

## К ВОПРОСУ ОБ УЛУЧШЕНИИ СТРУКТУРЫ ПОЛЯ ДУГОСТАТОРНЫХ МАШИН

Н. М. ПИРУМЯН, М. Г. РЕЗИН

(Представлена научным семинаром кафедр электрических машин и общей электротехники)

Факт несимметрии токов в отдельных фазах обмотки статора и неравномерное распределение индукции по длине дуги статора были отмечены еще при первых испытаниях асинхронных двигателей с разомкнутым магнитопроводом. Дальнейшие исследования показали, что наблюдаемое явление вызвано как самим конструктивным расположением обмоток статора, так и суммой физических процессов, связанных с его разомкнутостью и названных продольным краевым эффектом.

В данной работе рассматриваются только вопросы, относящиеся к продольному краевому эффекту в первичной цепи. Влияние токов ротора на распределение поля в воздушном зазоре не учитывается.

При размыкании магнитопровода две обмотки расположены симметрично одна к одному, другая к другому концу магнитопровода, а третья обмотка симметрична относительно его центра. В этом случае имеется равенство двух индуктивностей и двух взаимных индуктивностей.

Как известно, разомкнутость магнитной системы приводит к искажению распределения магнитного поля в воздушном зазоре, где наряду с бегущим полем появляется пульсирующее. Из-за наличия пульсирующего поля разница между индуктивными сопротивлениями фаз обмотки увеличивается, искажается симметрия э.д.с., так что при симметричной системе подводимых напряжений токи в фазах становятся несимметричными. Появляются токи обратной последовательности. Наличие несимметрии токов неблагоприятно сказывается на работе двигателей с разомкнутым магнитопроводом. Так, в [1] указано, что удельная мощность специальных установок в несимметричных системах может быть величиной на несколько порядков меньшей, чем симметричных. Наличие заметных токов обратной последовательности приводит к появлению шума, дополнительного нагрева статора и вибраций, которые отрицательно отражаются на режимах работы двигателя. В установках по перемешиванию и перекачиванию жидких металлов вибрации могут повлечь опасное повреждение термоизоляции. Таким образом, компенсация пульсирующего потока в воздушном зазоре и симметрирование системы фазных токов являются одним из важных вопросов в теории дугостаторных машин.

Обычно вопросы компенсации пульсирующей компоненты и симметрирования фазных токов рассматриваются каждый в отдельности. Поскольку за последние годы проблема комбинированного воздействия по ликвидации последствий продольного краевого эффекта привлекает внимание ряда исследователей [2, 3], представляет интерес рассмотрение этого вопроса.

В настоящей работе приводятся некоторые результаты экспериментального исследования двухполюсного статора. Двухполюсный статор был выбран потому, что у него наиболее резко выражен продольный краевой эффект. Основная обмотка трехфазная, двухслойная и с диаметральной шагом, число пазов на полюс и фазу  $q=2$ , число витков в катушке основной обмотки и корректирующей одинаковое и равно 25.

Распределение магнитного поля по длине магнитопровода статора измерялось с помощью рамок, расположенных под серединой зубцов индуктора. Плоскость расположения рамок находилась на расстоянии  $\sim 1,5$  мм от железа статора. Все эксперименты производились в режиме холостого хода при 2-х способах размещения корректирующих катушек. В каждом случае рассматривалось три варианта:

1. Корректирующие катушки отключены.
2. Корректирующие катушки включены последовательно в фазу, симметричную относительно центра магнитопровода.
3. Включены корректирующие катушки, и токи в фазах выравнены изменением одного линейного напряжения относительно другого.

Корректирующие катушки при первом способе были расположены ближе к воздушному зазору из условия полной компенсации шунтирующих потоков с торцов магнитопровода; во втором случае — из условий минимально возможной разницы между фазными токами.

При некомпенсированном режиме отношение токов прямой последовательности  $I_1$  к токам обратной последовательности  $I_2$  достигает значительной величины:  $I_2/I_1=50\%$ .

Применение компенсации повышает индукцию прямобегающего поля при постоянном фазном напряжении, одновременно уменьшает индукцию обратногобегающего и пульсирующего полей (рис. 1, кривая 2). Но

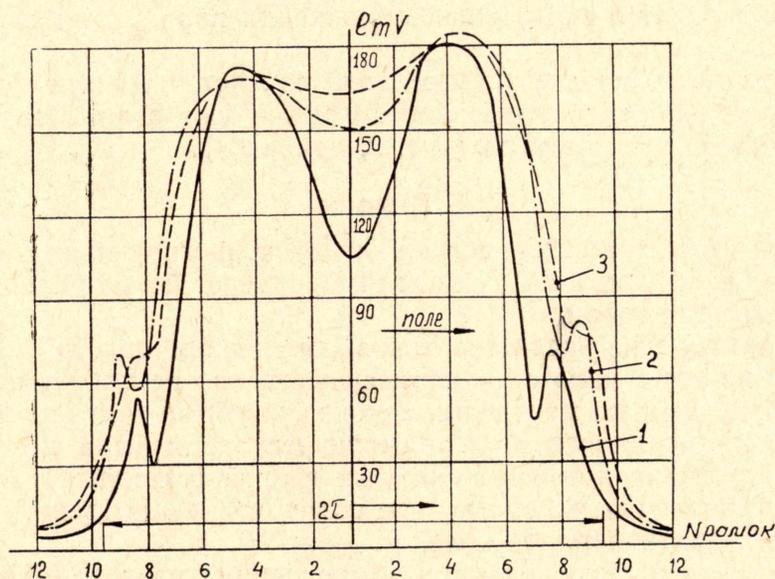


Рис. 1

использование включенных последовательно в фазу «С» компенсирующих катушек не устраняет полностью пульсирующего и обратногобегающего поля, а ослабляет их. Распределение индукции по длине дуги магнитопровода (кривые 1, 2, рис. 1) имеет своеобразный характер с минимумом в центре индуктора ( $x=0$ ) и максимумом при  $x = \pm \frac{\tau}{2}$ . В то же время

при наличии в зазоре только бегающего и пульсирующего магнитных полей огибающая кривая индукции имеет максимум при  $x=0$ ;  $\pm 2\tau$  и т. д. и минимумы при  $x = \pm \tau$ ;  $3\tau$  и т. д. [4].

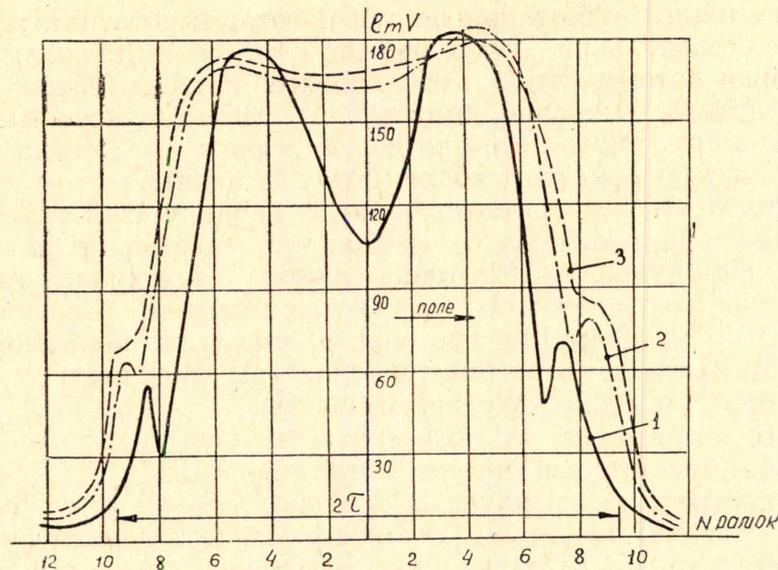


Рис. 2

При установлении симметрии токов в фазах индукция обратнотекущего магнитного поля значительно меньше (рис. 1, кривая 3). При втором способе за счет соответствующего расположения корректирующих катушек была достигнута минимальная разница между фазными токами. При этом кривая индукции имеет более равномерный характер (рис. 2, кривая 2), чем кривая 2 на рис. 1. Кривая на рис. 1 соответствует распределению индукции с отключенными корректирующими катушками. Это говорит о значительном снижении паразитных составляющих индукции.

Последующее полное установление равенства токов в фазах сводит до минимума обратнотекущее поле. Кривые уже совсем не имеют провалов по длине дуги статора (рис. 2, кривая 3).

### Выводы

1. При втором способе расположения корректирующих катушек распределение индукции в воздушном зазоре имеет более равномерный характер, чем при первом.
2. Установление равенства токов изменением одного линейного напряжения по сравнению с другими существенно не влияет на пульсирующую составляющую магнитных потоков, что было замечено ранее в [5].
3. Полная компенсация пульсирующего поля была достигнута за счет шунтирующих потоков с боковых граней статора.
4. Установление равенства фазных токов существенным образом уменьшает обратнотекущее поле.
5. Наилучший результат при компенсации краевого эффекта достигается при использовании комбинированных способов воздействия.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Труды VI симпозиума по инженерным проблемам магнитной гидродинамики. Питтсбург, США, апрель 1965, «Наука», М., 1968, 102.
2. А. М. Андреев, В. А. Глухих, И. Р. Кириллов. «Магнитная гидродинамика», 1968. 4, 98.
3. CLOSED—CYCLE MHD WITH LIQUID—METAL WORKING FLUIDS VIENNA, FOE, III P. 2047.
4. А. И. Вольдек. НДВШ, «Электромеханика и автоматика», 1959, № 2, 130.
5. Х. И. Янес, Х. А. Тийсмус и др. Экспериментальное исследование плоских индукционных насосов. Изв. ТПИ, серия А, № 197, 215, 1962.