

ru/kommunalnaya-tehnika/apis-elektro-polivomoechnyj. – Дата доступа: 12.05.2024.

3. Атаманов, Ю. Е. Теория подвижного состава городского электрического транспорта: учебно-методическое пособие для специальности 1-37 01 05 «Городской электрический транспорт» / Ю. Е. Атаманов, В. Н. Плищ. – Минск, БНТУ, 2013 – 267 с.

4. Синхронные электродвигатели «ОРИОН-18-1» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://orionmotor.narod.ru/ORION_MOTORS_2006_RUS.pdf. – Дата доступа: 21.04.2024.

Представлено 17.05.2024

УДК 629.7.08

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ И РАЗРАБОТКА ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТЯГАЧА АЭРОДРОМНОГО

SELECTION OF PARAMETERS AND DEVELOPMENT OF AN ELECTRIC TRACTION DRIVE FOR AN AIRFIELD TRACTOR

Кухарчик М. А., студ., **Жданович Ч. И.**, канд. техн. наук, доц.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
M. Kukharchik, student, Ch. Zhdanovich, Ph. D. in Eng., Ass. Prof.,
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

Выбраны параметры и разработана конструкция тягового электропривода тягача аэродромного, используемого для буксировки самолетов массой 260 000 кг.

The parameters were selected and the design of the electric traction drive of the airfield tractor used for towing aircraft weighing 260 000 kg was developed.

Ключевые слова: *тягач аэродромный, тяговый электропривод, электродвигатель, инвертор, аккумуляторы*

Key words: *airfield tractor, traction electric drive, electric motor, inverter, batteries*

ВВЕДЕНИЕ

ОАО «БЕЛАЗ» – управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ» серийно выпускает аэродромные тягачи БЕЛАЗ-74212 эксплуатационной массой 45000 кг, способные на аэродромах с искусственным покрытием буксировать самолеты весом до 260 т [1]. Тягач имеет колесную формулу 4x4, дизельный двигатель ТМЗ-8424.10 с газотурбинным наддувом мощностью 312,5 кВт (425 л. с.), гидромеханическую передачу с трехвальным согласующим редуктором, одноступенчатым гидротрансформатором, коробкой передач с фрикционными муфтами и электрогидравлическим приводом управления переключения ступеней. Максимальная скорость движения: 27 км/ч вперед и 8 км/ч назад [1, 2]. Разрабатывается новый аэродромный тягач БЕЛАЗ-74270, который рассчитан на буксировку самолетов взлетной массой до 600 т [2].

В настоящее время наблюдается тенденция использования тягового электропривода в аэродромных тягачах. Компания TREPEL AIRPORT EQUIPMENT GMBH (Германия) наряду с дизельными тягачами производит электрические аэродромные тягачи CHALLENGER 150e и CHALLENGER 280e [3]. Группа компаний GOLDHOFER (Германия) также наряду с дизельными тягачами производит электрические аэродромные тягачи BISON E 370 и BISON E 680 [4]. Компания GOODSENSE (Китай) производит электрический аэродромный тягач GOODSENSE TB120 [5].

Цель работы – разработка тягового электропривода тягача аэродромного, используемого для буксировки самолетов массой 260 000 кг с нужной скоростью [6], а также возможность плавно регулировать тяговое усилие и иметь достаточный запас хода между зарядками.

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Необходимую мощность электродвигателя рассчитывается по методике [7]. Исходя из уравнения тягового баланса, определяли касательную силу тяги, развиваемую на колесах тягача при равномерном

движении без самолета и с самолетом. Принимали максимальный уклон дорожного полотна на территории аэродрома равным 2°. Необходимую мощность двигателя рассчитывали при движении тягача без самолета по территории аэродрома со скоростью 40 км/ч и при буксировке самолета – 6 км/ч [6].

По результатам расчета подобрали тяговый электродвигатель ТАД-9 УХЛ2 [8] (табл. 1).

Таблица 1 – Параметры двигателя ТАД-9 УХЛ2

Параметр	Значение
Название	ТАД-9 УХЛ2
Номинальная мощность, кВт	322
Номинальная частота сети, Гц	39,4
Номинальное линейное напряжение, В	520
Номинальный ток, А	283
Номинальная синхронная скорость вращения, мин ⁻¹	770
Максимальная скорость вращения, мин ⁻¹	2300
Скольжение, %	2,16
Номинальный крутящий момент, Н·м	4100
Число фаз	3
Схема соединения	«звезда»
Коэффициент мощности (Cos φ)	0,8
КПД электродвигателя, %	91,1
Масса электродвигателя, кг	1700

Мощность инвертора выбирали исходя из электрической мощности ТЭД. Подобрали рекуперативный привод ACS880-17-0430A-7 [9] в шкафном исполнении с воздушным охлаждением производства компании АВВ (табл. 2).

Таблица 2 – Характеристики привода

Параметр	Значение
Название	ACS880-17-0430A-7
Номинальная выходная мощность, кВт	400
Напряжение питания (постоянный ток), В	1000
Выходное напряжение (переменный ток), В	525-690
Входной номинальный ток, А	400
Выходной номинальный ток (фазный), А	430
Частота, Гц	1-200
Размеры (ШхВхГ), мм	2315x830x698
Масса преобразователя, кг	375

Провода выбирали исходя из допустимого напряжения и тока. Были выбраны HELUTRAIN® 4GKW-AXplus 1x240 [10] для прокладки высоковольтной линии постоянного и переменного тока (табл. 3).

Таблица 3 – Характеристики кабеля

Параметр	Значение
Название	HELUTRAIN® 4GKW-AXplus 1x240
Номинальная напряжение, кВ	2,7 (DC)/3(AC)
Допустимая токовая нагрузка, А	600
Сопrotивление изоляции, МОм	10
Диаметр провода (с изоляцией), мм	≈26,8
Минимальный радиус изгиба (подвижно), мм	214
Масса провода на 1 м, кг	≈2,348

Расчет необходимой емкости аккумуляторов производится по нагрузочным диаграммам движения тягача с самолетом и без самолета. Выбирали батарею ENERTECH PE600-1058DH [11] (табл. 4).

Количество параллельно соединенных элементов 9.

Таблица 4 – Характеристики батареи ENERTECH PE600-1058DH

Параметр	Значение
Номинальное напряжение (рабочее напряжение), В	932,4 (680,4 – 1058,4)
Емкость, А·ч (кВт·ч)	60 (55,94)
Ток заряда номинальный (максимальный), А	18 (60)
Ток разряда номинальный (максимальный), А	18 (120)
Рабочая температура	-20 – 55 °С
Масса, кг	<445

РАЗРАБОТКА ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

На базе проведенного анализа существующих конструкции и выполненных расчетов разработан тяговый электропривод тягача аэродромного (рис. 1). Он содержит колеса 1, колесные редукторы 2, центральные редукторы 3 с дифференциалами, карданные валы 4, раздаточную коробку 5, тяговый электродвигатель 6, инвертор 7, электродвигатель 8 привода гидронасоса 9, тяговая аккумуляторная батарея 10, зарядное устройство 11 и контроллеры электрической трансмиссии 12 и 13.

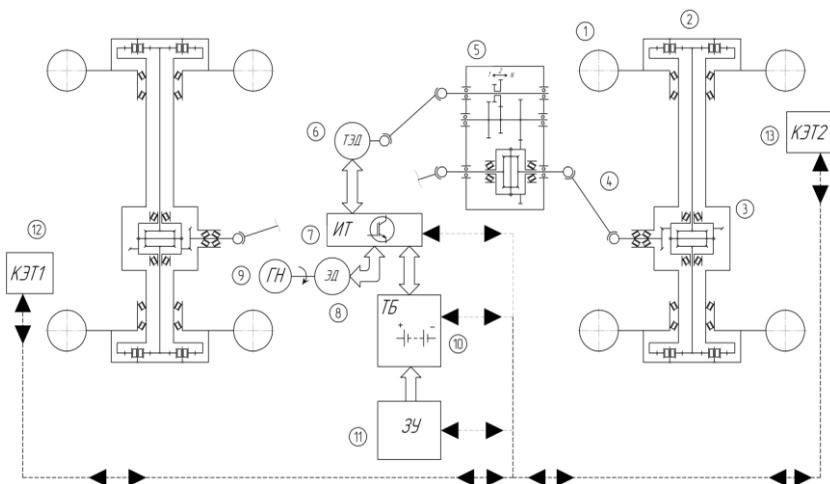


Рисунок 5 – Функциональная схема тягового электропривода

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выбраны параметры и разработана конструкция тягового электропривода тягача аэродромного, используемого для буксировки самолетов массой 260 000 кг. Колесная формула тягача 4x4, тяговый электропривод содержит тяговый асинхронный электродвигатель ТАД-9 УХЛ2, частотный преобразователя ACS880-17-0430A-7 на 400 кВт, кабели HELUTRAIN 4GKW-AXplus 1x240, в качестве источника питания выбраны аккумуляторы ENERTECH PE600-1058DH в количестве 9 штук.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аэродромные тягачи БЕЛАЗ-74212 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://belaz.by/products/products-belaz/special-purpose-machines/500/>. – Дата доступа: 12.05.2024.
2. Новый аэродромный тягач БЕЛАЗ сможет буксировать самые большие самолеты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://abw.by/news/industry/2024/11/24/bosch-uvolit-5550-razrabotchi-kov-sistem-pomoschi-voditelu>. – Дата доступа: 12.05.2024.
3. TREPЕL – Products [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://trepel.com/products/>. – Дата доступа: 12.05.2024.

4. Goldhofer defense ground support equipment your reliable GSE solutions [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.goldhofer.com/en/defense>. – Дата доступа: 12.05.2024.

5. Электрический тягач GOODSENSE TB120 12,0Т АРТ 313405 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://funlift.ru/catalog/tyagachi/elektricheskie-tyagachi/dizelnyu-tyagach-goodsense-tb120/>. – Дата доступа: 12.05.2024.

6. Постановление министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 25 апреля 2016 г. № 22 об утверждении авиационных правил «Организация работы транспортных средств на аэродромах гражданской авиации республики Беларусь» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21630871p>. – Дата доступа: 12.05.2024.

7. Атаманов, Ю. Е. Теория подвижного состава городского электрического транспорта: учебно-методическое пособие для специальности 1-37 01 05 «Городской электрический транспорт» / Ю. Е. Атаманов, В. Н. Плищ. – Минск, БНТУ, 2013 – 267 с.

8. Электродвигатель типа ТАД-9 УХЛ2. Руководство по эксплуатации.

9. Официальный сайт производителя АБВ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://global.abb> – Дата доступа: 21.04.2024.

10. Сайт официальный дистрибьютора Helukabel в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.helukabel.su>. – Дата доступа: 21.04.2024.

11. Официальный сайт производителя ENERTECH [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.enertechint.com>. – Дата доступа: 21.04.2024.

Представлено 17.05.2024