

ВЕНТИЛЯЦИОННЫЙ ШУМ В ЗАКРЫТЫХ ОБДУВАЕМЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯХ

Э. А. Книпенберг

(Представлена научным семинаром кафедр электрических машин
и общей электротехники)

Уровень шума и вибрации в электродвигателях зависят от множества различных причин, взаимосвязанных друг с другом. В каждом отдельном случае целесообразно находить и анализировать отдельно каждую составляющую шума с тем, чтобы было яснее, какую из них необходимо в первую очередь уменьшать. Общепринято разделять основные источники шума и вибрации электрических машин на три класса:

- а) вентиляционные шумы;
- б) механические шумы и вибрации;
- в) магнитные шумы и вибрации.

Для охлаждения асинхронных электродвигателей, как правило, применяются радиальные вентиляторы. Анализ шума двигателей, снабженных такими вентиляторами, показывает, что элемент вентилятора при вращении издает шум завихрения с непрерывным спектром частот. Этот шум является раздражающим особенно в месте установки электрической машины, поскольку он образуется и передается непосредственно через воздух, а не через вибрацию механических частей машины. Частоты шума, производимого элементами вентилятора с Z лопастями и вращением n об/мин, определяются соотношением

$$f = kZ \frac{n}{60}, \quad (1)$$

k — целое число, указывающее на порядок гармоник.

Помимо этих частот, вентилятор создает вихревой шум с непрерывным спектром в полосе больших частот из-за изменения скорости течения воздуха вдоль лопастей. При обтекании воздухом щита и корпуса двигателя на поверхности, в местах неровностей и выступов появляется большое число линий завихрения, порождающих шум в широком диапазоне частот.

Особенно неприятный шум (типа сирены) может появиться у некоторых вентиляторов при ударе воздуха о закрепленные препятствия, если расстояние между вентилятором и неподвижной частью слишком мало.

Это критическое расстояние возрастает с увеличением окружной скорости. Такие явления при проектировании необходимо учитывать.

Например, для электродвигателя на 12000 об/мин вместо обычно рекомендуемого расстояния, равного примерно 15% от внешнего диаметра, с учетом указанного эффекта, это расстояние необходимо увели-

чивать до 20÷25% или соответственно уменьшать внешний диаметр вентилятора.

Кроме того, очень большое влияние на природу образования вентиляционного шума оказывает вихреобразование на входном отверстии кожуха. Правильный выбор диаметра и конфигурации входного отверстия кожуха — важный фактор уменьшения вентиляционного шума.

При проектировании и доводке электродвигателей для приближенной оценки уровня вентиляционного шума, создаваемого центробежным вентилятором, целесообразно использовать различные эмпирические соотношения, найденные из практики. Можно считать, что создаваемый центробежным вентилятором шум примерно пропорционален скорости вращения в шестой степени и площади лопаток в первой степени.

Иногда принимают, что при окруженных скоростях до 50 м/сек выходная сила звука пропорциональна числу оборотов в пятой степени [1]. При известном диаметре D_0 и скорости n_0 вентилятора двигателя изменение уровня звукового давления, производимого вентилятором другой подобной машины, выражается уравнением:

$$\Delta L_p = 10 \lg\left(\frac{D}{D_0}\right)^\alpha + 10 \lg\left(\frac{n}{n_0}\right)^\beta, \quad (2)$$

где D_0 — диаметр вентилятора, $\alpha=7$; $\beta=5$ для скоростей до 50 м/сек, $\beta=6$ или 7 при окружных скоростях больше 50 м/сек.

С целью изучения возможности уменьшения вентиляционной составляющей шума за счет изменения конструкции вентиляторов были проведены эксперименты на двигателях серии АО2.

Исследования были поставлены таким образом, чтобы требуемый теплосъем был обеспечен при минимальном диаметре вентилятора, и перегрев обмотки статоров двигателей оставался неизменным при различных вентиляторах. Разработка конструкции вентилятора основывалась на том, что воздушный поток у многолопастных тарельчатых вентиляторов более упорядочен и аэродинамические потери меньше, чем у вентиляторов 3- и 4-лопастных, применяемых в настоящее время. Меньшие аэродинамические потери ведут к уменьшению уровня шума.

Вентиляторы для исследований изготавливались тарельчатого типа (угол наклона тарелок 70°) с увеличенным числом лопаток.

Исследования проводились на двух и четырехполюсных электродвигателях серии АО2 2, 3, 4 габарита.

По материалам испытаний можно сделать следующие выводы:

1. Экспериментальные данные показали, что применение вентилятора тарельчатого типа дает снижение вентиляционной составляющей звукового давления на некоторых частотах до 7 дБ на двухполюсных электродвигателях (рис. 1, 2, 3).

По уровню звука снижение наблюдается до 3—2 дБ. Недостаточно эффективное уменьшение уровня звука по сравнению со значительным уменьшением звукового давления на отдельных частотах объясняется тем, что конструкция щита и кожуха не изменялась, следовательно, составляющие шума завихрения, вызванные неподвижными выступами подшипникового щита и конфигурацией входного отверстия кожуха, практически не изменились.

2. С точки зрения тепловых характеристик можно заключить, что тарельчатые вентиляторы с увеличенным числом лопаток создают требуемый теплосъем при улучшенных акустических характеристиках.

3. Аналогичные исследования для четырехполюсных и шестиполюсных электродвигателей дали значительно меньший эффект, так как по абсолютной величине вентиляционная составляющая шума оказалась

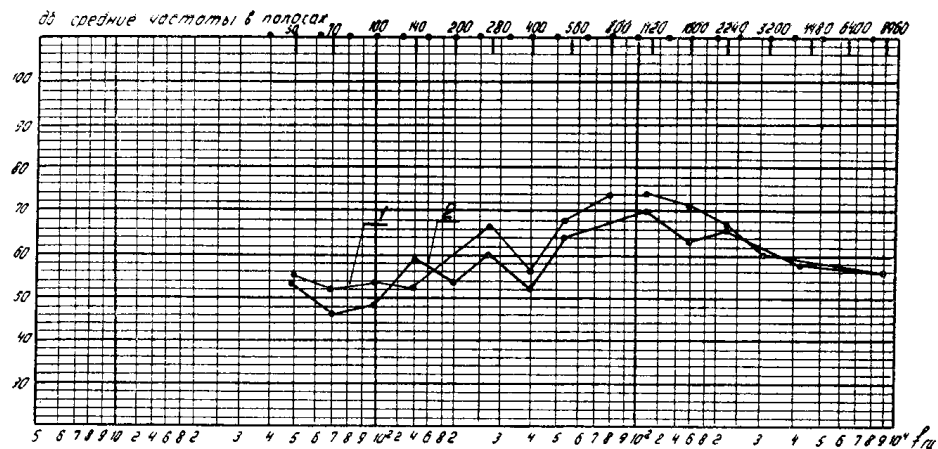


Рис. 1. Спектрограммы воздушного шума электродвигателя АО2-42-2 при $U=380$ в, с. ф. — Y, $f=50$ гц. 1 — с вентилятором основного исполнения (3 лопатки), 2 — с вентилятором тарельчатого типа (8 лопаток)

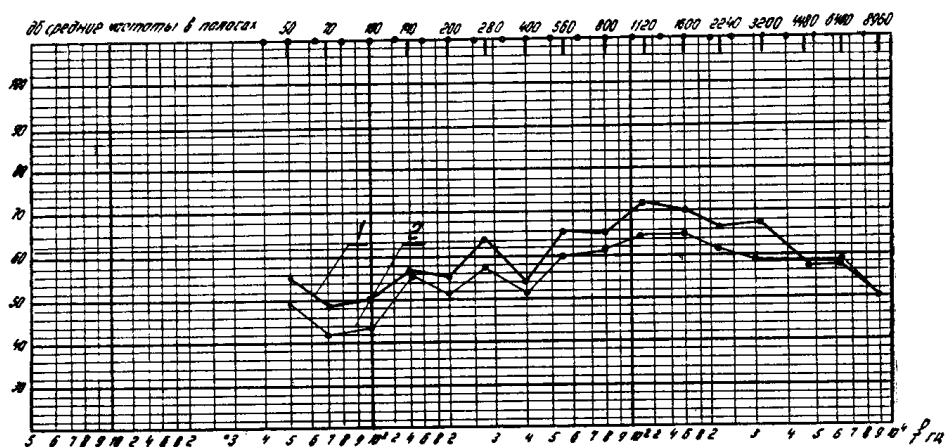


Рис. 2. Спектрограммы воздушного шума электродвигателя АО2-32-2 при $U=380$ в, с. ф. — Y, $f=50$ гц. 1 — с вентилятором основного исполнения (3 лопатки), 2 — с вентилятором тарельчатого типа (6 лопаток)

примерно такой же, что и подшипниковая и магнитная составляющие. Это говорит о том, что для улучшения акустических характеристик электродвигателей с меньшими оборотами необходимо бороться уже со всеми составляющими шума.

Рекомендации по снижению вентиляционного шума

На основании экспериментальных данных по электродвигателям АО2 2, 3, 4 габаритов, а также исследований, проведенных при создании малозумных электродвигателей (двигателей лифтовых, двигателей для привода линотипов и др.), а также литературных данных, для уменьшения вентиляционного шума можно рекомендовать следующие мероприятия:

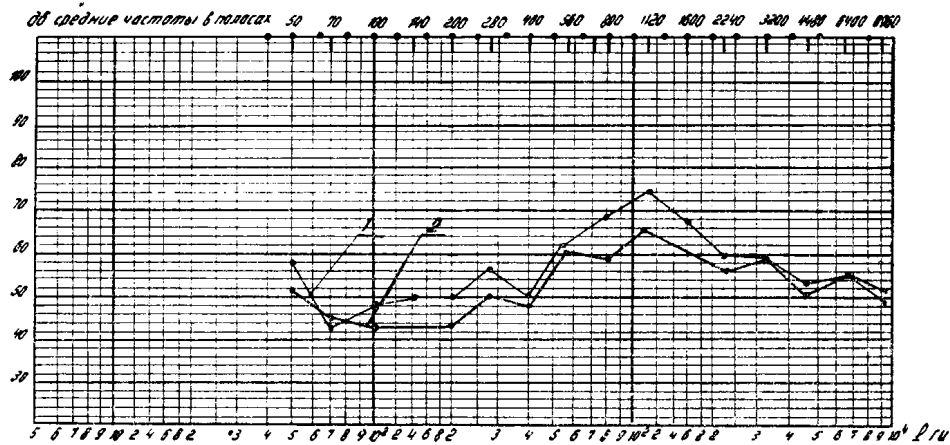


Рис. 3. Спектрограммы воздушного шума электродвигателя АО2-21-2 при $U=380$ в, с. д. — У, $f=50$ гц. 1 — с вентилятором основного исполнения (3 лопатки), 2 — с вентилятором тарельчатого типа (8 лопаток)

1. При применении центробежных вентиляторов наиболее эффективными являются вентиляторы тарельчатого типа с углом наклона тарелки от 65 до 80° . Большее из указанных значений относится к большим скоростям вращения. (Например, при доводке электродвигателей для деревообрабатывающей промышленности на 12000 об/мин экспериментально подобранный угол наклона в 78° оказался наиболее приемлемым). Лопатки вентилятора лучше всего располагать вдоль направления потока.

2. Направляющие воздушный поток лопатки и такие детали, которые могут резонировать, лучше всего изготавливать из пластмасс, обладающих большим внутренним затуханием, чем сталь и алюминий.

3. Острые углы и ребра, попадающие в струю воздушного потока, необходимо закруглять. Гладкая поверхность и скругленные углы эффективно способствуют уменьшению шумов завихрения.

4. Для избежания сильных шумов (типа сирены) необходимо выбирать расстояние от вращающихся кромок вентилятора до неподвижных частей достаточно большим — $15 \div 25\%$ от диаметра вентилятора. При этом большее расстояние соответствует большей скорости вращения.

5. Вентиляционные отверстия целесообразно ограждать не штампованной металлической решеткой, а проволочной сеткой.

6. Во всех случаях необходимо стремиться в целях уменьшения количества охлаждающего воздуха обеспечить минимальные перепады температуры от обмотки к поверхностям охлаждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проблема шумов в электрических машинах. «Elektro — Revue», 1962 г. май/июнь, стр. 9—10.
2. Труды ВНИИЭМ. Том 20, «Энергия», 1965.
3. Фолькман Х. Конструктивные и технологические предпосылки для производства малошумных трехфазных асинхронных электродвигателей с малой вибрацией в диапазоне мощностей до 10 квт. «Elektrie», № 11, 1968.