

*Заводянская Е.А.,
кандидат технических наук, доцент
Доцент кафедры ЭМС
филиал ФГБОУ ВО «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»
РФ, г. Смоленск
Клименков С.Ю.,
студент магистратуры
студент, филиал ФГБОУ ВО «НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»
РФ, г. Смоленск*

ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ВИБРАЦИЙ И ШУМА В ДВИГАТЕЛЯХ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

***Аннотация:** В данной статье представлены причины возникновения вибраций и шума в двигателях переменного тока. Рассматриваются способы их устранения. Представлен способ разделения и исследования источников шума и вибрации экспериментальным путем последовательного исключения источников.*

***Ключевые слова:** Асинхронный двигатель, виброшумовые показатели, магнитные, механические, шум и вибрация, аэродинамический шум. двигатели переменного тока.*

***Annotation:** This article presents the causes of vibration and noise in AC motors. The ways of their elimination are considered. A method for separating and investigating noise and vibration sources by experimentally sequentially excluding sources is presented.*

Key words: *Asynchronous motor, vibration noise indicators, magnetic, mechanical, noise and vibration, aerodynamic noise, AC motors.*

Во вращающихся электрических машинах различают магнитные и механические шумы и вибрации, а также аэродинамический шум. **Магнитный шум и вибрация.** Источником магнитных вибраций являются пульсирующие или вращающиеся магнитные силы и моменты, действующие в воздушном зазоре электрической машины, а также явление магнитострикции. Величины магнитных сил и их частоты зависят от типа электрической машины, частоты вращения и частоты питания, электромагнитных нагрузок и конструкции активной части и многих других факторов.

Уровень вибраций, вызываемых магнитными силами, зависит как от величин этих сил, так и жесткостных характеристик конструкции машины и ее элементов. Магнитный шум является следствием магнитных вибраций. Его уровень зависит от амплитуды частоты и формы колебаний статора, величины и свойств излучающей поверхности.

В большинстве случаев частоты магнитного шума лежат в диапазоне наибольшей чувствительности (0,1 - 4 кГц). Кроме того, магнитный шум имеет дискретный спектр.

Поэтому магнитные шумы наиболее неприятны для субъективного восприятия. Магнитные шумы излучаются главным образом самой электрической машиной. Низкочастотные (до 250 Гц) магнитные вибрации могут передаваться через опоры, фундаменты и т.д. и вызывать структурный шум соседних конструкций.

Механические вибрации и шум. Основными источниками механических вибраций и шума в электрических машинах являются остаточный небаланс ротора и находящихся на нем деталей и подшипники.

Вибрация от небаланса ротора проявляется на частоте вращения f_0 и

кратных ей.

В быстроходных электрических машинах эта вибрация может стать существенным источником структурного шума.

Вибрация подшипников качения вызывается отклонением колец и тел качения от идеальной формы, их разноразмерностью, наличием зазоров. Кроме того, даже при идеальной форме подшипники качения являются источниками вибраций из-за упругих деформаций деталей, проскальзывания и ударов тел качения в местах контакта, неточности монтажа подшипника в электрической машине и качества смазки. Спектры вибраций подшипников качения весьма широки - от десятков Гц до десятков кГц.

Причины вибраций подшипников и соответствующие частоты, на которых проявляются вибрации от этих причин, приведены в табл.1, где d_i , d_e - диаметры беговой дорожки внутреннего и наружного колец подшипника качения; z_k - число тел качения; d_k - диаметр тела качения; z_v - число гребней волн или число дефектов, расположенных вдоль дорожки качения.

При применении качественных высокоточных подшипников качения и при отсутствии значительных дефектов в монтаже указанные в табл.1 составляющие выделяются слабо, и спектр подшипниковых вибраций и шумов является сплошным во всем звуковом диапазоне частот.

При этом наблюдается повышение уровня в зонах резонансных частот ротора и, в меньшей степени, в зонах резонансных частот статора и его деталей.

Наряду с вибрациями, возбуждаемыми геометрией подшипника, существуют вибрации, связанные с несовершенством монтажа подшипников в электрической машине.

Ввиду сравнительно малой поверхности подшипниковых щитов, подшипниковые шумы излучаются электрической машиной менее интенсивно, чем магнитные.

Шум от подшипников скольжения существенно (на 20-25 дБ) ниже, чем

от подшипников качения.

Таблица 1. Причины вибрации и шума.

№	Причина вибрации и шума	Частота
1	Механический небаланс ротора	kf_0
2	Подшипники качения:	
	разностенность внутренних колец	f_0
	овальность колец	$2f_0$
	асимметрия расположения тел качения	$kf_0 \frac{d_i z_k}{d_e - d_i}$
	волнистость дорожек качения или их износ	$k \frac{f_0}{2} \left(1 \pm \frac{2d_k}{d_e + d_i} \right) z_k z_{\%o}$
	гранность (овальность) тел качения	$k \frac{f_0}{2} \left[1 - \frac{2d_k}{(d_e + d_i)^2} \right] \frac{d_e + d_i}{2d_k} z_k$
	неуравновешенность сепаратора	$k \frac{f_0}{2} \left(1 - \frac{2d_k}{d_e + d_i} \right)$
3	Подшипники скольжения:	
	геометрическое несовершенство поверхностей скольжения	kf_0
	трение	$\frac{1}{2} f_0, \frac{1}{3} f_0$

В машинах с контактными кольцами возникают шумы, вызванные трением щеток о контактные кольца. Этот шум имеет дискретные составляющие, частота которых пропорциональна частоте вращения.

Аэродинамический шум. Аэродинамический шум является следствием вращения ротора и насаженного на его вал вентилятора. Шум, создаваемый вентилятором, охлаждающим электрическую машину, является преобладающим над другими источниками при частотах вращения выше 1500 об/мин. Спектры аэродинамического шума электрических машин, как правило, сплошные. Частоты аэродинамического шума перекрывают весь звуковой диапазон.

Выявление источников шума и вибрации электрических машин. В зависимости от типа электрической машины, конструктивного исполнения, частоты вращения и т.д. общий уровень шума и вибрации может определяться различными источниками. Информация о преобладающем источнике шума и вибрации является важнейшей в работах по снижению шума и вибрации.

При решении задач снижения шума и вибрации необходимы более подробные сведения об их источниках (уровни, частоты, характер колебаний и излучений и т.д.).

Разделение и исследование источников шума и вибрации производится экспериментально путем последовательного исключения источников.

Для исключения магнитных источников вибрации и шума электрическую машину испытывают при минимальном напряжении питания, максимально сниженном магнитном потоке возбуждения, на выбеге или при ее вращении от постороннего малошумного двигателя.

Для исключения аэродинамического шума электрическую машину испытывают без вентилятора или при заглушенных отверстиях для охлаждающего воздуха.

Исключение вибраций и шумов подшипников качения достигается испытанием электрической машины на технологических подшипниках скольжения.

Шум щеток исключают путем испытания электрических машин с минимальным числом щеток либо при вращении ротора от постороннего

малошумного двигателя при поднятых щетках.

Поскольку частоты шума и вибрации от дисбаланса и магнитных сил имеют дискретный характер и могут быть рассчитаны, то эти составляющие вибрации и шума можно определить при спектральном анализе с использованием узкополосных анализаторов.

Кроме информации о частоте и уровнях шума и вибрации, возникающих от разных источников, важную роль играет информация о форме колебаний, соотношениях между частотами вибраций от различных источников, фазах колебаний и т.д. Эта информация может быть получена при применении специальных методов анализа - модального, корреляционного, кепстрального и др.

Использованные источники:

1. Каплин А.И. Методы снижения шума и вибрации электрических машин при их разработке и модернизации // Конструирование электрических машин с улучшенными ВАХ / Каплин А.И., Муркес Н.И., Кучер Э.Р. [и др.] – М.: Информстандартэлектро, 1968.

2. Шпрингман В.Г. Подшипниковые шумы и вибрации в электрических машинах // Труды ВНИИЭМ. – 1965. – Т. 20.