

ВЛИЯНИЕ ТИПА ОБМОТКИ НА НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДВИГАТЕЛЕЙ С ДУГОВЫМ СТАТОРОМ

Н. М. ПИРУМЯН, М. Г. РЕЗИН

(Представлена научным семинаром кафедр электрических машин и общей электротехники)

Г. И. Штурман [1] показал, что индукция магнитного поля в воздушном зазоре дуговой асинхронной машины, создаваемая трехфазной обмоткой статора с разомкнутым магнитопроводом, изменяется вдоль зазора по закону

$$B = B_m \cdot \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{\tau} x\right) - (-1)^p \cdot B_{mc} \cdot \operatorname{ch} \beta x \cdot \sin \omega t - (-1)^p \cdot B_{ms} \operatorname{ch} \beta x \cdot \cos \omega t. \quad (1)$$

Первый член в правой части уравнения (1) представляет нормальное бегущее поле, а второй и третий члены — пульсирующие составляющие поля. Обычно можно положить, что $\beta \approx 0$ и тогда вместо (1) получим

$$B = B_m \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{\tau} x\right) - (-1)^p \cdot B_{mc} \cdot \sin \omega t. \quad (2)$$

Имеющиеся экспериментальные данные [2] также показывают, что поле в зазоре изменяется в соответствии с уравнением (2), т. е. практически существует лишь одна составляющая пульсирующего поля. Присутствие в воздушном зазоре машины пульсирующих полей крайне нежелательно, так как они увеличивают индуктивные сопротивления первичных обмоток, искажают симметрию токов, вызывают дополнительные потери во вторичной цепи, снижают к. п. д. Поэтому давно ведутся поиски эффективных средств для уменьшения пульсирующей компоненты поля. Одним из перспективных направлений является правильный выбор обмотки статора.

В настоящей работе рассматриваются некоторые типы двухслойных обмоток, с постоянной по амплитуде линейной токовой нагрузкой в обмотанной зоне статора: частично скорректированная, [3] компенсированная обмотка А. И. Вольдека [4] и предлагаемая обмотка. Определяющий, отличительный признак предлагаемой обмотки состоит в том, что у центральной фазы катушечная группа с шагом, равным τ , расщепляется на две катушечные группы, имеющие меньшее полюсное деление и число витков и укладываемые на краях магнитопровода. Известны и другие способы выполнения обмоток и компенсации пульсирующих полей [2, 5]. Исследования производились на двухполюсном статоре, так как он дает возможность представить в наиболее отчетливом виде некоторые характерные особенности последствий размыкания магнитопро-

вода. На практике же часто необходимо применение именно двухполюсных двигателей.

Испытания всех обмоток велись в одинаковых условиях. Экспериментальное исследование поля в воздушном зазоре производилось двумя методами: на постоянном и переменном токе. Метод исследования магнитных полей на постоянном токе состоит в том, что мгновенные значения переменного тока задаются постоянным током для нескольких моментов времени переменного тока. Индукция при этом определяется баллистическим методом. В результате получаем семейство кривых $B=f(x)$. На рис. 1 представлена картина распределения поля у предлагаемой обмотки. Метод измерения полей на постоянном токе на основе семейства кривых позволяет судить о распределении поля по дуге статора для каждого момента времени и о скорости движения поля на отдельных участках магнитопровода. Для измерения индукции в воздушном зазоре использовалась измерительная рамка длиной, равной зубцовому делению. При таком измерении усредняется индукция и исключаются из рассмотрения высшие гармонические, которые здесь не играют существенной роли. Замеры производились веберметром (флюксметром) типа М19.

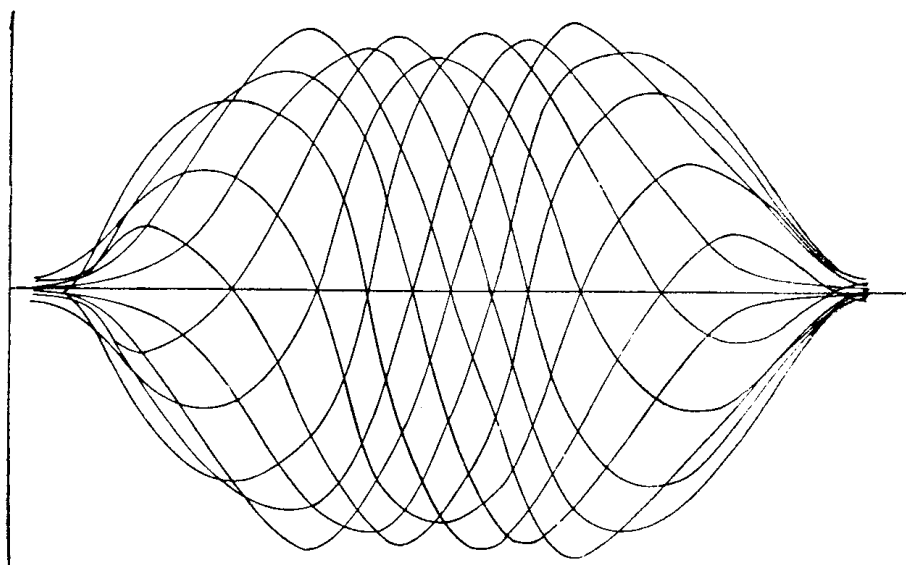


Рис. 1

Более просто характеризовать поле не семейством кривых, а огибающей этого семейства.

$$B = \pm B_m \sqrt{1 - (-1)^p \cdot 2k_c \cdot \cos \alpha x + k_c^2}. \quad (3)$$

Для этого достаточно измерять эдс пробной катушки в зазоре при питании обмотки трехфазным током. Измерение эдс производилось ламповым вольтметром типа ВЗ-3.

Сравнивая рассматриваемые методы измерения магнитных полей, можно сказать, что оба метода существенно различны по трудоемкости, применяемым приборам и результатам.

Распределение огибающих магнитной индукции при холостом ходе по дуге статора представлено на рис. 2. Если бы продольный краевой эффект отсутствовал, то амплитуда индукции магнитного поля была бы постоянной вдоль дуги статора на обмотанной части и была бы равна нулю вне этой области. Но как видно из рис. 2, амплитуда индукции непостоянна вдоль обмотанной части и не равна нулю вне ее. Причем это зависит от типа обмотки. В некоторых случаях наблюдается усиление

поля на том крае статора, с которого поле сбегает. Подобные явления говорят о наличии значительных пульсирующих потоков. Необходимо отметить, что с учетом вторичной системы структура поля в зазоре значительно усложняется [6].

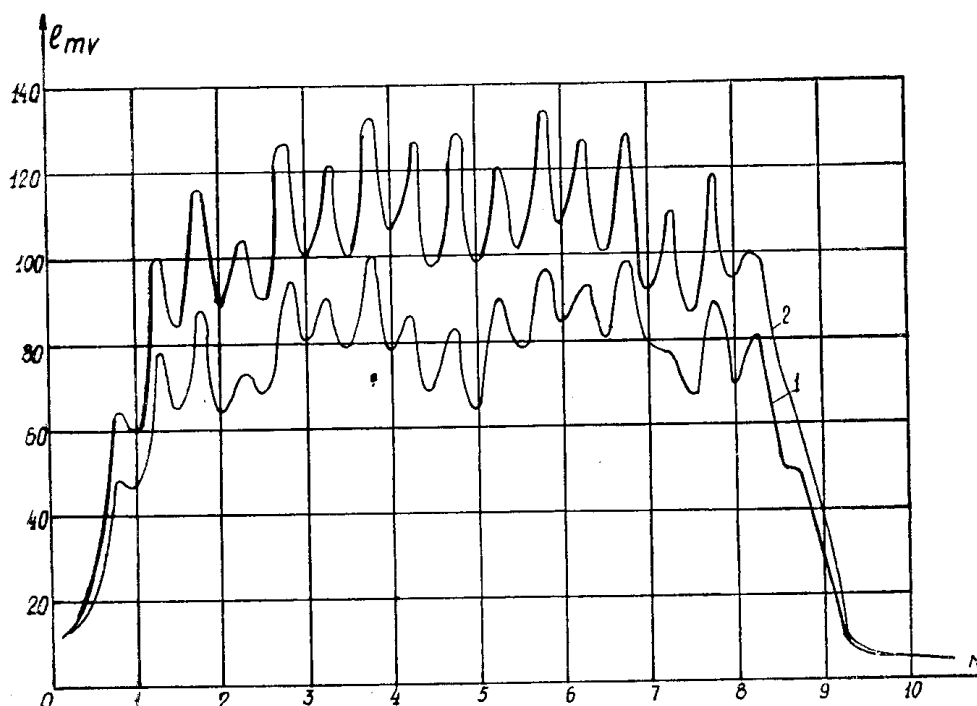


Рис. 2. 1 — коррегированная, 2 — компенсированная обмотка А. И. Вольдека

Производилось сравнение распределения магнитной индукции при питании каждой фазы в отдельности при отсутствии питания двух других фаз. Изучение потоков, создаваемых отдельными фазами обмотки, позволяет быстрее найти пути формирования результирующего потока.

Опыты показали, что распределение активных мощностей по фазам определялось направлением движения бегущего магнитного поля. По длине статора катушки фаз располагались в порядке А, С, В. Распределение активных мощностей имело вид: $P_A > P_C > P_B$ при движении поля от А к В и $P_A < P_C < P_B$ в противоположном направлении. Полные мощности фаз при этом оставались примерно одинаковыми. Причиной неодинакового распределения активной мощности по фазам является продольный краевой эффект, в результате которого имеет место неодинаковая взаимная индуктивность и индуктивность фаз обмотки. При любой форме и любом расположении магнитосвязанных катушек определение взаимной индуктивности «М» между ними может быть произведено опытным путем по току в одной фазе и индуцированным напряжениям в других фазах. Ниже приводятся результаты экспериментального определения взаимных индуктивностей.

1. Частично коррегированная обмотка

$$M_{AB}=0,0015 \text{ гн}, \quad M_{AC}=0,0040 \text{ гн}, \quad M_{BC}=0,0040 \text{ гн}.$$

2. Корректированная обмотка

$$M_{AB}=0,0021 \text{ гн}, \quad M_{AC}=0,0040 \text{ гн}, \quad M_{BC}=0,0040 \text{ гн}.$$

3. Компенсированная обмотка А. И. Вольдека

$$M_{AB}=0,0046 \text{ гн}, \quad M_{AC}=0,0028 \text{ гн}, \quad M_{BC}=0,0028 \text{ гн}.$$

4. Предлагаемая обмотка

$$M_{AB}=0,0043 \text{ гн}, \quad M_{AC}=0,0033 \text{ гн}, \quad M_{BC}=0,0033 \text{ гн}.$$

На холостом ходу двигателя снималась зависимость $I_\phi = f(H_\phi)$. Из сравнения этих характеристик можно определить степень несимметрии фазных токов у каждой обмотки. Наибольшая разница между фазными токами у частично корректированной обмотки 35%, наименьшая у предлагаемой 4%, у обмотки А. И. Вольдека 7%. Следствием асимметрии является появление токов обратной последовательности и неравномерное распределение магнитной энергии между обмотками.

Определение механических усилий, развиваемых статором, выполнялось при заторможенном роторе ($s=1$). Испытания велись при различных питающих напряжениях. На рис. 3 представлены зависимости $F = f(I^2)$ для каждой обмотки.

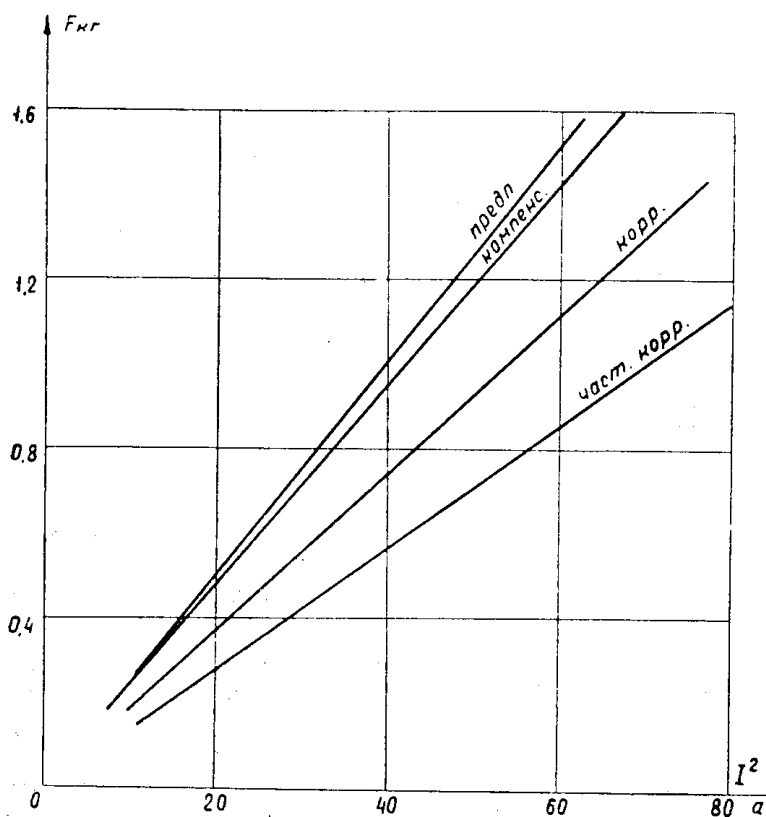


Рис. 3

Таким образом, по всем сопоставленным критериям следует отдать предпочтение предлагаемой обмотке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. И. Штурман. «Электричество», 1946, 10, 43.
2. Г. А. Вольдек. НДВШ, «Электромеханика и автоматика». 1959, 2, 130.
3. Я. Я. Лиелпетери др. Изв. АН Латв. ССР, серия физич. и техн. наук, 2, 53, 1964.
4. А. И. Вольдек. «Электричество», 1965, 4, 50.
5. М. Г. Резин. Труды УПИ. Электротехника, 1959, 90, 30.
6. М. Г. Резин. «Электричество», 1950, 2, 20.