

МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ШУМА И ВИБРАЦИИ ВЕНТИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С КОЛЬЦЕВОЙ ОБМОТКОЙ ЯКОРЯ

Смирнов А.В.

Научный руководитель: Муравлёв О.П., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: Art@sibmail.com

Традиционно, при создании вентиляционного оборудования для судового транспорта, применялась конструкция, состоящая из корпуса вентилятора и отдельно вынесенного электродвигателя. Несущей деталью в данной конструкции являлся корпус электродвигателя, что вызывало необходимость в дополнительных мерах для снижения различного рода виброшумовых возмущений конструкции в целом.

Применение комплексного подхода к решению задачи снижения шумов и вибраций, при котором привод вентилятора и сам вентилятор рассматривались и рассчитывались, как одна система позволил добиться высоких результатов. При этом главной особенностью такой системы была разработка и применение специального уплощенного исполнительного асинхронного электродвигателя, который помещался внутрь спиральной полости вентилятора и закреплялся на торцевой стенке несущего корпуса. [1, 2]

В основе работы по созданию вентильных двигателей с минимальной осевой длиной, пониженным уровнем шума и вибрации и повышенной прочностью, для вентиляторов, применяемых на судовом транспорте, лежит идея усовершенствования существующего класса судовых вентиляторов, путем замены асинхронного исполнительного двигателя на вентильный двигатель.

Вентильные двигатели с возбуждением от высокоэнергетических постоянных магнитов на сегодняшний день являются наиболее перспективными из всех типов электродвигателей, применяемых в современных регулируемых электроприводах малой и средней мощности. Это объясняется рядом известных конструктивных и технико-эксплуатационных преимуществ, среди которых нужно отметить повышенный ресурс и надежность.

Настоящая работа имеет целью определить область причин возникновения виброшумовой активности в разрабатываемой электрической машине, а также классифицировать их по величине в общей картине создаваемого шума и указать возможные пути по снижению данной активности.

При исследовании методов снижения шума и вибрации вентильных двигателей с кольцевой

обмоткой якоря предлагается придерживаться следующей последовательности:

1. Представление модели обладающей свойствами будущего изделия;
2. Определение применимости и условий эксплуатации;
3. Определение проблемных зон;
4. Проведение расчетов и сопоставление их с результатами испытаний.

За аналог была принята синхронная электрическая машина с возбуждением от постоянных магнитов, коммутация фаз в которой осуществляется с помощью полупроводникового коммутатора.

Применение изделия – электропривод вентиляторов для судового транспорта.

Определение проблемных зон (причины возникновения шумов и вибраций). Для этого выделим три природы возникновения шума:

1) магнитный шум – является наиболее интенсивным, имеет сложную структуру и разнородную природу возникновения. Проблему магнитного шума следует решать на стадии проектирования электродвигателя. В связи с этим, изначально была определена область задач, которые будут включены в расчет электродвигателя. В таблице в левой колонке приведен перечень источников магнитного шума, а в правой описанные в литературе, применяющиеся на практике и предлагаемые способы его снижения;

2) вентиляционный (аэродинамический) шум - в рамках данной статьи рассматриваться не будет, т.к. основной вклад в вентиляционный шум в нашем случае вносит непосредственно сам вентилятор, в котором устанавливается электрическая машина.

3) механический шум - возникает из-за вибрации отдельных частей машины вследствие неудовлетворительной балансировки вращающихся частей и сочлененных с ее валом элементов, трения в подшипниках. Механический шум снижается при производстве за счет сужения допусков, повышения культуры производства, увеличения точности изготовления, тщательной балансировки якоря, подбором смазки для подшипников, применением осевого натяга с помощью пружинных шайб и т.д.

Таблица 1. Источники шума и вибрации магнитного происхождения

Источник	Способ устранения
Радиальные силы, вызванные основным магнитным полем	Увеличение числа зубцов [3]

Продолжение таблицы 1

Высшие гармонические поля (зубцовые, обмоточные)	Применение обмотки кольцевого типа
Электромагнитные силы, возникающие в результате изменения магнитной проводимости воздушного зазора	Выполнение зубцов статора со скосом. Отношение числа пазов якоря к числу полюсов не должно быть равно целому числу. [3]
Явления магнитострикции	Компаундирование обмотки статора, уменьшение толщины листов из которых набирается статор и ротор
Деформация ротора под действием односторонних сил магнитного притяжения	Симметричное расположение магнитов на роторе, подбор магнитов с минимальным разбросом магнитных характеристик, увеличение воздушного зазора.[3]
Нестабильность напряжения питания (дискретный характер коммутации, за счет применения полупроводникового коммутатора)	Применение датчиков аналогового типа
Неравномерность распределения обмотки в пазах; неравномерность воздушного зазора; отклонение поверхности статора и ротора от правильной геометрической формы; неравномерная толщина клея под магнитами; эксцентриситет воздушного зазора; смещение статора относительно ротора	Усовершенствование точности изготовления, повышение квалификации персонала занятого изготовлением и сборкой и разработка специализированной оснастки

Дополнительные мероприятия, способствующие снижению шума и вибрации:

- пространство между корпусом и пакетом заполняется вибропоглощающим компаундом [6];
- увеличение массы за счет увеличения ярма, при использовании обмотки кольцевого типа несколько увеличивается масса меди, что в незначительной степени также уменьшает виброактивность;
- применение звукопоглощающих материалов, увеличение жесткости элементов конструкции [3];
- оптимизация спектра собственных частот для исключения возможности появления резонанса [3].

Для количественной оценки уровня и природы вибраций в готовой электрической машине предлагается использовать ее общий уровень вибрации, который рассчитывается по формуле:

$$L_{общ} = \sum_{i=1}^n 10 \log(10^{0.1L_i}), \quad [4]$$

где L_i – уровень вибрации на i -й среднегеометрической частоте 1/3-октавного фильтра;

n – число 1/3-октавных полос.

В заключение подведем итоги. При решении проблемы шума и вибрации, необходим, прежде всего, комплексный подход, учитывающий все источники возмущений конечного изделия в целом. Основное внимание при проведении дальнейших расчетов следует уделить магнитным источникам шума и вибрации, как наиболее интенсивным.

Список литературы

1. Гейнц Э.Р., Братковский О.А., Цехмestрюк Г.С., Подлевский Н.И. Судовое электрооборудование нового поколения // Электронные и электромеханические системы и устройства: тезисы докл. XVII науч.-техн. конф.(Томск, 20-21 апреля 2006 г.). – Томск: ФГУП «НПЦ «Полюс», 2006. С. 101-106.
2. Подлевский Н.И., Хитрук Б.С., Филимонов А.В., Сергин Е.А. Особенности разработки центробежных электроventилиаторов с комбинированным спиральным корпусом // Электронные и электромеханические системы и устройства: тезисы докл. XVII науч.-техн. конф.(Томск, 20-21 апреля 2006 г.). – Томск: ФГУП «НПЦ «Полюс», 2006. 106-108.
3. Воронкин В.А., Геча В.Я., Городецкий Э.А., Евланов В.В., А.Б. Захаренко, Зубренков Б.И., Каплин А.И., Ледовской В.И., Складорова И.В., Смирнова Л.П., Шапиро М.Х. Вопросы электромеханики // Методы проектирования маломощных электрических машин: труды «НПП ВНИИЭМ» том 103 Москва – 2006.
4. Тимошенко В.А., Михайлов А.Г., Дерюшев А.Ю. Виброшумовые характеристики асинхронных электродвигателей с кольцевой обмоткой // Электронные и электромеханические системы и устройства: сб. науч. Тр. НПЦ «Полюс». Томск: Изд-во НТЛ, 2011. С. 235-240.