

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРИ СОХРАНЕННОЙ ПОПЕРЕЧНОЙ ГЕОМЕТРИИ МАШИНЫ

Кортенко А. В., Усачева Т.В.

Научный руководитель: Усачева Т.В., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: ant-kort@yandex.ru

Проблема энергосбережения на сегодняшний день актуальна не только в России, но и в мире в целом. В мировой практике электромашиностроения сложилось направление решения проблемы энергосбережения за счет проектирования энергоэффективных асинхронных двигателей [1]. У нас в стране эта проблема особенно актуальна для экономики, поскольку по общемировым показателям энергоёмкость нашего промышленного производства выше. Данная проблема все больше обостряется в связи с увеличением стоимости энергоносителей. Из-за этого конкурентоспособность российской продукции в большей степени зависит именно от экономного расходования электроэнергии. На данный момент проектирование энергоэффективных электрических машин в России является первоочередной задачей энергосбережения страны в целом [2]. Таким образом, энергоэффективные асинхронные двигатели (АД) – это электродвигатели, которые совершают больше работы на единицу энергии, чем базовые аналоги, так как они имеют более высокий коэффициент полезного действия (КПД), а также обладают повышенной надежностью и имеют более низкие показатели по уровню шума и вибрации.

Цель работы: на основе математической модели с сохраненной поперечной геометрии машины провести моделирование энергоэффективных асинхронных двигателей средней мощности при изменении длины сердечников статора и ротора изменении обмоточных данных машины, с учетом параметров надежности.

Этот путь моделирования энергоэффективных АД наиболее экономически целесообразен. Он не требует инвестиций на переоборудование производства. Данный способ проектирования вызывают дополнительный расход активных материалов при изготовлении АД, и при этом увеличивается стоимость машины, но возрастание стоимости АД компенсируется за счет меньших затрат на период эксплуатации, повышенной надежности [3].

Расчеты производились на основе математической модели с сохраненной поперечной геометрии машины. Исходными параметрами модели являются - поперечная геометрия базовых машин: внешний и внутренний диаметры статора и пазовые зоны. Ограничивающим факторам расчета стали среднее превышение температуры обмотки статора и показатели качества:  $M_m^*$  – (2.59, о.е.) – кратность максимального вращающего момента,  $I_p^*$  – (6.2, о.е.) – кратность пускового тока,  $M_p^*$  – (1.43, о.е.) – кратность пускового вращающего мо-

мента. В скобках приведены допустимые значения показателей качества, которые удовлетворяют требованию ГОСТа [4].

В качестве выходных параметров математической модели приняты: КПД –  $\eta$ , коэффициент мощности –  $\cos\phi$ , единичный показатель надежности. В качестве единичного показателя надежности принято увеличение срока службы изоляции  $T_{сл}/T_0$  и уровня магнитного шума, и вибрации. Математическая модель реализована в программной среде MathCAD.

С помощью программы были промоделированы базовые асинхронные двигатели серии АИР с различной высотой оси вращения 112, 132, 160.

Для наглядности в таблице 1 представлены результаты электромагнитного, теплового расчет, для двигателя серии АИР160S4 мощностью  $P_2=15$ , кВт. Столбцы сформированы для АД при базовом значении длины  $l_\delta$  и при ее увеличении, с одновременным уменьшением числа витков  $w_1$ .

Таблица 1.  
Результаты электромагнитного, теплового расчета для двигателя серии АИР160S4

Параметры	Ед.	$l_\delta$			
		0.14	0.15	0.16	0.17
$l_\delta$	%	100	107	114	121
$w_1$	-	104	96	88	88
$w_1$	%	100	92	84	84
$I_1$	А	28.69	28.3	28.06	28.25
$I_2$	А	26.4	25.81	25.26	25.56
$B_\delta$	Тл	0.749	0.748	0.745	0.743
$d_{эл}$	мм	1.32	1.32	1.32	1.4
$K_{зан}$	-	0.715	0.7	0.66	0.71
$r_1$	-	0.043	0.043	0.043	0.033
$r_2$	-	0.021	0.02	0.019	0.02
$P_{\delta 1}$	кВт	0.809	0.743	0.684	0.634
$P_{\delta 2}$	кВт	0.336	0.287	0.242	0.259
$P_{cm}$	кВт	0.362	0.384	0.415	0.426
$\Theta_m$	$^{\circ}\text{C}$	85.853	84.932	84.193	83.35
$\eta$	-	0.898	0.903	0.906	0.908
$\cos\phi$	-	0.892	0.891	0.886	0.889
$M_{II}^*$	о.е.	1.2	1.244	1.21	1.41
$M_M^*$	о.е.	2.54	2.8	2.59	2.7
$I_{II}^*$	о.е.	6.51	6.5	7.44	7.09

На основе данных, полученных при помощи математической модели, выразим зависимости, показывающие взаимосвязь между КПД и мощностью проектируемого АД, представленные на ри-

сунке 1 и изменение потерь АД при увеличении длины сердечника – на рисунке 2.

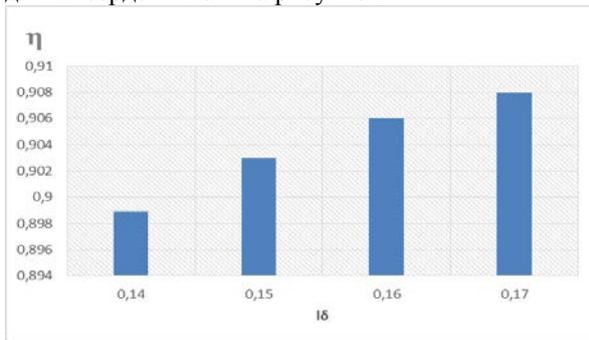


Рис. 1. Значения КПД при увеличении длины сердечника АД

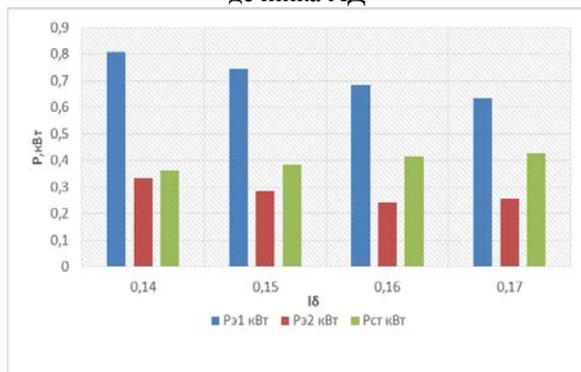


Рис. 2. Изменение потерь АД при увеличении длины сердечника

Анализируя таблицу 1 при длине  $l_{\delta}$  - 121% и числа витков  $w_1 = 84\%$  наблюдается наиболее высокий КПД из четырех исследуемых вариантов. Но этому варианту соответствуют высокие потери и чрезмерная длина вала. Это может привести к усложнению технологии производства и увлечению расхода материала. Поэтому оптимальным принят вариант при длине  $l_{\delta}$  - 114% и числа витков  $w_1 = 84\%$ . КПД при таком варианте достигает требуемого ГОСТом значения [4]. Число витков в обмотке фазы статора при данном варианте также на соответствующем уровне.

По данным таблицы 1 произведем расчет и дадим оценку изменения надежности смоделированного энергоэффективного АД. В таблице 2 представлены результаты по увеличению срока службы изоляции энергоэффективных АД при сохранении поперечной геометрии.

Таблица 2.

Результаты по увеличению срока службы изоляции

$P_2$ , кВт	$l_{\delta}$ , м	$\Delta\theta_i$ , °C	$T_{cl}/T_0$ , о.е.	$T_{cl}$ , часы
15	0.15	0.93	1,735	3470
	0.16	1.66	1,757	3514
	0.17	2.503	1,768	3535

На рисунке 3 представлены наглядно результаты расчета параметра надежности в виде гистограмм.

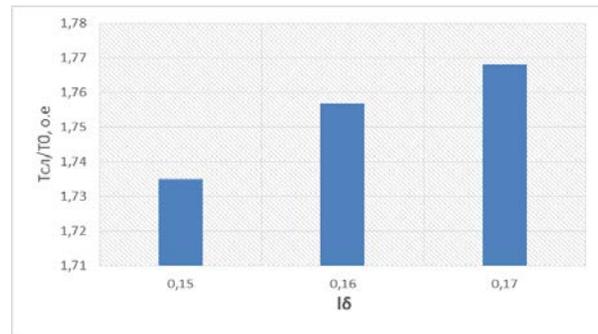


Рис. 3. Изменение срока службы изоляции

На рисунке 4 представлены результаты коэффициента, учитывающего уровня электромагнитного шума и вибрации.

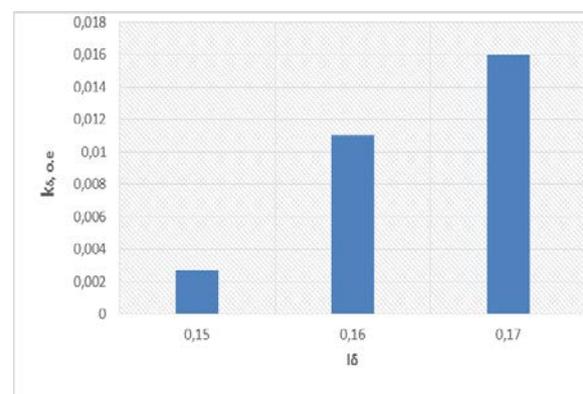


Рис. 4. Изменение уровня электромагнитного шума и вибрации

В результате расчета энергоэффективных АД, смоделированных на основе базовых машин серии АИР при сохраненной поперечной геометрии и при изменении длин сердечников и обмоточных данных, позволяет снизить уровень возмущающих сил электромагнитного шума и вибрации.

Подводя итоги, следует отметить, что смоделированные энергоэффективные АД обладают не только лучшими показателями энергоэффективности, но и повышенной надежностью, а также сроком службы, что позволит повысить их конкурентоспособность.

#### Список литературы

1. Безрученко В.А. Энергосберегающий электропривод // Электро. – 2001. – № 1. – С. 43-46.
2. Энергетическая стратегия России // ТЭК. – 2003. – № 2. – С. 5–37.
3. Тютеева П.В. Оценка надежности при проектировании энергоэффективных асинхронных двигателей. ‘Современная техника и технологии’ – Томск: издательство ТПУ, 2010 г.
4. ГОСТ Р 52776-2007 Машины электрические вращающиеся. Номинальные данные и характеристики.