

УДК 330.1

МЕТОД УЧЕТА НЕЛИНЕЙНОСТЕЙ НАСЫЩЕНИЯ МАГНИТОПРОВОДА ЯВНОПОЛЮСНОЙ СИНХРОННОЙ МАШИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Халбутаева А. К., ст. преподаватель каф. «Электрические машины»
Ташкентский государственный технический
университет им. И. А. Каримова
г. Ташкент, Республика Узбекистан

Реактивное сопротивление дифференциального рассеяния обмоток якоря явнополусных синхронных машин обусловлено всеми восстанавливающими высшими пространственными гармоническими составляющими магнитного потока в воздушном зазоре. Сумма всех этих гармонических составляющих потоков якоря (начиная от подзубцового порядка и выше) образует составляющую магнитного потока дифференциального рассеяния, называемую иначе, магнитным потоком рассеяния по коронкам зубцов обмотки якоря. Точное определение аналитических выражений нелинейных характеристик, в их числе потоков рассеяния по коронкам зубцов в зависимости от степени насыщения отдельных частей магнитопровода и режимов работы машин, является наиболее актуальной задачей формирования их переходных процессов, проектирования синхронных машин [1–3].

В исследованиях последнего времени [4] в картине магнитных силовых линий рассеяния по коронкам зубцов считается, что последние проходя через воздушный зазор машины, пересекают воздушный зазор между статором и ротором только в тангенциальном направлении. При этом не учитываются нелинейности, связанные с насыщением магнитопровода машины, зубчатостью сердечников якоря, ротора и неравномерностью воздушного зазора, которые приводят к существенным погрешностям в расчетах.

Целью настоящей работы является разработка методики расчета магнитного потока рассеяния по коронкам зубцов, проходящего через неравномерный воздушный зазор, с учетом нелинейностей насыщения зубцовых зон магнитопроводов статора и ротора.

Если рассматривать изменения режима работы синхронной машины в наиболее широком диапазоне $-\pi/2 \leq \theta \leq \pi/2$, включая про-

межуточные активный или смешанный характеры нагрузки, то можно увидеть, что (при прочих равных условиях) основная гармоническая составляющая результирующего магнитного потока насыщает зубцовую зону магнитопровода в разной степени. Так, например, при (идеальном) индуктивном характере нагрузки, когда магнитный поток якоря направлен по продольной оси, встречно потоку возбуждения, (при прочих равных условиях) результирующий магнитный поток минимален, зубцовая зона статора насыщена незначительно. При (идеально) емкостном характере нагрузки – наоборот, зубцовая зона статора сильно насыщена. Необходимо учитывать то обстоятельство, что составляющие магнитного потока воздушного зазора алгебраически складываются, а для их точного расчета необходимо учитывать постоянно изменяющийся характер степени насыщения частей магнитопровода.

Выполнение поставленной задачи можно добиться путем аппроксимации характеристик намагничивания частей магнитопровода машины. При этом если рассматриваются только отдельные режимы синхронной машины конкретной конструкции, для аналитического представления нелинейной характеристики намагничивания $B = f(H)$ частей магнитопровода машины достаточно использовать методы кусочно-линейной аппроксимации или использовать кусочно-постоянные функции [6]. Так, например для экспериментальной характеристики, заданной рядом $B_k ; H_k$ точек (где $k = 1, 2, 3, \dots, n$), в первом случае на участке $H_k - H_{k+1}$ полученная функция

$$B = B_k + \frac{B_{k+1} - B_k}{H_{k+1} - H_k} (H - H_k) \quad (1)$$

будет иметь вид ломаной линии с изломом в заданной точке характеристики.

Если использовать второй метод, на этом же участке $H_k - H_{k+1}$ эта функция постоянна, например

$$H = H_k \text{ или } H = \frac{1}{2} (H_k + H_{k+1}), \quad (2)$$

и полученная характеристика представляет собой ступенчатую функцию. Разумеется, количество изломов и ступеней (1) и (2) для рассматриваемой нелинейной характеристики зависит от количества экспериментальных точек « k ». Однако эти методы аппроксимации нелинейных характеристик намагничивания являются менее точными. Непременным условием повышения точности является увеличение экспериментальных точек k .

По сравнению с этими методами аппроксимации, более точным описанием нелинейных кривых являются аппроксимация совокупностью отрезков квадратичных или кубических полиномов – сплайнов [7]. Обладая сравнительно одинаковыми объемами вычислений, кубические сплайны отличаются большей точностью и получили большее применение на практике [5].

Таким образом, разработана методика аппроксимации нелинейных динамических характеристик ЯПСД совокупностью отрезков кубических полиномов – сплайнов. Обладая сравнительно одинаковыми объемами вычислений, кубические сплайны отличаются большей точностью и получили большее применение на практике.

Список литературы

1. Kamalov, T., Toirov, O., Ergashev, S. Modern condition and possibilities of program management of frequency-adjustable electric drives // European research. – 2016. – Vol. 6, no. 17. – pp. 18–20.

2. Toirov, O., Urokov, S., Mirkhonov, U., Afrisal, H., Jumaeva, D. Experimental study of the control of operating modes of a plate feeder based on a frequency-controlled electric drive // E3S Web of Conferences, SUSE-2021. – 2021. – 288, 01086.

3. Toirov, O., Alimkhodjaev, K., Pardaboev, A. Analysis and ways of reducing electricity losses in the electric power systems of industrial enterprises // E3S Web of Conferences, SUSE-2021. – 2021. – 288, 01085.

4. Одилов, Г., Пирматов, Н. Б., Мустафакулова, Г. Н. Расчет электромагнитного поля многофазных обмоток статора в воздушном зазоре турбогенератора ТВВ-200-2 // Актуальные вопросы в области гуманитарных, социально-экономических и технических наук: Межвуз. сб. науч. тр./ ТашГТУ. Ташкент.

5. Методики расчета потока рассеяния с учетом нелинейностей насыщения магнитопровода / К. Т. Алимходжаев, Н. Б. Пирматов, М. О. Халикова, А. К. Холбутаева // Europäische Fachhochschule. – 2015. – № 12. – С. 30–32.