

**ОПТИМАЛЬНЫЙ ВЫБОР ОСНОВНОЙ ГЕОМЕТРИИ  
ИНТЕГРИРУЮЩИХ АСИНХРОННЫХ ТАХОГЕНЕРАТОРОВ**

В. Ф. КАРАУШЕВ

(Представлена научно-техническим семинаром кафедры электрооборудования)

При проектировании любой электрической машины одним из важнейших моментов, определяющих в конечном счете все основные характеристики будущей машины, является выбор оптимальных величин главных размеров магнитопровода — диаметра расточки  $D$  и длины пакета  $l$ . В случае расчета асинхронных тахогенераторов (АТ) с полым ротором эта задача приобретает особую важность, так как обычно требуется создать машину высокой точности (относительная амплитудная ошибка не более 0,01 — 0,1%) в минимальных габаритах с максимально возможным использованием активных материалов. Кроме того, при этом важно выполнить требования унификации и технологичности проектируемой машины. Все эти требования в значительной мере противоречивы, вследствие чего при определении геометрии магнитопровода необходим поиск оптимального варианта с учетом того, что главным требованием, которому должен удовлетворить проектируемый АТ, является обеспечение заданной точности.

В известной литературе, посвященной расчету асинхронных тахогенераторов, вопросы выбора оптимальной геометрии АТ либо вовсе не рассматриваются [1], либо рассматриваются недостаточно подробно [2]. Однако, принимая во внимание соображения, изложенные выше, представляется важным рассмотреть эти вопросы более детально.

В целях унификации наружные размеры электрических микромашин рекомендуется выбирать в соответствии с рядом  $R — 10 a$  предпочтительных чисел (ГОСТ 12126—66). Вследствие этого, задача выбора основной геометрии АТ заключается в нахождении оптимальных соотношений между диаметром корпуса машины и геометрическими размерами вырубki магнитопровода, обеспечивающих допустимые с точки зрения точности и стабильности выходных характеристик АТ величину индукции в железе  $B_{ж}$  и плотность тока  $j_0$  в обмотке возбуждения.

В качестве основы для решения поставленной задачи примем метод выбора оптимальных размеров магнитопровода, изложенный в [3] для вращающихся трансформаторов. Существо метода применительно к вопросам проектирования интегрирующих АТ рассмотрим, имея в виду машину с обмотками, расположенными на внутреннем статоре. Соответствующий эскиз вырубki магнитопровода приведен на рис. 1.

Полагая, что индукция на всех участках магнитной цепи примерно одинакова (что практически выполняется для многополюсных малона-

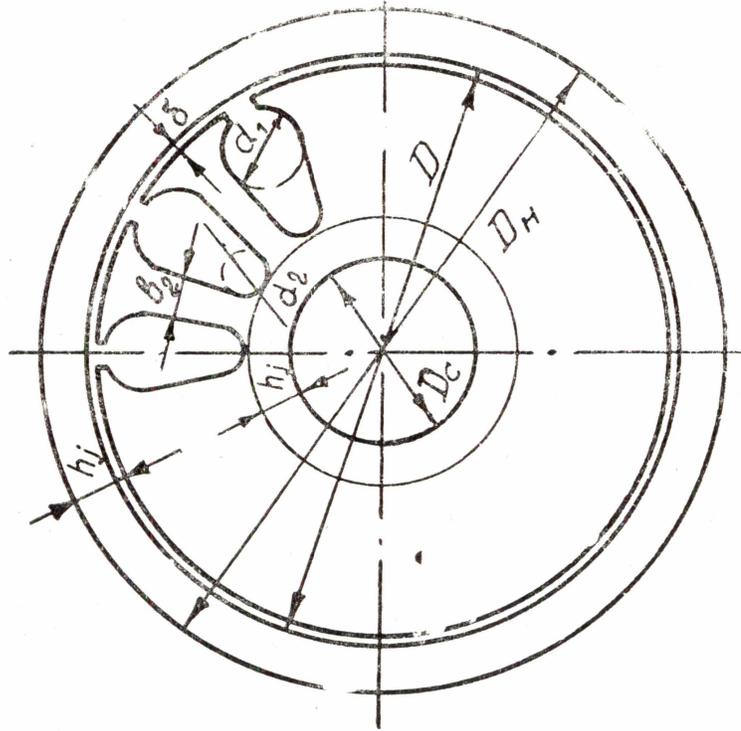


Рис. 1. Эскиз вырубki магнитофона

сыщенных микромашин, каковой является и АТ), для геометрических размеров магнитопровода (рис. 1) можно записать

$$2h_j = \frac{D}{p\gamma}, \quad b_z = \frac{\pi D}{\gamma Z}, \quad d_1 \approx \frac{\pi D \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)}{Z + \pi}. \quad (1)$$

Здесь  $\gamma = \frac{B_{жк}}{B_{\delta}}$  — отношение допустимого значения индукции в железе к максимальному в воздушном зазоре;

$p$  — число пар полюсов;

$Z$  — число пазов.

Далее, из геометрических соображений можно приближенно определить площадь пазов

$$S_{п} \approx \frac{\pi}{4} [D^2 - (D_c + 2h_j)^2] - \frac{b_z Z}{2} (D - D_c - 2h_j) - \frac{\pi D - b_z Z}{2} d. \quad (2)$$

Отсюда следует, что при прочих равных условиях площадь пазов определяется главным образом величиной диаметра расточки  $D$ . Поэтому для того, чтобы связать площадь пазов и геометрию вырубki с наружным диаметром корпуса  $D_n$  тахогенератора, введем отношение

$$y = \frac{D}{D_n} = \frac{1 - \frac{2\delta}{D_n}}{1 + \frac{1}{p\gamma}} \approx \frac{1}{1 + \frac{1}{p\gamma}}, \quad (3)$$

где  $D_{\text{н}} = (D_{\text{к}} - 2\Delta_{\text{к}})$  — наружный диаметр пакета магнитопровода;  $\Delta_{\text{к}}$  — толщина стенки корпуса.

Поскольку величина  $\Delta_{\text{к}}$  выбирается конструктивно, то величину диаметра  $D_{\text{н}}$  можно считать заданной. Тогда, воспользовавшись формулами (1) и (3), выражение (2) можно записать в виде:

$$S_{\text{п}} = \frac{\pi}{4} D_{\text{н}}^2 \left[ \left( \frac{p\gamma - 1}{p\gamma + 1} - y_{\text{с}} \right) \left( 1 + y_{\text{с}} - \frac{2p}{p\gamma + 1} \right) - \frac{\pi p}{2(Z + \pi)} \left( \frac{\gamma - 1}{p\gamma + 1} \right)^2 \right] = f_1(\gamma), \quad (4)$$

где  $y_{\text{с}} = \frac{D_{\text{с}}}{D_{\text{н}}} \approx (0,2 \div 0,3)$  — отношение диаметров в соответствии с рис. 1.

С другой стороны, площадь пазов определяется величиной плотности тока в обмотке возбуждения АТ. Если считать, что ток, потребляемый обмоткой возбуждения из сети, является намагничивающим, что вполне можно принять для интегрирующих АТ, то можно установить зависимость площади пазов  $S_{\text{п}}$  и от плотности тока  $j_0$ . Для этого воспользуемся соотношениями:

$$\frac{1}{\mu_0} B_{\delta} \delta' = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot \frac{\omega_1 \kappa_{\omega 1}}{p} I_0; \quad I_0 = j_0 q_0; \quad \sigma_s S_{\text{п}} \kappa_{\text{зп}} = 2\omega_1 q_0, \quad (5)$$

где  $(\omega_1 \kappa_{\omega 1})$  — эффективное число витков обмотки возбуждения;  
 $\sigma_s$  — отношение числа пазов, занятых обмоткой возбуждения, к общему числу пазов;  
 $\kappa_{\text{зп}}$  — коэффициент заполнения паза;  
 $q_0$  — сечение меди проводника.

Отсюда следует

$$\frac{S_{\text{п}}}{D_{\text{н}}^2} = \frac{a_1}{\gamma} = f_2(\gamma), \quad (6)$$

где  $a_1 = \frac{\pi}{\sqrt{2}\mu} \cdot \frac{B_{\text{ж}} \delta' p}{\sigma_s \kappa_{\text{зп}} \kappa_{\omega 1} j_0 D_{\text{н}}^2}$  — коэффициент электромагнитной нагрузки.

На рис. 2 приведены две группы кривых, рассчитанных соответственно по уравнениям (4) и (6) для  $p = 2, 3, Z = 12$  и  $y_{\text{с}} = 0,2 \div 0,30$ .

Для определения оптимальной геометрии вырубki с помощью кривых подобного вида необходимо найти оптимальную величину  $\gamma_{\text{опт}}$  при выбранных  $B_{\text{ж}}$  и  $j_0$ . Для этого достаточно при известном коэффициенте  $a_1$  и числе пар полюсов  $p$  определить абсциссу  $\gamma$  точки пересечения кривых  $f_1(\gamma)$  и  $f_2(\gamma)$  и воспользоваться соотношениями (1) и (3).

Из выражения для коэффициента  $a_1$  следует, что для нахождения его величины, а затем и величины  $\gamma_{\text{опт}}$ , необходимо выбрать схему обмотки и задаться допустимыми значениями  $B_{\text{ж}}$  и  $j_0$ , исходя из тех требований по точности, которые предъявляются к проектируемому АТ.

Так, допустимая величина индукции в железе  $B_{\text{ж}}$  определяется требованиями по обеспечению максимальной магнитной проницаемости пакета и линейности основной кривой намагничивания. В малогабаритных АТ величина  $B_{\text{ж}}$  зачастую определяется требованиями технологической выполнимости вырубki. В зависимости от применяемого мате-

риала для АТ разных габаритов можно указать следующие значения индукции:

- пермаллой 79НМ — 0,3 ÷ 0,6 тл;
- пермаллой 50Н — 0,5 ÷ 0,9 тл.

Допустимая плотность выбирается ориентировочно, исходя из допустимого уровня потерь и определяемого ими нагрева корпуса ма-

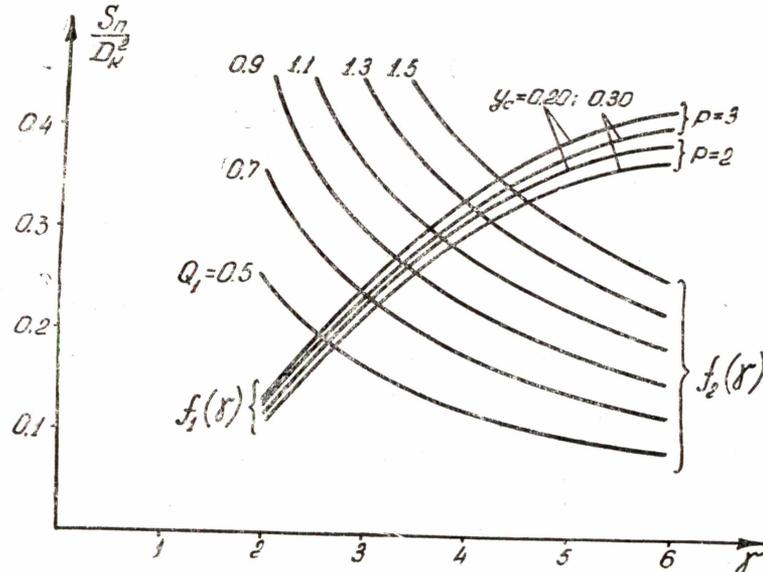


Рис. 2. Зависимость  $\frac{S_n}{D_n^2} = f(\gamma)$

шины. В зависимости от габаритов можно принять плотность тока в пределах следующих значений:

$$j_0 = (3 \div 6) \cdot 10^2 \text{ а/см}^2.$$

Таким образом, в статье изложен метод выбора оптимальной геометрии магнитопровода интегрирующего тахогенератора с обмотками на внутреннем статоре. Аналогично можно решить вопрос и о выборе геометрии для АТ с другим размещением обмоток.

Предложенный метод может служить основой для расчета АТ, имеющего максимальную точность и крутизну в заданных габаритах при максимальных электромагнитных нагрузках. С незначительными изменениями метод можно применить для расчета демпфирующих АТ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. П. А. Зубцов. Метод расчета асинхронного тахогенератора. Энергетический сборник Челябинского п. и., № 2, 1959.
2. Г. С. Сомхина. «Выбор основных размеров асинхронного тахогенератора». Изв. вузов, Электромеханика, № 8, 1963.
3. Электрические машины малой мощности. Под ред. Д. А. Завалишина. ГЭИ, 1963.