

УДК 621.313.333

Н. Г. НИКИЯН, Н. З. БАРСЕГЯН

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ В АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ
ПРИ СТАТИЧЕСКОМ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТЕ РОТОРА

Описан расчет методом конечных элементов магнитного поля двухполюсного асинхронного двигателя при статическом эксцентриситете ротора. Получены кривые распределения магнитного поля в зазоре, зубцах и промежутках. Определено количественное изменение амплитуд индукции и потерь в стали статора при разных значениях эксцентриситета.

Ил. 4. Библиогр.: 6 названий.

Անհամաչափության փոփոխող երկրենի անհրաժեշտ շարժիչ մագնիսական դաշտի հաշիվ համարված է հիմնական տարրերի մեթոդով: Ստացված են մագնիսական դաշտի բաշխման կորերը բաշխված, փոփոխող անհամաչափության և լուծում: Ստացված են ինդուկցիայի ամպլիտյուդների և ևստերի պարզապես կարգավորների բաշխվածքի փոփոխությունները անհամաչափության փոփոխող տարրերի փոփոխության դեպքում:

Надежность асинхронных машин в значительной мере зависит от эксцентриситета ротора, при котором возникают силы одностороннего магнитного притяжения, влияющие на долговечность подшипников. В настоящее время нормы на допустимую величину эксцентриситета ротора либо отсутствуют, либо принимаются ориентировочно. По величине сил одностороннего магнитного притяжения может быть выбрано допустимое значение эксцентриситета.

В статье решена задача по определению магнитного поля двигателя при эксцентриситете ротора относительно статора с целью дальнейшего определения силы одностороннего магнитного притяжения. Исследовано магнитное поле асинхронного двигателя малой мощности АИР80А2 (1,5 кВт, 380 В 2850 об/мин) при эксцентричном положении ротора относительно статора. При этом вдоль окружности ротора зазор принимается неравномерным. При выборе приемлемого метода расчета магнитного поля в зазоре рассмотрена возможность применения следующих методов: удельной магнитной проводимости (МУМП), проводимостей зубковых контуров (МПЗК), конечных разностей (МКР) и конечных элементов (МКЭ).

В МУМП зубчатые сердечники заменяются гладкими. Это не дает возможности исследовать магнитное поле при разных взаимных положениях зубцов статора и ротора [1].

Основная трудность при решении задачи состоит в том, что приходится считать все поле по окружности машины. При расчете магнитного поля в областях с геометрически сложными границами раздела сред и различными магнитными и электрическими свойствами ограничения, принятые в МКР, требуют по сравнению с МКЭ резкого увеличения числа расчетных точек при одинаковой точности. Рас-

чет по МКР требует несколько тысяч расчетных точек. При применении МКЭ имеется возможность аппроксимировать криволинейные границы с помощью меньшего числа элементов, поэтому удастся сократить число расчетных элементов и довести его до нескольких сотен. Число расчетных точек в МКЭ значительно меньше, чем в МКР, что резко уменьшает затраты машинного времени на ЭВМ [2]. Поэтому для расчета магнитного поля двигателя был принят МКЭ, а расчет выполнен с учетом граничных условий для векторного потенциала при разных значениях эксцентриситета. Работа проводилась совместно с сотрудниками Рижского политехнического института, где разработана автоматизированная программа по расчету магнитных полей по МКЭ [3—5].

Объектом исследования был выбран двигатель марки АИР80А2 с увеличенным воздушным зазором ($\delta = 0,75$ мм вместо номинального $\delta = 0,35$ мм) в режиме синхронного холостого хода при неизменном токе статора. Значения эксцентриситета принимались: $\epsilon = 0, 0,3, 0,5, 0,7$ и $0,9$. Предварительно была подготовлена топологическая модель задачи, заданы исходные данные в полярных координатах и на этой основе автоматически была сгенерирована сетка. При разработке исходных данных использованы рекомендации [6] по делению зубцовой зоны статора и ротора на неравномерную сетку. В начале был проведен расчет поля при $\epsilon = 0$. Для анализа и оценки влияния эксцентриситета ротора на магнитное поле машины рассмотрена аналогичная топологическая модель, в которой центры статора и ротора не совпадают. Сдвиг центра ротора производился в соответствии с величиной эксцентриситета. Индукция же определялась при допущении, что центр ротора совпадает с центром отверстия статора.

Расчеты были проведены на ЭЦВМ ЕС1061. Отметим некоторые характеристики решения задачи: число уравнений—1299, треугольников—2492, время генерации сетки—18 мин, а время расчета векторного магнитного потенциала—3 мин.

В результате получены значения индукции во всем поперечном сечении машины. При расчете воздушный зазор был разделен на $2Z_p = 44$ одинаковых сектора и в каждом из них определялось интегральное значение индукции при заданных значениях ϵ . По результатам построено семейство кривых распределения индукции в воздушном зазоре (при $\epsilon = 0, 0,3, 0,7$) с учетом зубчатости (рис. 1). Кривая распределения индукции при $\epsilon = 0$ симметрична и максимальные значения индукции под полюсами совпадают. С увеличением эксцентриситета максимальная индукция под одним полюсом увеличивается, а под другим—уменьшается.

С целью определения потерь в стали сердечника статора при разных значениях эксцентриситета были получены значения индукции в сечениях зубцов (на половине высоты зуба) и спинки статора (над пазами). Для определения индукции в первом случае из расчета поля всей машины выводятся индукции зоны $R \pm 1$, где R —радиус окружности, проходящей по середине высоты зуба ста-

тора (рис. 2), а во втором случае определяются индукции зоны $\alpha \pm 2,5^\circ$, где α —угол расположения сечения спинки статора над пазом. Затем определяются средние интегральные значения индукции во всех зонах сердечника статора (рис. 2).

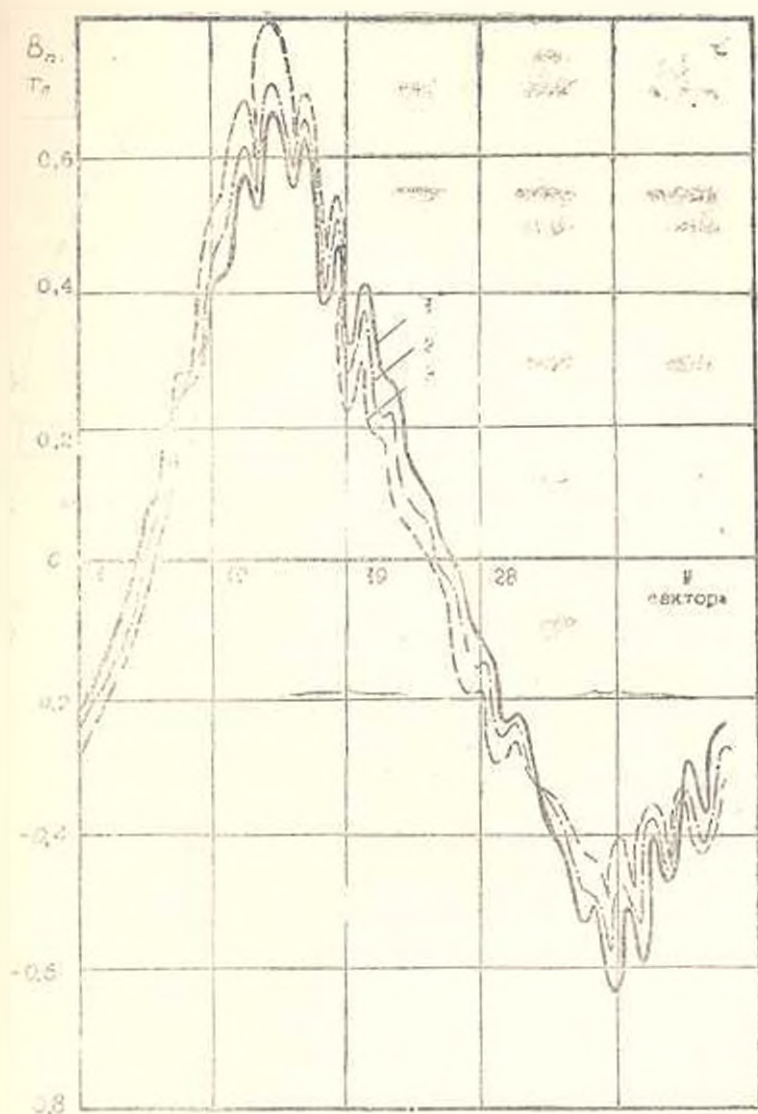


Рис. 1. Кривые распределения индукции в воздушном зазоре;
1, 2 и 3 — $\epsilon = 1, 0,5$ и $0,9$.

На рис. 3 и 4 приведены нормальные составляющие индукции в зубцах и тангенциальные составляющие в спинке в зависимости от номеров зубцов и соответствующих сечений спинки по окружности статора для разных значений эксцентриситета. Кривые распределения индукции в зубцах и спинке статора при $\epsilon = 0$ симметричны, но с увеличением эксцентриситета максимальные значения

нормальных составляющих индукции (рис. 3) в сечениях диаметрально противоположных зубцов (8 и 20) меняются.

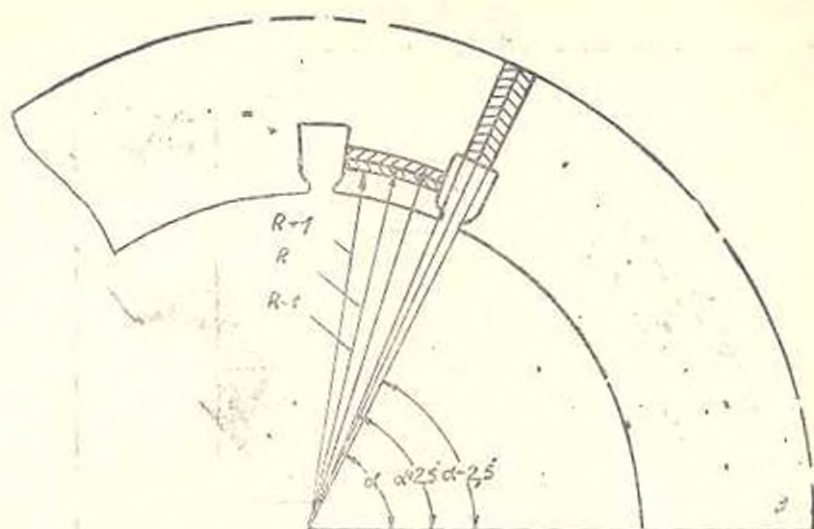


Рис. 2. К расчету индукций в сечениях зубцов и спинки статора.

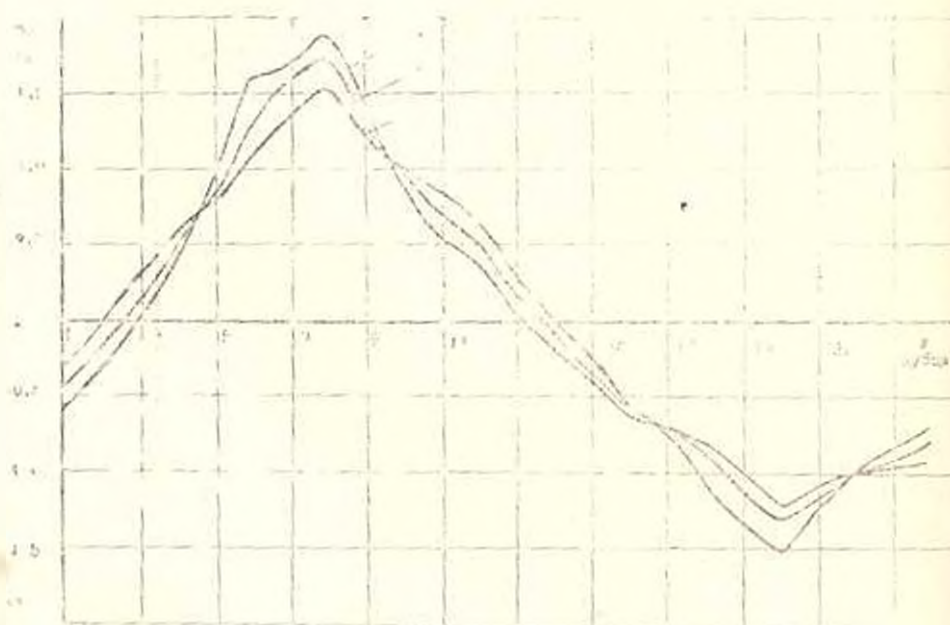


Рис. 3. Кривые распределения нормальных составляющих индукций в сечениях зубцов статора: 1, 2 и 3 — при $\epsilon = 0, 0,5$ и $0,9$.

При $\epsilon = 0$ максимальные значения тангенциальных составляющих индукции в спинке статора (рис. 4) располагаются в противоположных сечениях 3 и 15. Максимальные значения этих составляющих в сечении 3 спинки с увеличением эксцентриситета увеличиваются.

ваются, а на противоположной стороне спинки статора, не меняясь, перемещаются к 1-му сечению.

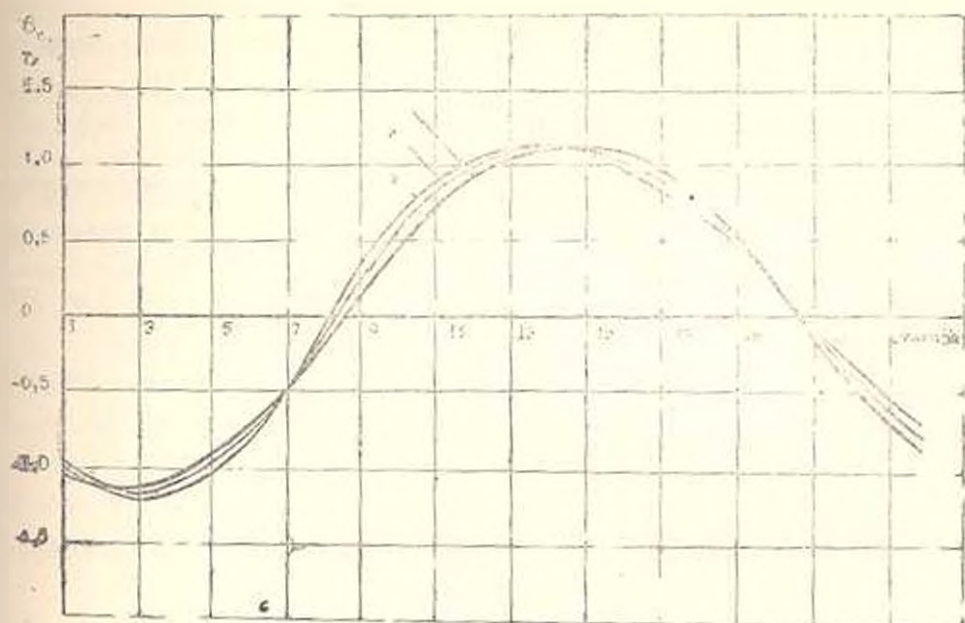


Рис. 4 Кривые распределения тангенциальных составляющих индукции в сечениях спинки статора: 1, 2 и 3 — при $\epsilon = 0, 0.5$ и 0.9 .

На основании полученных результатов были рассчитаны потери в стали сердечника статора в зависимости от эксцентриситета (табл.)

Таблица

ϵ	0	0.3	0.5	0.7	0.9
$P_{\sigma}, \text{Вт}$	25,6	26,9	27,9	28,8	29,6

Таким образом, был испробован МКЭ для расчета всего магнитного поля асинхронной машины при эксцентриситете ротора. С увеличением ϵ от 0 до 0,9 основные потери в стали увеличиваются на 16%. В то же время, при неизменном напряжении обмотки статора, амплитуда индукции при $\epsilon = 0$ равна полусумме амплитуд индукций при эксцентриситете. С увеличением эксцентриситета от 0 до 0,9 максимальное значение индукции в минимальном воздушном зазоре увеличивается на 10%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шумилов Ю. А. Анализ магнитного поля в воздушном зазоре асинхронной машины методом конечных элементов — Киев: Изд-во АН УССР, 1976.—65 с.

2. Айсит В. В., Новик Я. А. Физический смысл расчетных уравнений метода конечных элементов при расчете стационарного магнитного поля и их связь с уравнением Максвелла // Изв. АН ЛатвССР. Сер. физ. и техн. наук.—1976.—№ 1.—С. 31—38.
3. Цыбенко А. С. и др. Автоматизированная система обслуживания конечно-элементных расчетов.—Киев: Высш. школа, 1986.—211.
4. Новик Я. А. Алгоритм построения треугольной сетки для численного расчета магнитного поля методом конечных элементов // Сб.: Алгоритмы и программы.—Рига: РПИ.—Вып. 4.—С. 38—49.
5. Новик Я. А. Алгоритм построения уравнений для численного расчета магнитного поля методом конечных элементов.—Там же.—С. 49—57.
6. Бондариш С. Г. и др. Оценка влияния насыщения зубцов на поле в воздушном зазоре с использованием численных методов и физического моделирования // Электротехника: Межвуз. сб. науч. тр.—Ереван, ЕрПИИ.—1978. Сер. XIII. вып. 4.—С. 62—69.

ЕрПИИ

10. 11. 1990

Изв. АН Армении (сер. ТН) т. 45, № 3—4, 1992, с. 108—113

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 681.516.42

О. Н. ГАСПАРЯН, Г. А. МАНУКЯН

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АВТОКОЛЕБАНИЙ МСАУ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИХ ГОДОГРАФОВ

Дан новый метод построения характеристических годографов гармонически линеаризованных МСАУ с произвольным числом входов и выходов. Метод основан на применении функции чувствительности характеристических передаточных функций и канонического базиса системы к малым изменениям частоты. Рассмотрен пример исследования автоколебаний в системе косвенного гидрирования телескопа.

Ил. 4. Библиогр.: 6 назв.

Ուսումնարկում է համալսարանի ինքնուրույն և արտադրական հարմարեցված զգայուն-
ված բաղադրիչ (բաղադրիչ) ուղղանկյուն համակարգերի քառադրիչ հազ-
արմիչից համարման երր մեթոդ: Այն հիմնված է համակարգի քառադրիչ ֆունկցիոնալ
ֆունկցիաների և կանոնական բազիսի օգտագործման վրա: Գրադիենտային մեթոդների և կոստանթ
գործակցության ֆունկցիաների էքստրիմալ գրադիենտային մեթոդների օգտագործման
հարմարեցված ինքնուրույն և արտադրական հարմարեցված զգայուն-
ված բաղադրիչ (բաղադրիչ) ուղղանկյուն համակարգերի քառադրիչ հազարմիչից համարման
մեթոդը:

Проблема исследования автоколебаний в нелинейных многомерных системах автоматического управления (МСАУ) является исключительно сложной и многообразной. Различным аспектам данной проблемы посвящены работы [1, 2] и многие другие. Одним из наиболее удобных является метод, предложенный в [3], где получены необходимые условия существования одночастотных автоколебаний в нелинейных МСАУ. Коротко опишем данный метод.