



«Трамвай с асинхронным тяговым приводом и его характеристики»

Выполнили: студенты гр. ЭММ-13

Баранова Е.М., Заяц К.Ю.

Руководитель: д.т.н. профессор Щуров Н. И.

Структура и основные элементы тягового электропривода

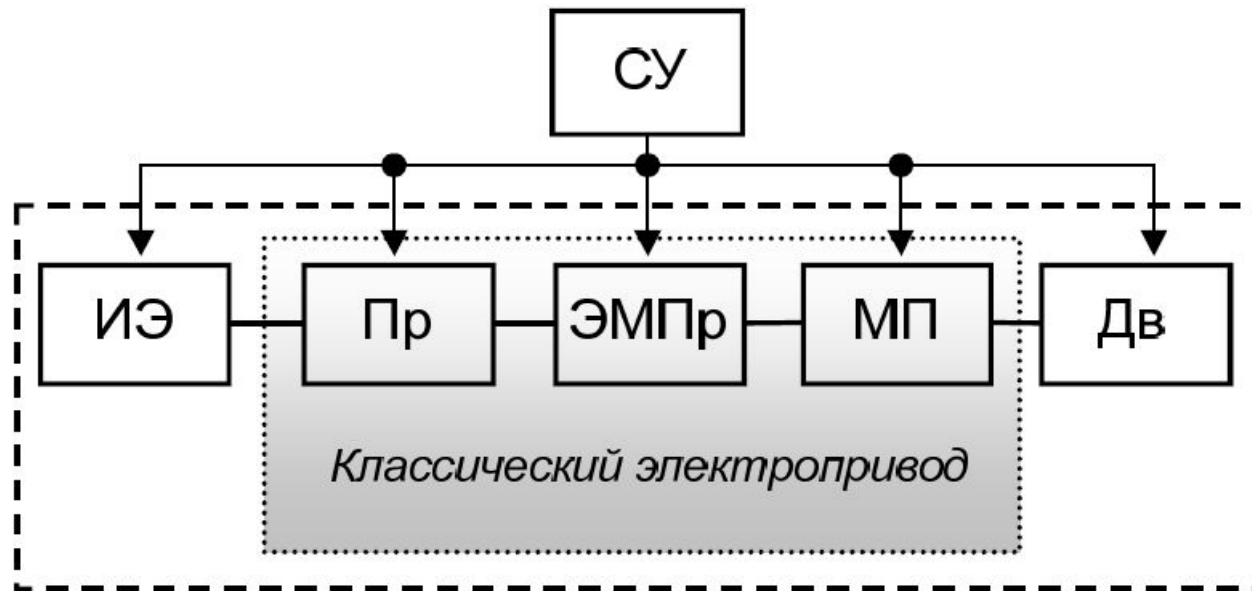


Рисунок 1 – Структурная схема тягового электрического привода

ИЭ - источник энергии;

Пр - преобразователь;

ЭМПр – электромеханический преобразователь (тяговый электродвигатель);

МП – механическая передача;

Дв – движитель (пневматическое колесо, колесная пара и т.д.);

СУ – система управления.

Недостатки электропривода постоянного тока:

- наличие коллекторно-щеточного узла снижает надежность ТЭД, увеличивает расходы на техническое обслуживание;
- отсутствие возможности возвращения части энергии при торможении в контактную сеть (рекуперативное торможение);
- использование РКСУ для регулирования скорости приводило к увеличению потерь на регулирование;
- необходимость использования большого количества контактных элементов, осуществляющих коммутацию под током (до 200 А) и требующих периодического обслуживания;
- частота вращения ограничена механической прочностью обмотки якоря и коллектора;
- инертная система токовой защиты.


В 1996 г. был впервые испытан и передан в эксплуатацию на трамвайном вагоне ЛВС-86А тяговый электропривод переменного тока.





Рисунок 2 – Первый в России трамвай с двигателями переменного тока

Преимущества и недостатки бесколлекторных двигателей

- + отсутствие коллекторно-щеточного узла;
- + большая мощность АД по отношению к ДПТ при равных габаритах;
- + допускают большую частоту вращения;
- + меньшая масса и стоимость;

 квадратичная зависимость вращающего момента от приложенного напряжения;

 громоздкость, сложность и ненадежность ранее существующих преобразователей;

 значительное расхождение нагрузок между параллельно работающими ТЭД.

Преобразователь постоянно-переменного тока (инвертор)

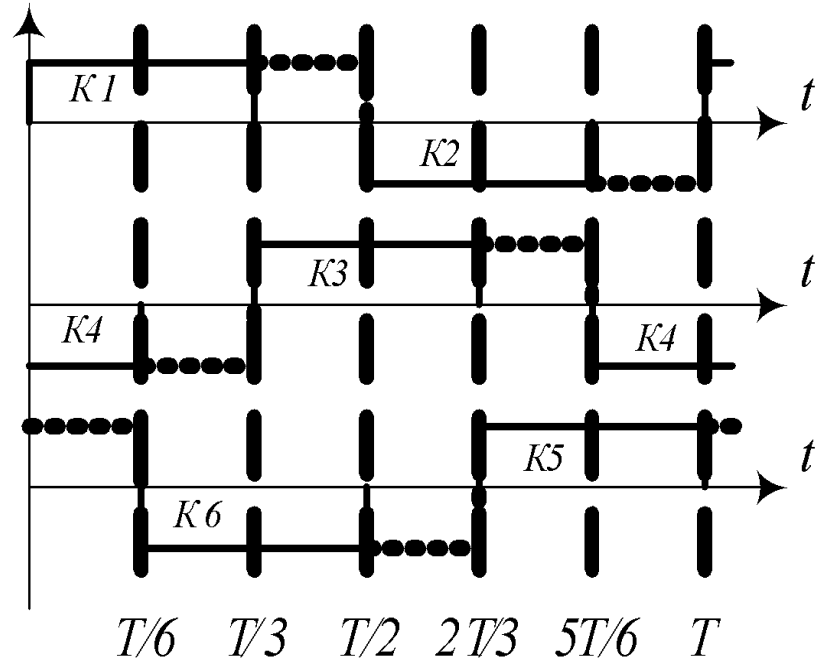
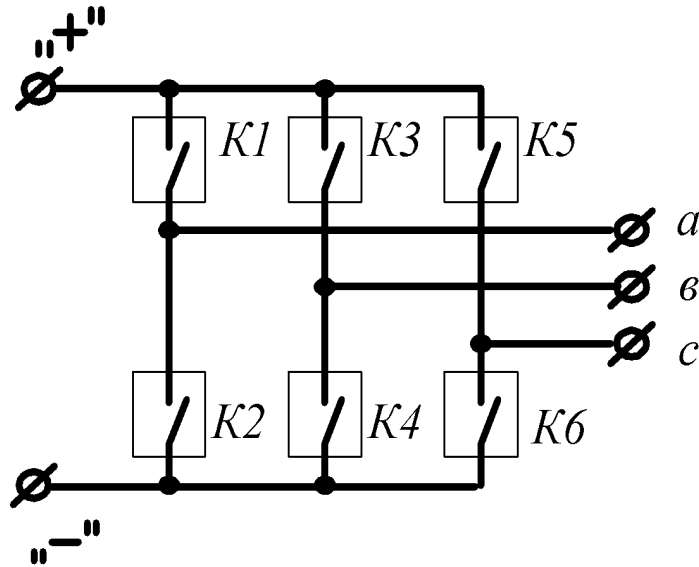


Рисунок 3 – Принципиальная схема цепи преобразователя и временная диаграмма

Характеристики современных мощных силовых ключей

Тип прибора	Преимущества	Недостатки	Области применения
Традиционный тиристор (SCR)	Самые низкие потери во включенном состоянии. Самая высокая перегрузочная способность. Высокая надежность. Легко соединяются параллельно и последовательно.	Не способен к принудительному запираению по управляющему электроду. Низкая рабочая частота.	Привод постоянного тока; мощные источники питания; сварка; плавление и нагрев; статические компенсаторы; ключи переменного тока
GTO	Способность к управляемому запираению. Сравнительно высокая перегрузочная способность. Возможность последовательного соединения. Рабочие частоты до 250 Гц при напряжении до 4 кВ	Высокие потери во включенном состоянии. Очень большие потери в системе управления. Сложные системы управления и подачи энергии на потенциал. Большие потери на переключение.	Электропривод; статические компенсаторы; реактивные мощности; системы бесперебойного питания; индукционный нагрев
IGCT	Способность к управляемому запираению. Перегрузочная способность та же, что и у GTO. Низкие потери во включенном состоянии на переключение. Рабочая частота - до единиц кГц. Встроенный блок управления (драйвер). Возможность последовательного соединения.	Не выявлены из-за отсутствия опыта эксплуатации	Мощные источники питания (инверторная и выпрямительная подстанции линий передач постоянного тока); электропривод (инверторы напряжения для преобразователей частоты и электроприводов различного назначения)
IGBT	Способность к управляемому запираению. Самая высокая рабочая частота (до 10 кГц). Простая неэнергоемкая система управления. Встроенный драйвер.	Очень высокие потери во включенном состоянии	Электропривод; системы бесперебойного питания; статические компенсаторы и активные фильтры; ключевые источники питания

ХАРАКТЕРИСТИКИ АД

Одним из важных параметров режима работы АД является относительное скольжение:

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

n_1 и n_2 - соответственно частота вращения магнитного поля статора и частота вращения ротора,

$$n_1 \neq n_2.$$

Относительное скольжение меняется от $s = 1$ при неподвижном роторе, до $s = 0$, соответствующей синхронной скорости.

Оптимальный режим работы АД определяется соотношением трех его параметров: U_1, f_1, M_1

Зависимость момента вращения M асинхронного двигателя выражается:

$$M = \frac{9,82 \cdot p_1 \cdot m_1 \cdot r'_2 \cdot U_1^2 \cdot s}{2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot [(C_1 \cdot r'_2 + s \cdot r_1)^2 + (x_1 + C_1 \cdot x'_2)^2 \cdot s^2]} \quad [H \cdot m]$$

p_1 и m_1 - соответствующее число пар полюсов и число фаз статора;

r_1 и x_1 - соответствующее активное и индуктивное сопротивления статора;

r'_2 и x'_2 - приведенные к параметрам цепи статора активное и индуктивное сопротивления ротора;

U_1 - напряжение питания;

C_1 - постоянная статора, для ТЭД $C_1 = 1$

Изменяя соотношение между параметрами по определенному закону можно обеспечить работу АД с наибольшим к.п.д.

Системы управления ЭПС постоянного тока с АТД

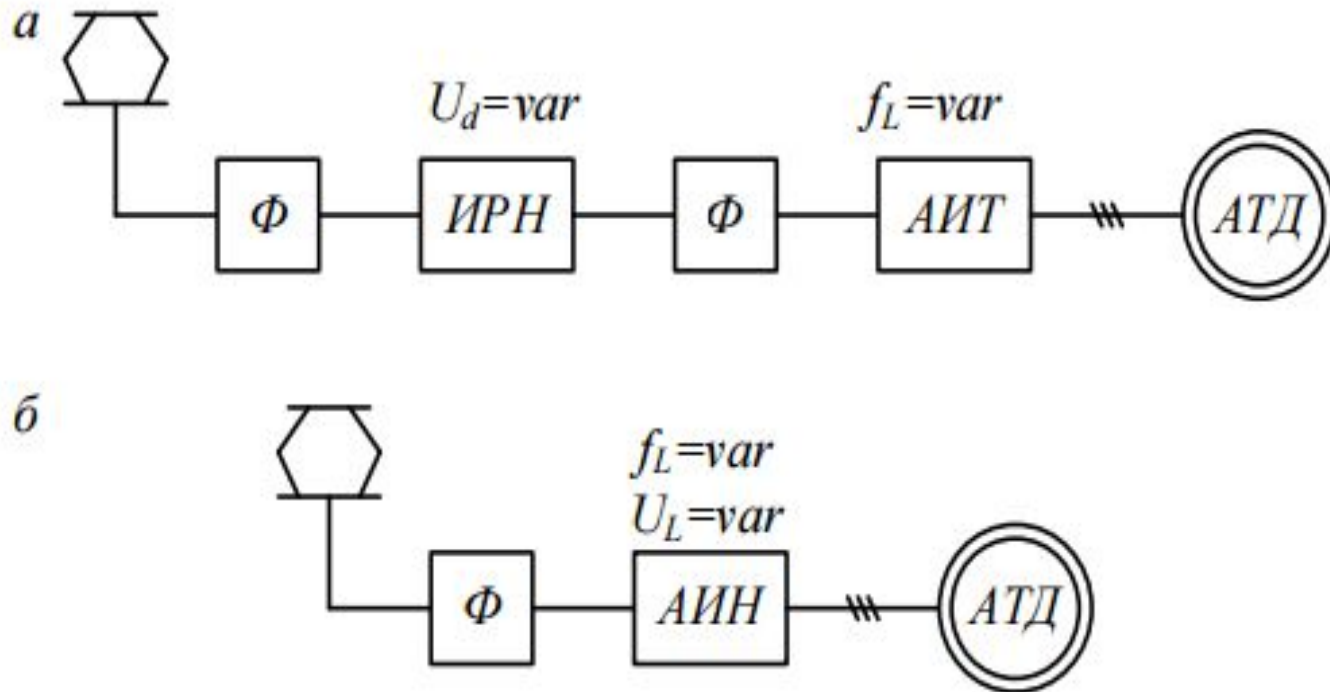


Рисунок 5 – Структурные схемы АТП для ЭПС постоянного тока с асинхронными ТЭМ: *а* – с АИТ; *б* – с АИН

Электроподвижной состав с индивидуальным питанием АТД

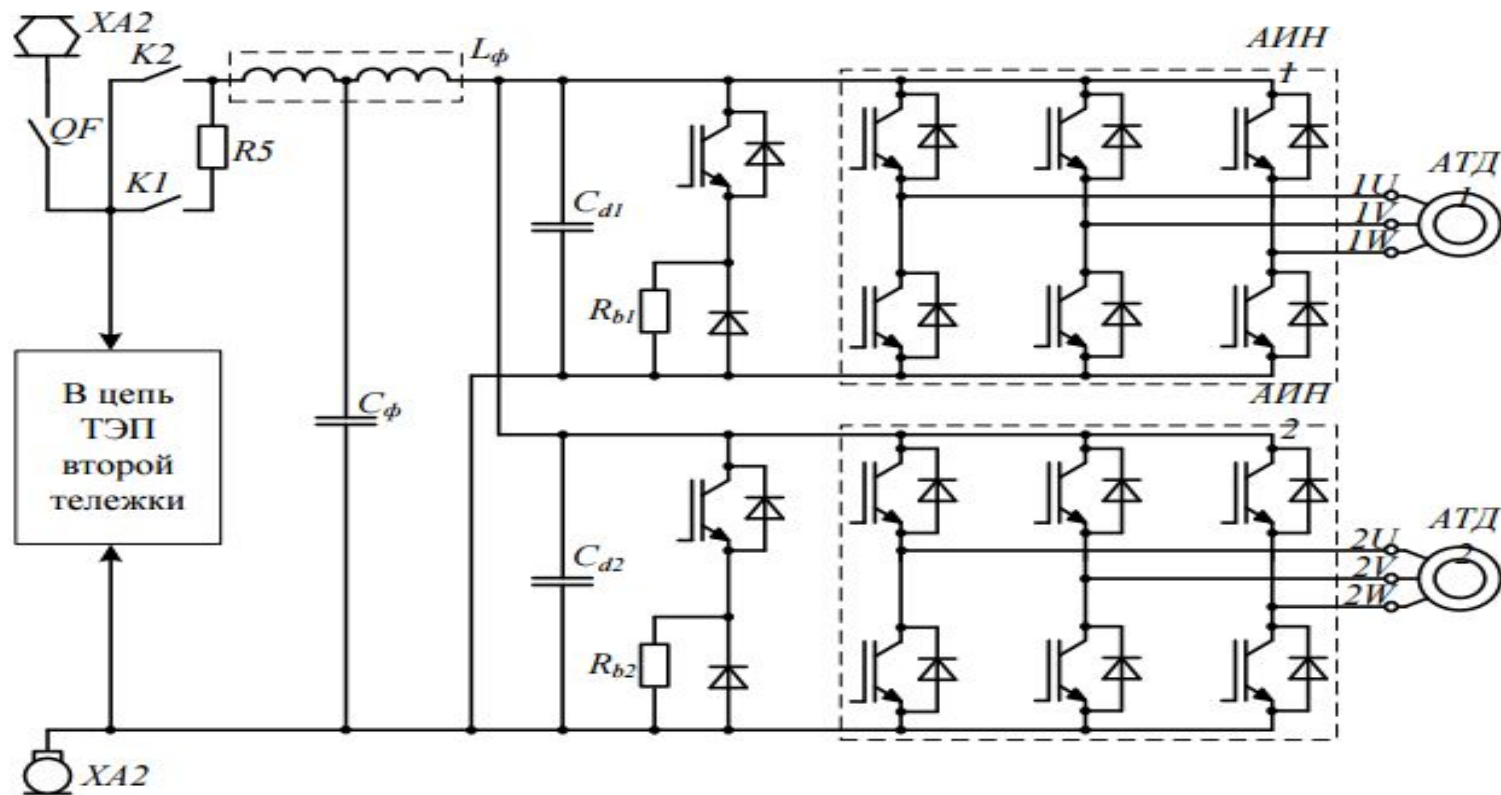


Рисунок 7 – Силовая схема моторного вагона с индивидуальным питанием АТД

Электроподвижной состав с групповым питанием АД

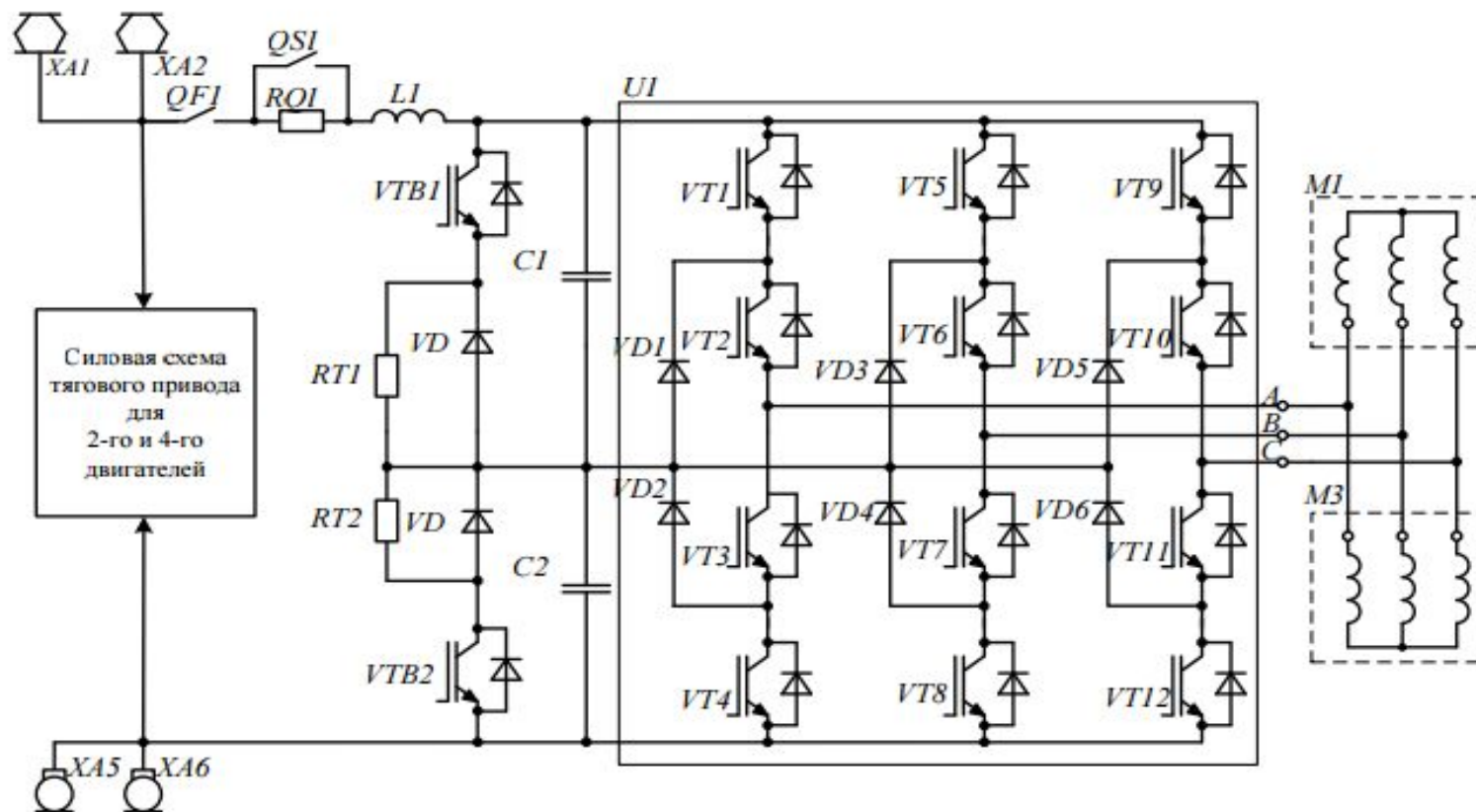


Рисунок 6 – Силовая схема моторного вагона с групповым питанием АД

Элементная база

IGBT-модуль в исполнении M12-4200-6-E3
с максимальным постоянным напряжением 600 В.
Основные и предельно-допустимые параметры:

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Значение
Пробивное напряжение коллектор-эмиттер (не менее), В	$U_{(DR) CES}$	В	600
Постоянное напряжение силовой цепи (не более), В	U_{DC}	В	350
Постоянный ток силовой цепи (не более), А	I_{DC}	А	200
Тепловое сопротивление переход-корпус транзистора (не более), °С/Вт	$R_{T(j-c) VT}$	°С/Вт	0,15
Тепловое сопротивление переход-корпус диода (не более), °С/Вт	$R_{T(j-c) VD}$	°С/Вт	0,25
Рассеиваемая мощность (не более), Вт	P_D	Вт	830

Элементная база

Параметры обратных диодов

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Значение
Прямое падение напряжения (типовое), В	V_F	В	2,1
Постоянный ток диода (не более), А	I_F	А	200
Импульсный ток диода при $t_{имп} = 1$ мс (не более), А	I_{FM}	А	600
Ток обратного восстановления (типовой), А	I_{RR}	А	250
Время восстановления (типовое), нс		нс	300

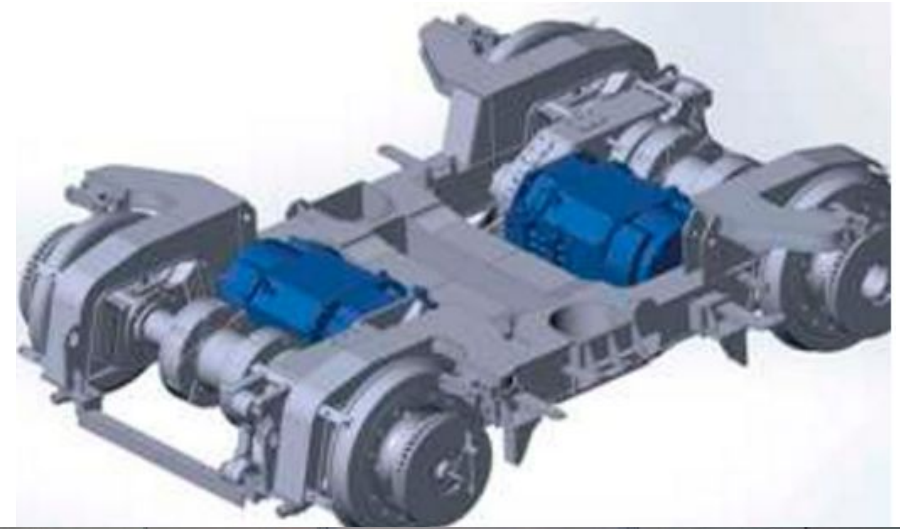
Элементная база



Электродвигатель 125 кВт индивидуального привода моторной оси четырехосного низкопольного пассажирского вагона трамвая

Технические параметры	Значение
Мощность, кВт	125
Номинальное напряжение, В	510
Номинальная частота, Гц	80
Номинальный ток, А	167
Длительно действующий момент, Нм	503
КПД, %	94,7
Номинальная частота вращения, об/мин	2371
Коэффициент мощности	0,89

Конструкция тележек с ДШТ и АТД



Трамвайные вагоны нового поколения



Сименс



Альстом



Бомбардье



Прагоимекс

Выводы:

- замена тяговых двигателей постоянного тока на асинхронные тяговые двигатели повышает надежность подвижного состава и снижает расходы на обслуживание;
- применение транзисторных преобразователей для управления тяговыми двигателями значительно снижает эксплуатационные расходы, связанные как с техническим обслуживанием системы управления, так и с экономией электроэнергии, потребляемой тяговым электроприводом;
- любой проводимый капитально-восстановительный ремонт подвижного состава должен сопровождаться заменой резисторно-контакторного привода транзисторной системы управления

Новосибирский государственный технический университет



Кафедра электротехнических комплексов

www.nstu.ru

«Трамвай с асинхронным тяговым приводом и его характеристики»

Выполнили: студенты гр. ЭММ-13

Баранова Е.М., Заяц К.Ю.

Руководитель: д.т.н. профессор Щуров Н. И.