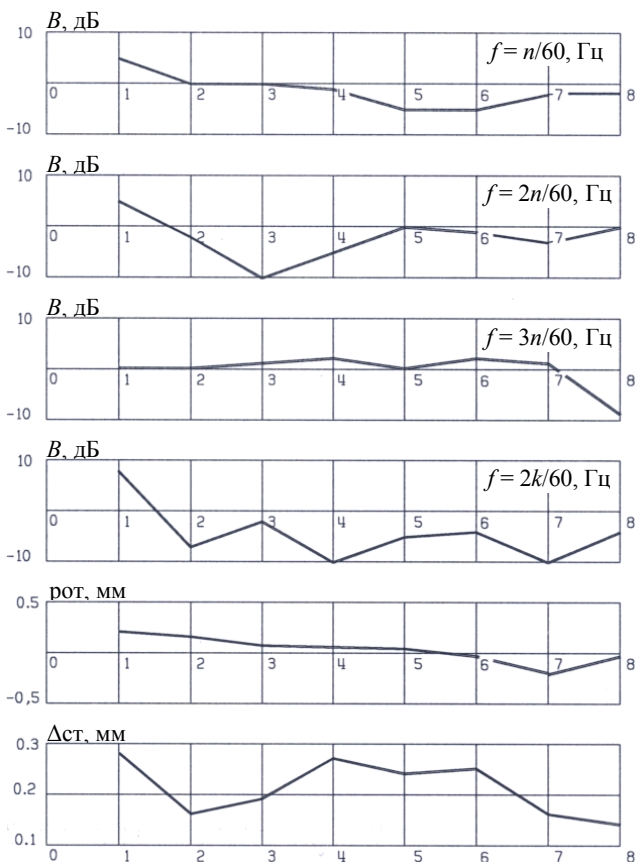
Вместе с тем, технология установки гильз требует увеличения сборочного зазора между гильзой и посадочной поверхностью.

Перед установкой в расточку статора тонкостенной гильзы статор нагревают до  $200 \div 210^\circ\text{C}$  и вводят гильзу в расточку. Но вследствие малого зазора при взаимном соприкосновении тонкостенная гильза быстро ( $0,5 \div 2$  с) нагревается, что приводит к ее задеванию о шихтованный пакет, перекосу и, как следствие, смятию и повреждению. При установке гильзы на ротор нагретая гильза мгновенно охлаждается при контакте с пакетом ротора, что приводит к тем же последствиям.

Таким образом, требования к геометрическим размерам тонкостенных гильз с точки зрения технологии сборки и с точки зрения вибрации электродвигателя взаимоисключающие.

Для проведения оптимизации технологических и вибрационных параметров на восьми двигателях были установлены гильзы с различными зазорами прилегания: статор – гильза 1 и ротор – гильза 2. Величины уровней вибраций двигателей  $B$  (дБ), измеренных на корпусе, относительно их среднеквадратичного значения приведены на рисунке и в таблице.

№ двигателя	Технологический зазор на диаметр, мм		Величины уровней вибраций относительно среднеквадратичного значения для различных частот $f$ , дБ			
	статор – гильза 1	ротор – гильза 2	$n/60$	$2n/60$	$3n/60$	$2k/60$
1	0,28	0,20	+5	+5	0	+8
2	0,16	0,14	0	-2	0	-6
3	0,19	0,07	0	-10	+1	-2
4	0,27	0,05	-1	-5	+2	-10
5	0,24	0,04	-5	0	0	-5
6	0,25	-0,04	-5	-1	+2	-4
7	0,16	-0,20	-2	-3	+1	-10
8	0,14	-0,02	-2	0	-9	-4



**Зазоры установки гильз и изменения уровней вибраций двигателей, измеренных на корпусе, относительно их среднеквадратичного значения**

Анализ представленных зависимостей позволяет установить следующее:

1) при увеличенном технологическом зазоре *статор – гильза 1* (0,20 ÷ 0,27 мм) и незначительном

зазоре *ротор – гильза 2* (0,20 мм) уровень вибраций на всех представленных частотах превышает среднеквадратическое значение (двигатель №1);  
 2) при уменьшении зазора *статор – гильза 1* (0,19 ÷ 0,28 мм) и уменьшении зазора *ротор – гильза 2* (0,04 ÷ 0,08 мм) происходит снижение уровня вибраций относительно среднеквадратичного значения за исключением частоты  $f = 3n/60$  (двигатели № 2 – 5);  
 3) при уменьшении зазора *статор – гильза 1* (0,14 ÷ 0,23 мм) и переходе от зазора *ротор – гильза 2* к натягу (-0,02 ÷ -0,20 мм) уровень вибраций на всех представленных частотах ниже среднеквадратического значения (двигатели № 6 – 8).

**Выводы**

1. Для изготовления погружных гильзованных двигателей малой мощности разгруженной конструкции с повышенными требованиями по вибрации необходимо, чтобы технологический зазор между статором и гильзой не превышал 0,20 мм, а роторная гильза устанавливалась с натягом 0,01 ÷ 0,20 мм.
2. Изменение технологического зазора установки роторной гильзы оказывает влияние в большей степени на вибрацию двигателя, чем статорной.

**Литература**

1. Насосы: справочное пособие: [пер. с нем.] / К. Бадеке, А. Градевальд [и др.]; под ред. В. Плетнера; пер. В.В. Малюшенко. – М.: Машиностроение, 1979. – 502 с.: ил.
2. Шубов И.Г. Шум и вибрация электрических машин / И.Г. Шубов. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 208 с.: ил.
3. Исаков В.М. Виброшумозащита в электромашиностроении / В.М. Исаков, М.А. Федорович. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 208 с.: ил.

Поступила в редакцию 20.11.2008

**Василий Васильевич Митин**, канд. техн. наук, начальник сектора.  
**Геннадий Николаевич Смирнов**, начальник лаборатории.  
**Сергей Николаевич Вахмистров**, начальник бюро.

**Владимир Александрович Сорокин**, ведущий инженер.  
 Т. +7(812)387-44-77, e-mail: elsila@elsila.spb.ru.