



кинемак

Накопитель кинетической энергии

для эффективного использования
рекуперированной энергии
электрифицированного транспорта



Проблема энергоэффективности на городском транспорте и её решение

Малое использование рекуперируемой энергии на городском транспорте

Троллейбус и трамвай могут рекуперировать энергию. Но практически вся рекуперируемая энергия электрифицированного транспорта «сжигается» на тормозных резисторах и повторно не используется. Резкие перемены напряжения в сети. Недостаток мощности на отдельных участках движения.

ПРОБЛЕМА

Применение маховичных накопителей позволит эффективно использовать рекуперируемую энергию

Режим быстрого запасания энергии с последующей быстрой отдачей, для применения на городском электрифицированном транспорте (трамвай, троллейбус). Сглаживание колебаний напряжения в сети. Работа в качестве параллельного генератора.

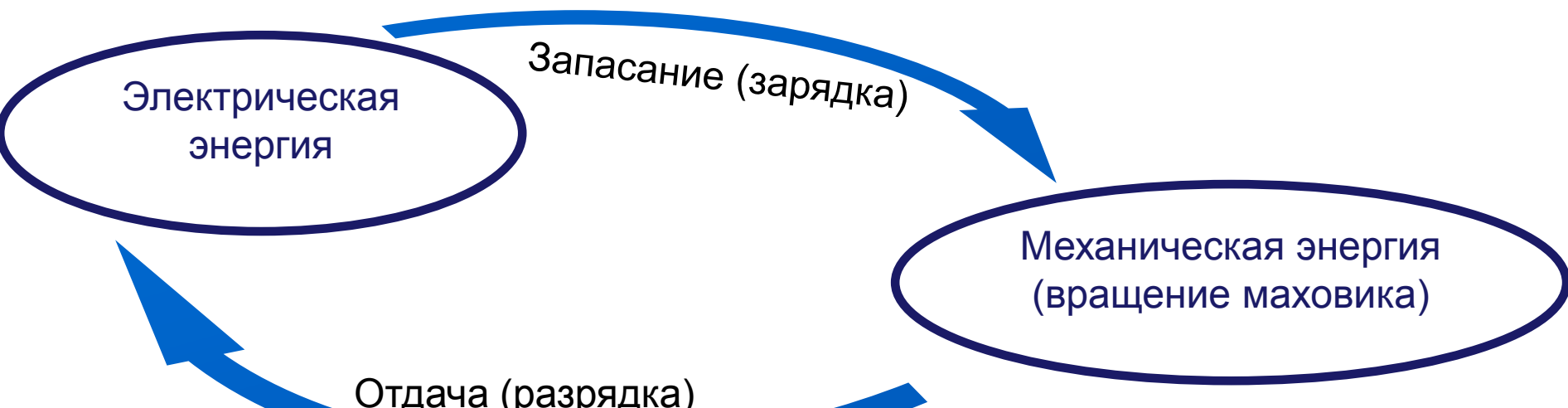
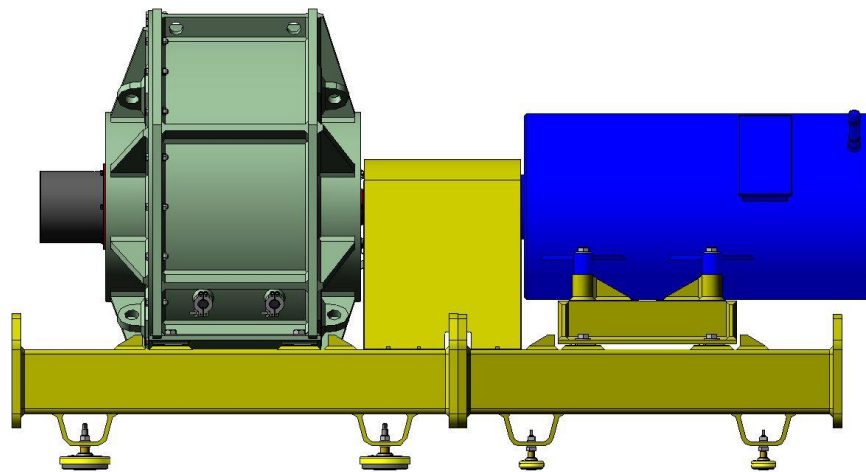
РЕШЕНИЕ

Конструкция и принцип работы НКЭ

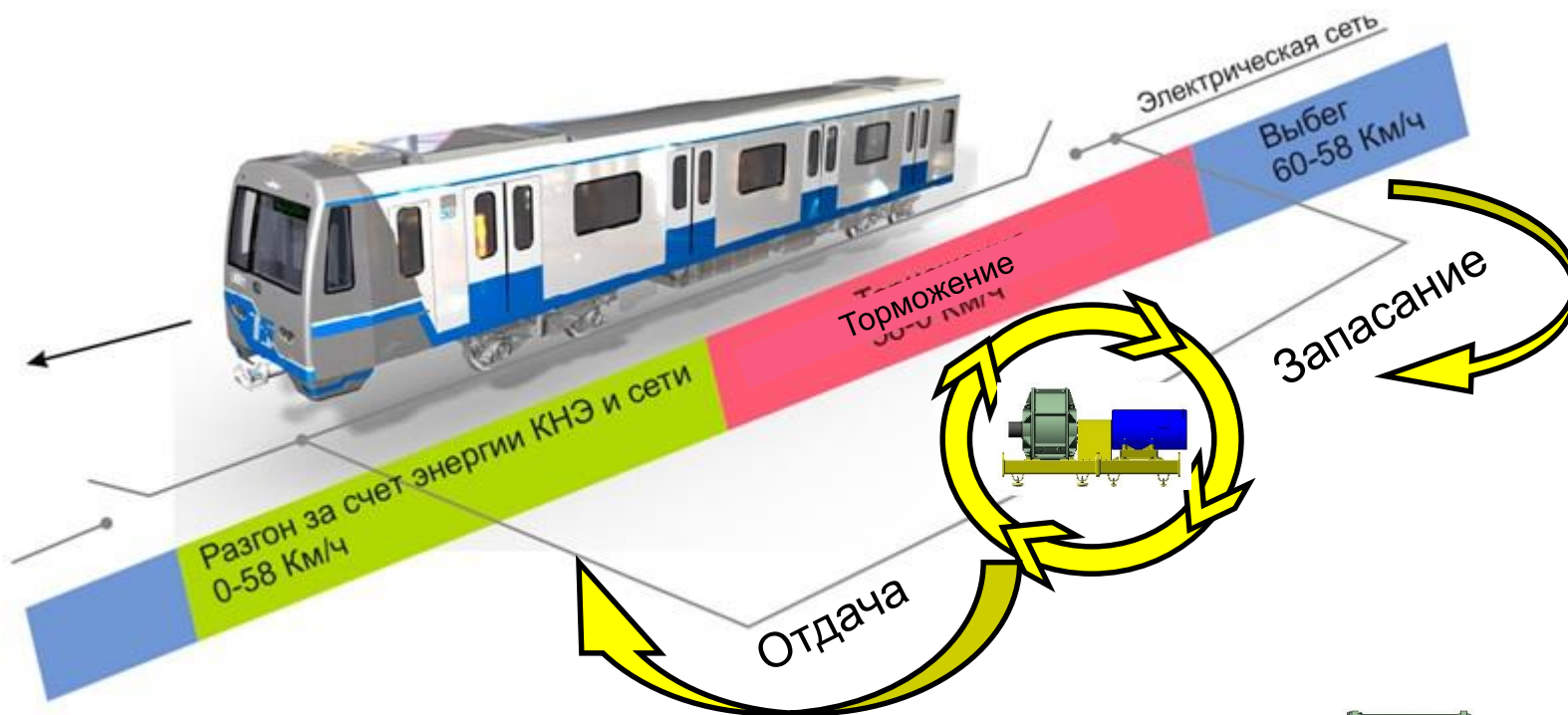
Электрическая энергия рекуперации вагона подается на мотор-генератор, раскручивающий «высокоэнергетичный маховик», который имеет энергоёмкость до 8 МДж (~ 2 кВт*час) энергии.

Накопитель энергии комплектуется блоком управления.

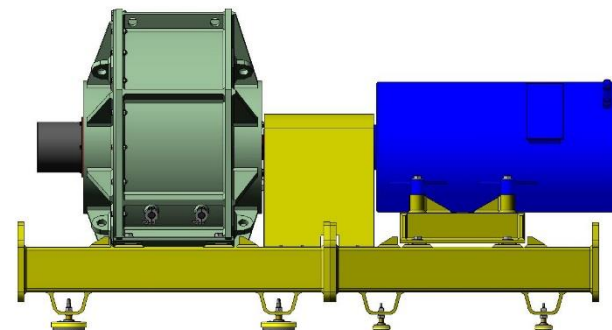
Когда возникает необходимость, мотор-генератор преобразует накопленную кинетическую энергию обратно в электрический ток и выдает в контактную сеть.



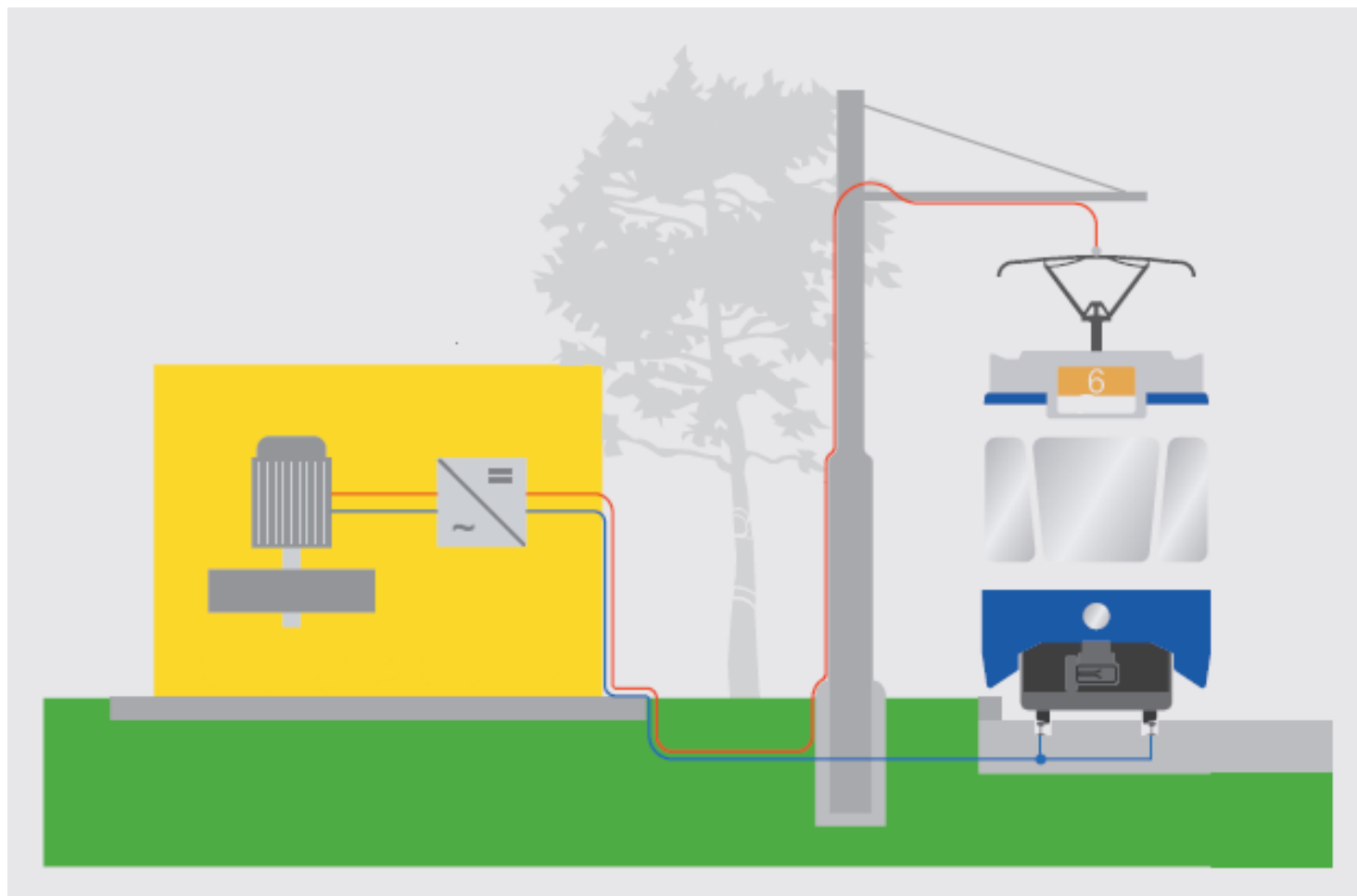
Режим рекуперации



Стационарная система рекуперации энергии
для электрифицированного городского
транспорта на основе накопителя кинетической энергии



Подключение стационарного НКЭ к контактной сети



Соединение может быть как напрямую с участком контактной сети, так и на подстанции.

Экономический эффект НКЭ

- снижение платы энергоснабжающим организациям за потребляемую пиковую мощность
- снижение потребления электроэнергии на тягу

Повышение эксплуатационного ресурса оборудования подвижного состава и тяговых подстанций городского электротранспорта.

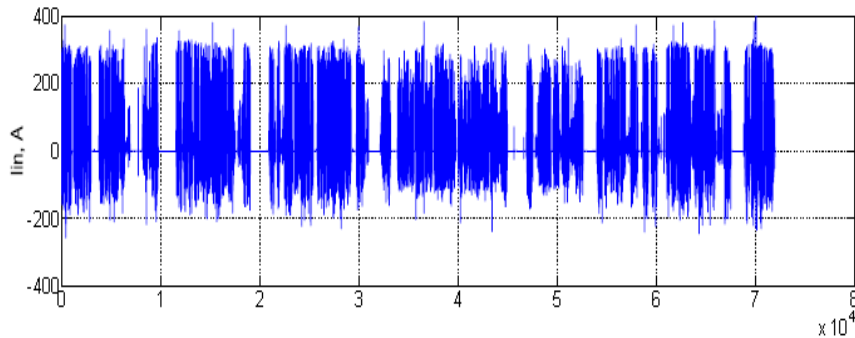
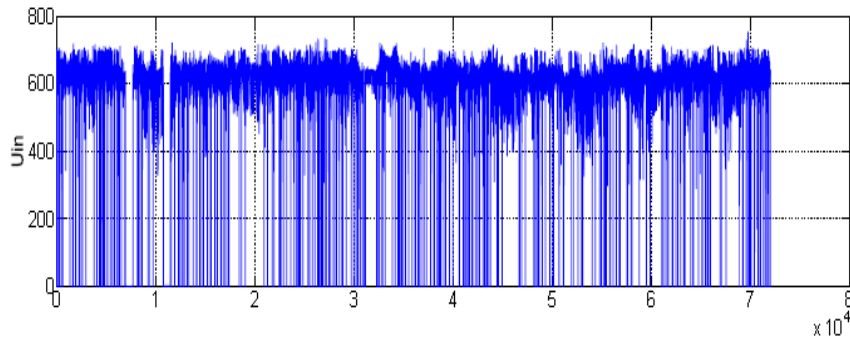
Применение НКЭ для рекуперации энергии троллейбуса/трамвая



Марка	ЗиУ-682
Технические данные	
Род тока и напряжение	= 550 (400-720) В
Выходная мощность	115 кВт
Ускорение	1,3 м/с ²
Масса вагона	17,985 тонн
Торможение	1,1 м/с ²
Система управления	инверторная

Сейчас рекуперированная энергия торможения повторно в сети практически не используется. С применением НКЭ она может полностью направляться на разгон вагона.

Условия расчётов эффективности рекуперации



Для расчётов требуется график нагрузки в сети (на тяговой подстанции или между подстанциями).

Эффективность буферного накопления и отдачи энергии зависит от частоты циклов рекуперации транспорта.

Расчет числа накопителей на 1 остановку

Троллейбус (1 вагон, тара) – 10750 кг.

Кол-во пассажиров (122 чел) – 9 760 кг.

Общая масса – 20 510 кг.

$A_{\text{движ.}} = m (v_{2H}^2 - v_{2K}^2) / 2 = 2,3 \text{ МДж}$

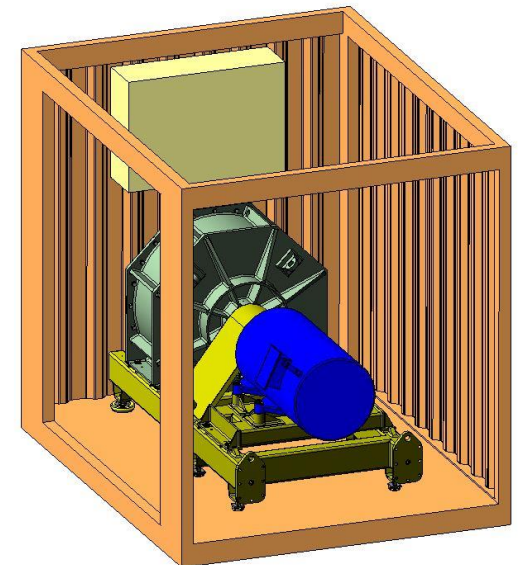
$A_{\text{сопр.}} = F * l = m g k l = 0,4 \text{ МДж}$

Полезная энергия рекуперации ~ 1,9 МДж

Число накопителей на остановку - 1 НКЭ
(с расчетом на одновременное торможение
3-4 троллейбусов)

**Накопленная энергия разгоняет вагон
от 0 км/час до 40-45 км/час.**

$V_H = 0 \text{ м/с}$
 $V_K = 15 \text{ м/с}$
 $l = 500 \text{ м}$
 $g = 9,8 \text{ м/с}^2$
 $k = 0,002$



Расчет экономических показателей

на одну остановку

Выдача запасенной в НКЭ энергии для разгона 1 троллейбуса

~1,8 МДж ≈ **0,5 кВт*час**

За 20 часов через одну остановку проходит
~800 троллейбусов в обе стороны (из расчёта
интервала в одну сторону 3 мин.)

Общий объем рекуперируемой
электроэнергии в сутки, выданной на разгон
троллейбусов: ~400 кВт*час

Цена сэкономленной электроэнергии
из расчета 4 рубля за 1 кВт*час
Составляет 1600 рублей в сутки

Общая экономия (только по
электроэнергии) в год с одной остановки
составляет **584 000 рублей (без учета
торможений на светофорах и др.)**

Срок
окупаемости
НКЭ ~3,5 года

Срок службы
НКЭ – 25 лет.

Если НКЭ установить на 50 остановках

Экономия за год:
29 200 000 рублей

Применения НКЭ для рекуперации энергии подвижного состава



Производитель	Татра (ЧССР)
Технические данные	
Род тока и напряжение	= 600 В
Выходная мощность	4*50 кВт
Ускорение	1,2 м/с ²
Масса 1 вагона	20 тонн
Торможение	1,1 м/с ²
Система управления	инверторная

Сейчас рекуперируемая энергия торможения в сети практически не используется. С применением НКЭ она может полностью направляться на разгон вагона.

Расчет числа накопителей на 1 остановку

Трамвай (1 вагон, тара) – 20 000 кг.

+

Кол-во пассажиров (100 чел) – 7 500 кг.

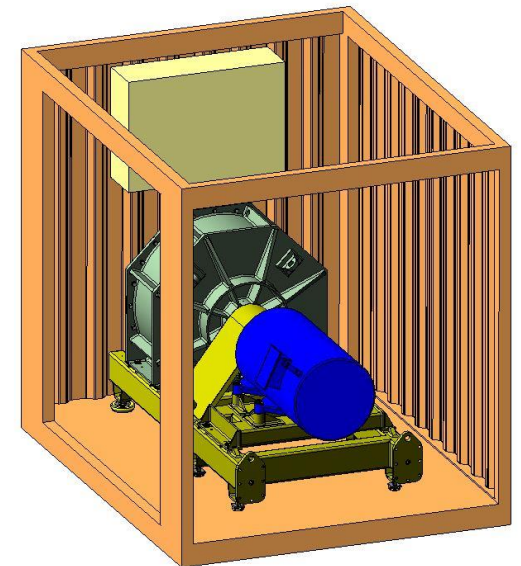
||

Общая масса – 27 500 кг.

$$A_{\text{движ.}} = m (v_{\text{н}}^2 - v_{\text{к}}^2) / 2 = 1,7 \text{ МДж}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{н}} &= 0 \text{ м/с} \\ V_{\text{к}} &= 11 \text{ м/с} \\ l &= 500 \text{ м} \\ g &= 9,8 \text{ м/с} \\ k &= 0,002 \end{aligned}$$

Общее количество накопителей - **1 НКЭ**
(с расчетом на одновременное торможение
3-4-х трамваев)
Накопленная энергия разгоняет трамвай
от 0 км/час до 40 км/час.



Расчет экономических показателей на 1 остановку

Энергозатраты для разгона 1 трамвая
>1,7 МДж \approx **0,46 кВт*часов**

За 20 часов через остановку проходит 800
трамваев в обе стороны

Общие затраты электроэнергии на разгон
трамваев в сутки : 370 кВт*часов

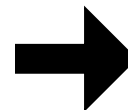
Цена потребленной электроэнергии
из расчета 4 рубля за 1 кВт*час
составляет 1480 рублей в сутки

Общая экономия в год с одной остановки
составляет **540 200 рублей (без учета
торможений на светофорах и др.)**

Срок
окупаемости
НКЭ ~ 4 лет

Срок службы
НКЭ – 25 лет

Если НКЭ установить на 50 аналогичных
остановках

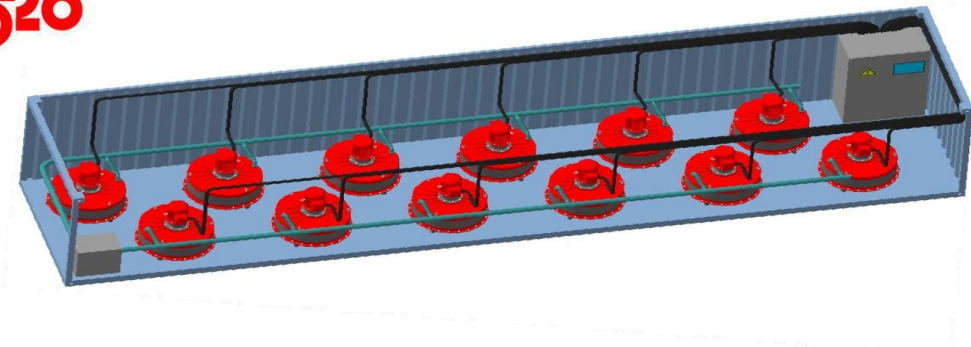


Экономия за год:
27 010 000 рублей

Снижение платы за мощность

- Горэлектротранспорт является крупным потребителем пиковой мощности.
- Энергоснабжающие организации взимают плату за потребление пиковой мощности по цене порядка 400 тыс. руб. за 1 МВт в месяц.
- Мощность одного НКЭ позволяет компенсировать пики и провалы до 250 кВт.
- Экономия по оплате за мощность с одного НКЭ в месяц составит 100 000 руб. или >1,2 млн. руб. в год.
- Суммарная экономия по электроэнергии и мощности одного НКЭ в год составит >1,7 млн. руб.
- **Срок окупаемости НКЭ составит менее 2-х лет.**

Макет НКЭ на совместном стенде с ОАО «ВНИИЖТ» Выставка «EXPO – 1520», сентябрь 2011г.





ЭЛЕКТРОТРАНС

Стенд компании на выставке «Электротранс-2014», Москва, ВВЦ



**По результатам конкурса перспективных технологий и разработок
«Зеленый Свет» признан перспективной разработкой!**

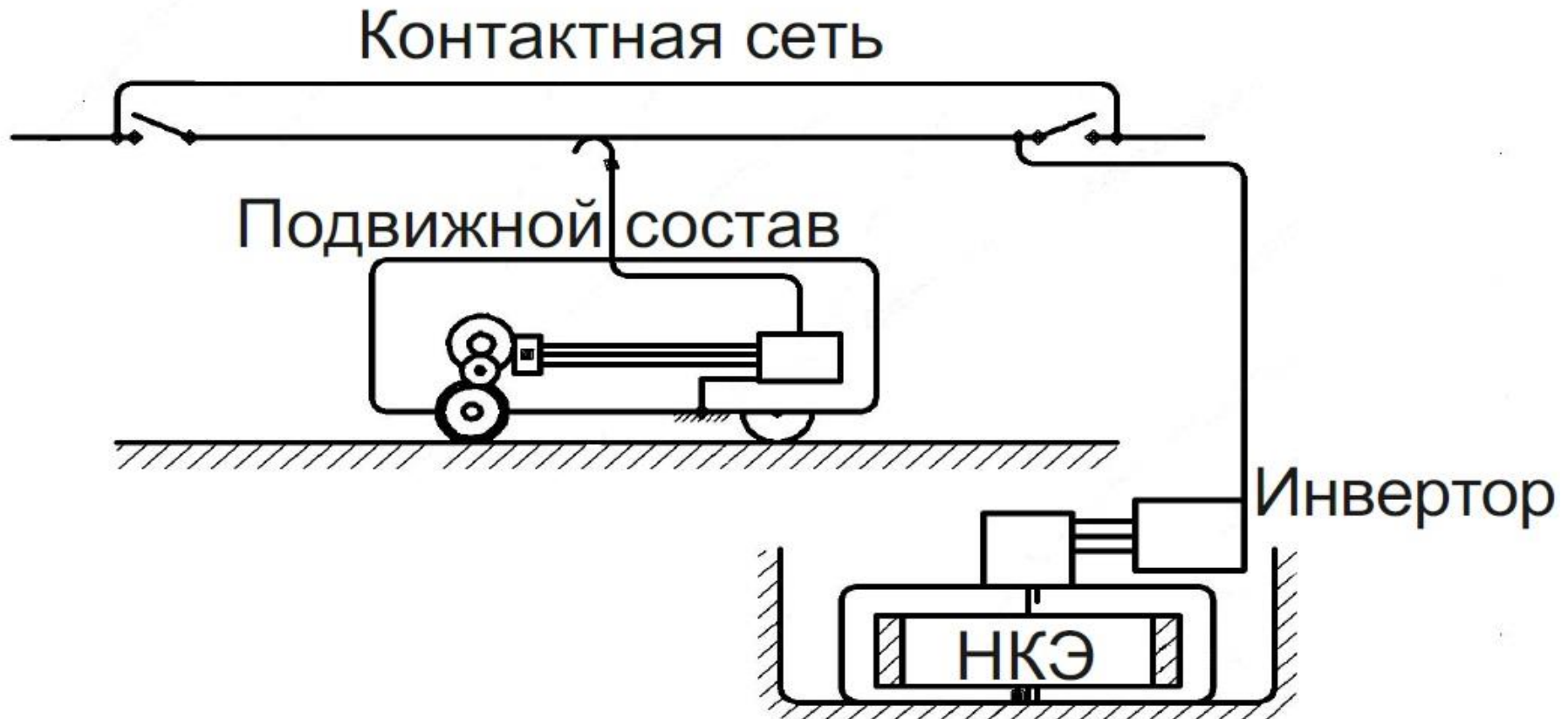
**Экспериментальные исследования
динамического накопительного комплекса в
режиме рекуперации энергии подвижного состава**

Моделируемая система

Была смоделирована система энергоснабжения электроподвижного состава:
контактная сеть + НКЭ.

Режим движения ЭПС:

Этап	Время этапа, с
Стоянка ЭПС (хранение энергии)	40



Модель НКЭ-1В на стенде в ходе испытаний

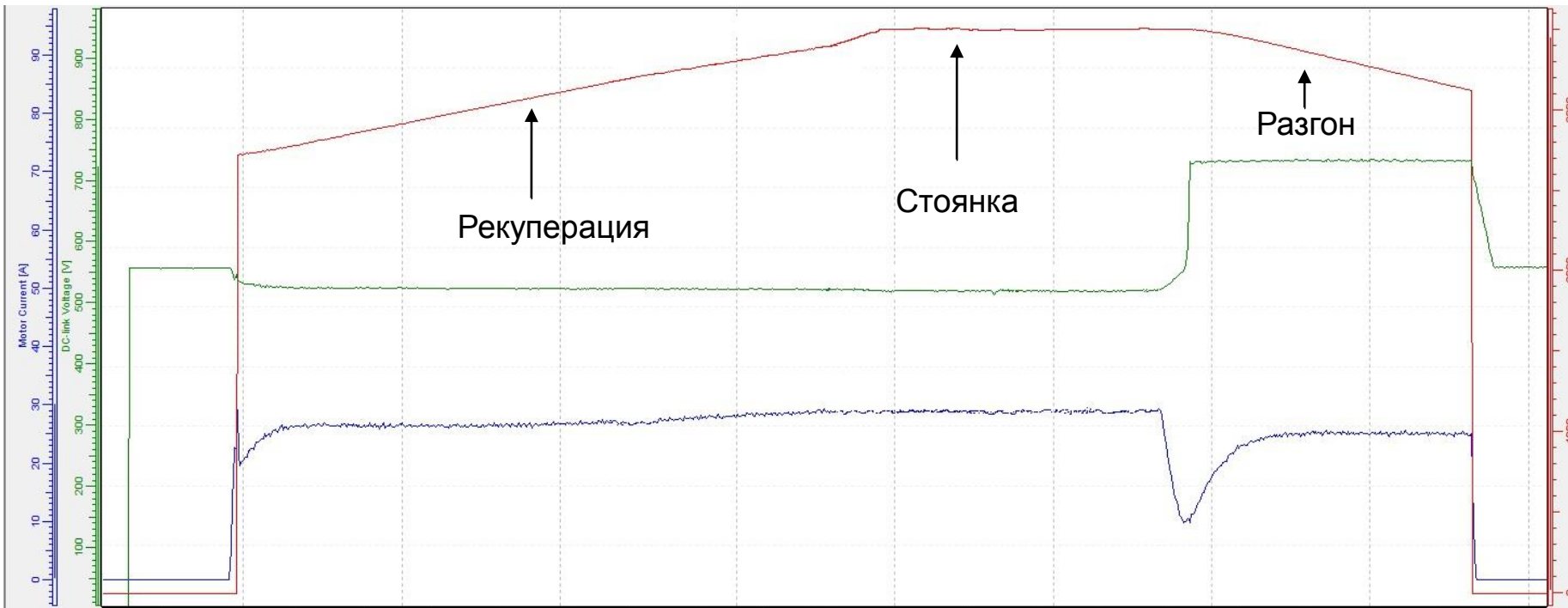


Модель НКЭ-3Г на стенде в ходе испытаний



Моделирование режима рекуперации

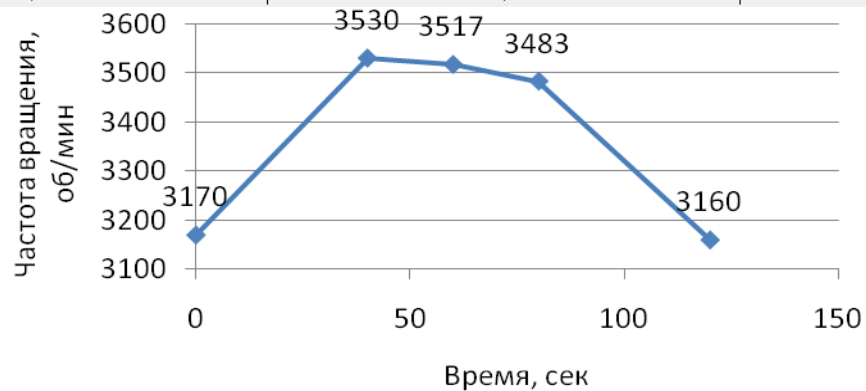
- Обороты маховика
- Ток в моторе
- Напряжение звена пост. тока



Этап Время этапа, с

Стоянка ЭПС (хранение энергии)

40



Выводы

1. Испытания показали успешную работу стационарного НКЭ в режиме запасания-выдачи энергии рекуперации ЭПС.
2. Экономия энергии при разгоне одного трамвая или троллейбуса составит $\sim 0,5$ кВт*часов. Через оживленные платформы в сутки проходит ~ 800 и более вагонов.
3. Предварительный расчет показывает окупаемость НКЭ в течение < 2 лет.
4. Стационарный НКЭ может работать с трамваями, с троллейбусами, метропоездами и электричками.
5. Срок службы НКЭ превышает 20 лет.
6. Для внедрения может быть реализован энергосервисный контракт.

Выгоды от использования НКЭ

Применение стационарных маховичных накопителей позволит обеспечить:

- существенную экономию потребления энергии, затрачиваемой на разгон троллейбуса/трамвая, за счет рекуперации
- компенсацию мощности в сети
- существенное снижение бюджетных затрат на содержание предприятия городского транспорта
- стабилизацию напряжения в контактной сети
- увеличение ресурса оборудования тяговых подстанций
- снижение затрат на модернизацию действующих и строительство новых подстанций
- снижение тепловой нагрузки на окружающую среду.

Применение НКЭ также положительно скажется на качестве работы городской энергосистемы в целом.

Предложение

Провести опытную эксплуатацию стационарного накопителя энергии на одном из участков движения городского троллейбуса или трамвая.

Требуется :

1. график нагрузки в контактной сети
2. площадка для опытной эксплуатации НКЭ.



КИНЕМАК

Контактная информация

Компания «Кинемак»
Генеральный директор:
Александр Кацай
Тел.: 8-916-248-02-44
E-mail: proton764@mail.ru
Web: www.kinemak.ru