

УДК 621.313

*В. В. Ишутинов, А. В. Шилов*

## **ОПТИМИЗАЦИЯ КОЛЛЕКТОРНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

В настоящее время одной из актуальных задач для отечественного машиностроения является разработка специальных электроприводов. В качестве электромеханических преобразователей в них применяются разные типы электродвигателей в зависимости от требуемых от электропривода показателей. В данной статье представлено обоснование применения коллекторных электродвигателей постоянного тока в специальных электроприводах. Приведено сравнение цены и ресурсных показателей коллекторного двигателя, а также вентильного двигателя. Представлены задачи, которые необходимо было решить в ходе процесса разработки. Также в статье приведены результаты оптимизации коллекторного двигателя постоянного тока для специального электропривода. Представлены расчетные рабочие характеристики. Приведено сравнение расчетных данных полученных с помощью ANSYS и опытных данных полученных в результате натурных экспериментов.

*Ключевые слова:* двухскоростной коллекторный электродвигатель постоянного тока, параметрическая оптимизация, ресурсные испытания опытного образца

В настоящее время на АО «ЛЕПСЕ» ведется целый ряд опытно-конструкторских и научно-исследовательских работ по вентильным электроприводам и вентильным электродвигателям. Все возрастающий спрос на них вызван их превосходными характеристиками. Они имеют наилучшие среди всех электрических машин энергетические, массогабаритные и динамические показатели, высокую надежность. Кроме того они имеют превосходные регулировочные характеристики. Однако к недостаткам данных машин относиться высокая цена их комплектующих - полупроводниковых элементов.

В тех случаях, когда от электропривода не требуется высокая динамика и не требуется регулирование его скорости в широком диапазоне, при этом ценовой фактор играет немаловажную роль, коллекторные электродвигатели как с постоянными магнитами, так и с электромагнитным возбуждением находят свое применение занимая свою нишу в определенных конструкциях специальных электроприводов не имеющих жестких требований по динамике и регулировочным характеристикам. Кроме того необходимо отметить, что технология изготовления коллекторных машин постоянного тока отработана десятилетиями, накоплено большое количество информации о них, имеется большое количество готовых решений, а это также играет немаловажную роль при формировании как необходимых технических показателей электродвигателя, так и цены. Одним из недостатков коллекторного электродвигателя является низкий ресурс щеточно-коллекторного узла. Значительное влияние на ресурс щеточно-коллекторного узла также оказывают условия работы электродвигателя: пониженная или повышенная температура, пониженная или повышенная влажность, вибрации, удары, наличие пусковых режимов работы и реверсов. Также необходимо отметить, что отказы щеточно-коллекторного узла составляют примерно от 30 до 70% всех отказов машин постоянного тока (*Кузнецов Н. Л. Надежность электрических машин. М. : ЗАО «Издательский дом МЭИ», 2006. 432 с. : ил.*).

Борьба со всеми негативными явлениями коллекторных машин повышает их цену, но, тем не менее, с учетом всего вышеперечисленного их цена остается все равно ниже, чем вентильных электродвигателей. В связи с этим в ряде приводов коллекторные электродвигатели постоянного тока будут по-прежнему применяться.

Сравнение цены и ресурсных показателей коллекторного двигателя постоянного тока с электромагнитным возбуждением и вентильного электродвигателя с постоянными магнитами с блоком управления представлено в таблице 1.

Ввиду всего вышеизложенного на АО «ЛЕПСЕ» ведется ряд работ связанных с модернизацией коллекторных электродвигателей постоянного тока для специальных электроприводов.

В ходе выполнения одной из опытной работы по модернизации коллекторного электродвигателя постоянного тока необходимо было решить следующие задачи:

- 1) Разработать на базе односкоростного электродвигателя постоянного тока – двухскоростной без использования какой-либо системы управления.
- 2) Оптимизировать его рабочие характеристики.
- 3) Повысить ресурс с 50 часов до 300–700 часов.

Таблица 1

Сравнение цены и ресурсных показателей  
коллекторного двигателя и вентильного двигателя

Наименование	Требуемые показатели	Показатели коллекторного двигателя постоянного тока	Показатели вентильного двигателя постоянного тока
Ресурс, ч	1500	500	3000
Количество регламентных работ	Допускается не более 4	3	Не требуется
Относительная цена одной единицы с учетом регламентных работ и комплектов запасных частей, о.е.	1	1,1-1,2	8-10

Для решения первой задачи по обеспечению двухскоростного режима с минимальными конструктивными изменениями было предложено использовать обмотку возбуждения. По требованию заказчика в номинальном режиме электродвигатель должен работать с частотой вращения не менее 4600 об/мин, в

форсированном не менее 8000 об/мин. При этом все витки обмотки возбуждения используются в номинальном режиме, а часть витков обмотки возбуждения используется в форсированном режиме.

Для решения второй задачи оптимизации рабочих характеристик был проанализирован режим работы электродвигателя непосредственно на объекте путем проведения натурных испытаний опытного образца в штатном исполнении, после чего были подобраны оптимальные значения для обмоточных данных с помощью параметрической оптимизации в ANSYS и доработан штатный опытный образец. На рисунке 1 и рисунке 2 показаны рабочие характеристики модернизированного двигателя постоянного тока в номинальном и форсированном режимах работы.

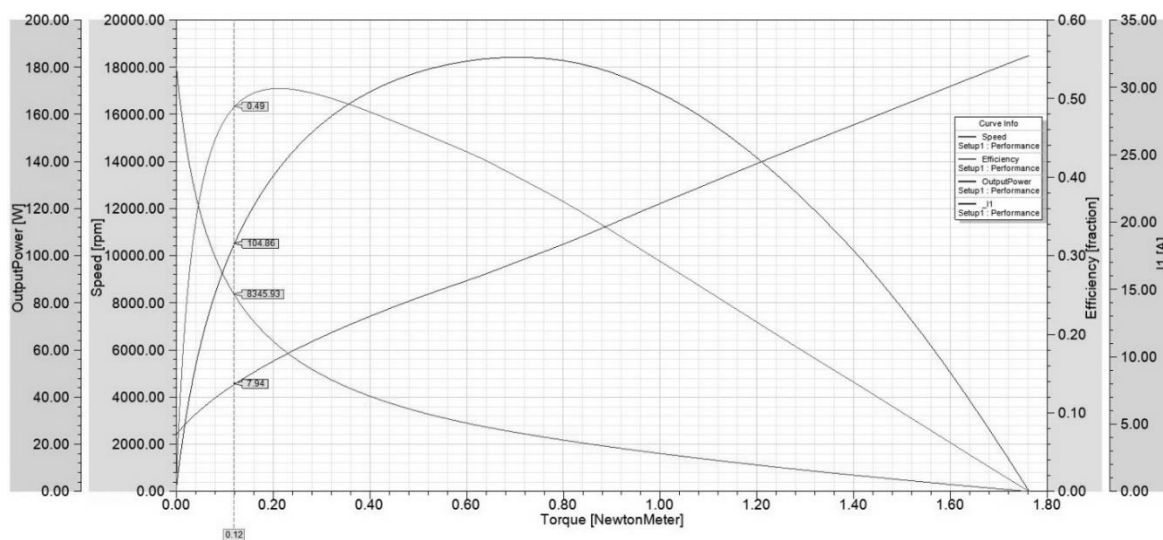


Рис. 1. Рабочие характеристики модернизированного электродвигателя в форсированном режиме

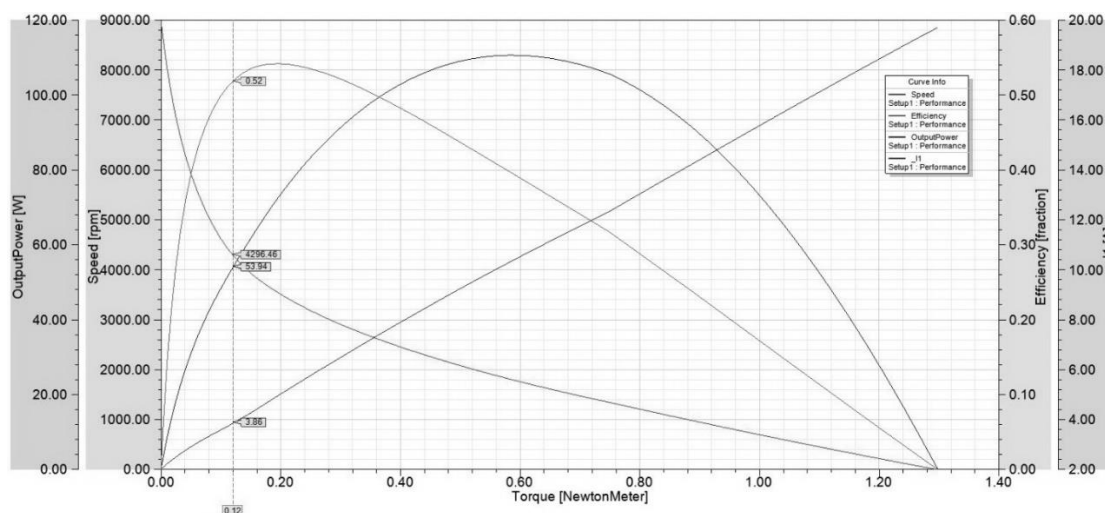


Рис. 2. Рабочие характеристики модернизированного электродвигателя в номинальном режиме

В результате оптимизации рабочих характеристик в значительной степени снизились потери электродвигателя, что позволило решить третью задачу повысить ресурс с 50 часов до 550 часов.

В таблице 2 представлено сравнение рабочих характеристик штатного коллекторного электродвигателя с модернизированным электродвигателем постоянного тока.

Таблица 2

Сравнение характеристик штатного электродвигателя с характеристиками модернизированного электродвигателя постоянного тока

Наименование	Штатный электродвигатель	Модernизированный электродвигатель	
		Номинальный режим	Форсированный режим
Номинальное напряжение питания, В	27		
Нагрузочный момент, Н·м	0,12		
Режим работы	S1		S3
Частота вращения в номинальном режиме, об/мин	3800	4300	8200
Потребляемый ток, А	3,5	3,9	7,9
Полезная мощность, Вт	48	54	105
КПД, %	51	52	49
Ресурс, ч	50	550	50

По результатам проведенных работ разработана конструкторская документация и изготовлены опытные образцы электродвигателей. Все полученные расчетные данные подтверждены экспериментально на данных образцах. Сравнение расчетных и опытных данных представлено в таблице 3.

Таблица 3

## Сравнение расчетных и опытных данных

Наименование	Номинальный режим	
	Расчет	Опыт
Номинальное напряжение питания, В	27	
Нагрузочный момент, Н·м	0,12	
Частота вращения, об/мин	4300	4700
Потребляемый ток, А	3,9	3,7
Полезная мощность, Вт	54	59
КПД, %	52	59
Ресурс, ч	550	580

Высокая сходимость расчетных и опытных данных подтверждает адекватность модели для оптимизации.

**ИШУТИНОВ Вячеслав Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры электрических машин и аппаратов, руководитель проекта АО «ЛЕПСЕ», Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: y2j87@mail.ru

**ШИЛОВ Андрей Владимирович** – аспирант кафедры электрических машин и аппаратов, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: andreysilov@live.com