

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ВОЗДУШНОГО ЗАЗОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Д.Ю. Осипов

Донецкий национальный технический университет

Стаття присвячена експериментальним дослідженням нерівномірності повітряного зазору асинхронного двигуна з використанням зміни положення ротора в у розточенні статора. Були проаналізовані зміни в спектрі повного опору двигуна та зміни спаду напруги вздовж валу двигуна.

Наиболее важные проблемы электроэнергетики связаны с сокращением потерь энергии и повышением надежности эксплуатации оборудования. Обе проблемы при возникновении неравномерности воздушного зазора в асинхронных двигателях. Указанное явление обуславливается абразивным износом подшипников, деформацией торцевых щитов машины, смещением фундаментов выносных подшипников и т.п. Поскольку воздушный зазор в асинхронном двигателе весьма мал, указанные причины приводят к высокой степени эксцентриситета ротора.

Известно, что в результате появления значительного эксцентриситета ротора снижается коэффициент полезного действия, уменьшается максимальный и пусковой момент, увеличивается скольжение. В наиболее тяжелых случаях возможно касание ротора за внутреннюю поверхность статора. Возникающие при этом повреждения связаны с проведением продолжительного восстановительного ремонта асинхронного двигателя.

В указанной связи проблема диагностирования эксцентриситета ротора асинхронного двигателя требует всестороннего рассмотрения.

Первые шаги в этом направлении были предприняты автором в [1]. Один из подходов к использованию полного сопротивления для диагностирования эксцентриситета ротора описан в [2].

Для исследования эксцентриситета ротора использовался специально реконструированный двигатель МА36-41/8Ф, который позволяет в определенных пределах изменять положения ротора в расточке статора, а также 12-разрядный цифровой регистратор РЕКОН-08МС.

Эксцентриситет, как известно, определяется по следующей формуле:

$$\varepsilon = \frac{\delta_{\max} - \delta_0}{\delta_0} \cdot 100\%,$$

где δ_0, δ_{\max} – соответственно средняя и максимальная величины воздушного зазора.

Во время опытов устанавливались следующие значения эксцентриситета ротора: 60 %, 80 % и 90 %.

Для исследования эксцентриситета ротора асинхронного двигателя использовались следующие сигналы:

- фазные напряжения;
- фазные токи;
- падение напряжения вдоль вала двигателя.

Сигналы фазных напряжений и токов преобразовывались в известную форму изображающих векторов:

$$u_s = \sqrt{\frac{2}{3}((u_a - u_0)^2 + (u_b - u_0)^2 + (u_c - u_0)^2)}, \quad (1)$$

$$i_s = \sqrt{\frac{2}{3}((i_a - i_0)^2 + (i_b - i_0)^2 + (i_c - i_0)^2)}, \quad (2)$$

где $u_a, u_b, u_c, i_a, i_b, i_c$ – фазные напряжения и токи;
 u_0, i_0 – напряжение и ток нулевой последовательности, которые определяются по известным выражениям:

$$u_0 = \frac{1}{3}(u_a + u_b + u_c),$$

$$i_0 = \frac{1}{3}(i_a + i_b + i_c).$$

По данным (1) и (2) определялся модуль полного сопротивления:

$$z = \frac{u_s}{i_s}.$$

С использованием быстрого преобразования Фурье (БПФ) получен спектр модуля полного сопротивления. В ходе анализа

спектра установлено, что наиболее существенно на изменение эксцентриситета ротора реагирует гармоника с частотой поля:

$$f_{\varepsilon} = \frac{f}{p} = \frac{50}{4} = 12,5 \text{ Гц},$$

где f – частота сети, Гц; p – число пар полюсов.

Спектры полного сопротивления асинхронного двигателя при значениях эксцентриситета ротора 60 % и 90 % приведены соответственно на рис. 1 и рис. 2. При увеличении эксцентриситета ротора с 60 % до 90 % значение амплитуды гармоники 12,5 Гц увеличилось на 4 дБ.

Сигнал падения напряжения вдоль вала двигателя также подвергался БПФ. Основной гармоникой спектра этого сигнала является зубцовая гармоника с частотой

$$f_{sl} = \frac{N}{p} f = \frac{72}{4} \cdot 50 = 900 \text{ Гц},$$

где N – число зубцов.

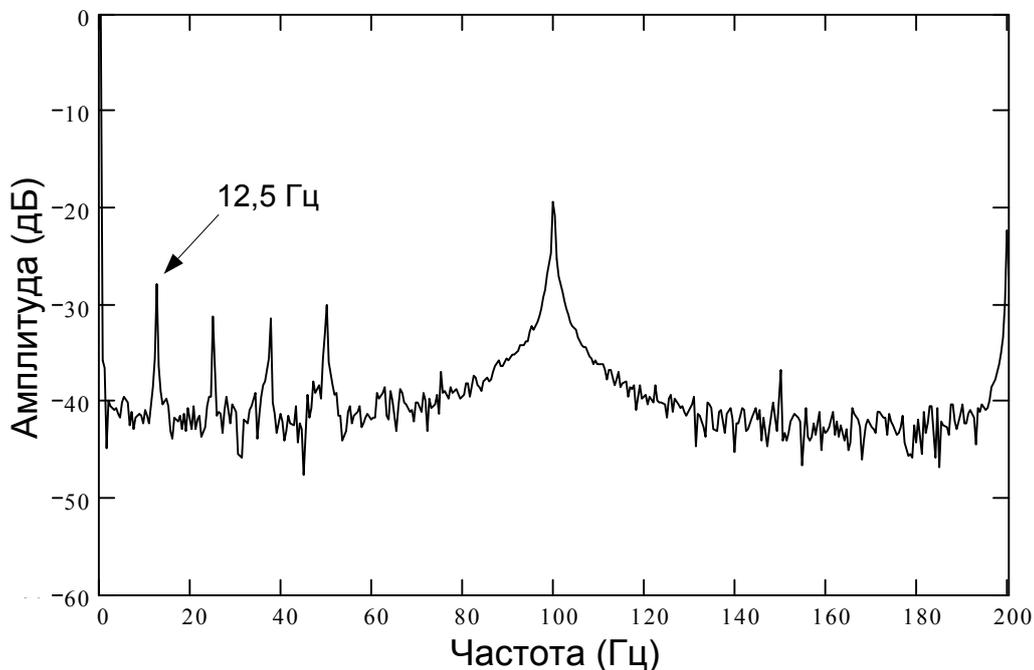


Рис. 1. Спектр полного сопротивления при $\varepsilon = 60\%$

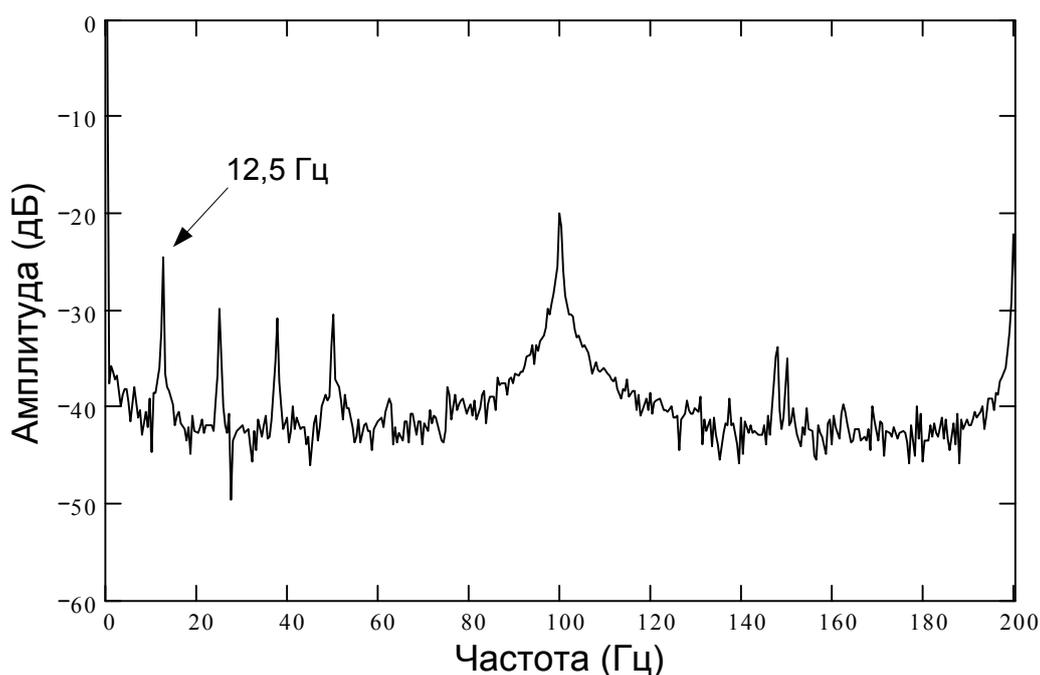


Рис. 2. Спектр полного сопротивления при $\varepsilon = 90\%$

Зубцовая гармоника спектра падения напряжения вдоль вала двигателя (рис. 3) наиболее существенно реагирует на изменения эксцентриситета ротора.

Принимая во внимание, что зубцовая гармоника является основной гармоникой сигнала, для диагностирования эксцентриситета ротора возможно использовать действующее значения сигнала, которое определяется по известному выражению:

$$U = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n u_i^2}{n}},$$

где i – номер замера цифрового регистратора; n – количество замеров; u – мгновенное значение напряжения, В.

Результаты расчетов действующего значения падения напряжения вдоль вала приведены в табл. 1.

При увеличении эксцентриситета ротора с 60 % до 90 % действующее значение напряжения увеличилось на 28 %.

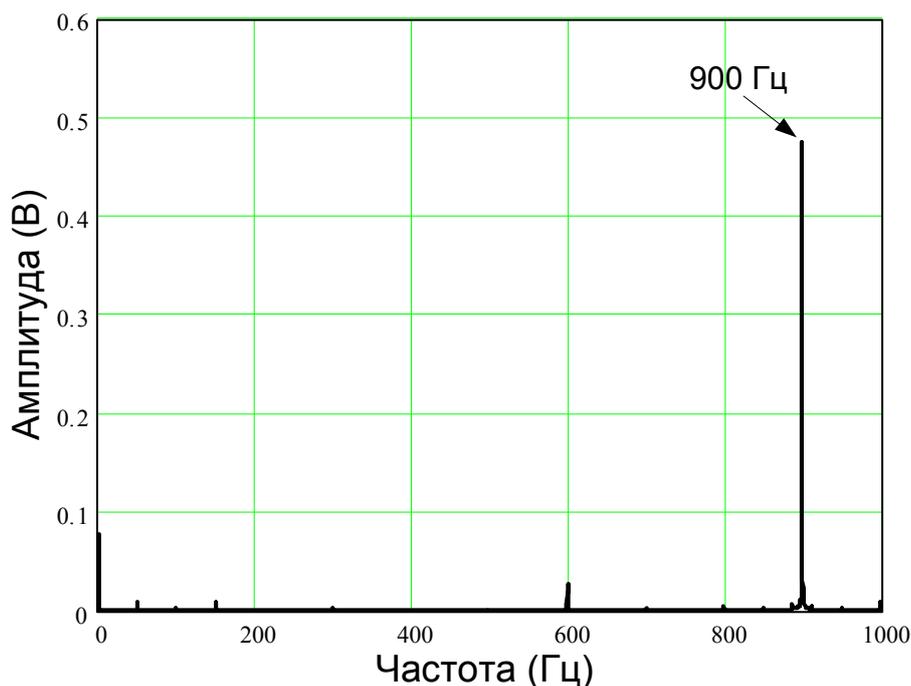


Рис. 3. Спектр падения напряжения вдоль вала

Таблица 1

Действующее значение падения напряжения вдоль вала

| | | | |
|-------------------|-------|-------|-------|
| ε , % | 60 | 80 | 90 |
| U , В | 0,351 | 0,382 | 0,448 |

Выводы

Для диагностирования эксцентриситета ротора возможно использовать не только изменение значения напряжения вдоль вала асинхронного двигателя, но и изменение спектра полного сопротивления.

Библиографический список

1. Rogozin G. G. Research of the induction motor eccentricity phenomenon criteria / G. G. Rogozin, D. Y. Osipov // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Електротехніка і енергетика». – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ». – 2008. – № 8 (140). – С. 118-122.
2. Andreas Stavrou. Impedance vector monitoring strategy for on-line detection of eccentricity in induction motors / Andreas Stavrou // XVII International Conference on Electrical Machines. – Greece, 2006. – ID 506.