

**ГЛАВНЫЕ РАЗМЕРЫ ДВИГАТЕЛЬНО-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ
ЧАСТИ АСИНХРОННОГО БЕСЩЕТОЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ
ЧАСТОТЫ И ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ НАГРУЗОК**

В. С. НОВОКШЕНОВ

(Представлено научно-техническим семинаром ЭМФ)

Асинхронный бесщеточный преобразователь частоты (АБПЧ) состоит из асинхронного приводного двигателя, асинхронного преобразователя и обращенной синхронной машины [1, 2]. Приводной двигатель и асинхронный преобразователь совмещены в одном магнитопроводе: в пазах пакета статора расположены первичная обмотка (обмотка 1) асинхронного двигателя и вторичная обмотка (обмотка 3) асинхронного преобразователя; в пазах пакета ротора расположены вторичная обмотка (обмотка 2') асинхронного двигателя и первичная обмотка (обмотка 2) асинхронного преобразователя; магнитный поток асинхронного двигателя Φ_1 и магнитный поток асинхронного преобразователя Φ_2 находятся в общем магнитопроводе из пакетов стали статора и ротора. Обычно обмотки 2' и 2 объединяются в одну обмотку, выполняющую функции двух. Якорь обращенной синхронной машины, от которой осуществляется питание первичной обмотки асинхронного преобразователя, находится на одном валу с пакетом ротора двигательльно-преобразовательной части АБПЧ.

Вес активных материалов двигательльно-преобразовательной части АБПЧ, как и вес активных материалов обычной асинхронной машины, определяется произведением квадрата внутреннего диаметра пакета статора на его длину ($D^2 l$).

Согласно известному основному расчетному уравнению электрической машины [3] величина $D^2 l$ может быть выражена, с одной стороны, через мощность и электромагнитные нагрузки приводного асинхронного двигателя

$$D^2 l = \frac{8,6 \cdot 10^{11} P'_1}{k_{w1} A_1 B_1 n_1} = \frac{8,6 \cdot 10^{11} P'_1}{k_{w1} (1-c_A) (1-c_B) A_{13} B_{12} n_1}, \quad (1)$$

с другой стороны, через мощность и электромагнитные нагрузки асинхронного преобразователя

$$D^2 l = \frac{8,6 \cdot 10^{11} P'_3}{k_{w3} A_3 B_2 n_3} = \frac{8,6 \cdot 10^{11} P'_3}{k_{w3} c_A c_B A_{13} B_{12} n_3}. \quad (2)$$

Здесь

$$P'_1 = k_{E1} P_1, \quad (3)$$

$$P'_3 = k_{E3} P_3 \quad (4)$$

расчетные мощности обмоток 1 и 3 в *кВа*,

где P_1, P_3 —потребляемая и отдаваемая мощности АБПЧ в *кВа*;

$k_{E1} = 0,92 \div 0,96$; $k_{E3} = 1,04 \div 1,08$ —коэффициенты;

n_1, n_3 —скорости вращения магнитных полей асинхронного двигателя и асинхронного преобразователя относительно обмоток 1 и 3 в об/мин;

$k_{\omega 1}, k_{\omega 3}$ —обмоточные коэффициенты обмоток 1 и 3;

A_1, A_3 —линейные нагрузки обмоток 1 и 3 в *а/см*;

B_1, B_2 —магнитные индукции в воздушном зазоре магнитных полей Φ_1 и Φ_2 в *гс*;

$A_{13} = A_1 + A_3$ —суммарная линейная нагрузка;

$B_{12} = B_1 + B_2$ —суммарная магнитная нагрузка;

$$c_A = \frac{A_3}{A_{13}}, \quad c_B = \frac{B_2}{B_{12}} \quad \text{— величины, характеризующие распределе-}$$

ние электрической и магнитной нагрузок между обмотками.

Уравнения (1) и (2) позволяют исключить одно из неизвестных. Приравняв правые части уравнений (1) и (2) и учитывая выражения (3), (4), после некоторых преобразований получим зависимость между величинами c_A и c_B :

$$c_A = \frac{1 - c_B}{1 - c_B(1 - k)}, \quad (5)$$

где коэффициент

$$k = \frac{P_1 n_3 k_{\omega 3} k_{E1}}{P_3 n_1 k_{\omega 1} k_{E3}}. \quad ($$

Подставляя выражение (5) в уравнение (2), получим окончательное выражение величины $D^2 l$:

$$D^2 l = \frac{8,6 \cdot 10^{11} P_3 k_{E3} [1 - c_B(1 - k)]}{k_{\omega 3} A_{13} B_{12} n_3 c_B (1 - c_B)}. \quad (7)$$

Отдаваемая АБПЧ мощность P_3 и скорость вращения n_3 являются заданными величинами. Суммарная линейная нагрузка A_{13} определяется в основном допустимым перегревом обмоток и заданным коэффициентом полезного действия АБПЧ. Так как магнитные потоки Φ_1 и Φ_2 находятся в общем магнитопроводе, то намагничивающие токи асинхронного двигателя и асинхронного преобразователя зависят от величины магнитных индукций обоих полей [2]. Поэтому магнитная нагрузка B_{12} определяется в основном заданными значениями коэффициента мощности и коэффициента полезного действия. При заданной отдаваемой мощности АБПЧ электромагнитные нагрузки A_{13} и B_{12} , как и электромагнитные нагрузки обычных асинхронных двигателей, могут изменяться в довольно узких пределах.

Коэффициент k определяется величинами, входящими в выражение (6).

Величина c_B , характеризующая распределение электромагнитных нагрузок между асинхронным двигателем и асинхронным преобразователем, могла бы конструктором выбираться произвольно. Однако выбор того или иного значения величины c_B оказывает очень большое влияние на объем и вес активных материалов. Действительно, при изменении величины e_B от нуля до единицы величина $D^2 l$ изменяется от бесконечности до некоторого минимального значения, а затем опять при $c_B \rightarrow 1$ стремится к бесконечности. Зависимость $D^2 l = f(c_B)$, полученная при постоянных значениях прочих величин, входящих в уравнение (7), имеет вид U-образной кривой a , представленной на фиг. 1. Очевидно, что величина c_B должна выбираться исходя из условия минимума веса активных материалов.

Оптимальное значение величины c_B , соответствующее минимуму веса активных материалов при заданных значениях прочих величин, входящих в уравнение (7), может быть получено из уравнения

$$\frac{\partial}{\partial c_B} (D^2 l) = 0. \quad (8)$$

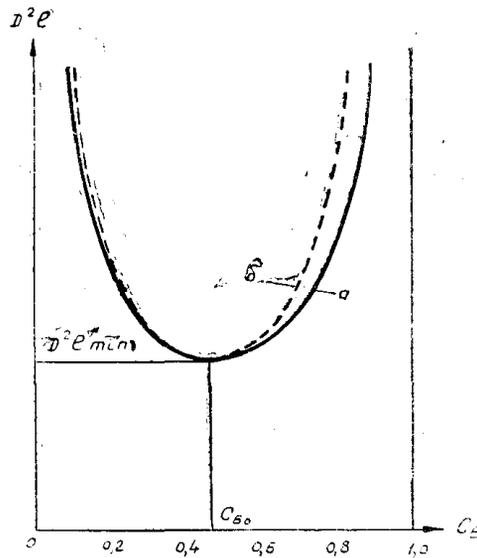
Подставив в уравнение (8) значение $D^2 l$, выраженное уравнением (7), после некоторых преобразований получим:

$$c_{BO} = \frac{1 \pm \sqrt{k}}{1-k}, \quad (9)$$

где c_{BO} — оптимальное значение величины c_B . Так как $0 < c_B < 1$, то выражение (9) со знаком „плюс“ перед радикалом теряет физический смысл. Следовательно,

$$c_{BO} = \frac{1 - \sqrt{k}}{1-k}. \quad (10)$$

Так как потери электрических машин являются функцией электромагнитных нагрузок и веса активных материалов, то очевидно, что при заданных электромагнитных нагрузках A_{13} , B_{12} минимум веса АБПЧ соответствует минимуму его потерь. При отклонениях величины c_B от оптимальной потери увеличиваются, что приводит к увеличению потребляемой мощности P_1 и, следовательно, к увеличению коэффициента k . Поэтому зависимость $D^2 l = f(c_B)$, построенная с учетом изменения коэффициента k , будет иметь вид кривой b , представленной на фиг. 1, имеющей тот же минимум, что и кривая a , но проходящей выше ее при $c_B \neq c_{BO}$. Кривые a и b убедительно показывают, насколько глубоко влияние выбора величины c_B на вес активных материалов и насколько важно определение оптимального значения величины c_B .



Фиг. 1.

Выводы

1. Уравнение (7), связывающее главные размеры двигательного преобразовательной части АБПЧ с его мощностью, электромагнитными нагрузками и скоростями вращения магнитных полей, можно считать одним из основных расчетных уравнений АБПЧ.

2. Величина c_B , характеризующая распределение электромагнитных нагрузок в двигательной преобразовательной части АБПЧ, должна выбираться из условия минимума веса активных материалов и минимума потерь согласно уравнению (10).

3. Приведенные выше выражения (7) и (10) могут быть использованы при проектировании любых электрических машин, основанных на применении принципа совмещения двух вращающихся магнитных полей в одном магнитопроводе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авторское свидетельство № 106209.
 2. Новокшенов В. С. Некоторые вопросы теории асинхронного бесщеточного преобразователя частоты. Известия Томского политехнического института, том. 94, ГЭИ, 1958.
 3. Р. Рихтер. Электрические машины, т. 1, ГОНТИ, 1939.
-