

использование локальных установок для обеспыливания воздуха. Очевидна актуальность поставленной задачи, если учесть, что 1 грамм пыли содержит свыше 2,5 миллиардов бактерий и обладает очень сильными аллергенными свойствами.(1) Снижение содержания пыли воздухе улучшает условия содержания птицы и обслуживающего персонала. В настоящее время разрабатываются малогабаритные установки для локальной очистки воздуха от пыли с использованием природных органических сорбентов на основе модифицированного торфа. Торф обладает бактерицидными свойствами и его использование позволяет снизить бактериальное загрязнения птичника

В Белорусском государственном аграрном техническом университете установка, которая предназначена для очистки и обеззараживания воздуха производственных помещений птицефабрик от аммиака и микрофлоры. Особенно эффективно это оборудование может использоваться в отопительный период, когда по существующей технологии подаваемый воздух необходимо подогревать. При использовании такого оборудования воздух очищается от вирусов, бактерий, плесени, грибов и другой микрофлоры. Снижается уровень заболеваемости птицы, и соответственно уменьшаются расходы на необходимые для их лечения и профилактики на ветпрепараты.

К ВОПРОСУ О ЧИСЛЕ ПАЗОВ ЗУБЧАТОГО МАССИВНОГО РОТОРА АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Гурий В.В. (БГАТУ) г. Минск

О необходимости разработки специальных роторов (зубчатых массивных или двухслойных) для асинхронных электродвигателей и об эффективности их использования для приводов многих рабочих машин указывается в работах [1]...[5] и других.

Однако вопрос о числе пазов зубчатого массивного ротора до конца не решен. Оптимизация зубцовой зоны массивного ротора является сложной задачей.

В [6] такая оптимизация проведена путем расчета параметров и характеристик на основе массивно-клеточной модели зубчатого ротора. Однако эта методика не пригодна для инженерных расчетов.

В работе [7] того же автора предложен более простой путь. Он основан на оптимизации по качественным критериям. Однако, как будет показано ниже, расчетные и опытные значения оптимального числа пазов согласуются неудовлетворительно.

Данная работа посвящена оптимизации числа пазов величине электромагнитного момента.

Известно, что вращающий момент асинхронного двигателя определяется выражением:

$$M = C_m \Phi_m I_2' \cos \psi_2 \quad (1)$$

где $\cos \psi_2$ – коэффициент мощности ротора;

Φ_m – магнитный поток, Вб;

I_2' – приведенный ток ротора, А;

C_m – коэффициент, определяемый по выражению (2):

$$C_m = m_1 K_{об1} p / \sqrt{2} \quad (2)$$

где m_1 – число фаз двигателя;

$K_{об1}$ – обмоточный коэффициент;

p – число пар полюсов.

Магнитный поток, проникающий в массивный зубчатый ротор, пропорционален поверхности ротора, за вычетом поверхности вырезов:

$$\Phi_m = C_1 (\pi d - bz) l \quad (3)$$

где d – диаметр ротора, м;

l – длина ротора, м;

b – ширина паза, м;

z – число пазов;

C_1 – коэффициент пропорциональности.

Нарезание зубцов на роторе приводит к увеличению периметра ротора и сечения, по которому протекает ток. Периметр находится по формуле:

$$\Pi = \pi d - zb + 2zh \quad (4)$$

где h – высота зубцов, м;

Ток пропорционален периметру и сечению, по которому проходит ток:

$$I_2' \cos \psi_2 = C_2 \frac{a_2}{\rho l} \Pi = C_2 \frac{a_2}{\rho l} (\pi d - zb + 2zh) \quad (5)$$

где C_2 – коэффициент;

a_2 – эквивалентная глубина проникновения электромагнитного поля в зубчатый ротор, м;

ρ – удельное сопротивление ротора, ом·м.

Из опытов известно, что $\cos \psi_2$ для массивного ротора есть величина постоянная. Подставляя (2), (3) и (5) в уравнение (1), получим:

$$M = C_3(\pi d - zb)(\pi d - zb + 2zh) \quad (6)$$

где $C_3 = C_m C_1 C_2 \frac{a_2}{\rho} \cos \psi_2$.

Из формулы (6) видно, что $M = f(z, b, h)$.

Определим число пазов, при котором момент двигателя достигает максимального значения. Для этого возьмем производную dM/dz и приравняем ее к нулю. Тем самым найдем то значение пазов, при котором момент максимальный. Далее исследуем это значение.

Во-первых, установим, что для увеличения момента требуется увеличивать отношение h/b .

Во-вторых, установим, что увеличивать высоту зубцов h более 10мм не имеет смысла, поскольку величина момента от этого увеличивается незначительно.

В-третьих, введем ограничение на ширину t_2 ножки зубца (рис.1а) Ее ширина должна составлять не менее двойной глубины проникновения электромагнитного поля в ротор при частоте 50Гц, т.е. должна быть 2...4мм.

В-четвертых, введем ограничение на минимальную ширину пазов, связанную с технологией изготовления: $b \geq 1,0$ мм.

Оптимальное число пазов определяется по формуле:

$$Z_{opt} = \frac{\pi d - 2\pi h}{2a_{0,05} + b} \quad (7)$$

Теоретический вывод об оптимальном числе пазов массивного зубчатого ротора подтверждается экспериментальными данными.

На рис. 1а приведены шесть механических характеристик асинхронного двигателя при различных значениях Z , b и h [8].

На рис. 1б нанесены значения Z и b для указанных на рис.1а роторов, а так же линия АВ оптимальных значений Z_{opt} , полученная по уравнению (7), в котором $a_{0,05} = 1,5 \cdot 10^{-3}$ м и $h = 10 \cdot 10^{-3}$ м. Ширина зубца в нижней части составила $3 \cdot 10^{-3}$ м.

Из рисунка 1а следует, чем ближе число пазов и их ширина соответствуют линии АВ, тем лучшие характеристики роторов. Роторы №6 и №4 наиболее близко подходят к линии АВ оптимальных значений, причем ротор №6 имеет более узкие пазы, следовательно, имеет лучшую механическую характеристику.

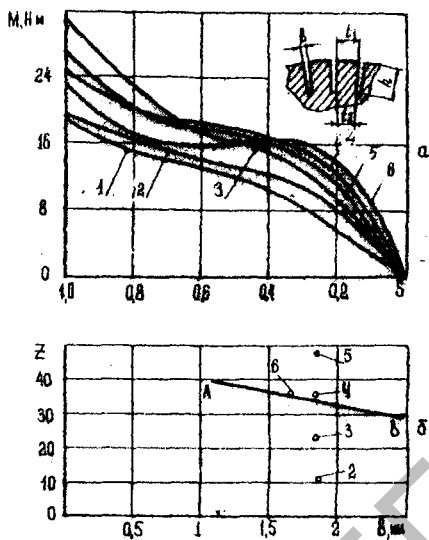


Рисунок 1 – Механические характеристики асинхронного погружного электродвигателя ($d = 71,2 \cdot 10^{-3}$ м) при различной геометрии зубцовой зоны (а) и зависимость оптимального числа пазов от ширины паза по опыту и расчету (б): 1 – ротор с гладкой поверхностью; 2 – зубчатый $z=12$, $b=1,85$ мм, $h=12$ мм; 3 – зубчатый, $z=18$, $b=1,85$ мм, $h=12$ мм; 4 – $z=24$, $b=1,85$ мм, $h=12$ мм; 5 – $z=48$, $b=1,85$ мм, $h=12$ мм; 6 – $z=36$, $b=1,65$ мм, $h=10$ мм; АВ – линия оптимального числа пазов Z_{opt} при $t_2 = 3 \text{ мм} = \text{const}$ и $h = 10 \text{ мм} = \text{const}$.

Интересно отметить, что в работе [7] оптимальное число пазов определяется по формуле:

$$Z_{\text{opt}} = \pi k_s \left[1 + \frac{k_{bz}}{\left(\frac{D_2 - d_0}{2D_2} \right) \frac{l_1}{l_2} - \frac{\pi \alpha_s}{4p} k_{bs}} \right] \quad (8)$$

где D_2 – наружный диаметр ротора, м;

d_0 – внутренний диаметр ротора, м;

l_1 – длина магнитопровода статора, м;

l_2 – длина магнитопровода ротора, м;

$k_s, \alpha_s, k_{bs}, k_{bz}$ – коэффициенты, которые рекомендуется выбирать: $k_s = 5 \dots 8$; $\alpha_s = 0,7 \dots 0,75$; $k_{bs} = 0,42 \dots 0,58$; $k_{bz} = 0,32 \dots 0,48$.

При $D_2 = 71,2 \cdot 10^{-3}$ м и $d_0 = 24 \cdot 10^{-3}$ м [8], с учетом указанных выше коэффициентов $Z_{opt} = 66 \dots 110$, что значительно превосходит оптимальное опытное значение $Z_{opt} = 36$.

При определении числа пазов массивного зубчатого ротора рекомендуется пользоваться формулой (7).

Литература

1. Могильников В.С., Олейников А.М., Стрельников А.Н. Асинхронные двигатели с двухслойным ротором. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 120 с.

2. Гаврилюк И.А. Электропривод вибрирующих рабочих органов почвообрабатывающих и свеклоуборочных машин: Автореф. дисс., канд. тех. наук, Киев, 1982. – 24 с.

3. Иванов В.В. Экспериментальные исследования асинхронного двигателя с двухслойным асинхронным ротором. – Электротехническая промышленность.: Сер. Электрические машины, 1982, вып. 4(134), с. 17–19.

4. Калинин Л.А., Шипуль П.Т., Гурин В.В. Результаты исследования асинхронных электродвигателей с ферромагнитными гильзами на роторе для автоматизированных электроприводов. – Сб. научн. тр./Бел. ин-т мех. с.х. – Горки, 1976, с. 44–48.

5. Юньков М.Г. Электропривод – уровень и перспективы. – Электротехника, 1980, №1, с. 33–36.

6. Лищенко А.И., Лесник В.А. Асинхронная машина с массивным ферромагнитным ротором оптимальной геометрии. – Киев, ИЭД АН УССР, 1978. – 186 с.

7. Лищенко А.И. Оптимальные конструктивные параметры массивного ротора асинхронных машин различной мощности. – Электротехника, 1983, №1, с. 4–7.

8. Сазонов Н.А., Шумилин Г.Д. Асинхронный привод с массивным ротором электродвигателя в сельскохозяйственном водоснабжении. В кн.: Вопросы сельскохозяйственной механики. – Мн. 1964, т.12, с. 187–245.

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ ПЕРЕГРУЗКЕ

Гурин В.В., Бабаева Е.В., Батраков Д.В., (БГАТУ) г. Минск

Трехфазный асинхронный электродвигатель, как объект защиты, может быть представлен структурной схемой, содержащей входные и выходные параметры, а также возмущения (рисунок 1).