

16-Лекция. Пульсирующие, эллиптические и круговые вращающие магнитные поле

Вращающееся магнитное поле статора может быть круговым и эллиптическим. Круговое поле характеризуется тем, что пространственный вектор магнитной индукции этого поля вращается равномерно и своим концом описывает окружность, т. е. значение вектора индукции в любом его пространственном положении остается неизменным.

Круговое вращающееся поле создается многофазной обмоткой статора, если векторы магнитной индукции каждой фазы одинаковы, т. е. представляют собой симметричную систему. В трехфазной обмотке соблюдение этого условия обеспечивается тем, что фазные обмотки делают одинаковыми, а их оси смещают в пространстве относительно друг друга на 120 эл.град и включают к сеть с симметричным трехфазным напряжением.

Круговое вращающееся поле может быть получено и посредством двухфазной обмотки статора. Для этого оси обмоток фаз смещают в пространстве на 90 эл.град и питают эти обмотки токами, сдвинутыми по фазе относительно друг друга на 90°. Значение этих токов должно быть таким, чтобы МДС обмоток были равны.

Если же изложенные условия не соблюдаются, т. е. если векторы магнитной индукции обмоток фаз не образуют симметричной системы, то вращающееся поле статора становится эллиптическим: пространственный вектор магнитной индукции B этого поля в различные моменты времени не остается постоянным и, вращаясь неравномерно ($\omega = \text{var}$), своим концом описывает эллипс (рис. 9.5, а). Эллиптическое вращающееся магнитное поле содержит обратно вращающуюся составляющую, которая меньше основной (прямо вращающейся) составляющей.

Таким образом, вектор магнитной индукции эллиптического поля в любом его пространственном положении можно представить в виде суммы

векторов магнитных индукций прямого $V_{пр}$ и обратного $V_{обр}$ магнитных полей: $V = V_{пр} + V_{обр}$ при $V_{пр} > V_{обр}$.

Для пояснения обратимся к рис. 9.5, б, на котором показано разложение вектора вращающегося эллиптического поля для четырех моментов времени, соответствующих точкам а, б, с, d на кривой, описываемой вектором индукции этого поля (четверть оборота поля). Наибольшее значение вектор индукции результирующего поля V_{max} (точка а) имеет при совпадении в пространстве векторов прямого $V_{пр}$ и обратного $V_{обр}$ полей (положения 1 и 1') Наименьшее значение вектора индукции V_{min} (точка d) соответствует встречному направлению векторов $V_{пр}$ и $V_{обр}$ (положения 4 и 4'). Значения вектора индукции в точках б и с соответствуют положениям 2 и 3 вектора $V_{пр}$ и положениям 2' и 3' вектора $V_{обр}$.

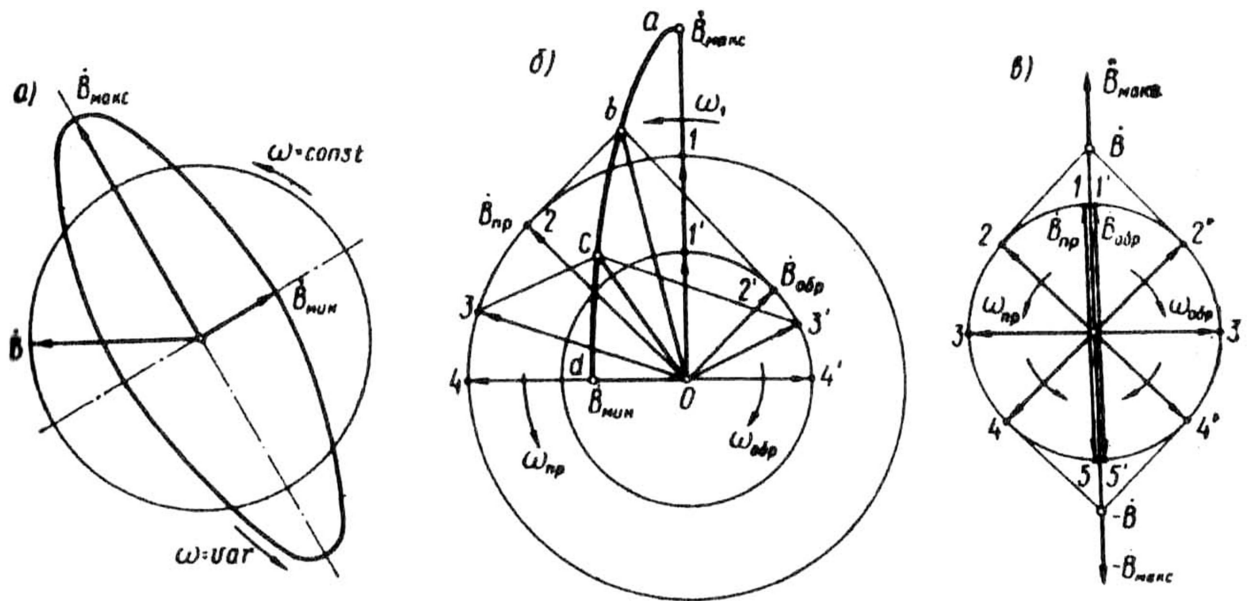


Рис. 9.5 Разложение эллиптического и пульсирующего магнитных полей на два круговых вращающихся поля

Обратное магнитное поле неблагоприятно влияет на свойства машины переменного тока, например в двигателях оно создает противодействующий (тормозной) электромагнитный момент и ухудшает их эксплуатационные свойства.

В трехфазной машине магнитное поле будет эллиптическим, если обмотку статора включить в сеть с несимметричным трехфазным напряжением или если обмотки фаз статора несимметричны (имеют неодинаковые сопротивления или разное число витков). Поле также будет эллиптическим при неправильном сочтении фазных обмоток статора — начало и конец одной из фазных обмоток «перепутаны». В этом случае $V_{\max} = 3V/2$ и $V_{\min} = V/2$,

где V - вектор магнитной индукции кругового вращающегося поля данной обмотки при правильном соединении фаз (рис. 9.5, а).

Если прямая и обратная составляющие магнитного поля равны, то результирующее поле становится пульсирующим. Вектор индукции этого поля неподвижен в пространстве (рис. 9,5, в) и лишь изменяется во времени от $+V_{\max}$ до $-V_{\max}$ (когда векторы $V_{\text{пр}}$ и $V_{\text{обр}}$ совпадают по направлению), проходя через нулевое течение (когда векторы $V_{\text{пр}}$ и $V_{\text{обр}}$ направлены встречно). Пульсирующее магнитное поле создает однофазная обмотка, включенная в сеть переменного тока.

Высшие пространственные гармоники магнитодвижущей силы трехфазной обмотки. Полусное деление МДС высших пространственных гармоник обратно пропорционально номеру гармоники: $\tau_v = \tau / v$. Поэтому пространственная периодичность этих гармоник растет пропорционально номеру гармоники (см. рис. 9.1). Учитывая изложенное, запишем уравнение МДС третьей гармоники фазных обмоток:

$$f_{3A} = F_{3A} \sin \omega_1 t \cos 3\alpha ;$$

$$f_{3B} = F_{3B} \sin(\omega_1 t - 120^\circ) \cos 3(\alpha - 120^\circ) = F_{3A} \sin (\omega_1 t - 120^\circ) \cos 3\alpha ;$$

$$f_{3C} = F_{3C} \sin(\omega_1 t - 240^\circ) \cos 3(\alpha - 240^\circ) = F_{3A} \sin (\omega_1 t - 240^\circ) \cos 3\alpha.$$

откуда МДС третьей гармоники трехфазной обмотки

$$f_3 = f_{3A} + f_{3B} + f_{3C} = 0, \quad (9-17)$$

т. е. результирующая МДС третьей гармоники в трехфазной обмотке статора при симметричной нагрузке фаз равна нулю. Это распространяется также и на высшие гармоники, кратные трем (9, 15 и др.). МДС высших гармоник оставшихся номеров (5, 7 и др.) ослабляются распределением обмотки в пазах, укорочением шага катушек и скосом пазов.

МДС высших гармоник многофазной обмотки статора - вращающиеся. При этом частота их вращения n_v в ν раз меньше частоты вращения МДС основной гармоники:

$$n_v = n_1/\nu. \quad (9.18)$$

Направление вращения этих МДС зависит от номера гармоники: МДС гармоник порядка $6x + 1$ вращаются согласно с МДС основной гармоники — прямовращающиеся МДС, а МДС порядка $6x - 1$ вращаются встречно МДС основной гармоники — обратновращающиеся МДС (здесь $x = 1, 2, 3, \dots$).

Вращающиеся магнитные поля, созданные высшими гармоническими составляющими МДС, индуцируют в обмотке статора ЭДС основной частоты). Действительно, частота ЭДС, наведенной магнитным полем любой пространственной гармоники,

$$f_v = n_v p_v / 60 = n_1 p_v / (\nu \cdot 60) = f_1 \quad (9.19)$$

где $p_v = p\nu$; $n_v = n_1/\nu$.