



УДК 621.313.33

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ МАГНИТОПРОВОДА АКСИАЛЬНОЙ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ

### DETERMINATION OF THE MAIN GEOMETRIC DIMENSIONS OF THE MAGNETIC CIRCUIT OF THE AXIAL INDUCTION MACHINES

**Автайкин Илья Николаевич**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры электротехники и электрических машин,  
Кубанский государственный технологический университет  
glubokovodnik@yandex.ru

**Квон Алексей Михайлович**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры электротехники и электрических машин,  
Кубанский государственный технологический университет  
alexndinasofi@yandex.ru

**Аннотация.** В работе производится расчет основных геометрических соотношений и размеров магнитной системы аксиальной асинхронной машины. В основе расчета лежат основные положения, применяемые при проектировании классических электрических машин.

**Ключевые слова:** аксиальная асинхронная машина; магнитопровод; расчет основных геометрических размеров.

**Avtaykin Ilya Nikolaevich**

Ph.D. (Tech.), Associate Professor,  
Department of electrical engineering  
and electrical machines,  
Kuban state technological University  
glubokovodnik@yandex.ru

**Kvon Aleksei Mikhailovich**

Ph.D. (Tech.), Associate Professor,  
Department of electrical engineering  
and electrical machines,  
Kuban state technological University,  
alexndinasofi@yandex.ru

**Annotation.** In work calculation of the basic geometrical ratios and the sizes of magnetic system of the axial asynchronous machine is made. The calculation is based on the basic provisions used in the design of classical electrical machines.

**Keywords:** axial asynchronous machine; the magnetic circuit; calculating the main geometrical dimensions.

Применение аксиальных асинхронных машин в нефтегазовой отрасли позволит повысить эффективность технологических процессов при сепарировании нефтяных фракций, воды и других компонентов, уменьшить габаритные продольные размеры агрегатов, улучшить охлаждение агрегатов на базе аксиальных машин.

При проектировании электрических машин большое внимание уделяется проблеме уменьшения их габаритов и веса [1]. Техничко-экономические показатели аксиальных асинхронных машин [2] существенно зависят от отношения  $n = D_H/D_B$  наружного –  $D_H$  и внутреннего –  $D_B$  диаметров магнитопроводов этих машин (рис. 1).

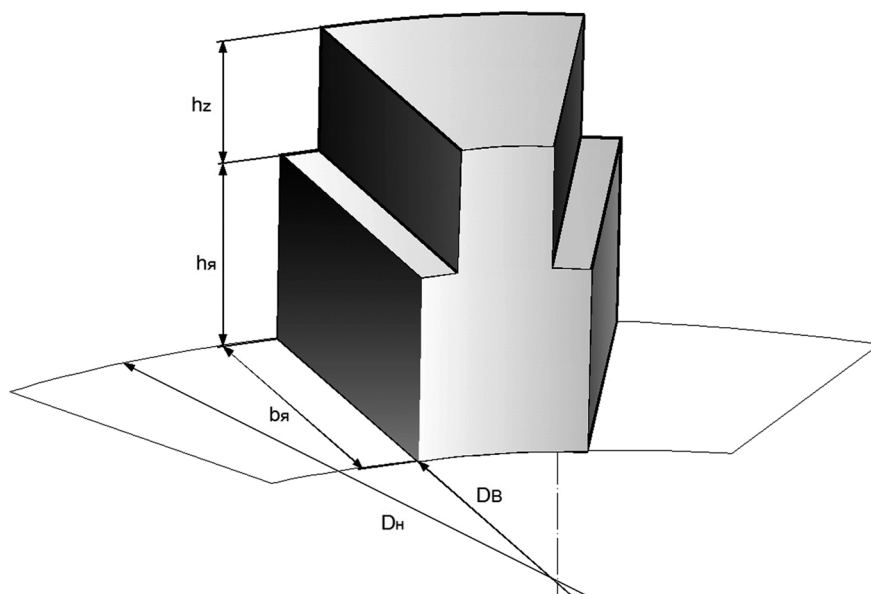


Рисунок 1 – Фрагмент магнитопровода ААД



Для определения геометрических размеров магнитной части аксиальных асинхронных машин, при разных значениях соотношения между внутренним и наружным диаметрами, задаемся объемом стали магнитопровода серийно выпускаемого радиального асинхронного двигателя мощностью  $P = 7,5$  кВт с числом пар полюсов  $p = 2$ .

Объем пространства занимаемый магнитопроводом статора или ротора определяется вычитанием из общего объема гладкого цилиндра (без пазов) объема пространства занимаемого пазами.

$$V_{\text{маг}} = V_{\text{ц}} - Z_1 \cdot V_{\text{п}}, \quad (1)$$

где  $V_{\text{ц}}$  – объема гладкого цилиндра (без пазов);  $V_{\text{п}}$  – объем пространства занимаемый одним пазом.

Объем пространства занимаемый одним пазом:

$$V_{\text{п}} = S_{\delta} \cdot (h_z + h_{\text{я}}), \quad (2)$$

где  $S_{\delta}$  – площадь воздушного зазора выраженная относительно  $D_{\text{в}}$ ;  $h_z$  – высота зубца или глубина паза, задаётся в начале проектирования;  $h_{\text{я}}$  – высота ярма магнитопровода.

Площадь воздушного зазора, выраженная относительно внутреннего диаметра магнитопровода

$$S_{\delta} = \pi \cdot \frac{[D_{\text{н}}^2 - D_{\text{в}}^2]}{4} = \frac{\pi}{4} [(n \cdot D_{\text{в}})^2 - D_{\text{в}}^2] = \frac{\pi}{4} \cdot D_{\text{в}}^2 \cdot [n^2 - 1], \quad (3)$$

где  $n$  – соотношение между наружным и внутренним диаметрами.

Выразим высоту ярма относительно внутреннего диаметра магнитопровода

$$h_{\text{я}} = \frac{S_{\text{я}}}{b_{\text{я}}} = \frac{\frac{S_{\delta}}{\sigma}}{\frac{D_{\text{в}}}{2} \cdot [n-1]} = \frac{\pi \cdot D_{\text{в}} \cdot [n^2 - 1]}{[n-1] 2\sigma}, \quad (4)$$

где  $S_{\text{я}}$ ,  $b_{\text{я}}$  – площадь поперечного сечения и ширина ярма соответственно.

Площадь поперечного сечения ярма выбирается исходя из соображения допустимого насыщения ярма. Поэтому ее величина зависит от площади воздушного зазора машины. Принято соотношение, равное соотношению серийно выпускаемого радиального асинхронного двигателя:

$$\sigma = \frac{S_{\delta}}{S_{\text{я}}} = 9.$$

Ширина ярма, равная длине паза и зубца

$$b_{\text{я}} = l_z = l_{\text{п}} = \frac{D_{\text{н}} - D_{\text{в}}}{2} = \frac{D_{\text{в}}}{2} \cdot [n - 1]. \quad (5)$$

Объем цилиндра статора без пазов, выраженный через внутренний диаметр магнитопровода

$$V_{\text{ц}} = S_{\delta} \cdot (h_z + h_{\text{я}}) = \frac{\pi}{4} \cdot D_{\text{в}}^2 \cdot [n^2 - 1] \cdot \left( 2h_z + \frac{\pi \cdot D_{\text{в}} \cdot [n^2 - 1]}{36 \cdot [n - 1]} \right). \quad (6)$$

Объем пространства занимаемый пазами:

$$V_{\text{п}} = Z \cdot S_{\text{п}} \cdot l_z,$$

где  $Z$  – количество пазов (зубцов);  $S_{\text{п}}$  – площадь поперечного сечения паза.

Объем пространства занимаемый пазами, выраженный через внутренний диаметр магнитопровода:

$$V_{\text{п}} = Z \cdot S_{\text{п}} \cdot \frac{D_{\text{в}}}{2} \cdot [n - 1]. \quad (7)$$

Для нахождения  $D_{\text{в}}$ , при заданном объеме стали магнитопровода, и соотношении  $n$ , с учетом уравнений (1), (2) и (3), получим:

$$V_{\text{ц}} - V_{\text{п}} - V_{\text{маг}} = 0. \quad (8)$$

$$\frac{\pi}{4} \cdot D_{\text{в}}^2 \cdot [n^2 - 1] \cdot \left( 2h_z + \frac{\pi \cdot D_{\text{в}} \cdot [n^2 - 1]}{36 \cdot [n - 1]} \right) - Z \cdot S_{\text{п}} \cdot \frac{D_{\text{в}}}{2} \cdot [n - 1] - V_{\text{маг}} = \quad (9)$$

При подстановке в уравнение значений  $n$ ,  $Z$ ,  $S_{\text{п}}$ ,  $V_{\text{маг}}$  получаются степенные уравнения третьего порядка. Отыскание корней и расчет основных параметров производился с помощью алгоритма реализованного в среде автоматизированного проектирования MathCad 15.



Результаты расчетов сведены в таблицу 1.

**Таблица 1** – Основные геометрические размеры магнитопровода

| Параметры магнитопровода           | Соотношения $n = D_H/D_B$ |         |         |         |         |         |         |
|------------------------------------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                    | 1,5                       | 2       | 2,5     | 3       | 5       | 8       | 10      |
| $D_H$ , мм                         | 409,22                    | 378,71  | 371,03  | 368,86  | 370,35  | 374,32  | 376,14  |
| $D_B$ , мм                         | 272,81                    | 189,35  | 148,41  | 122,95  | 74,07   | 46,79   | 37,61   |
| $L_{\text{ср}}$ , мм               | 1071                      | 892,32  | 815,93  | 772,54  | 698,09  | 661,48  | 649,93  |
| $S_{\text{я}}$ , мм <sup>2</sup>   | 2043,08                   | 2362,26 | 2539,47 | 2655,95 | 2891,61 | 3029    | 3076    |
| $S_{\delta}$ , мм <sup>2</sup>     | 73068                     | 84483   | 90821   | 95000   | 103415  | 108330  | 110012  |
| $h_{\text{я}}$ , мм                | 29,955                    | 24,950  | 22,814  | 21,6    | 19,510  | 18,495  | 18,172  |
| $t_{\text{ZH}}$ , мм               | 26,783                    | 24,786  | 24,283  | 24,142  | 24,239  | 24,499  | 24,618  |
| $t_{\text{ZB}}$ , мм               | 17,855                    | 12,393  | 9,713   | 8,047   | 4,847   | 3,062   | 2,461   |
| $V_{\text{маг}}$ , мм <sup>3</sup> | 3183248                   | 3183248 | 3183248 | 3183248 | 3183248 | 3183248 | 3183248 |

Вышеприведенные геометрические размеры магнитопровода необходимы для описания математической модели и ее дальнейшего исследования на микро-уровне, например в среде моделирования *Ansoft Maxwell*, для расчета параметров на макро-уровне моделирования, а также при технологической подготовке производства. Полученные параметры позволят провести анализ магнитного поля машины с последующим расчетом электромагнитного момента между статором и ротором и других электромагнитных и механических характеристик аксиальной асинхронной машины.

#### Литература:

1. Гайтов Б.Х., Автайкин И.Н., Квон А.М. и др. Влияние геометрических радиальных соотношений аксиальной электрической машины на ее габаритные характеристики и электромагнитный момент // Энергосбережение и водоподготовка. – М. : изд-во: ООО ЭНИВ. – 2013. – № 4 (84). – С. 47–49.
2. Автайкин И.Н., Квон А.М., Косолапов А.В. Определение рациональных параметров аксиальной электрической машины для электроприводов установок перерабатывающей промышленности // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – Краснодар : изд-во «Кубанский государственный технологический университет». – 2017. – № 1 (355). – С. 67–70.

#### References:

1. Gaytov B.H., Avtaykin I.N., Kwon A.M., etc. Influence of geometrical radial ratios of the axial electrical machine on her dimensional characteristics and electromagnetic moment // Energy saving and water treatment. – M. : publishing house: LLC ENIV. – 2013. – № 4 (84). – P. 47–49.
2. Avtaykin I.N., Kwon A.M., Kosolapov A.V. Determination of rational parameters of the axial electrical machine for electric drives of installations of processing industry // News of higher educational institutions. Food technology. – Krasnodar : publishing house «The Kuban state technological university». – 2017. – № 1 (355). – P. 67–70.