

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ЗА СЧЕТ УМЕНЬШЕНИЯ ПОТЕРЬ В ВОЗДУШНОМ ЗАЗАЗРЕ

Иксар Елена Владимировна

Доцент

Ташкентский Государственный транспортный университет,

Узбекистан, г.Ташкент

E-mail: ikcary_2018@mail.ru

Колесников Игорь Константинович

Доцент

Ташкентский Государственный транспортный университет,

Узбекистан, г.Ташкент

АННОТАЦИЯ

Наиболее важные проблемы электроэнергетики связаны с сокращением потерь энергии и повышением надежности эксплуатации оборудования. Обе проблемы проявляются при возникновении неравномерности воздушного зазора, возникающего в асинхронных двигателях (АД). Указанное явление обуславливается абразивным износом подшипников, деформацией торцевых щитов машины, смещением фундаментов выносных подшипников и т.п. Поскольку воздушный зазор в АД весьма мал, то указанные причины вызывают высокую степень эксцентриситета ротора, что приводит к вибрации и ускоряет износ подшипников.

***Ключевые слова:** асинхронный электродвигатель, обмотка ротора, магнитное поле. преобразователь частоты, асинхронный двигатель, непосредственное управление моментом, измерение магнитного поля, датчик Холла.*

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время существует потребность выявления состояния тяговых асинхронных электродвигателей в процессе их работы. Своевременно обнаруженное повреждение, вызванное несимметричными режимами позволит избежать дальнейшего развития процесса, уменьшить время восстановления, сократить затраты на обслуживание, избежать простоев оборудования, повысить эффективность работы тяговых двигателей .

МЕТОДЫ

Предложены методы оценки магнитного поля в воздушном зазоре тягового асинхронного двигателя. Получена картина распределения магнитного поля в воздушном зазоре при вращающемся роторе с использованием датчиков Холла

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСУЖДЕНИЯ

При исследовании режимов асинхронных двигателей, рассматривалась причины возникновения неравномерности воздушного зазора и гармоника создают нежелательные явления, и приходится принимать меры для их уменьшения.

В результате появления значительного эксцентриситета коэффициент полезного действия АД снижается на 2,8 %, максимальный и пусковой моменты уменьшаются в пределах 20 % и 8 % соответственно, скольжение увеличивается на 10 %. При равномерном воздушном зазоре между обмотками статора, расположенными под углом 90^0 друг к другу отсутствует магнитная связь. В случае неравномерного воздушного зазора кривая магнитной индукции искажается. Ось магнитного потока отклоняется от геометрической оси обмотки и появляется составляющая потока в перпендикулярном направлении, которая сцепляется с обмоткой, расположенной под углом 90^0 . В машинах многих типов гармоника создают нежелательные явления, и приходится принимать меры для их уменьшения. Реальные обмотки выполняются таким образом, чтобы создавать северные и южные полюса, поэтому ряд Фурье не содержит четных гармоник. Кроме того, обмотки создают поле, симметричное относительно центра полюса, т.е. при надлежащем выборе начала отсчета θ всякая обмотка может быть представлена рядом, содержащим только синусоидальные члены или только косинусоидальные. Обмоточная функция для тяговых двигателей может быть записана как:

$$N_{\theta}(\theta) = \frac{4}{\pi} \frac{w}{2p} \sum_{v=1,3,5}^{\infty} \frac{k_{pv} k_{yv}}{v} \sin v\theta,$$

где w – число витков фазы;

p – число пар полюсов;

k_{pn} – коэффициент распределения для n -й гармонической;

k_{yn} – коэффициент укорочения для n -й гармонической;

$w/2p$ – число витков на полюс и фазу.

В реальных машинах в зазоре поле несинусоидальное. Несинусоидальное поле можно представить как результат наложения бесконечного числа высших

гармоник. Имея форму поля в воздушном зазоре, можно разложить ее в гармонический ряд и определить амплитуду первой гармоники и амплитуды и частоты высших гармоник индукции. Одна часть высших гармоник вращается в сторону вращения основной гармоники, а другая — в противоположную сторону. Частоты вращения высших гармоник могут равняться и быть ниже или выше частоты вращения основной гармоники. Амплитуды и фазы высших гармоник изменяются при изменении нагрузки, напряжения и частоты. В работах по исследованию и анализу магнитного поля в воздушном зазоре асинхронных тяговых двигателей эксперименты либо совсем не проводились, либо проводились на аналоговых машинах, что не дает возможности провести количественную оценку правильности теоретических положений. Чем меньше воздушный зазор, тем меньше его магнитное сопротивление и магнитное напряжение, поэтому увеличение зазора приводит к соответственному уменьшению магнито- движущей силы, и как следствие снижению мощности магнитной цепи и намагничивающего тока двигателя, благодаря чему возрастает его $\cos\varphi$ и увеличиваются потери в меди обмотки статора. Поверхностные и пульсационные потери повышаются, КПД снижается. Для анализа магнитного поля в зоне магнитного зазора используются пленочные датчики Холла толщина датчика составляет 50 мкм. Эластичность таких датчиков позволяет использовать их при стационарном закреплении (например, приклеивкой) в искривленных зазорах. на рис. 1 показаны способы крепления датчиков магнитного поля на зубцах статора асинхронной машины. Надежный вариант крепления пленочного датчика изображен на рис. 1. Сам датчик крепится в торцевой части зубца, а его чувствительная пленка приклеивается на верхнюю поверхность.

Таким образом, в воздушном зазоре между статором и ротором электродвигателя находится только пленочная часть датчика, Холла (1–2 мм). Датчик приклеивается эпоксидной смолой. Так как величина магнитной индукции обратно пропорциональна величине воздушного зазора, то значения, снимаемые с датчика, будут меньше действительного значения рабочей магнитной индукции в зазоре. Поэтому сигнал с датчика необходимо умножить на поправочный коэффициент, равный отношению величин воздушного зазора в зоне датчика и рабочего зазора. При установке датчика Холла в полость необходимо также учитывать искажение магнитного поля в зоне кромки, где утолщается воздушный зазор.

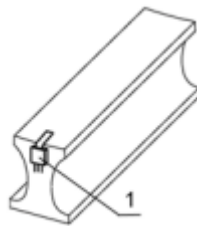


Рис. 1. Способ установки датчика на зубце статора: 1 – пленочный датчик;

Линии магнитной индукции выходят из материала с большой магнитной проницаемостью перпендикулярно поверхности, поэтому если расположить датчик слишком близко к этой кромке, то линии магнитной индукции не будут пронизывать элемент Холла под прямым углом, что повлечет искажения показаний датчика.

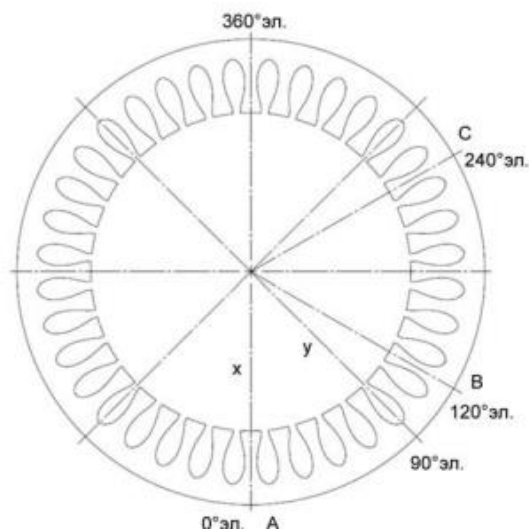


Рис. 2. Разрез статора асинхронного двигателя.

Максимальное значение индукции магнитного поля в зазоре ограничивается насыщением электротехнической стали и составляет около 2,3 Тл. При работе асинхронного двигателя в условиях несинусоидального напряжения возникают добавочные потери, обусловленные высшими гармониками тока в цепях статора и ротора. Основными причинами возникновения добавочных потерь в асинхронных двигателях являются высшие гармоники поля в воздушном зазоре, которые перемещаются относительно поверхности статора и ротора и наводят вихревые токи на поверхности зубцов (поверхностные потери), в теле зубцов (пульсационные потери) и в клетке ротора (добавочные потери в клетке ротора

Эти добавочные потери (Вт) можно определить по формуле

$$\Delta P_{\Sigma} = U \frac{R_r + L_r \omega - 2L_r \omega r \omega_n + L_r \omega_n}{[R_r R_s - (\omega_s - \omega_n) \omega_s (L_s L_n - L_n)]} R_s + \left(\frac{P_r}{\omega_n} \frac{\omega_s - Z_p \omega_n}{Z_p R_r} \right) R_r + \Delta P_s \quad \text{где}$$

$\Delta P_{\text{стали}}$ - электрические потери в стали;

ΔP_r - электрические потери в обмотке ротора;

ΔP_s электрические потери в обмотке статора;

$\Delta P_{\text{ввг}}$ электрические потери от высших временных гармонических составляющих тока.

Для снижения электрических потерь мощности при изменении воздушного зазора

Правильный выбор воздушного зазора во многом определяет энергетические показатели АД. С уменьшением воздушного зазора, происходит уменьшение магнитного сопротивления и магнитного напряжения, которые составляют основную часть суммарной МДС магнитной цепи всей машины.

Поэтому увеличение магнитного зазора приводит к уменьшению МДС магнитной цепи и соответственно намагничивающего тока двигателя, благодаря чему возрастает $\cos \varphi$. В современных асинхронных тяговых двигателях воздушный зазор выбирают исходя из минимума суммарных потерь мощности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Повышение энергетических показателей тягового асинхронного двигателя возможно при сохранении минимума электрических потерь мощности в широком диапазоне.

REFERENCES

1. Колпахчян П.Г., Петров П.Ю. Анализ способов управления асинхронным тяговым двигателем на электроподвижном составе // Вестник ВЭЛНИИ. – 2005. – № 2(49). – С. 174–187.
2. Луков Н.М., Космодамианский А.С. Автоматические системы управления локомотивов – М.: ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2007. – 429 с.
3. Универсальный метод расчета электромагнитных процессов в электрических машинах / А.В.Иванов-Смоленский, Ю.В.Абрамкин, А.И.Власов, В.А.Кузнецов. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 216с.
4. Ларин А.М., Ларина И.И., Гуедида Фаузи. Упрощенная модель синхронной машины для расчета трехфазных коротких замыканий с учетом многоконтурности и несимметрии ротора. Научные труды ДонГТУ, серия Электротехника и энергетика, вып.
5. - Донецк. - 1999. - С. 60-64. 3. Брынский Е.А. Определение частотных характеристик гидрогенератора СВ-1500/200-88. – В кн. Теория, расчет и

исследование высокоиспользованных электрических машин. – М.-Л.: Наука, 1965. – С. 85 – 94.

6. Казовский Е.Я. Переходные процессы в электрических машинах переменного тока.-Л.: Энергия, 1962.-624с. 6. Казовский Е.Я., Рубисов Г.В. Переходные процессы в синхронных машинах при аномальных режимах в энергосистеме. - СПб.: Наука, 1994. - 172с.

7. Казовский Е.Я., Рубисов Г.В. Внезапные несимметричные КЗ синхронной машины, включенной в мощную сеть // Исследование турбо- и гидрогенераторов большой мощности. -Л.: Наука, 1977.- с. 67-84.

8. Кононенко Е.В., Кононенко К.Е., Кружков В.Г. Анализ работы асинхронных двигателей при несимметрии первичного напряжения // Изв. вузов.- Электромеханика. - 2000. - №1. - с.30-36.

9. Бурханходжаев А.М, Иксар Е.В., Бердиев У.Т., Евразийский Союз Ученых (ЕСУ) Улучшение тягово-энергетических показателей асинхронных двигателей №11(68)/ 2019.68 р.

10. Бурханходжаев А.М., Иксар Е.В., Бердиев У.Т., Каримов Р.Ч. Программа расчёта минимума электрических потерь мощности в асинхронном тяговом двигателе магистральных локомотивов Сборник научных трудов V Международной научно-технической конференции г.Уфа «Электропривод, электротехнологии и электрооборудование предприятий» Уфа 15-18 апрел 2020 г.

11. Бердиев У.Т, Бурханходжаев А.М, Иксар Е.В. Алгоритм снижения электрических потерь в тяговом асинхронном приводе Международная научно-исследовательская конференция «Проблемы и перспективы инновационной техники и технологий в агропромышленном секторе» Ташкент 2020.

12. Бердиев, У. Т., Сулаймонов, У. Б., Хасанов, Ф. Ф., & Нуриддинов, С. Б. (2022). МАГНИТОМЯГКИЕ КОМПОЗИТЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ. Journal of new century innovations, 19(1), 85-91.

13. Каршиев, К. Т., Курбонов, И. Б., Нуриддинов, С. Б., & Авазов, Б. К. (2022). ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ. Journal of new century innovations, 19(1), 75-78.

14. Axmedov, A. P., Mirsaatov, R. M., Xudoyberganov, S. B., Bazarov, M., & Nuriddinov, S. B. (2022). “ELEKTROTEHNIKA” FANI BO‘YICHA LABORATORIYA MASHG‘ULOTLARIDA AXBOROT TECHNOLOGIYALARIDAN FOYDALANISH SAMARASI. Journal of new century innovations, 11(4), 33-36.