

О ВОЗМОЖНОСТИ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ ТОКА ВО ВРАЩАЮЩЕМСЯ КОРОТКОЗАМКНУТОМ КОНТУРЕ РОТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Производится оценка существующих методов измерения частоты токов в короткозамкнутом контуре ротора асинхронного двигателя. Описаны исследования магнитного поля у торца вала, по результатам которых может быть определена частота тока в контуре.

Испытания асинхронных двигателей (АД) под нагрузкой связаны с непрерывным определением скольжения ротора. Знание скольжения необходимо как в установившихся, так и в переходных режимах, особенно при пуске.

Известно, что скольжение ротора определяют по формуле:

$$s = \frac{n_c - n}{n_c}, \quad (1)$$

где n_c – частота вращения поля статора,
 n – частота вращения ротора.

Трудность достаточно точного определения скольжения вызвана тем, что n_c и n являются весьма большими близкими величинами, поэтому относительная ошибка измерений может быть весьма значительной. Так, если частоты вращения n_c и n измеряются с погрешностью $\pm 0,1\%$, то абсолютная погрешность при скорости 3000 об/мин составляет ± 3 об/мин. При скольжении 1% (30 об/мин) суммарная погрешность измерений составляет

$$a_{\Sigma} = 100 (3+3)/30 = 20\%,$$

что в большинстве случаев считается неприемлемым.

Поэтому практическую ценность представляют методы, в которых измеряются не частоты вращения, а разность этих частот. Широкое распространение в практике испытания АД получили следующие два метода измерения скольжения.

Первый метод состоит в определении числа оборотов в минуту метки, нанесенной на торец вала, при освещении ее стробоскопом, синхронизированным с частотой сети /1/. Недостатком метода является относительно большая длительность измерения.

Согласно второму методу вблизи торца вала двигателя устанавливается катушка с ферромагнитным сердечником /1/, имеющая большое число витков. Концы катушки подключаются к гальванометру с двухсторонней шкалой. При работе АД под нагрузкой магнитный по-

ток, проникающий с вала в сердечник катушки, индуцирует в последней ЭДС частоты скольжения $f_s = s \cdot f_1$. С этой частотой будет колебаться стрелка гальванометра. Недостаток метода состоит в том, что величина индуцируемой ЭДС зависит от частоты магнитного потока, поэтому при малых частотах измерительная катушка должна содержать большое количество витков (несколько тысяч).

В настоящей статье описано исследование магнитного поля у торца вала ротора с помощью точечного датчика, в качестве которого использован датчик Холла с размерами 1,5 x 2 мм. Преимущество метода заключается в том, что напряжение на измерительных выводах датчика в отличие от катушки /1/ не зависит от частоты магнитного потока.

Магнитный поток, улавливаемый датчиком, создается током лобовых частей обмотки статора и обмотки ротора, замыкается по валу, станине, подшипниковому щиту (рис. 1).

Измерениями было установлено, что магнитный поток в торцевой зоне имеет составляющие двух частот: частоты сети 50 Гц (частота сети) и частоты тока ротора (частота скольжения f_s) (рис. 2).

Экспериментальные измерения позволили выявить, что магнитный поток по торцу вала распределяется неравномерно в радиальном направлении. Причем значение потока зависит также от частоты составляющей потока. Зависимость напряжения U_d на датчике Холла от

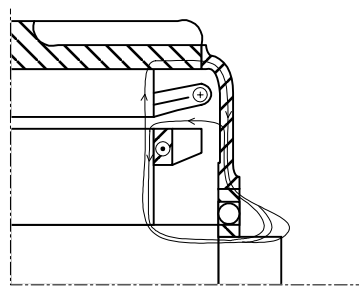


Рисунок 1. Магнитный поток, ответвляющийся с торца вала ротора АД.

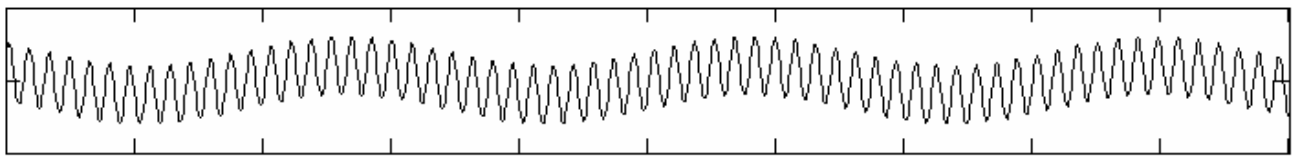
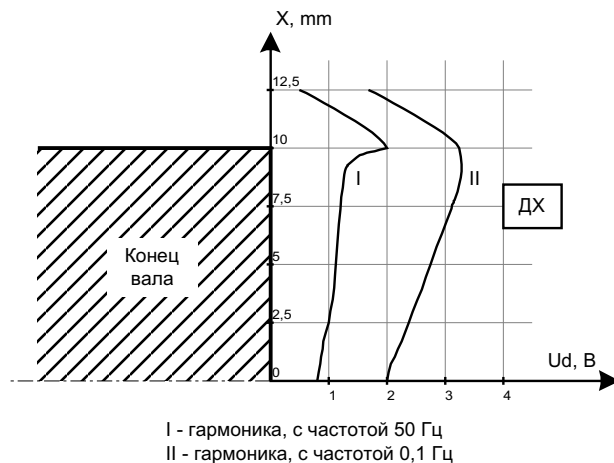


Рисунок 2. Оциллограмма напряжения на измерительных выводах датчика Холла

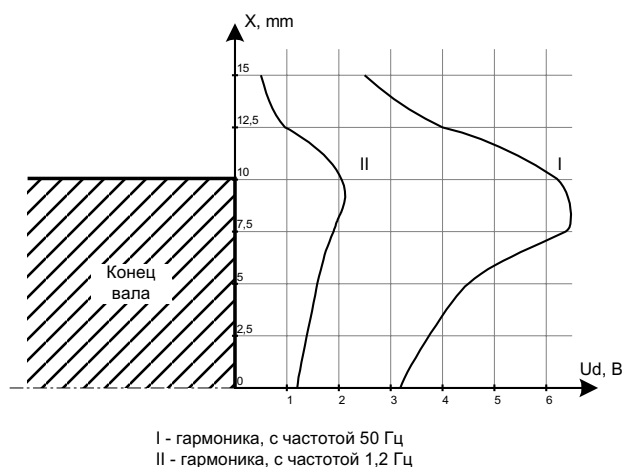
расстояния X от центра вала для двигателя АИР100S4 показана на рис. 3.

Характер кривой для гармоник с частотой сети может быть объяснен проявлением эффекта вытеснения магнитного потока в массивном валу под действием вихревых токов. Аналогичные опыты проводились на двигателях АИР100S2, А02-32-4М, А031-4А. Равномерное увеличение напряжения для гармоник с частотой f_s при перемещении датчика от оси вала к поверхности объясняется



I - гармоника, с частотой 50 Гц
II - гармоника, с частотой 0,1 Гц

Рисунок 3. Зависимость гармоник напряжения U_d на датчике Холла от расстояния X от оси вала двигателя АИР100S4 (диаметр торца вала – 20 мм, расстояние от торца вала до подшипникового щита – 25 мм, мощность – 3 кВт)



I - гармоника, с частотой 50 Гц
II - гармоника, с частотой 1,2 Гц

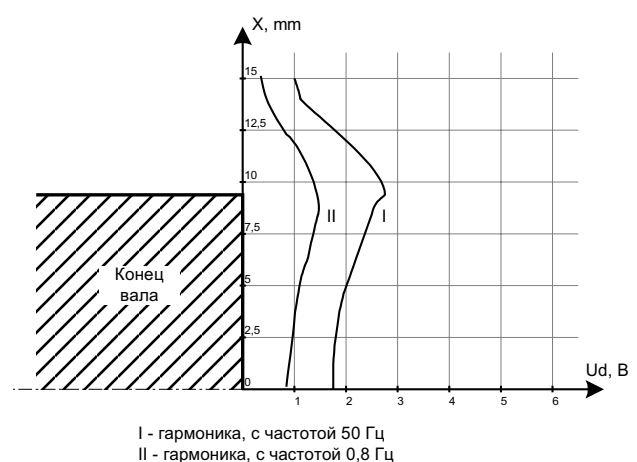
Рисунок 4. Зависимость гармоник напряжения U_d на датчике Холла от расстояния X от оси вала двигателя АОЛ21-4 (диаметр торца вала – 20 мм, расстояние от торца вала до подшипникового щита – 22 мм, мощность – 1,1 кВт)

тем, что действие вихревых токов на нее незначительно. Амплитуда гармоник с частотой 50 Гц меньше, так как значительная часть потока, ответвляющегося вдоль вала, замыкается через подшипниковые щиты (в данном случае подшипниковые щиты выполнены из ферромагнитного материала). При перемещении датчика за пределы вала магнитный поток резко уменьшается.

Для двигателей с немагнитными (алюминевыми) подшипниковыми щитами картина распределения представлена на рис. 3, 4.

Особенностью распределения магнитного потока по торцу вала в радиальном направлении для двигателей с немагнитными подшипниковыми щитами является то, что амплитуда гармонической составляющей потока с частотой скольжения ниже по сравнению с амплитудой гармоник с частотой 50 Гц. Также отмечается меньшее убывание потока за пределами вала по сравнению с предыдущими опытами. Таким образом, материал подшипниковых щитов и станины двигателя значительным образом влияет на распределение магнитных потоков, ответвляющихся с торца вала.

Исследования проводились на двигателях разной мощности и разного конструктивно-



I - гармоника, с частотой 50 Гц
II - гармоника, с частотой 0,8 Гц

Рисунок 5. Зависимость гармоник напряжения U_d на датчике Холла от расстояния X от оси вала двигателя АИС80А4У3 (диаметр торца вала – 20 мм, расстояние от торца вала до подшипникового щита – 20 мм, мощность – 0,55 кВт)

го исполнения (с фазным и короткозамкнутым ротором), они показали, что величина магнитного потока, ответвляющегося с торца вала, зависит от мощности двигателя и возрастает с ее увеличением. Причем поток с торца вала больше для двигателя с короткозамкнутым ротором по сравнению с двигателем с фазным ротором той же (и даже большей) мощности.

Заключение

Исследования магнитного поля на торце вала АД показали, что здесь имеют место две гармоники потока: гармоника с частотой сети и гармоника с частотой скольжения, равной частоте тока в контуре ротора. Результаты описанных исследований могут быть положены в основу разработки метода непосредственного измерения скольжения ротора АД.

Список использованной литературы:

1. Коварский Е.М. Испытание электрических машин [текст] / Е.М. Коварский, Ю.И. Янко – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 320 с: ил.
2. Гольдберг О.Д. Испытание электрических машин [текст] / О.Д. Гольдберг – М.: Высшая школа, 1990. – 255 с: ил.