

УДК 621.313.333.004.6. 001

## ДИАГНОСТИРОВАНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПО УРОВНЮ МАГНИТНОГО ШУМА

<sup>1</sup>АХМЕДОВ АСЛАН ДИЯР оглу

<sup>2</sup>АХМЕДОВ ДИЯР АСЛАН оглу

<sup>3</sup>АБДУЛОВА НАФИСА АБДУЛЬФАС ГЫЗЫ

<sup>4</sup>ГАСАНОВА УЛВИЯ ЭЛЬХАН ГЫЗЫ

*Сумгаитский государственный университет, 1,3 - доцент, 2-диссертант, 4-инженер*

[lady\\_abdulova@mail.ru](mailto:lady_abdulova@mail.ru)

**Ключевые слова:** асинхронный электродвигатель, уровень шума, вибрация, зубцовая частота, корреляция, диагностика.

Постоянно растущие требования к повышению эксплуатационной надежности электрических машин делают актуальной задачу контроля их технического состояния диагностированием в процессе функционирования. В настоящее время для диагностирования неисправностей асинхронных двигателей (АД) широко используются методы, позволяющие не только на ранней стадии выявить образование неисправностей в элементах машины, но и получить информацию о характере изменения дефектов.

В процессе эксплуатации АД в магнитном сердечнике статора происходит повреждение между листовой изоляцией вызывающей местные перегревы, ослабление прессошки вызывающее вибрации пластин стали с повреждением между листовой изоляцией и к распушению крайних пакетов и разлом листов. Все эти неисправности усугубляют нормальный процесс работы, ухудшают виброшумовые характеристик машины, а также приводят к образованию межвитковых и межфазных замыканий в обмотке статора.

**Постановка задачи.** Для обнаружения вышеуказанных неисправностей в ранней стадии их образования в магнитном сердечнике статора и ротора и других узлах машины целесообразно проводить диагностирование по уровню шума.

Известно, что виброшумовые характеристики АД подразделяются на магнитные, механические и аэродинамические.

Шум, создаваемый вентиляционным узлом, на параметры вибрации влияния практически не оказывает [1]. Можно допустить, что для каждого исполнения двигателей аэродинамический шум является величиной практически постоянной [2].

Магнитные составляющие шума и вибрации проявляются на зубцовых частотах, обусловлены периодическим чередованием ферромагнитных зубцов и пазов на статоре и роторе [1]. Зубцовая частота статора зависит от количества зубцов и числа пар полюсов, а ротора – от частоты вращения и количества зубцов ротора.

Результаты измерения шума в значительной мере зависят от акустических свойств помещения и механического составляющего шума, вызванного подшипниковыми узлами, проявляющегося практически во всем частотном диапазоне. Этот недостаток устраним при организации косвенного контроля уровня шума на основании измерения вибрации. Применение контроля вибрации при наличии корреляции с шумовыми характеристиками значительно упростит процесс контроля уровня излучаемого шума, что и позволит оценить техническое состояние элементов машины, определением магнитных составляющих шума на зубцовых частотах. При контрольных измерениях выход значения за предел порога может служить предупреждением о возникновении неисправности в машине. В качестве предела

допуска могут быть использованы значения, установленные государственными стандартами для вибрационных и акустических параметров [2].

В настоящей статье рассматриваются вопросы выявления и оценки взаимосвязи между магнитной вибрацией и уровнем шума в зубцовой частоте для контроля технического состояния магнитного сердечника статора асинхронного двигателя без отключения от работы.

**Экспериментальные исследования.** Для экспериментального подтверждения изложенных положений и получения данных, характеризующих взаимосвязи между уровнем шума и вибрацией были проведены эксперименты. Испытанию подвергался АД типа 4А100S4У3; 1,5 кВт, 1450 об/мин. В целях нагрузки АД использовался генератор постоянного тока типа 2ПН132М; 1,5 кВт, 1500 об/мин.

Шум измерялся в соответствии с ГОСТ 11929-87, вибрационное ускорения-ГОСТ 12379-7 на зубцовой частоте на корпусе двигателя в радиальном направлении. Измерения параметров проводились приборами 2511 и 1621 (фирмы Breul-Kyаer).

Снимались зависимости уровней шума и вибрационного ускорения на корпусе в радиальном направлении от потребляемого тока АД, по данным полученных из экспериментов (рис.1). На основании характеристик, приведенных на рис.1, можно заключить, что вибрация на зубцовой частоте на корпусе двигателя в радиальном направлении, выраженная в децибелах, практически совпадает с уровнем шума, излучаемым двигателем на этой частоте.

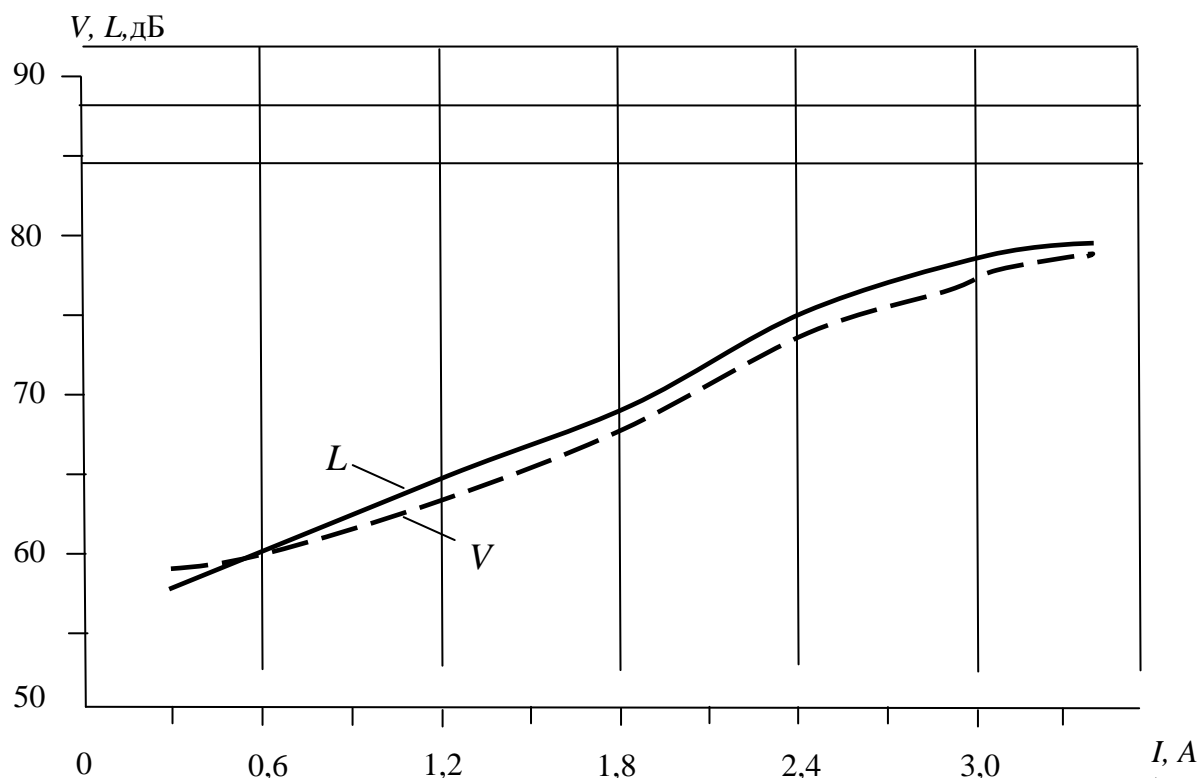


Рис.1. Зависимость уровней шума и вибрации от тока

Следовательно, значение магнитной вибрации на зубцовой частоте может служить критерием определения уровня магнитного шума.

Для подтверждения, сказанного определялись среднеквадратическая магнитная вибрация и уровень шума при различных значениях тока АД. Результаты измерения вибрационного ускорения и шума представлены на рис.2.

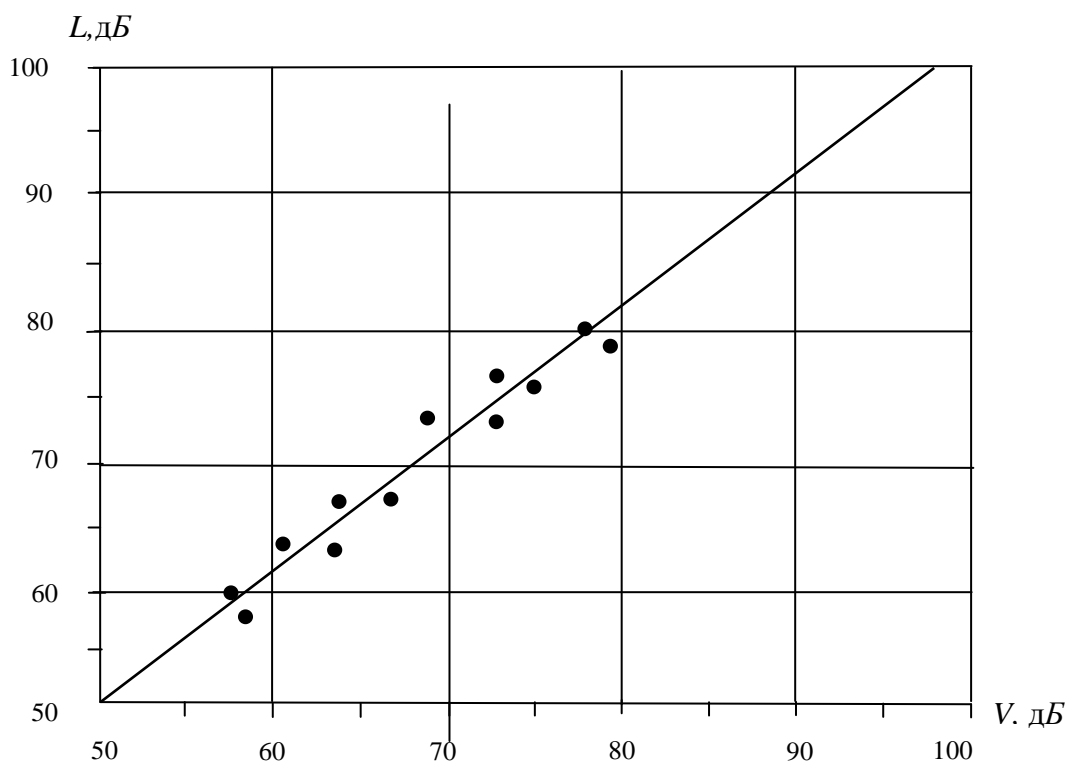


Рис. 2. Результаты измерений шума и вибрации в зависимости от величины тока

**Теоретическая часть.** Анализ результатов, приведенных на рис.2, показывает целесообразность определения взаимосвязи вибрации и шума по линейной зависимости:

$$L = aV + b. \quad (1)$$

По приведенным значениям шума и вибрации двигателя определены значения коэффициентов,  $a$ ,  $b$  и коэффициент корреляции  $r$  методом наименьших квадратов по выражениям [3]:

$$F(a, b) = \sum_{i=1}^n (L_i - b - aV_i)^2, \quad (2)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial F(a,b)}{\partial a} = 0; \\ \frac{\partial F(a,b)}{\partial b} = 0. \end{cases} \quad (3)$$

$$a = \frac{6 \sum_i^6 V_i L_i - \sum_i^6 V_i \cdot \sum_i^6 L_i}{6 \sum_i^6 V_i^2 - (\sum_i^6 V_i)^2}; \quad (4)$$

$$b = \frac{\sum_i^6 L_i - a \sum_i^6 V_i}{6}; \quad (5)$$

$$r = (\overline{VL} - \bar{V} \bar{L}) / [\sigma(V) \sigma(L)]. \quad (6)$$

Расчет по выражениям (2) – (6) дает следующие результаты:

$$a = 1,04; b = -0,23; r = 0,886.$$

В предположении приблизительно линейной корреляции  $r$  есть мера силы связи между  $V$  и  $L$ . Величина  $|r|$  близка к единице, что означает достаточно тесную связь исследуемых факторов. Подставив полученные коэффициенты,  $a$  и  $b$  в выражение (1), получим эмпирическую зависимость взаимосвязи вибрации и шума:

$$L = 1.04 V - 0,23. \quad (7)$$

Для апробации зависимости (7) по результатам замеров вибрации был определен уровень шума по выражению (7). Результаты расчета и измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1.

№	Ток $I, A$	Уровень шума, $L$ , дБ		Вибрация, $V$ , дБ
		измеренный	расчетный	измеренная
1	0,6	60	60,09	58
2	1,2	63	63,81	61
3	1,8	68	68,41	66
4	2,4	74	75,69	73
5	3,0	76	76,73	74
6	3,6	80	80,89	78

**Заключение.** Данные таблицы и полученные зависимость (рис.1и2) позволяют сделать выводы:

Расчетный коэффициент корреляции  $r$  по замерам вибрационного ускорения  $V$  и уровня шума  $L$  показывает хорошую взаимосвязь исследуемых характеристик

Магнитная вибрация на зубцовой частоте на корпусе двигателя в радиальном направлении, выраженная в децибелах, практически совпадает с уровнем магнитного шума, излучаемого двигателем на этой частоте. Следовательно, значение магнитного шума на зубцовой частоте может служить диагностическим признаком для оценки неисправностей магнитного сердечника АД.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шубов И. Г. Шум и вибрация электрических машин. Л.: Энергоатомиздат, 1986, 208 с.
2. Костюков В.Н., Науменко А.П. Основы виброакустической диагностики и мониторинга: учебное пособие. Омск.: ОмГТУ, 2011, 360с.
3. Митропольский А.К. Техника статических вычислений. М.: Наука, 1971, 281с.
4. Quliyeva, A. İ. Dərinlik nasos stansiyasının mancanaq qurğusunun həssas elementinin sistemik xətasının təyini alqoritmi / A. İ. Quliyeva, İ. S. Camalxanova // Sumqayıt Dövlət Universiteti. Elmi xəbərlər. Təbiət və texniki elmlər bölməsi. Sumqayıt: SDU, –2020. –с.20. –№ 3. –s. 92-97; <https://elibrary.ru/item.asp?id=44220004>

#### XÜLASƏ

#### ASINXRON MÜHƏRRİKİN NASAZLIQLARININ MAQNİT SƏSİNİN SƏVİYYƏSİNƏ GÖRƏ DİAQNOSTİKASI

*Əhmədov A.D., Əhmədov D.A., Abdulova N.A., Həsənova Ü.E.*

**Açar sözlər:** *asinxron mühərrik, səs səviyyəsi, vibrasiya, diş tezliyi, korrelyasiya, diaqnostika.*

Məqalədə asinxron mühərrikin fiziki prosesini icra etdikdə nasazlıqlarına nəzarəti səs səviyyəsinin dolayı vibrasiya təcilinin səviyyəsini ölçməklə aparılması məsələlərinə baxılmışdır. Eksperimental tədqiqatların nəticələri əsasında asinxron mühərrikin gövdəsinin radial istiqamətində diş tezliyində desibellə ifadə olunan maqnit vibrasiyası bu tezlikdə mühərrik şüalandıran maqnit səs səviyyəsinə praktiki uyğun olması müəyyən edilmişdi. Asinxron mühərrikin, maqnit vibrasiyası ilə səs arasında diş tezliyində qarşılıqlı sıx əlaqənin olduğu korrelyasiya əmsalının vahidə yaxınlığı ilə də təsdiq edilmişdir. Buna görə də asinxron mühərrikin nasazlıqlarının diaqnostikasını səs səviyyəsinə görə apardıqda və eləcə də səs səviyyəsini dolayı müəyyən etdikdə sınaqlardan maqnit vibrasiya təcilinin diş tezliyində qiymətlərini təyin etmək lazımdır.

**SUMMARY**

**DIAGNOSING MALFUNCTIONS OF AN ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTOR  
BY THE LEVEL OF MAGNETIC NOISE**

*Ahmadov D.A., Ahmadov A.D., Abdulova N.A., Hasanova U.E.*

**Key words:** *asynchronous motor, noise level, vibration, cog frequency, correlation, diagnostics*

The article deals with the control of faults in the physical process of an induction motor by measuring the level of indirect vibration acceleration. Based on the results of experimental studies, it was determined that the magnetic vibration expressed in decibels at the tooth frequency in the radial direction of the body of an induction motor is practically consistent with the level of magnetic noise emitted by the motor at this frequency. It was also confirmed by the closeness of the correlation coefficient of the induction motor that there is a close correlation between magnetic vibration and sound at the tooth frequency. When diagnosing faults in an induction motor according to the noise level, as well as for indirect determination of the noise level in test processes, it may be convenient to use the values of magnetic vibration acceleration measured at the tooth frequency.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	13.04.2021
	Son variant	28.05.2021