

В статье рассматриваются особенности асинхронных электродвигателей, повышение КПД которых достигается использованием особой конструкции обмотки.

Применение высокомоментных энергоэффективных асинхронных двигателей

с совмещенными обмотками на транспорте и на объектах ЖКХ

Виталий Дайнего, г. Москва



В настоящее время в подходе к экономии электроэнергии существует серьезный перекоп. Так, давно известно, что более 80% от общего объема потребляемой электроэнергии приходится на долю электропривода. Недаром на советских агитационных плакатах писали: «Один процент экономии электроэнергии на заводе равен потреблению 2000 квартир», и при этом людей, забывающих выключать не нужное им освещение, называли «Расхититель электроэнергии – растратчик вдвойне».

При этом, прежде всего, экономия электроэнергии понижалась, как экономия её расхода на освещение. К сожалению, такой подход существует и сейчас – в разработку новых экономичных источников света, в частности светодиодных ламп, вкладываются миллиардные суммы ежегодно. В то же время известно, что на долю освещения приходится не более 15...18% всей потребляемой в мире электроэнергии. Тем не менее, главное внимание ученых и общественности концентрируют именно на энергосбережении путем разработки новых светодиодных ламп, превращая этот вопрос чуть ли не в главную проблему в области энергосбережения. Но это в корне неверно.

Общий подход предприятий ЖКХ к использованию энергоэффективных двигателей для снижения расхода электро-

энергии в системе водоснабжения показан на **рис.1**. Он основывается на использовании импортных двигателей, произведенных «по пате» китайскими компаниями, поэтому самых дешевых. Могут использоваться также электродвигатели производства концернов Simens и ABB. При этом для экономии электроэнергии также используется частотная регулировка режимов работы таких двигателей. Могут использоваться как «фирменные», так и китайского производства, шкафы частотного управления электроприводом. И всё это буквально давит на отечественных производителей асинхронных двигателей и на существующие вокруг таких заводов моногорода.

Такой подход к повышению энергоэффективности представляется неверным. Отличие подхода европейского пути развития асинхронных двигателей (АД) и идей, заложенных в отечественные АД с совмещенными обмотками, показано на



Рис.1

рис.2. Как видно из этого рисунка, страны ЕС, а в частности концерны Siemens и АВВ, для увеличения КПД идут по пути увеличения массы и себестоимости двигателя. В то же время в асинхронных двигателях с совмещенными обмотками типа «Славянка» возможно повышение КПД двигателя с одновременным снижением и массы и себестоимости двигателя.

Особенности применения АД с частотным регулированием

У современных импортных АД с повышенным КПД на 15...30% выше стоимость, по сравнению с обычными АД, несколько больше пусковые токи и ниже $\cos\phi$. Практика и расчеты показывают, что их применение экономически оправдано, если их рабочий цикл включает не менее 80 ч в неделю. Расчеты показывают, что переход от двигателей класса *EFF2* к двигателям класса *EFF1* приводит к росту расхода материалов на 15...30%. Каждый дополнительный процент увеличения КПД требует увеличения массы активных материалов на 3...6%. В итоге цена АД с уровнем эффективности *EFF1* примерно на 25% выше, чем у АД класса *EFF2*.

Использование обычных серийных АД в частотном приводе приводит к снижению КПД и требует завышения их установленной мощности на 15...20% при работе в установившихся режимах и до 40...45% – в динамических режимах.

Из-за высших гармоник напряжения и тока на выходе преобразователя частоты (ПЧ) на 5...6% возрастают потери в электродвигателе (это снижает КПД в среднем еще на 0,5%).

Учитывая это, разработчики и производители двигателей для частотно-регулируемого электропривода закладывают соответствующие запасы в конструкцию АД, что увеличивает их массу и стоимость.

Специальные АД для частотно-регулируемых электроприводов выпускаются как зарубежными фирмами: АВВ, Siemens (асинхронные и синхронные с постоянными магнитами), Sicmemotori (Италия); так и в России: ВЭМЗ (г. Владимир), Сибэлектромотор (г. Томск), ЯЭМЗ (г. Ярославль), Мосэлектромаш (г. Лобня, Московской обл.). В Белоруссии такие двигатели проектируются в ООО «Орион-мотор» и изготавливаются в ЗАО «Вольна». Эти двигатели унифицированы с общепромышленными двигателями по конструкции корпуса и по магнитной системе.

В их конструкции учтено то, что частотно-регулируемый двигатель должен обладать следующими особенностями:

1. Иметь более качественную изоляцию обмоток за счет применения обмоточного провода с двухслойной нагревостойкой витковой изоляцией и изоляционные материалы, рассчитанные на более высокие напряжения, вплоть до 2,2 от номинального.

2. Двигатели, работающие в режиме частых пусков и торможений в приводах механизмов с большими моментами инерции, должны обладать высокими значениями максимального момента во всем диапазоне регулирования.

3. Двигатель требует другие обмоточные данные. Схемы обмоток должны обеспечивать электрическую и магнитную симметрию машины.

4. При глубоких диапазонах регулирования двигателя должны быть снабжены принудительной вентиляцией и тепловыми датчиками.

5. Для высокоточных и высокомоментных приводов в двигателях должны устанавливаться датчики скорости (энкодеры).

6. Система привода, содержащая двигатель и преобразователь частоты, должна быть точно рассчитана и адаптирована к решению конкретной технологической задачи.

7. Во всех случаях должны применяться моторные дроссели (фильтры).

Разработки ООО «АС и ПП»

Продукт проекта

- Асинхронные электродвигатели мощностью от единиц до сотен кВт с совмещенными обмотками обеспечивают повышенный момент и снижение потребления электроэнергии.



Рис.2

- Энергоэффективные двигатели для промышленности, сферы ЖКХ, нефтедобычи и электротранспорта.

Конкурентные преимущества

- За счет увеличенных на 30% пусковых и минимальных моментов двигатель меньшей мощности может применяться вместо используемых сейчас более мощных двигателей (4 кВт вместо 5,5 кВт; 22 кВт вместо 30 кВт).
- Двигатель работает с большей средней нагрузкой и эффективностью: за счет уменьшения мощности снижаются электрические потери.
- Энергопотребление двигателя снижено от 15% до 30% с учетом режима эксплуатации.

Суть инновации

- Проведен анализ электромагнитных полей элементов двигателя, разработаны новые схемы обмоток.
- Возможна низкокзатратная модернизация двигателей в ходе планового ремонта.
- Для достижения максимального эффекта повышения параметров до уровня требований класса IE3 (будет принят в Европе как обязательный с 2015 г.) выполняются НИОКР по оптимизации всех конструктивных элементов электродвигателя с использованием современных методов компьютерного моделирования.

Текущая стадия

- Разработаны, запатентованы и производятся двигатели мощностью от 0,18 до 11 кВт и более.
- Электродвигатели соответствуют классу энергоэффективности IE2 (введен в Европе с 2011 г. IEC 60034-30) и соответствует ГОСТ Р 51689 по габаритам и монтажу.

Характеристики разработки

Анализ серийных асинхронных двигателей показал, что магнитное поле на зубцах имеет не оптимальную синусоидальную форму, поле поочередно отсутствует у части зубцов. На **рис.3** показано поле на зубцах стандартного электродвигателя, а на **рис.4** – на зубцах двигателя с совмещенными

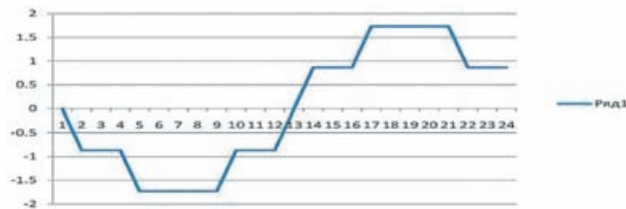


Рис.3

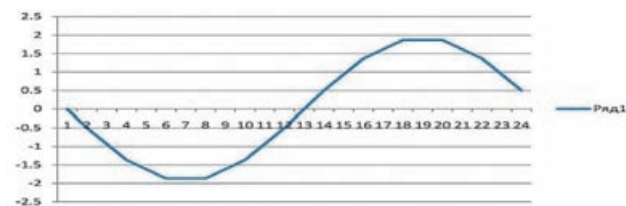


Рис.4

обмотками. Проведенные измерения и компьютерное моделирование позволили определить способы улучшения параметров двигателей, в частности для трехфазной сети было предложено повысить число фаз путем совмещенного использования обмоток типа «звезда» и «треугольник». На **рис.5** показаны кривые момента двигателя со стандартными обмотками (1) и с совмещенными обмотками (2). Кривая (3) иллюстрирует параметры вновь разработанного двигателя с оптимизированными параметрами конструкции.

Перспективы разработки

Для достижения максимального энергосберегающего эффекта, повышения параметров до уровня требований класса IE3 проводится оптимизация всех конструктивных элементов электродвигателя с использованием современных методов компьютерного моделирования.

Примеры внедрения, которые подтверждены соответствующими протоколами

«Китайский насосный завод»

Были проведены сравнительные испытания двигателей типа АДМ с классической намоткой и АДЭМ с совмещенными обмотками типа «Славянка». По результатам испытаний были сделаны следующие выводы:

1. Сравнение результатов испытаний показало, что насосный агрегат К65-50-160а с двигателем АДЭМ10052 имеет лучшие показатели по КПД (в среднем на 1...1,5%). Потребляемая мощность насоса снизилась на 500 Вт.

2. Испытания показали, что двигатель АДЭМ10082 (4,0 кВт) может устанавливаться на насосе К65-50-160 (**рис.6**) вмес-

то двигателя 5А100L2 (5,5 кВт), комплектуемого согласно конструкторской документации, сохраняя при этом технические характеристики насоса.

Ассоциация компаний ООО «КАЛУГА ГАЗ»

В настоящее время Ассоциация компаний ООО «КАЛУГА ГАЗ» (энергосервисная компания) проводит работу по постановке опытно-промышленный эксперимента по приме-

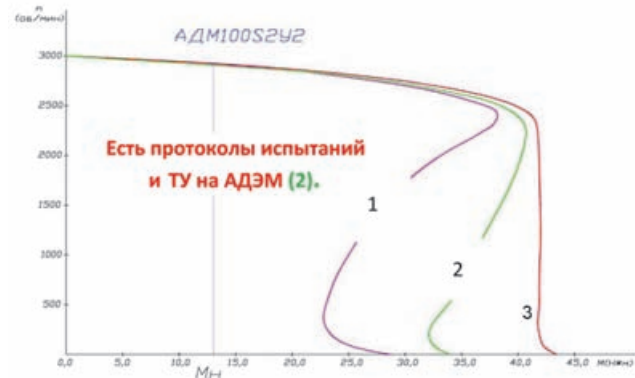


Рис.5

нению АД с совмещенными обмотками типа «Славянка» в сетевых насосов (отопление и водоснабжение).

В базе этой компании около 5000 насосов, с мощностями от 0,1 кВт до 300 кВт.

Его основное направление деятельности – разработка изготовления и реализация вентиляционного оборудования. Двигатель АДМ90L2У2 мощностью 3 кВт был перемотан под об-

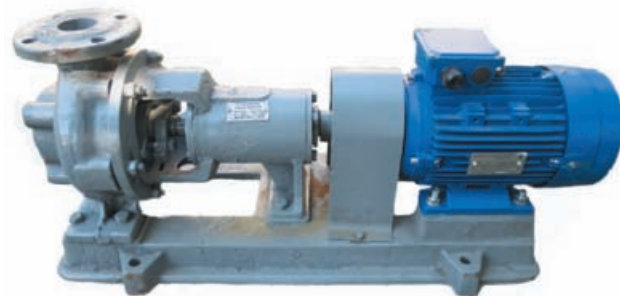


Рис.6

мотку типа «Славянка» и установлен в вентилятор типа ВОСК9-4 (**рис.7**).

Его испытания проводились на аттестованном стенде аэродинамических испытаний S1-3-40 ТЕКИ99.701. ООО, типа А по ГОСТ 10921-90 «Вентиляторы радиальные и осевые. Методы аэродинамических испытаний» для стенда типа «А», для чего на основе двигателя был собран вентилятор ВОСК9-4 и установлен на стенд.

Испытания проводились на точке аэродинамической характеристики вентилятора с параметрами: P=140 Па, Q=11500 м³/ч.



Рис.7

Марка агрегата	Подача, м³/ч	Напор, м	Частота, об/мин	Мощность, кВт	Масса, кг	Габариты, мм
К65-50-160	25	32	3000	5,5	115	865x340x335
К65-50-160а	25	32	3000	4	110	800x340x335

Вывод: двигатель может быть использован при кратковременном режиме (S2) при повышенной мощности (4,2 кВт, вместо номинальной 3 кВт).

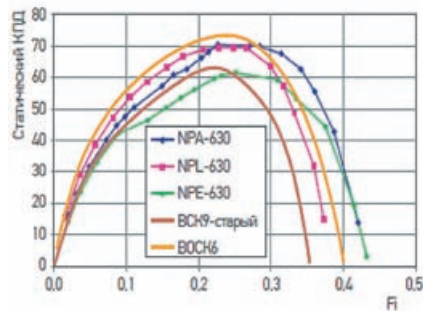


Рис.8

Характеристики различных типов вентиляторов, зарубежного и отечественного производства, показаны на рис.8, из которого видно, что вентилятор ВОСК6 значительно превосходит остальные.

Ценовая разница вентиляторов ВОСК и ВСК – не более 10%, и новая серия ВОСК, конечно, дешевле любых аналогов из Европы. Общий объем ВСК и ВОСК, выпускаемый ВЕЗА для всех типов установок, составляет более 12 000 штук в год.

Электровоз «ЭРА»

14 декабря 2013 г. завершены все виды программных испытаний электровоза «ЭРА». Их результаты показаны на рис.9. «Содружество обмотчиков ремонтных органов»

Отметим, что в настоящее время «Содружество обмотчиков ремонтных органов» перематывают под обмотку «Славянка» асинхронные двигатели, изготовленные:

- на предприятиях в Китае;
- на предприятиях Европейских странах, таких как SIMENS, ABB и др.

Создана регулярно пополняемая электронная база данных по обмоткам типа «Славянка» для наиболее применяемых типов АД.

Выводы

Внедрение запатентованных в России обмоток типа «Славянка» позволит:

- получить экономию энергии на установочной мощности электродвигателя;



Рис.9

- уменьшить расход электрической энергии на единицу выпускаемой продукции, обеспечив конкурентоспособность новых электродвигателей;
- пересмотреть тарифы ЖКХ (меньше потребление электрической энергии, меньше расходы на ремонт, меньше цена на электродвигатели и т.п.);
- при изготовлении АД каждый четвертый двигатель получается «бесплатным» по расходу меди.

17-я СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА



КИП контрольно-измерительные приборы



ЭЛЕКТРОНИКА



ЭНЕРГЕТИКА

11-13
марта
2015 года

Харьков,
ПВЦ «Радмир Экспохолл»
м. Ак. Павлова

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭНЕРГОЗБЕРЕЖЕНИЕ



Организатор выставки ООО «ЭКСПОСЕРВИС»

+38 (057) 758-70-30, 758-70-29, (067) 110-12-97, (050) 301-80-26

www.expos.com.ua

expo@kharkov.ukrtel.net