



ТВОРЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ АКТУАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА

# ИЗОБРЕТАТЕЛЬ И РАЦИОНАЛИЗАТОР

2/2019 март-апрель  
издается с 1929 года  
[www.i-r.ru](http://www.i-r.ru)

**Курс — на снижение  
энергоёмкости ВВП** С.16



**НОМЕРОВ С ИЗОБРЕТЕНИЯМИ  
ЮБИЛЕЙНЫЙ ВЫПУСК**

**Какой он — ровесник ИР?**

Читайте интервью С.32

**Эти странные японцы** С.52



ISSN 0130-1802



7 930074 131008

1 9002

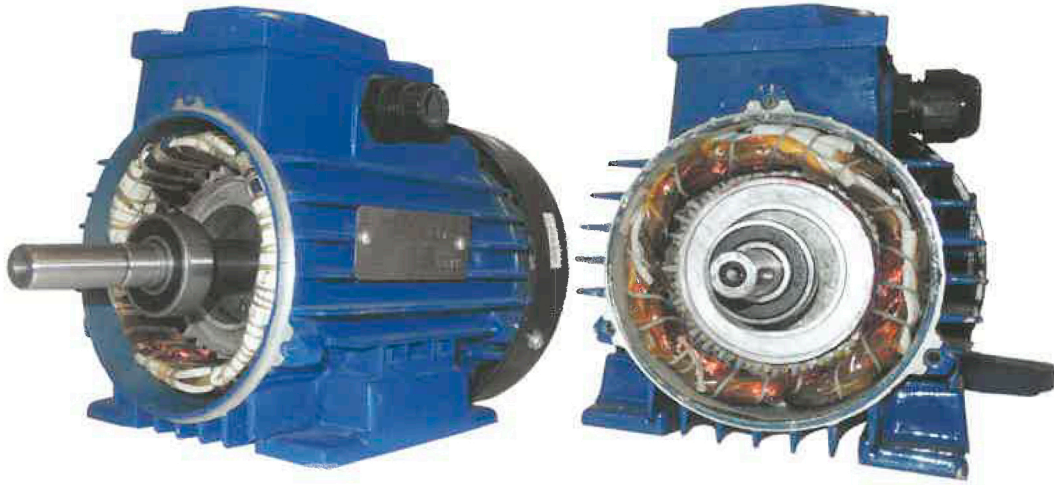
# Энергоэффективность и новые асинхронные двигатели

Электропривод применяется настолько широко, что проблемы совершенствования его основы — электродвигателя — не могут не привлекать пристального внимания изобретателей и инженеров, работающих в сфере промышленных технологий. Так, на конец 2018 г., по данным исследования агентства *BusinesStat*, мировой годовой уровень продаж электрических двигателей составил более 8,3 млрд штук. Существенная их часть представлена асинхронными двигателями (АД). Эксперты прогнозируют дальнейший рост производства и использования этих машин — в частности, к 2023 г. можно ожидать достижения показателя 10 млрд штук для всех отраслей промышленности, транспорта, ЖКХ и т.д.

Мотор-колесо 318-го габарита с асинхронным двигателем (ротор и статор)

Электродвигатели для мотор-колеса на испытаниях





Двигатели общего назначения, модернизированные по технологии «Славянка»

**По мнению разработчиков «Славянки», назрела необходимость пересмотра существующих в России и мировой практике подходов к классификации электрических машин по критериям энергоэффективности**

**Н**а фоне этого уровня в существенном количестве за рубежом серийно выпускаются т.н. энергоэффективные электродвигатели. Предполагается постепенное увеличение их доли на мировом рынке. Целевые показатели их энергоэффективности при этом достигаются в основном за счет использования дорогостоящих электротехнических материалов.

### «Славянка» и новые электрические машины

Российской компанией ООО «АС и ПП» разработана, поддерживается и совершенствуется технология совмещенных обмоток (СО) электрических машин, известная как «Славянка». Апробация технологии в течение ряда лет прошла на предприятиях в России, странах ближнего и дальнего зарубежья. Модернизация АД по этой технологии в процессе ремонта выполняется лицензиатами компании.

В практике специалистов отмечены преимущества асинхронных двигателей с совмещенными обмотками (АД СО) в части энергоэффективности и основных эксплуатационных характеристик. На сегодняшний день приоритетное направление — разработка и внедрение в промышленность нового поколения энергоэффективных электрических машин: двигателей общего и специальных назначений, а также генераторов с СО. Коммерциализацией проекта занимается дочерняя компания «СовЭлМаш».

В инжиниринговом центре «СовЭлМаш» ведутся исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы, создается база для широкого внедрения технологии в промышленность. В 2018 г. на предприятии была создана и совершенствуется лаборатория для испытаний указанных машин. Особенностью лаборатории стало широкое внедрение автоматизации испытаний с целью обеспечения высокой достоверности результатов, снижения трудоемкости, вероятностей случайных ошибок и временных затрат на испытания. Это необходимо для обеспечения эффективности научно-технических и конструкторских решений при создании энергоэффективных электродвигателей с совмещенными обмотками, включая проверку и подтверждение расчетных характеристик, разработку рекомендаций по изменению и доработке решений, проведения испытаний разных видов в соответствии с требованиями нормативных документов, поиска путей улучшения эксплуатационных характеристик в условиях, как можно более приближенных к реальности.

### Теория и практика

В лаборатории «СовЭлМаш» разрабатываются и проходят апробацию собственные программы и методики испыта-

ний электрических машин с совмещенными обмотками. В частности, в процессе отладки стенда, разработки и тестирования программного обеспечения была выполнена серия сравнительных испытаний асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором серии АДМ мощностью от 0,18 до 1,5 кВт. Подобные машины относятся к двигателям общего назначения, которые широко применяются в промышленности, коммунальном хозяйстве и др. Проводилось сравнение двигателей заводского исполнения и аналогичных двигателей, модернизированных путем замены статорных обмоток на совмещенные. Испытания выполнялись в режиме, соответствующем типовому режиму S1, т.е. при продолжительной работе машин с постоянной нагрузкой при номинальных значениях частоты и питающего напряжения.

В качестве примера рассмотрим пару двигателей АДМ90L6 (двигатель 1 — со стандартными обмотками, двигатель 2 — модернизированный). В рамках программы испытаний для двигателей определялись, в частности, моментные характеристики и характеристики КПД. На рис. 1 показаны графики зависимости скорости вращения ротора от вращающего момента (механические характеристики) пары двигателей АДМ90L6, построенные в одинаковых условиях в соответствии с программой испытаний. Ось X соответствует вращающему моменту, ось Y — скорости вращения (частоты вращения) ротора.

Величина номинальных моментов испытываемой пары двигателей практически одинакова. Из рисунка видно, что кратности минимального и максимального вращающих моментов двигателя 2, т.е. значения отношения минимального и максимального моментов к номинальному, существенно превышают аналогичные характеристики стандартного двигателя 1. Предварительно были определены номинальные характеристики двигателя в целях корректности испытаний. Двигатель 1 при этом подтвердил свои характеристики, заявленные в паспорте и каталоге производителя.

Графики зависимости коэффициента полезного действия той же пары двигателей от вращающего момента показаны на рис. 2. Синей линией отмечено значение номинального вращающего момента этого двигателя, равное 15,49 Н·м, в соответствии с каталогом. Стоит отметить, что даже относительно небольшой рост КПД двигателя может существенно влиять на технико-экономические показатели эксплуатации электропривода и оборудования, в составе которого он применяется. Из рисунка можно видеть, что двигатель 2, хотя несколько и уступает по величине КПД

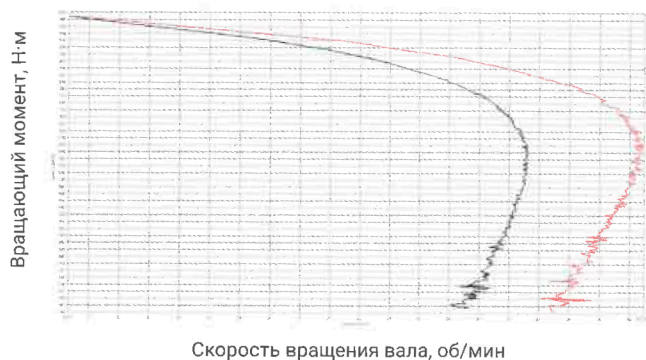


Рис. 1. Механические характеристики двигателей АДМ90Л6: черный цвет — двигатель со стандартными обмотками (1); красный цвет — двигатель с совмещенными обмотками (2)

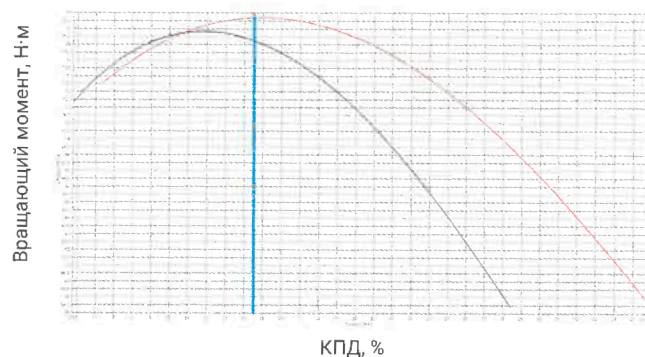


Рис. 2. Зависимости КПД двигателей АДМ90Л6 от вращающего момента: черный цвет — двигатель со стандартными обмотками (1); красный цвет — двигатель с совмещенными обмотками (2)

стандартному двигателю при недогрузке, демонстрирует не только более высокие значения КПД при номинальной нагрузке, на которую он рассчитан, но позволяет удерживать КПД в области высоких значений в более широком диапазоне нагрузок, в частности при перегрузках.

Для реальной эксплуатации такая способность весьма актуальна, учитывая то, что значительная часть работы приводов приходится на разгоны, торможения, работу с изменяющейся нагрузкой и т.д.

Результаты испытаний показывают, что при сопоставимой полезной мощности в целом двигатели с СО продемонстрировали существенное улучшение характеристик в части КПД, моментных характеристик общих потерь. Установлено, что использование СО следует рекомендовать для двигателей, работающих с изменяющейся нагрузкой и при перепадах питающего напряжения. Кроме того, анализ результатов указывает на реальность перспективы создания новых серийных электродвигателей с СО, соответствующих классу КПД IE3 и выше, без существенного увеличения затрат на их изготовление по сравнению со стандартными двигателями класса IE1, преимущественно производимыми в России.

Результаты исследований важны для создания, актуализации и доработки требований к вновь создаваемым энергоэффективным электрическим машинам с СО, разработки технической документации, обучения и получения новых компетенций и т.д., что необходимо для дальнейшего создания проектов, установочных партий новых изделий, а также постановки их серийного производства на заводах-изготовителях.

### Перспективы внедрения

Масштабное внедрение в России энергоэффективных двигателей нового поколения могло бы создать потенциал для снижения энергоемкости ВВП, а также для повышения надежности функционирования энергосистем. Существуют и перспективы уменьшения расхода электроэнергии на единицу выпускаемой продукции, а также пересмотра тарифов ЖКХ за счет снижения энергопотребления, расходов на ремонт и приобретение электродвигателей.

Помимо этого в качестве преимущества таких машин можно отметить то, что они генерируют меньше помех в питающую сеть по сравнению со стандартными

двигателями; высокочастотные гармоники, которые могут искажать параметры сети, а также реактивная составляющая существенно снижаются. Это имеет значение как для общей надежности электросетей, так и для объектов, оснащенных управляющими и вычислительными системами. При этом существенный экономический эффект от внедрения энергосберегающих технологий в производство электродвигателей может быть получен даже без учета уменьшения издержек на реконструкцию пониженных электроподстанций, кабельных, проводных сетей и пусковой аппаратуры, т.е. экономии электроснабжающих компаний в части надежности энергосистем.

К сожалению, процесс внедрения таких технологий в российской промышленности идет достаточно медленно. На наш взгляд, его ускорению препятствуют следующие основные проблемы и трудности. Во-первых, фактически отсутствуют единые четкие правила, регламентирующие качество производства, передачи и потребления электроэнергии для общего пользования. Отечественные стандарты и регламенты, действующие в настоящее время, морально устарели. Во-вторых, на сегодняшний день фактически не сформулированы научно обоснованные критерии и принципы для регулирования взаимовлияния электросетей общего пользования и торговых электросетей (железнодорожный транспорт, городской электрифицированный транспорт). В-третьих, остро стоят задачи обеспечения и повышения надежности энергосистем, которая в значительной мере



Электровелосипед, оснащенный асинхронным мотор-колесом

определяется устойчивостью их функционирования. В реальных условиях все больше проблем возникает из-за т.н. прерывистой генерации, обусловленной сезонными (суточными, годовыми и т.д.) колебаниями, особенно пиками энергопотребления.

В связи с этим практическая значимость повышения энергоэффективности и улучшения эксплуатационных характеристик электроприводов как основных промышленных энергопотребителей заключается также в том, что путем масштабного использования, в частности, совмещенных обмоток в асинхронных двигателях и генераторах можно добиться существенного снижения пиковых нагрузок и колебаний в энергосистемах, соответственно, увеличить их устойчивость и надежность.

Учитывая указанные проблемы, производители электроэнергии и электроснабжающие компании, очевидно, не заинтересованы в уменьшении сбыта и, следовательно, прибыли. Помимо этого, в среде разработчиков и производителей электродвигателей существует сильная конкуренция. В качестве еще одной особенности рынка, к сожалению, можно отметить недостаточную заинтересованность крупнейших производителей в существенных лицензионных выплатах разработчикам новых технологий.

Важным препятствием на пути широкого внедрения новых отечественных разработок и энергосберегающих технологий в российской экономике является и то, что крупные предприятия — потребители электроприводов зачастую полностью ориентированы на зарубежных производителей: решения о сотрудничестве и закупках принимаются на основе мнений зарубежных экспертов, в частности, представляющих интересы крупных международных компаний. С другой стороны, в части модернизации предприятия зачастую ограничены в возможностях внедрения энергоэффективных технологий, поскольку пользуются гарантиями изготовителей оборудования, в составе которого работает электропривод.

В условиях текущих экономических трудностей и вместе с тем — повышения энергоемкости жизнедеятельности людей и изменения характера передаваемой электроэнергии и параметров нагрузки возрастают требования к техническим средствам, применяемым для обустройства и модернизации действующих электросетей. В соответствии с требованиями рынка основная нагрузка по внедрению энергосберегающих технологий ложится на электроснабжающие компании. Это представляется возможным при соответствующей поддержке государства.

### Масштабные задачи повышения энергоэффективности

С учетом тенденций электроэнергетического рынка России, мировой и отечественной экономики, а также опыта других стран по внедрению энергоэффективных технологий можно сформулировать актуальные задачи повышения энергоэффективности, в частности, следующие (Дейнего В.Н., Дуюнов Д.А. Изменение конструкции обмоток асинхронных электродвигателей — потенциал обеспечения надежности электросетей // Энергосовет. — 2015. — № 5 (29)):

1. разработка и внедрение единых и четких правил, регламентирующих производство, передачу и потребление

### Масштабное внедрение в России энергоэффективных двигателей нового поколения могло бы создать потенциал для снижения энергоемкости ВВП

электроэнергии на территории Российской Федерации;

2. разработка и закрепление в нормативной документации единых критериев оценки качественных параметров электросетей как общего пользования, так и тяговых (включая лифтовое хозяйство), а также единых требований к выпускаемому на территории России и приобретаемому за рубежом электро-техническому оборудованию;

3. разработка и принятие государственной программы по внедрению энергосберегающих технологий на территории Российской Федерации с обязательным стимулированием и поддержкой как частных потребителей, так и предприятий;

4. предоставление органам Ростехнадзора, системным операторам и др. уполномоченным структурам надзорных полномочий в вопросах согласований подключения к действующим электросетям новых мощностей и контроля эксплуатируемых мощностей, а также изменение принятых подходов к оплате потребленной электроэнергии.

Кроме этого, по мнению разработчиков «Славянки», назрела необходимость пересмотра существующих в России и мировой практике подходов к классификации электрических машин по критериям энергоэффективности, включая разработку новых расширенных критериев и методов оценки, позволяющих учитывать эксплуатацию приводов в условиях изменяющейся нагрузки. Это связано с тем, что использование современных средств и методов контроля предоставляет существенно более широкие возможности для оценки эксплуатационных характеристик электродвигателей. Решение этих задач будет способствовать, прежде всего, рациональному выбору электродвигателей для комплектации электроприводов при разработке изделий машиностроения и, соответственно, снижению энергопотребления одновременно с повышением надежности и в целом — достижению существенно более высоких технико-экономических показателей предприятий и в перспективе широкого использования — отраслей.

По всей видимости, в первую очередь заинтересованными в решении таких задач в России могли бы стать электроснабжающие компании, а также крупные машиностроительные и электротехнические предприятия, т.к. они в наибольшей мере заинтересованы в снижении энергопотребления, увеличении доли рынков, а также устойчивости и надежности распределенных энергосистем.

Дмитрий ДУЮНОВ, Евгений ДУЮНОВ,  
Яна ТЕПЛОВА, Игорь КОРХОВ, Юрий АГРИКОВ

Углошлифовальные машинки с двигателями с совмещенными обмотками

