

О ВЫБОРЕ ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫХ СИНХРОННЫХ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Е. В. Кононенко, Г. И. Лукиянов

(Представлена научным семинаром кафедры
электрических машин)

При проектировании новых электродвигателей, какими являются усовершенствованные синхронные реактивные двигатели (СРД), в первую очередь возникает необходимость определения основных геометрических размеров — диаметра расточки (D) и длину пакета (l) статора. Как и в других электрических машинах, от соотношения между D и l зависят вес, стоимость и технико-экономические характеристики СРД.

В настоящее время в технической литературе существует ряд методик для определения главных размеров СРД [1, 2]. В [1] предлагается метод выбора основных размеров по заданной величине максимального момента в синхронном режиме или по заданной величине перегрузочной способности. В [2] предлагается определять основные размеры по базисной мощности, в качестве которой принимается $P_{\text{баз.}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{U^2}{X_m}$, причем для определения последней задаются индукцией B_δ и вместо линейной нагрузки относительным воздушным зазором $\delta' = \frac{\delta}{\tau}$.

Применение этих методик предполагает использование опытных данных, которые имеются для двигателей мощностью до 600 вт. Кроме того, расчеты по этим методикам требуют большой затраты времени при определении основных размеров, особенно при мощности более 0,6 квт.

В настоящей работе предлагается методика определения основных размеров СРД, исходя из электромагнитных нагрузок A и B_{md} с помощью известной формулы машинной постоянной для обычного синхронного или асинхронного двигателя.

Известно, что расчетная мощность СРД может быть определена так:

$$P_p = m \cdot E \cdot I_1 \quad (1)$$

Выразим расчетную мощность через электромагнитные нагрузки и основные размеры.

Согласно [3] первая гармоническая составляющая эдс фазы, создающая магнитный поток по продольной оси,

$$E_{aq1} = \sqrt{2} \pi \cdot f \cdot W_1 \cdot K_w \cdot \Phi_{d1} \quad (2)$$

где $f = \frac{p \cdot n}{60}$ — частота тока в сети;

W_1 — число витков фазы обмотки статора;

K_w — обмоточный коэффициент;

Φ_{d1} — первая гармоническая составляющая магнитного потока по продольной оси.

Ток фазы обмотки статора

$$I_1 = \frac{A \cdot \pi \cdot D}{2 \cdot m \cdot W_1}, \quad (3)$$

где A — линейная нагрузка.

Подставляя в (1) формулы (2) и (3), получим

$$P_p = \frac{\sqrt{2} \pi^2}{2} K_w \cdot p \cdot n \cdot \Phi_{d1} \cdot A \cdot D. \quad (4)$$

Так как

$$\Phi_{d1} = \alpha_d \cdot \tau \cdot l \cdot B_{ad1}, \quad (5)$$

где α_d — расчетный коэффициент полюсного перекрытия;

τ — полюсное деление;

B_{ad1} — первая гармоническая индукции по продольной оси.

то

$$P_p = \frac{\sqrt{2} \pi^3}{4} K_w \cdot \alpha_d \cdot D^2 \cdot l \cdot n \cdot A \cdot B_{ad1}. \quad (6)$$

Обычно при определении главных размеров оперируют максимальной индукцией в воздушном зазоре. Последняя согласно [4] равна

$$B_{md} = \frac{B_{ad1}}{K_d}, \quad (7)$$

где K_d — коэффициент, характеризующий степень уменьшения амплитуды первой гармонической поля по продольной оси из-за явнополюсности ротора.

С учетом этого выражение (6) можно представить так:

$$P_p = \frac{\sqrt{2} \pi^3}{4} K_w \cdot \alpha_d \cdot K_d \cdot D^2 \cdot l \cdot n \cdot A \cdot B_{md}. \quad (8)$$

Из уравнения (8) получаем выражение для машинной постоянной

$$C_A = \frac{D^2 \cdot l \cdot n}{P_p} = \frac{4}{\sqrt{2} \pi^3 \cdot K_w \cdot \alpha_d \cdot K_d \cdot A \cdot B_{md}}, \quad (9)$$

откуда

$$D = \sqrt[3]{C_A \cdot \frac{P_p \cdot \gamma}{n}}, \quad (10)$$

где $\gamma = \frac{D}{l}$.

Выражение (10) позволяет определить главные размеры СРД. Для этого предварительно необходимо задаваться электромагнитными нагрузками и рядом коэффициентов. При определении C_A можно принять $K_w = 0,92$ — $0,93$ при двухслойной обмотке с укороченным шагом и $K_w = 0,96$ при однослойной обмотке с диаметральным шагом; значения коэффициентов α_d и K_d определяются по кривым [4].

Мощность СРД в номинальном режиме определяется допустимым перегревом обмотки статора [5]. В СРД электрические потери в роторе отсутствуют. Следовательно, для того чтобы перегрев обмотки статора был таким же, как и у соответствующего асинхронного двигателя, необходимо увеличить линейную нагрузку СРД по сравнению с линейной нагрузкой асинхронного двигателя такого же исполнения и габаритов на 10—15%.

Обычно для лучшего использования электротехнической стали магнитная система СРД выполняется более насыщенной, чем в асинхронных двигателях. При выборе индукции в воздушном зазоре это обстоятельство необходимо учесть и увеличить B_{md} на 10—15% по сравнению с B_{δ} асинхронного двигателя.

Расчетная мощность может быть определена по формуле

$$P_p = \frac{K_{Ed} \cdot P_n}{\eta_n \cdot \cos \varphi_n} \quad (11)$$

Ориентировочные значения коэффициента K_{Ed} :

$$\begin{aligned} K_{Ed} &= 0,93 - 0,96 \text{ при } 2p=2, \\ K_{Ed} &= 0,86 - 0,96 \text{ при } 2p=4, \\ K_{Ed} &= 0,86 - 0,94 \text{ при } 2p=6, \\ K_{Ed} &= 0,86 - 0,87 \text{ при } 2p=8. \end{aligned}$$

Номинальные значения к. п. д. выбираются такими же, как и у асинхронного двигателя соответствующей мощности. $\cos \varphi_n$ выбирается на 15—20% ниже, чем $\cos \varphi_n$ асинхронного двигателя соответствующей мощности. Линейная нагрузка, максимальная индукция в воздушном зазоре, $\cos \varphi_n$ и к. п. д. асинхронных двигателей определяется по [6].

Отношение $\gamma = \frac{D}{l}$ при проектировании СРД на базе асинхронного двигателя берется таким же, что и у асинхронного двигателя. В общем случае желательно это отношение увеличить, особенно в 2- и 4-полюсном исполнении по сравнению с асинхронным двигателем. Это связано с тем, что у усовершенствованных СРД на роторе имеются дополнительные немагнитные пазы, ширина которых при проектировании должна выбираться максимально возможной с точки зрения насыщения спинки ротора, но не менее (0,05—0,075) τ .

Внешний диаметр статора D_a определяется из соотношения

$$D_a \approx D + 0,8 \tau,$$

или из соотношений:

$$\begin{aligned} D_a &= (1,95 - 1,85) D \text{ при } 2p=2, \\ D_a &= (1,61 - 1,56) D \text{ при } 2p=4, \\ D_a &= (1,44 - 1,41) D \text{ при } 2p=6, \\ D_a &= (1,39 - 1,34) D \text{ при } 2p=8. \end{aligned}$$

Диаметр D_a округляется до ближайшего стандартного значения по табл. 1.

Таблица 1

1 габ.	2 габ.	3 габ.	4 габ.	5 габ.	6 габ.	7 габ.	8 габ.
мм 133	мм 153	мм 180	мм 208	мм 243	мм 291	мм 343	мм 393

После этого уточняются D и l .

Пример определения главных размеров

1. Исходные данные:

$$P_n = 3 \text{ кВт}; \quad 2p = 4; \quad f = 50 \text{ гц.}$$

2. Определяем P_p по (11)

$$P_p = \frac{0,86 \cdot 3000}{0,85 \cdot 0,71} = 4270 \text{ (ва)},$$

где

$$K_{Ed} = 0,86; \eta_n = 0,85; \cos \varphi_n = 0,71.$$

3. Определяем C_A по (9).

$$C_A = \frac{4 \cdot 10^4}{\sqrt{2} \pi^3 0,96 \cdot 0,55 \cdot 0,92 \cdot 265 \cdot 0,81} = 8,8 \text{ (см}^3/\text{дж.)},$$

где

$$K_w = 0,96; \alpha_d = 0,55; K_d = 0,92; A = 265 \text{ (а/см)}, B_{md} = 8100 \text{ (гс)}.$$

4. Задавая $\gamma = 0,97$, определяем D по (10)

$$D = \sqrt[3]{8,8 \frac{4270 \cdot 0,97}{50/2}} = 11,3 \text{ (см.)}$$

5. Определяем D_a

$$D_a = (1,61 - 1,56) D = 18,2 \div 17,2 \text{ (см)}.$$

Выбираем стандартное значение $D_a = 18 \text{ (см)}$.

6. Уточняем D и определяем l

$$D = \frac{D_a}{1,61} = \frac{18}{1,61} = 11,2 \text{ (см)},$$

$$l = \frac{D}{\gamma} = \frac{11,2}{0,97} = 11,5 \text{ (см)}.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. И. М. Постников, В. В. Ралле. К расчету трехфазных синхронных реактивных двигателей. Сб. «Проблемы технической электродинамики», Изд-во «Наукова думка», Киев, 1965.
2. Д. П. Костенко. Определение основных размеров синхронно-реактивных двигателей. Сб. «Электромашиностроение и электрооборудование», вып. 2, Харьков, 1966.
3. Е. В. Кононенко, А. Н. Айферт, Б. П. Гарганеев. Учет влияния насыщения на параметры синхронных реактивных двигателей. Изв. ТПИ, том 160, 1966.
4. Е. В. Кононенко, А. Н. Айферт. Исследование магнитного поля простых синхронных реактивных двигателей. Изв. ТПИ, т. 172, 1967.
5. Е. В. Кононенко. Сравнение синхронно-реактивных, синхронных и асинхронных двигателей, Изв. вузов «Электромеханика», № 4, 1965.
6. Обмоточные данные асинхронных двигателей. Под ред. П. И. Цибулевского, «Энергия», 1966.