

100 Электромагнитные моменты от высших гармоник магнитного поля асинхронного двигателя

Ранее было установлено, что МДС трехфазной обмотки статора помимо основной гармоники содержит ряд высших пространственных гармоник. Каждая из этих гармоник создает в машине вращающееся магнитное поле, частота вращения которого в ν раз меньше частоты вращения поля основной гармоники. При этом высшие пространственные гармоники МДС порядка $\nu = 6x+1$ создают прямовращающиеся (прямые) поля, а гармоники порядка $\nu = 6x-1$ — обратновращающиеся (обратные) поля.

Асинхронные моменты. Магнитные поля от высших пространственных гармоник, сцепляясь с обмоткой ротора, наводят в ней ЭДС и создают в двигателе собственные электромагнитные асинхронные моменты. Эти моменты ухудшают свойства двигателя, поэтому их принято называть паразитными. При рассмотрении выражения электромагнитного момента и механической характеристики асинхронного двигателя имелось в виду действие лишь магнитного поля основной гармоники. Если же учесть влияние высших пространственных гармоник поля, то кривая электромагнитного момента окажется искаженной. В зависимости от направления и частоты вращения n_0 магнитного поля высшей пространственной гармоники и направления создаваемого ею электромагнитного момента M_0 высшие пространственные гармоники поля могут создать в асинхронном двигателе три режима: двигательный режим, если поле высшей гармоники прямовращающееся и частота его вращения $n_0 > n_2$, а направление момента M_0

положительное, т. е. он направлен согласно с моментом основной гармоники M ; генераторный режим, если поле высшей гармоники прямовращающееся и частота его вращения $n_0 < n_2$, а направление момента M_0 отрицательное, т. е. он направлен встречно моменту основной гармоники M ; тормозной режим, если поле высшей гармоники обратновращающееся, а M_0 отрицательный, т. е. направлен встречно моменту основной гармоники M .

На рис. 1, а представлены графики моментов асинхронного двигателя $M_0 = f(s)$ от прямого поля седьмой гармоники и обратного поля пятой гармоники, где s - скольжение ротора относительно поля основной гармоники. Обратное поле пятой гармоники при $s = 0 \div 1$ создает отрицательный момент M_5 (тормозной режим); прямое поле седьмой гармоники при $0,857 < s < 1$ создает положительный момент M_7 (двигательный режим), а при $s < 0,857$ — отрицательный момент M_7 (генераторный режим). Сложив ординаты моментов M_7 и M_5 с ординатами момента основной гармоники M , получим кривую результирующего асинхронного момента (рис. 1, б):

$$M_{PE3} = M + M_5 + M_7.$$

«Провал» кривой момента M_{PE3} , (участок при $0,7 < s < 0,85$, на котором $M_{PE3} < M_{ст}$) затрудняет процесс разгона двигателя и может вызвать «застревание» ротора на малой частоте вращения.

Наибольшую опасность представляют собой паразитные асинхронные моменты при короткозамкнутой обмотке ротора, так как в этом случае токам, наведенным высшими гармониками магнитного поля в стержнях ротора, оказывается небольшое электрическое

сопротивление. В двигателях с фазным ротором действие паразитных асинхронных моментов намного слабее.

Заметное влияние на форму кривой электромагнитного момента оказывают асинхронные паразитные моменты от гармоник поля зубцового порядка (обусловленных наличием зубцов на статоре и роторе):

$$v_{Z1} = (Z_1/p) \pm 1; v_{Z2} = (Z_2/p) \pm 1.$$

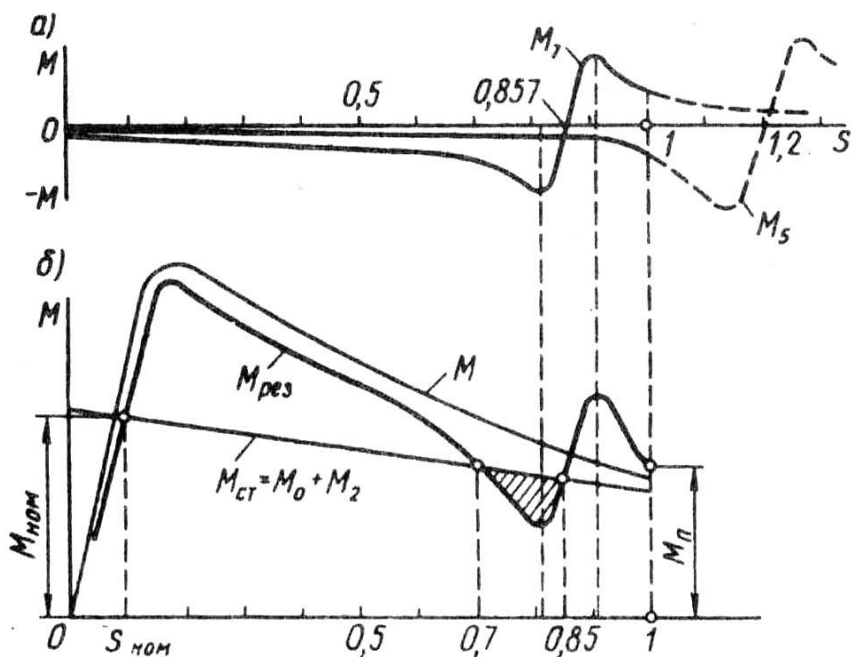


Рис. 1. Асинхронные моменты от основной и высших (5-й и 7-й) гармоник поля

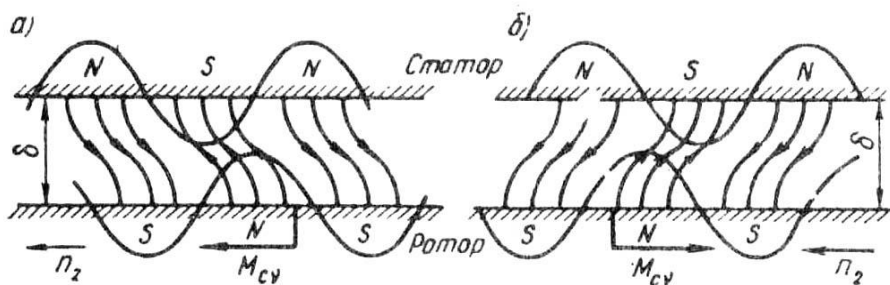


Рис. 2. Влияние взаимного расположения в пространстве полюсов высших пространственных гармоник поля статора и ротора на направление синхронного момента:

а — синхронный момент положительный,
б — синхронный момент отрицательный

Эффективное средство ослабления влияния высших гармоник на свойства двигателей — скос пазов ротора в пределах зубцового деления. В этом случае ЭДС в стержнях ротора от зубцовых гармоник поля статора снижаются почти до нуля. Действие высших гармоник поля ослабляют также правильным выбором числа пазов статора Z_1 и ротора Z_2 . Рекомендуется соотношение $Z_2 \leq 1,25 (Z_1 \pm p)$.

Синхронные моменты. Между вращающимися магнитными полями высших пространственных гармоник статора и ротора, имеющими одинаковый порядок, возникают силы магнитного взаимодействия. Результатом этого взаимодействия является возникновение синхронного момента M_{cv} . В общем случае поля статора и ротора от высших пространственных гармоник вращаются с разными частотами ($n_{v1} \neq n_{v2}$), а поэтому направление синхронного момента M_{cv} меняется в

зависимости от взаимного расположения магнитных полюсов взаимодействующих полей. Обычно частота изменения знака момента M_{cv} велика, и из-за большой инерции ротора этот момент не оказывает заметного влияния на вращение ротора. Но при некоторой частоте вращения ротора поля высших гармоник статора и ротора начинают вращаться с одинаковой частотой вращения ($n_{v1} = n_{v2}$). В этом случае направление синхронного момента M_{cv} становится стабильным. В зависимости от взаимного расположения магнитных полюсов магнитных полей момент M_{cv} может быть положительным или отрицательным (рис. 2).

Синхронные моменты в асинхронном двигателе нежелательны, т. е. являются паразитными, так как они могут вызвать провалы в механической характеристике двигателя. Наибольшего значения синхронные моменты достигают при наличии зубцовых гармоник поля статора и ротора одинакового порядка, т. е. при $v_{z1} = v_{z2}$. Синхронные моменты наиболее опасны при следующих соотношениях пазов статора и ротора (Z_1 и Z_2):

$$Z_1 = Z_2; \quad Z_1 - Z_2 = \pm 2p.$$

Особенно нежелательно равенство числа пазов на статоре и роторе ($Z_1 = Z_2$), так как это может привести к «прилипанию» ротора к статору: зубцы ротора силами магнитного тяжения удерживаются под зубцами статора. Уменьшению синхронных моментов способствует скос пазов на роторе.