

Для исследуемого синхронного двигателя (СД) параметры определяются по методикам, предложенным в [1]. В результате известными параметрами при номинальной частоте $f = 50$ Гц являются: активное сопротивление фазы обмотки статора, Ом; индуктивность рассеяния фазы статорной обмотки, Гн; число витков в фазе обмотки статора; коэффициент обмотки статора; число витков обмотки возбуждения; основной магнитный поток, Вб; магнитное сопротивление воздушного зазора по продольной оси, А/Вб; магнитное сопротивление воздушного зазора по поперечной оси, А/Вб; потери в стали в номинальном режиме, Вт. Расчет активного сопротивления фазы эквивалентной обмотки вихревых токов, Ом проводился в предположении, что активное сопротивление фазы эквивалентной обмотки вихревых токов много больше индуктивного. Вследствие этого потери в обмотке вихревых токов определяются следующим образом.

(1) Переход от параметров синхронной машины (СМ) с двумя парами полюсов к эквивалентным параметрам обобщенной машины (ОМ) следует осуществлять в три этапа [2, 3]. 1 этап - переход от трехфазной к двухфазной машине с двумя парами полюсов. Трехфазная обмотка статора заменяется двухфазной обмоткой с осями d, q , причем каждая фаза имеет число витков одной фазы трехфазной обмотки, т.е. $w_d = w_q = w$. При этом активное сопротивление фазы двухфазной обмотки статора и обмотки вихревых токов уменьшается в полтора раза, т.е. (2), (3) а также индуктивность потока рассеяния фазы обмотки якоря уменьшается в полтора раза, т.е. (4) 2 этап - переход от двухфазной машины с двумя парами полюсов к обобщенной машине с сосредоточенными обмотками. Рассмотрим магнитную систему СД, имеющего две пары полюсов (рис. 1). Рис. 1 - Магнитная система СД, $p = 2$ На каждом полюсе имеется катушка обмотки возбуждения с числом витков w_p , по которой протекает ток i_f . Каждый полюс создает магнитный поток Φ , который преодолевает магнитное сопротивление воздушного зазора $R_{\text{мб}}$, а также сопротивление зубцово-пазового слоя на толщине h_z , сопротивление ярма статора на длине l_c (до поперечной оси q) и сопротивление магнитопровода ротора на длине l_r (до поперечной оси q). На рис. 1 показаны только проводники продольной фазы с током i_d - 4 группы по $w/2$ проводников. Видно, что на один зазор приходится МДС $(i_d w + i_f w_f)/4$. Перейдем к обобщенной электрической машине с одной парой полюсов, магнитная система которой представлена на рис. 2. При этом сохраним активную длину машины и диаметр расточки статора. Кроме этого сохраним магнитный поток одного полюса, число витков, ток и сопротивление обмотки возбуждения и продольной, поперечной фаз обмотки статора. На рис. 2 видно, что на один воздушный зазор приходится МДС $(i_d w + i_f w_f)/2$. Для того чтобы магнитный поток полюса сохранился, необходимо, чтобы магнитное сопротивление воздушного зазора по продольной и поперечной осям обобщенной машины было в два раза больше, чем у реального двигателя. Следовательно, (5). (6) Магнитная индукция в воздушном зазоре должна быть

в два раза меньше, чем у реального двигателя, в связи с этим у ОМ момент должен быть в два раза меньше, чем у реального двигателя. Рис. 2 - Магнитная система ОМ, $r_p = 1$ Полюсное деление ОМ в два раза больше (соответственно больше полюсная дуга). Следовательно, для увеличения магнитного сопротивления вдвое, длина воздушного зазора должна быть больше длины реального зазора в четыре раза. Отметим, что средняя длина витка обмотки возбуждения предполагается неизменной. Индуктивности обмотки возбуждения и фаз обмотки статора ОМ с $r_p = 2$ сохраняются в ОМ с $r_p = 1$ в связи с сохранением их токов и потокосцеплений. 3 этап - переход от сосредоточенных обмоток фаз к синусоидально распределенным вдоль воздушного зазора обмоткам фаз ОМ. Рассмотрим соотношения между обмоточными данными и магнитными величинами реального двигателя и ОМ. В ОМ полагается, что обмотка статора распределена синусоидально. Пусть производная от числа витков определяется формулой (7) Тогда число витков фазы (8) Отсюда следует: (9) МДС, созданная рассматриваемой фазой ОМ, имеет распределение (10) Рассмотрим магнитную индукцию в зазоре. Пусть она распределена по гармоническому закону: (11) Магнитный поток, сцепленный с витками, расположенными на расстоянии x от продольной оси фазы, определяется выражением (12) где l - активная длина машины. При $x = \tau/2$ получаем (13) Потокосцепление синусоидально распределенных витков фазы с синусоидально распределенным магнитным потоком определяется по формуле: (14) Отсюда следует, что средний по виткам магнитный поток (15) Момент, который создается при взаимодействии тока одной фазы с магнитным потоком, направленным по ортогональной оси, определяется по формуле: (16) Сосредоточенная обмотка фазы статора с числом витков w витков и обмоточным коэффициентом k_w создает амплитуду МДС на один зазор: (17) Если сосредоточенную обмотку фазы заменить на фазу с синусоидально распределенными витками, то число витков такой фазы будет (18) Значение фазного тока ОМ в 1.5 раза больше амплитуды фазного тока статора СД, а значение фазного напряжения ОМ равно амплитуде фазного напряжения СД. Таким образом, полученные соотношения позволяют представить картину магнитного поля в ОМ и верно определить ее параметры через расчетные данные реального СД. Переход от реальной СМ к обобщенной следует проводить в три этапа - переход от трехфазной машины к двухфазной, переход к обобщенной машине с сосредоточенными обмотками, переход к ОМ с синусоидально распределенными обмотками, что позволяет представить ОМ как реальный объект.