

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРУЕМОГО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Лукин М.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

В недалеком будущем вопрос об энергосбережении станет одним из основных рассматриваемых проблем, т.к. при быстром развитии экономики, будет дефицит электрической энергии, путями решения данной проблемы являются – введение новых систем генерации электрической энергии и энергосбережение. Первый путь является длительным во времени и достаточно дорогим, а второй сравнительно быстрее и выгоднее с финансовой точки зрения, т.к. при энергосбережении 1 кВт электрической мощности стоит в 4-5 раза дешевле, чем в первом случае. Значительные затраты электроэнергии на единицу всеобщего валового продукта создают огромную возможность энергосбережения в народном хозяйстве. Следовательно, энергосбережение является важнейшим фактором повышения эффективности и экономического роста народного хозяйства.[1]

Основной целью данной работы, является рассмотрение возможностей проектирования асинхронных двигателей с повышенными энергетическими показателями (КПД и коэффициент мощности), со следующими параметрами: с высотой оси вращения 132 мм, мощностью 11 кВт, четырьмя полюсами - для обеспечения максимального энергосбережения всего электропривода.

В качестве прототипа был подобран двигатель АИР 132М4У3. Выбор двигателя серии АИ является не случайностью. Двигатели данной серии являются наилучшим выбором в отношении энергетических показателей и качества в целом. Они находятся на одном уровне с подобными двигателями зарубежных предприятий, даже превосходят их по массогабаритным размерам.

Выбрать наиболее приемлемый вариант расчета при проектировании электрической машины можно, сопоставив несколько других вариантов расчета, поэтому без использования вычислительной техники невозможно проделать быстрый и надежный расчет двигателя. Для начала был проведен электромагнитный расчет асинхронного двигателя по стандартной методике [2]. Проведенный расчет принимается базовым, и в дальнейшем опираясь на результаты, полученные в базовом варианте, будет производиться оптимизация проектируемой электрической машины.

Для улучшения энергетических показателей, увеличиваем следующий параметр машины – длину магнитопровода l_{δ} . На данном этапе изменению будет подвержен лишь этот параметр, т.к. при изменении нескольких параметров электродвигателя, невозможно будет правильно проследить, из-за какого параметра меняются энергетические показатели в ту или иную сторону. Для увеличения длины магнитопровода можно изменять значения электромагнитных нагрузок: линейная нагрузка и магнитная индукция в воздушном зазоре. Но можно увеличить длину магнитопровода и без регулирования этих параметров. Значение длины магнитопровода будет присваиваться, т.к. электромагнитные нагрузки определяют свойства стали сердечника, а вставка дополнительной пластины в пакет магнитопровода никак не влияет на свойства материала стали.

Некоторые параметры, которые оставались неизменными: Число витков: $w_1=102$. Диаметр элементарного проводника обмотки статора: $d_{из}=1,585$ мм. Воздушный зазор: $\delta=0,4$ мм.

Таблица 1. Результаты расчетов при изменении длины сердечника

Длина сердечника статора l_1								
ПК	%	100	101	103	105	107	109	110
	м	0,14	0,1425	0,145	0,1475	0,15	0,1525	0,155
η , %		88,93	88,97	88,983	88,987	88,99	88,97	88,96
$\cos\varphi$, о.е.		0,881	0,886	0,89	0,893	0,896	0,898	0,9
M_n^* , о.е.		2,332	2,298	2,253	2,212	2,213	2,127	2,102
I_n^* , о.е.		7,661	7,592	7,556	7,516	7,496	7,421	7,378
s, %		2,32	2,35	2,4	2,44	2,48	2,52	2,55
$P_{эл}$, Вт		98,49	90,26	84,36	79,18	74,97	71,44	68,48
$P_{магн}$, Вт		288,02	282,3	276,96	271,69	266,77	262,62	258,25
θ , °С		75,47	73,87	72,4	71,61	70,6	70,2	69,42
$M_{ст}$, кг		32,15	32,67	33,2	33,75	34,28	34,79	35,32
$M_{медь}$, кг		6,372	6,417	6,462	6,508	6,553	6,599	6,646
$M_{ал}$, кг		1,76	1,783	1,806	1,83	1,852	1,875	1,898

На таблице 1 можно наблюдать, как с увеличением длины магнитопровода КПД и коэффициент мощности также увеличиваются, но нужно заметить, что в отличие от коэффициента мощности, при дальнейшем увеличении длины магнитопровода больше 0,15 м, КПД начинает уменьшаться.

Для увеличения объема активной части стали можно было регулировать не только длину магнитопровода, но и диаметр пакета сердечника. Однако изменение геометрии поперечного сечения двигателя повлечет за собой изменение штампов для изготовления, что потребует колоссальных затрат капитала. Все это неоправданно и очень дорого. Хотя и наличие в производстве нескольких длин магнитопровода для одной высоты оси вращения, также принесет некоторые осложнения (сложность оснастки, отступление от оптимальных параметров машин), именно это позволит получить преимущества в других моментах, поэтому изменение длины является более приемлемым способом улучшения энергетических показателей.

Определение потенциальных возможностей изменения материалоемкости конструкции двигателей, производится путем расчета удельной материалоемкости модернизированного асинхронного двигателя. В таблице 2 приведены значения изменения удельной материалоемкости (G , %).

Таблица 2. Изменение удельной материалоемкости

Длина сердечника, м	$G_{ст} \cdot 10^{-3}$, кг/Вт	$G_{медь} \cdot 10^{-3}$, кг/Вт	$G_{ал} \cdot 10^{-3}$, кг/Вт
0,1425	29,7	0,583	0,162
0,145	30,2	0,587	0,164
0,1475	30,6	0,591	0,166
0,15	31,2	0,595	0,168
0,1525	31,6	0,599	0,17
0,155	32,1	0,604	0,172

Для наглядного представления данных приведенных в таблице 1 и 2 были построены зависимости энергетических показателей (КПД и $\cos\varphi$), удельной материалоемкости (G) от значений длины магнитопровода при его увеличении (рисунки 1 – 4).

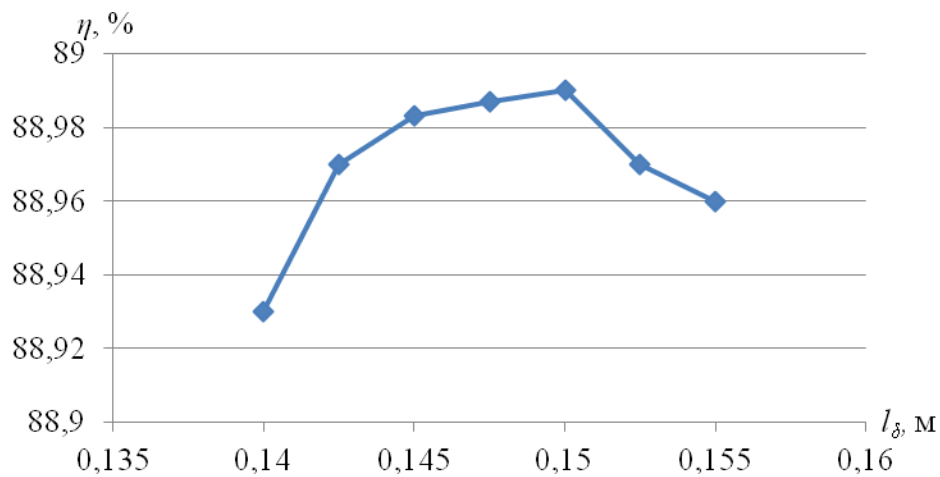


Рис. 1. Зависимость КПД от длины магнитопровода

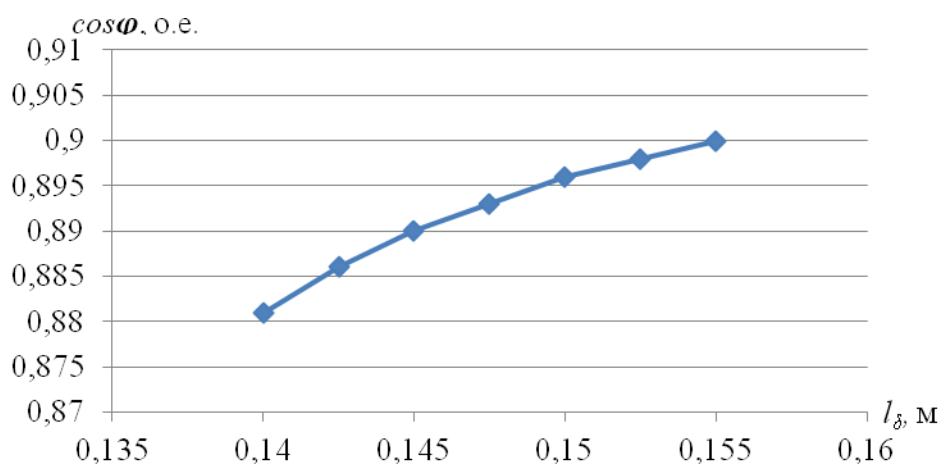


Рис. 2. Зависимость $\cos\varphi$ от длины магнитопровода

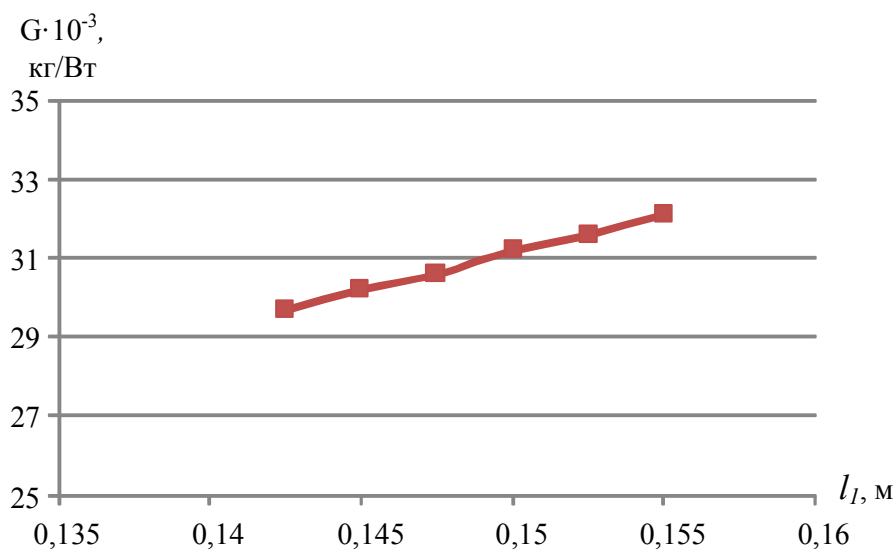


Рис. 3. Зависимость удельной материалоемкости (G_{cm}) стали от длины магнитопровода

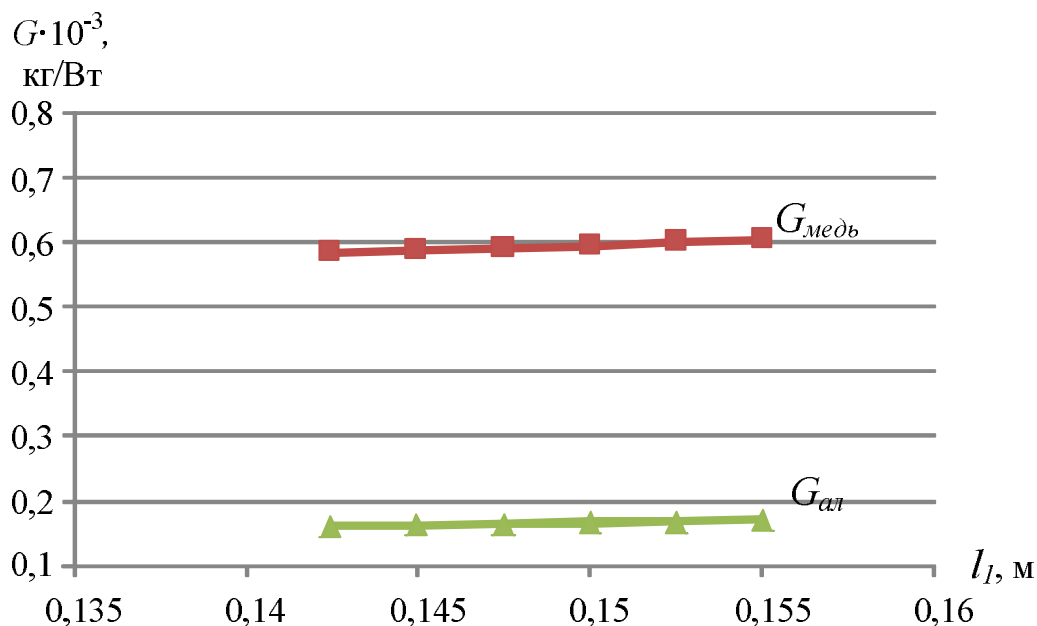


Рис. 4. Зависимость удельной материалоемкости ($G_{\text{медь}}$, $G_{\text{ал}}$) меди и алюминия от длины магнитопровода

Подводя итоги этапа моделирования, отметим, что двигатель, спроектированный на базовом этапе, уже отвечал нормам СЕМЕР повышенного уровня КПД - EFF2, что уже является хорошим результатом. При увеличении длины сердечника электродвигателя на 7% от базового значения, удалось увеличить КПД на 0,067 % от базового значения.

Как видно в таблице 1, материалоемкость при наивысших энергетических показателях увеличилась на 6,6% для стали, на 2,8% для меди и на 5,2% для алюминия. Следовательно, увеличивается и удельная материалоемкость (рисунки 3 и 4), то есть количество материалов на единицу мощности. Для стали, при наилучших показателях энергоэффективности, удельная материалоемкость увеличилась на $1,5 \cdot 10^{-3}$ кг/Вт от базового, у меди на $0,012 \cdot 10^{-3}$ кг/Вт, у алюминия на $0,006 \cdot 10^{-3}$ кг/Вт. Засчет более высокой энергоэффективности модернизированного двигателя, дополнительные затраты на большее количество используемых активных материалов быстро окупятся.

По полученным результатам исследования, расчет можно будет не только применять для данного двигателя, но и для двигателей других мощностей данной серии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Усачева Т.В. Исследование материалоемкости асинхронных двигателей // XV Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии» - Томск: издательство ТПУ, 2009 г. – с. 491-493
2. Копылов И.П. Проектирование электрических машин: учебник для бакалавров. – М.: Издательство Юрайт, 2014. -767 с.