



Перспективы разработки электромеханических трансмиссий для отечественной бронетехники



Кафедра ИТС КГМ НТУ "ХПИ"
Проф. Д.О. Волонцевич
17.05.2017 г.



Актуальность применения электропривода в бронетехнике



FCS-T и FCS-W
с гибридным
электрохимическим
приводом
англо-американской
компании United Defense

**SEP APC с гибридной
электрохимической
трансмиссией
с колесной формулой 8×8
и гусеничной ХЧ**





Актуальность применения электропривода в бронетехнике

Разработки СССР 1965 год





Актуальность применения электропривода в бронетехнике

Почему именно электропривод?

1. Бесступенчатое изменение скорости и тягового усилия;
2. Легкость автоматизации трансмиссии и обеспечения управления машиной любым членом экипажа и дистанционного управления;
3. Расширенные возможности по рекуперации энергии замедления, поворота, колебаний подрессоренных масс и т.д.;
4. Возможность кратковременного движения без работающего ДВС;
5. Возможность кратковременного суммирования мощности генераторной установки и накопителей энергии;
6. Простота реализации системы поддержания курсовой устойчивости и регулирования тяги для исключения буксования;
7. Отсутствие жестких механических связей между основными агрегатами, облегчающее компоновку;
8. Высокая блочная унификация между машинами различных видов и классов;
9. Более высокая надежность за счет дублирования и быстрота замены при повреждениях (для мотор-колес);
10. Возможность повысить противоминную стойкость корпуса и увеличить динамический ход подвески (для мотор-колес).



Актуальность применения электропривода в бронетехнике

Почему именно сейчас?

1. Произошел революционный скачок в развитии накопителей электроэнергии;
2. Резко сократились габариты и вес управляющей аппаратуры;
3. Созданы тяговые электродвигатели с показателями, позволяющими на их основе создать электрическую трансмиссию для колесных бронетранспортеров не только по мостовой схеме, но и по принципу мотор-колес;
4. Классические ступенчатые механические трансмиссии с гидродинамическими передачами практически полностью выбрали свой технический потенциал по повышению удельной мощности и подвижности полноприводных машин;
5. Неоправданная сложность реализации на многоосных полноприводных машинах функций системы поддержания курсовой устойчивости и регулирования тяги для исключения буксования без участия энергетически невыгодного использования тормозной системы и АБС;
6. Наличие на кафедре ИТС КГМ в НТУ «ХПИ» квалифицированной команды, которая может и хочет внести свою лепту в разработку перспективной украинской бронетехники, соответствующей современным мировым стандартам.



Существующие образцы зарубежных асинхронных электродвигателей с частотным регулированием, потенциально подходящие для электротрансмиссии

EMRAX 348 (Словения)

Масса ТЭД, кг	41
Габариты (диаметр x длина), мм	348x105
Максимальная мощность ТЭД, кВт	150
Максимальная частота вращения, об/мин	3350
Максимальный дли- тельный момент, Нм	500
Максимальный кратковременный момент (менее минуты), Нм	1000(820)





Существующие образцы зарубежных асинхронных электродвигателей с частотным регулированием, потенциально подходящие для электротрансмиссии

PERMAMENT MAGNET WHEL MOTOR M 73 (Germany)

Technical Data

Mechanical Data :

Maximum torque	2050 Nm
Continuous torque	1050 Nm
Peak power @ 750V	150 kW
Continuous power	120 kW
Rated speed	3100 rpm

Electrical Data :

Rated voltage	750 V
Maximum voltage	800 V
Number of phases	3

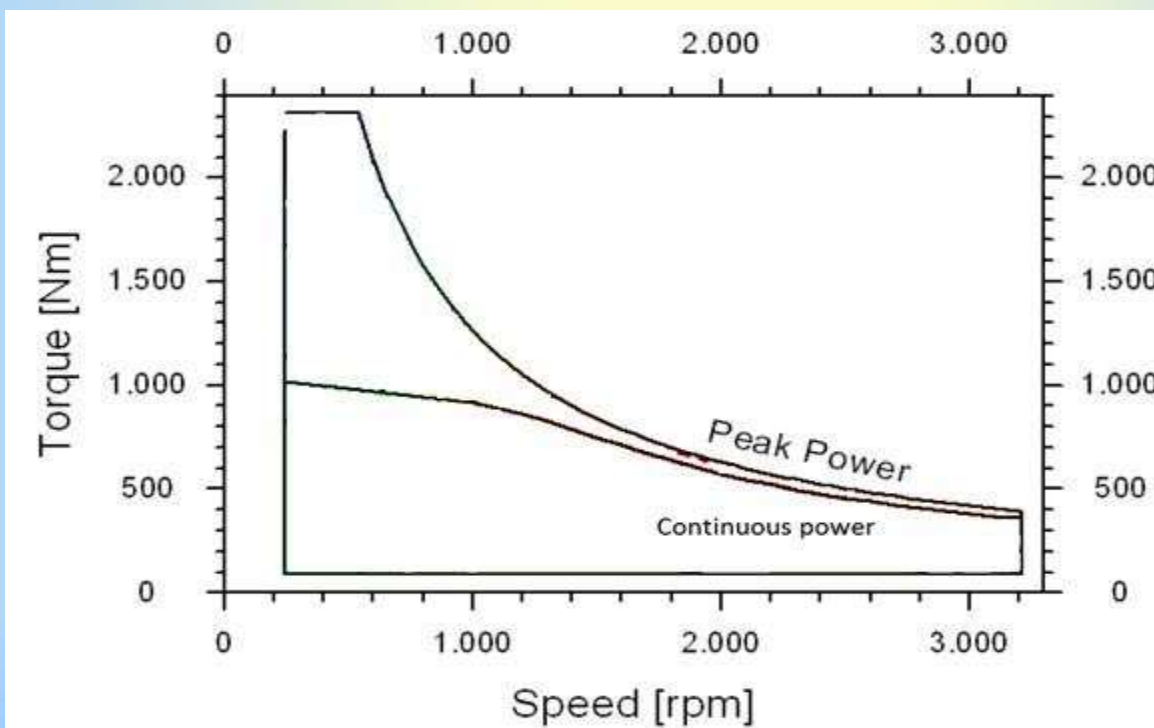
General :

Ambient temperature range (design data)	- 32 to + 120 degree
Axial length	120 mm
Total axial length including connection area	232 mm



Существующие образцы зарубежных асинхронных электродвигателей с частотным регулированием, потенциально подходящие для электротрансмиссии

Outer diameter	483 mm	Cooling :	
Inner free diameter	300 mm	Cooling medium	water / glycol 50/50
Weight	88 kg	Nominal flow rate	ca. 12 l/min
Shock resistance	> 60 g	Rated inlet temperature	75 degree C





Предлагаемая структура исследований

- Анализ величины средней механической мощности на колесах, необходимой для обеспечения современных ТТХ по подвижности БТР, а также оценка мощности дизельного двигателя, основного генератора и емкости накопителя;
- Структурно-параметрический синтез планетарных редукторов, позволяющих оптимально состыковать характеристики выбранных тяговых электродвигателей с ТТХ бронетранспортера;
- Прочностной расчет синтезированных планетарных редукторов и разработка компоновочных 3D эскизов мотор-колес;
- Сравнительный анализ ТТХ по подвижности базового БТР и БТР с различными тяговыми электродвигателями, проведенный с использованием математического моделирования движения колесного бронетранспортера.

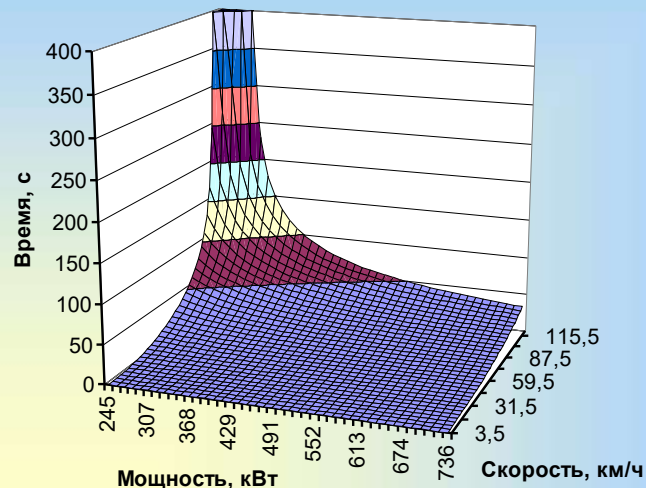
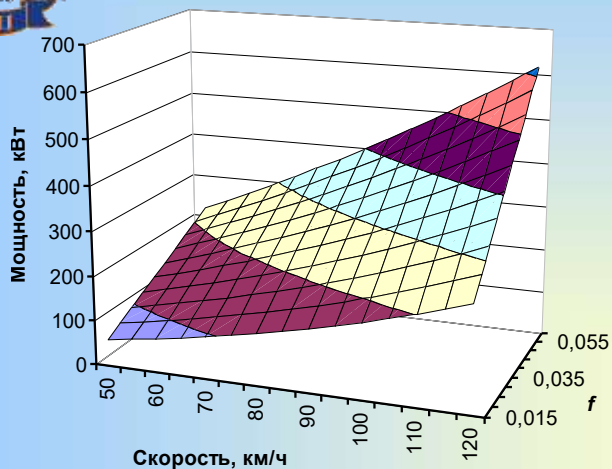
Исходные данные и требуемые показатели динамики машины



Наименование показателя		Значение
Вес машины G_M , Н		245250
Колесная формула		8x8
Максимальная скорость движения по шоссе V_{max} , км/ч		110
Средняя скорость движения, км/ч	по шоссе V_{cp}	60
	по грунтовой дороге V_{cp}^*	45
Максимальный угол подъема по грунту α_{max}^0		30
Скорость на подъем с уклоном 30^0 не менее, км/ч		5 (10)
Высота машины H , м		2,36
Ширина колеи B , м		2,4
Клиренс h , м		0,5
Статический радиус колеса R_{BK} , м		0,53
Коэффициент обтекаемости k , (Н·с ²)/м ⁴		0,65
Расчетное время разгона по шоссе, с (не более)	до скорости 30 км/час	5
	до скорости 70 км/час	25
	до скорости 110 км/час	75
Максимальное значение динамического фактора (не менее)		0,8

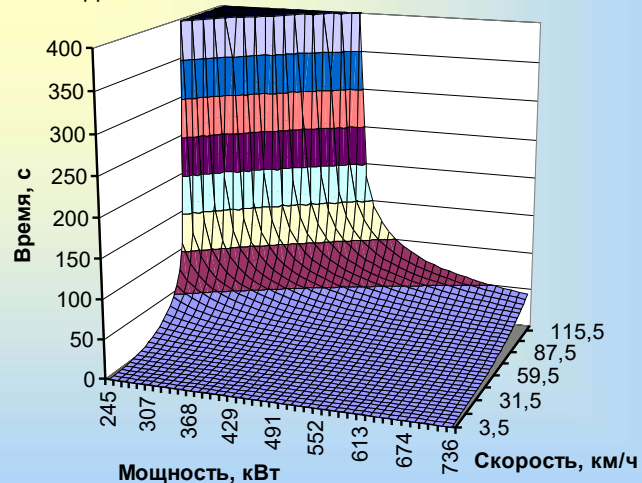
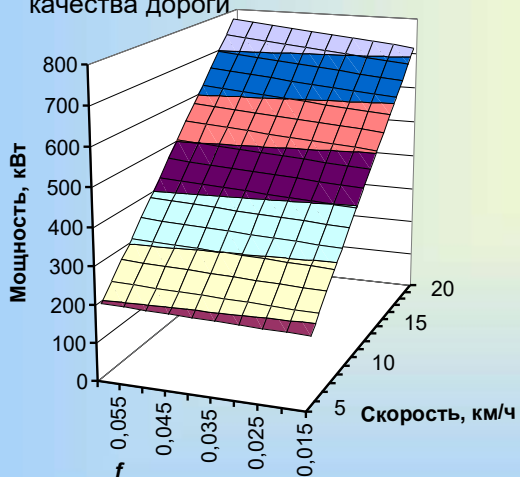


Первые результаты



Зависимость мощности привода от максимальной скорости и качества дороги

Зависимость времени разгона от скорости и мощности привода для шоссе



Зависимость мощности привода от скорости движения на подъем 30° и качества дороги

Зависимость времени разгона от скорости и мощности привода для грунтовой дороги



Первые выводы

Обобщенные результаты расчетов

Параметр	Требуемая мощность, кВт	Принимаемая мощность, кВт	Теоретически ожидаемые значения параметра
$v_{\max}=110$ км/ч	240	340 (42,5)	> 120 км/ч
$v_{\alpha}=5(10)$ км/ч	188 (376)		$v_{\alpha}=9$ км/ч
v_1 за 5 с	260		за 3,5 с
v_2 за 25 с	300		за 21 с
v_3 за 75 с	340		за 75 с

Выводы

1. Для реализации заданных характеристик подвижности колесного бронетранспортера БТР-4 при переходе на электромеханическую трансмиссию без учета ограничения в ТЭД крутящего момента по величине силы тока в обмотках достаточно обеспечить на каждом колесе механическую мощность не менее 42,5 кВт.
2. Для реальных ТЭД типа EMRAX 348 (Словения), имеющих коэффициент приспособляемости по крутящему моменту 1,5 – 3, невозможно обойтись без расширения диапазона изменения крутящего момента на механическом двухступенчатом редукторе.
3. Для реализации заданных характеристик подвижности колесного бронетранспортера БТР-4 при одноступенчатых колесных редукторах необходимо обеспечить на ТЭД при той же частоте вращения длительно действующий крутящий момент 2137,5 Нм.



БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАННЯ!