

# Двигатели для интеллектуальных машин



**Алексей Чайко,**  
главный конструктор  
по электродвигателям  
ОАО «Могилевлифтмаш»

Один из основных видов деятельности ОАО «Могилевлифтмаш» – производство асинхронных электродвигателей в многочисленных модификациях и специальных исполнениях. Предприятие серийно выпускает широкую гамму трехфазных и однофазных электродвигателей мощностью от 0,12 кВт до 30 кВт, в т.ч. во взрывозащищенном исполнении и со встроенным электромагнитным тормозом. Кроме того, изготавливаются двигатели узкоспециализированного назначения для нефтехимической отрасли и объектов, использующих атомную энергию.

До 1992 г. Могилевский завод «Электродвигатель» (в настоящее время входит в состав ОАО «Могилевлифтмаш»), как и другие предприятия Советского Союза, был узкоспециализированным и производил асинхронные трехфазные электродвигатели высотой оси вращения 100 мм. Их создавали такие ведущие научные центры СССР, как ВНИПТИЭМ (г. Владимир), СКБ «УкрЭлектромаш» (г. Харьков) и др. Головные научно-исследовательские центры обеспечи-

вали разработку, корректировку конструкторской и технологической документации и сопровождение при последующем освоении. После распада СССР собственных научно-исследовательских центров в Беларуси не было, и предприятия вынуждены были формировать точки компетенции для решения узкоспециализированных текущих задач на базе собственных технических служб. Это стало основным сдерживающим фактором развития электродвигателестроения в нашей стране.

Современные тенденции транспортного машиностроения характеризуются стремительным развитием технологий электрических и гибридных силовых установок (ЭСУ и ГСУ) как эффективного средства снижения потребления углеводородного топлива, эксплуатационных расходов и загрязнения окружающей среды. Лидеры мирового автопрома – 35 автопроизводителей, ведущие позиции среди которых занимают китайские компании BYD и CRRC – ускоренными темпами развивают и серийно выпускают электробусы и легкий коммерческий транспорт. В Европе наиболее активно в данном направлении работают Volvo, Mercedes, ABB и Iveco.

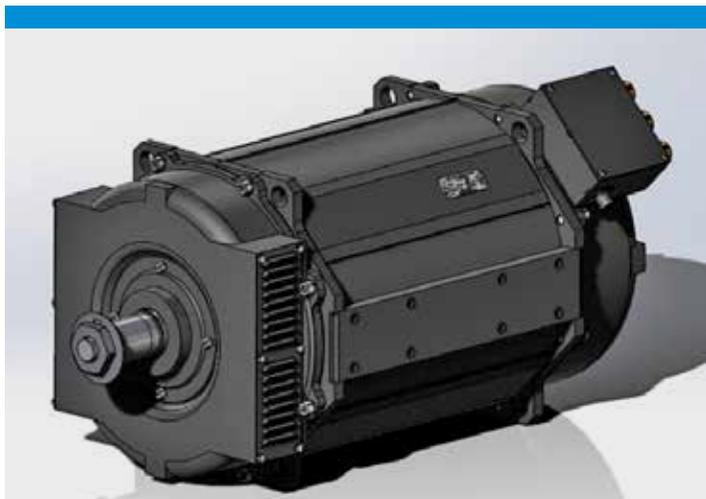
По данным статистики, в США доля тяжелых транспортных средств (полный вес до 7,3 т) составляет 3% от всего парка автомобилей, но данные автомобили потребляют до 27% всего объема топлива. Поэтому применение на них ГСУ с точки зрения экономии топлива и снижения вредных выбросов значительно эффективней, чем на легковых. В 2013 г. компания «Аллисон» освоила выпуск гидроэлектромеханической трансмиссии для грузовиков различного назначения и автобусов, позволяющую экономить до 30% топлива. Другие мировые производители также начали создавать подобные трансмиссии и широко внедрять их на коммерческом транспорте. На грузовых автомобилях Tesla, General Motors, Volkswagen в последние годы широко используются и чисто электрические приводы. Активно внедряются на легковых, коммерческих автомобилях и пассажирском транспорте электрические и гибридные силовые агрегаты на литий-ионных батареях, суперконденсаторах и мехатронных системах управления.

Для сохранения лидирующих позиций нашей страны в транспортном машиностроении в ОИМ НАН Беларуси создан инновационный кластер «Интеллектуальный электротранспорт» и отраслевая лаборатория по исследованиям, проектированию и испытаниям электромобилей и базовых компонентов электропривода. Участниками кластера выступают 19 партнеров (Академия наук, Минпром, Минобразования, Госстандарт, Минтранс, частные предприятия). Основные цели – объединение компетенций заинтересованных организаций и их скоординированная деятельность по разработке и освоению производства современного электротранспорта и его компонентов, а также развитие мер государственной поддержки данного направления, позволяющих стимулировать спрос и формирование в промышленности новых высокотехнологичных отраслей. Планируется выполнять научно-исследовательские, опытно-конструкторские (технологические) работы и инновационные проекты по созданию и испытаниям мобильных машин с электромеханическими и гибридными

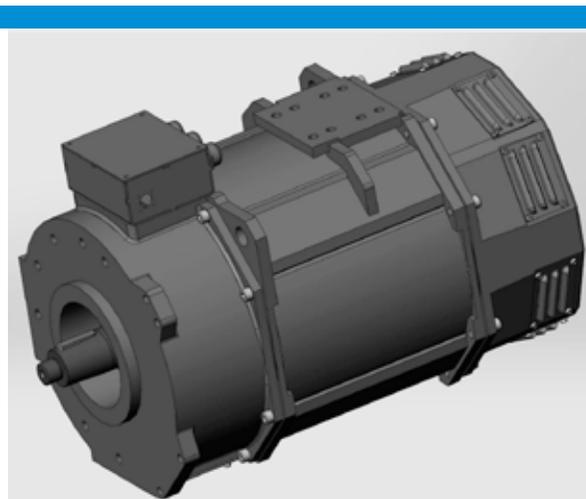
силовыми установками и их базовых компонентов, опытно-промышленная апробация и внедрение результатов этих работ и проектов, стандартизация и сертификация продукции, подготовка кадров.

Ключевая задача на сегодня – создание инженерной школы обеспечивающей научное сопровождение разработок и освоение технологий серийного выпуска базовых компонентов электрифицированных силовых установок, имеющей современную исследовательскую базу, информационное обеспечение (доступ к дорогостоящим программным продуктам и платным информационным ресурсам) и опытное производство для прототипирования создаваемых технических решений. Скорейшее осуществление задуманного – одна из первоочередных задач, определяющая развитие отрасли.

Парк легковых электромобилей в нашей стране только начинает формироваться. При этом тяговый электропривод хорошо известен и традиционно применяется на троллейбусах и трамваях



Двигатель ТАД 155



Двигатель ТАД 120

«Белкоммунмаш» и карьерной технике БЕЛАЗ. ОАО «Управляющая компания холдинга «Белкоммунмаш» уже 25 лет занимается выпуском троллейбусов (включая модификации с автономным ходом), трамвайных вагонов и электробусов. Проводятся испытания опытных образцов гибридного автобуса с электромеханической трансмиссией отечественного производства. Дизель-электрическими силовыми установками большой мощности оснащаются все карьерные самосвалы большой грузоподъемности ОАО «БЕЛАЗ».

Практически все белорусские машиностроительные предприятия пришли к выводу о необходимости применения тягового электропривода. С ним на МТЗ созданы экспериментальные образцы тракторов, на МАЗе – автобус с гибридной силовой установкой и электробус с электрическим приводом и аккумуляторным накопителем энергии. «Белкоммунмашем» освоено серийное производство электробусов, оснащаемых современным элект-

троприводом и накопителем энергии конденсаторного типа, ООО «Этон» (г. Жодино) – троллейбусов на базе автобусов МАЗ.

Более 10 лет «Белкоммунмаш» серийно выпускает системы управления асинхронным электроприводом троллейбусов и трамвайных вагонов, освоено их производство и для электробуса. Эксплуатируется около 2 тыс. систем данного электропривода.

По предварительным оценкам, потенциальная потребность белорусского машиностроения в комплектных электрических и гибридных силовых установках для перспективных моделей новой техники в краткосрочной перспективе (к 2025 г.) составит около 4,5 тыс., а с учетом экспорта эта цифра может превысить 10 тыс. При таких объемах целесообразно организовать собственное производство силовых установок для транспортных машин, в частности тяговых электрических.

В зависимости от мощности и условий применения тяговые электродвигатели можно разделить на:

- 50–90 кВт для тягового электрооборудования гибридных и электрических трансмиссий трамваев, электромобилей, развозной техники малой грузоподъемности;
- 120–180 кВт для привода электробусов, троллейбусов и другого коммерческого транспорта средней грузоподъемности;
- 220–300 кВт для привода электробусов и троллейбусов повышенной пассажироместимости, коммерческих и муниципальных транспортных средств.

В целях локализации потребности «Белкоммунмаша» и ООО «Этон» в тяговых электродвигателях для привода троллейбусов и электробусов, и как первый шаг к созданию отечественной базы компонентов электротранспорта, предприятием освоено серийное производство тягового электродвигателя ТАД155-4-БУ1 (табл. 1). Он устанавливается на подрессоренную часть кузова, охлаждается внешним вентилятором, а питание

Параметр	ТАД155-4-БУ1	ДТАН-160-4БУХЛ2	2ML3550 K/4	TMF35-44-4
Изготовитель	ОАО «Могилевлифтмаш»	ДПУП «Белгидравлика»	SKODA ELECTRIC s.r.o BU Traction motor	Traktionssysteme Austria
Номинальная мощность, кВт	155 (185)	160	155	160
Номинальное линейное напряжение, В	420	480	420	420
Номинальный потребляемый ток, А	296 (340)	380	279	269
Частота питания, Гц	50	50	50	50
Частота вращения синхронная, об/мин:	1500	1500	1500	1500
номинальная максимальная	4000	3780	3778	4466
Коэффициент полезного действия, %	90	90	н/д	н/д
Масса, кг	615	648	585	480
Способ охлаждения	от независимого вентилятора	от независимого вентилятора	от независимого вентилятора	от независимого вентилятора
Степень защиты	IP22	IP20	IP20	IP20
Температурный класс изоляции	H(180 °C)	H(180 °C)	H(180 °C)	H(180°)
Режим работы	S1 (S2–30 мин)	S1	S1	S1

Таблица 1. Сравнительный анализ технических показателей электродвигателя ТАД155-4-БУ1

подается от статического преобразователя напряжения и частоты.

Уже изготовлено и реализовано более 100 электродвигателей ТАД155–4-БУ1 для троллейбусов и электробусов «Белкоммунмаша» и МАЗа, которые перевозят пассажиров не только в городах Беларуси, но также в Украине и Молдове.

С целью формирования типоразмерного ряда тяговых электродвигателей, оптимизированных по мощности к условиям применения, в 2020 г. по техническому заданию Управляющей компании холдинга «Белкоммунмаш» изготовлена и испытана опытная партия ТАД120–4-БУ1 для привода электробусов модели Е490 длиной до 9,5 м, которые успешно эксплуатируются в г. Батуми (Грузия). Данный электродвигатель имеет одноопорную компоновку. Вторая опора ротора расположена в редукторе, жестко сочлененном с двигателем. Оптимизированные габаритные и установочные размеры обеспечивают возможность поперечного его расположения в кузове электробуса. Охлаждает двигатель независимый вентилятор (табл. 2).

Полноценное освоение выпуска указанных тяговых электродвигателей будет способствовать созданию современной производственно-технологической базы, собственного центра для проведения их полномасштабных испытаний, позволит сформировать коллектив высококвалифицированных отечественных специалистов в данной области. Кроме того, это расширит функциональные возможности и минимизирует затраты при разработке, быстром прототипировании и освоении новых тяговых электрических машин для силовых установок перспективных моделей рельсовой и колесной техники.

Параметр	ТАД120-4-БУ1	ДТА-1У1
Изготовитель	ОАО «Могилевлифтмаш»	Псковский электромашиностроительный завод, РФ, г. Псков
Номинальная мощность, кВт	120 (145)	140
Номинальное линейное напряжение, вольт	420	425
Номинальный потребляемый ток, А	204 (246)	237
Частота питания, Гц	50	60
Частота вращения синхронная, об/мин номинальная	1500	1500
максимальная	4000	4000
Коэффициент полезного действия, %	93	90
Масса, кг	450	500
Способ охлаждения	от независимого вентилятора	от собственного вентилятора
Степень защиты	IP22	IP54
Температурный класс изоляции	H(180 °C)	H(180 °C)
Режим работы	S1 (S2–30 мин)	S2 (60 мин)

Таблица 2. Сравнительный анализ технических показателей электродвигателя ТАД120-4-БУ1

Вторым этапом развития должно стать выполнение «Могилевлифтмашем» совместно с Объединенным институтом машиностроения НАН Беларуси научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ, создание опытных образцов и отработка технологии мелкосерийного производства тяговых электроприводов.

Комплексная программа развития электротранспорта в Республике Беларусь на 2021–2025 гг. предусматривает поэтапную реализацию выполнения научно-исследовательских работ по моделированию электромеханических характеристик, предельных тепловых режимов и усталостного разрушения асинхронных и синхронных тяговых электродвигателей с постоянными магнитами в мощностном диапазоне до 300 кВт (2021–2023 гг.); разработку конструкторской и технологической документации на их макетные и опытные образцы

(2022–2023 гг.); а также на серийное производство и изготовление установочной партии и приемочных испытаний (2022–2024 гг.). Результатом должно стать создание типоразмерного ряда таких электродвигателей для электрических и гибридных трансмиссий различных транспортных средств, производимых как в Республике Беларусь, так и за рубежом. Их удельная мощность, как основной показатель эффективности, должна составлять: для синхронного – не менее 1 кВт/кг; для асинхронного – не менее 0,6 кВт/кг. На первом этапе будет сформирована производственно-технологическая база и высококвалифицированный персонал, на втором – разработаны высокоэффективные тяговые электродвигатели. Это позволит обеспечить к 2023 г. уровень локализации по тяговым электродвигателям для легкового, пассажирского и коммерческого транспорта не менее 60%. ■