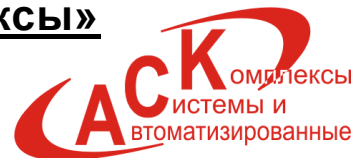


«Автоматизированные системы и комплексы»

Закрытое акционерное общество

✉ 620137, г. Екатеринбург, ул. Студенческая, д. 1–Д
ОКПО 47689612, ОГРН 1026604939107, ИНН/КПП 6660121309/667001001
📧 E-mail: asc@asc-ural.ru <http://www.asc-ural.ru> ☎ (343) 360 05 01, факс (343) 341 37 05



О трамваях с увеличенным АХ на суперконденсаторах и АКБ

В настоящее время трамвайные вагоны питаются непосредственно от контактной сети постоянного тока, «+» – на контактном проводе (550-600В), «-» – на рельсах. Максимальное потребление тока из сети обычным 4-хосным вагоном – порядка 600А, причём средний – менее 100А. Примерно такой же максимальный ток (500-600А) вагон может отдать в сеть при торможении (рекуперация), если в этот момент в сети есть достаточное количество потребителей. Но чаще всего такой ток рекуперировать не удаётся и рекуперация оказывается частичной, а избыточную энергию приходится сбрасывать на тормозные резисторы. Из этих двух моментов вытекает целесообразность оснащения трамвайных вагонов автономным накопителем энергии. Он может быть создан на основе суперконденсаторов или АКБ. Такой накопитель обеспечивают снижение максимального потребляемого тока в несколько раз и обеспечивает практически 100%-ное сохранение рекуперированной энергии торможения, которая используется при последующем разгоне.

По результатам испытаний опытного образца 4-хосного вагона с конденсаторной батареей реальное энергопотребление вагона, с учётом собственных нужд, но без отопления, составляло не более 1,1 кВт-час/км, в среднем – 1,0 кВт-час/км, это около 35Вт-час/т-км, причём не только на тягу, но и с учётом расхода на собственные нужды.

Реальная экономия электроэнергии для потребителя ещё выше, т.к. за счёт уменьшения пиковых токов, потери в КС, пропорциональные квадрату тока, также значительно уменьшаются, также уменьшается износ контактного провода.

Кроме этого большая экономия получается на инфраструктуре – за счёт сокращения числа подстанций. Например, зарядное устройство опытного конденсаторного вагона было настроено на ограничение – 100А с учётом отопления, это максимум 60кВт потребления на вагон в самых неблагоприятных условиях. Реально, в зимних условиях с учётом отопления средняя потребляемая мощность составила порядка 35 кВт, летом – в 2 с лишним раза меньше.

Исходя из этих цифр, для города с ежедневным одновременным выпуском на линию 1000 конденсаторных одиночек требуется не более 50...60 тыс.кВт подстанций. Для сравнения – в Москве для инвентарного парка в 1100 троллейбусов и 700 трамваев задействовано порядка 400 тыс. кВт подстанций, т.е. порядка 210кВт на одно ТС. Т.е. при оснащении всего электротранспорта конденсаторными накопителями число и общую мощность подстанций можно сократить до 4...5 раз!



Наличие в составе электрооборудования конденсаторного накопителя придаёт электрическому ТС ещё одно положительное свойство - позволяет обеспечить автономный ход на расстояние не менее 500 м без снижения динамических характеристик. Это позволяет выезжать из-под обесточенных участков контактной сети и проезжать участки с отсутствующим контактным проводом. При оснащении подобными ТС всего маршрута становится возможной ликвидация КС на сложных перекрёстках, в туннелях, исторических местах города и т.д.

Сравнительные характеристики трамвайного сообщения на участке 10км при пассажиропотоке 10тыс чел/час в МОСКВЕ

Параметр	Скоростной трамвай импортный	Трамвай обычный	Скоростной трамвай "Уралтрансмаш" на конденсаторных батареях (71-409)
Минимальный рекомендуемый пассажиропоток в тыс. пасс./час.	5	2	5
Стоимость строительства 1 км линии (двойного пути) в Москве, млн руб	80	56	60
Фактический максимальный срок службы ПС, лет	40	40	40
Возможность внеуличного движения	Да	Да	Да
Маршрутная скорость , минимальная, км/час	24	15	24
Маршрутная скорость, максимальная, км/час	30	24	30
Стоимость единицы ПС, млн руб	65	15	25
Требуемое кол-во ПС для пассажиропотока 10000 чел/час, шт	30	60	40
Стоимость ПС, млн руб	1950	900	1000
Количество подстанций/10км	4	4	1
Цена 1-й подстанции, млн руб	50	50	50
Стоимость подстанций, млн руб	200	200	50
Длина контактной сети на 10км, км	20	20	10
Цена 1км контактной сети, млн руб	10	10	10
Стоимость контактной сети на 10км двойного пути, млн руб	200	200	100
Мощность подстанций, тыс кВт	9,6	9,6	2,4
Стоимость подключения в Москве, тыс руб/кВт	79	79	79
Стоимость подключения подстанций в Москве, млн руб	758,4	758,4	189,6
Землеотвод для подстанций, кв м	8000	8000	2000
Цена земли под подстанции, тыс руб/кв м	50	50	50
Стоимость земли под подстанции, млн руб	400	400	100
Итого без стоимости путей, млн руб	3508,4	2458,4	1449,6

По использованию в качестве накопителя аккумуляторных батарей.

Кроме тех преимуществ, что даёт применение батареи конденсаторов, такое решение позволяет строить трамвайные линии вообще без контактной сети и подстанций, что особенно выигрышно при новом строительстве. Необходимы только зарядные станции на одном или обоих концах маршрута. А при сочетании уже имеющейся трамвайной сети и нового строительства, возможно обойтись и без зарядных станций – если часть маршрута будет пролегать под имеющейся КС, аккумуляторы будут заряжаться при движении вагона под сетью.

На аккумуляторах первые трамвайные вагоны (как и автомобили) испытывались ещё в конце 19-го века. Но всё упиралось в несовершенство аккумуляторов: низкая удельная ёмкость, большое время на зарядку.

В начале 2000-х годов, когда появились литий-ионные аккумуляторы с хорошими разрядными характеристиками, в Японии сделали опытный вагон на таких АКБ и пришли к выводу о перспективности их использования для трамвая.

Выгоды использования АКБ для трамвая.

1. Не нужна контактная сеть. 1км КС стоит порядка 10млн руб.
2. Примерно в 3-4 раза можно сократить затраты на строительство подстанций, каждая стоит 40-50млн руб. На 10-километровую «классическую» линию их нужно минимум 3шт равномерно распределённых вдоль маршрута, такое количество объясняется необходимостью уменьшить потери напряжения в контактном проводе. Для вагона на АКБ нужны только 2шт, на концах линии, или 1шт, только с одной стороны, причём меньшей единичной мощности, т.к. тяговые подстанции в классическом варианте рассчитываются на максимальную мощность нескольких вагонов, находящихся на её участке, а реальное среднее потребление энергии вагоном почти в 10 раз меньше максимального.

При сочетании новых линий без КС и уже имеющихся, с КС, строительство новых подстанций может не понадобиться. При использовании литиевожелезодифосфатных батарей (испытанных нами) для эксплуатации вагонов в таком режиме необходимо, чтобы хотя бы 30% маршрута проходило под контактной сетью. При внедрении литий-титанатных эта цифра может, по нашей оценке, снизиться до 10-15%.

3. Экономия энергии.

Экономия получается за счёт 100% рекуперации энергии при торможении и отсутствия потерь в контактном проводе (как и у конденсаторного вагона).

Информация и примерные выкладки по Академическому мкр-ну г.Екатеринбурга.

1. Планируется проложить линию скоростного трамвая. Протяжённость – около 10км, 8-9 остановок, ни путей, ни КС в настоящее время нет.



2. Затраты на подвижной состав и инфраструктуру без учёта путей в классическом варианте по нашим оценкам составят порядка 1 400млн руб.

3. Допзатраты на подвижной состав в варианте с АКБ – 3млн руб за единицу в ценах 2013-го года. В перспективе цены должны снижаться, т.к. весь мир начал двигаться в сторону электромобилей и гибридов на Li-AКБ, т.е. при массовом производстве цена должна значительно снизиться.

4. По окончании строительства мкр-на и его полном заселении потребуется порядка 40 вагонов (дополнительно – $40 \times 3 = 120$ млн руб) , но отсутствие контактной сети, сокращение количества подстанций, сокращение установленной мощности обеспечивают экономию порядка 400 млн руб.

5. При запуске скоростного трамвая до окончания полной застройки затраты на подвижной состав будут меньше (меньше пассажиропоток), т.е. экономия на первоначальных затратах возрастёт.

6. Производители АКБ гарантируют долговечность АКБ 7000 циклов. Если заряжаться 2 раза в день – 10лет эксплуатации, если заряжаться 3 раза в день – 6-7лет. По экспертным оценкам в перспективе эти показатели будут превышены.

7. Стоимость эксплуатации контактной сети и подстанций в течение 10 лет мы не оценивали, но даже если они прослужат 20лет без ремонта и обслуживания, приобретение второго и третьего комплектов АКБ экономически оправданно. Общепринятый ресурс вагона – 20лет.

8. За 20лет контактная сеть также потребует или капремонта, или реконструкции, да и оборудование подстанций, вероятно, потребует замены.

То что это технически реализуемо, подтверждено испытаниями вагона 71-405-11 в г.г. Екатеринбург и Нижний Тагил с применением нового источника энергии - Li-ионной аккумуляторной батареи (200А-ч, 168 элементов).

На испытаниях в условиях городского движения вагон 71-405-11 на аккумуляторах прошёл 114 км полностью автономно! В щадящем режиме разряда (на 70%) и в зимних условиях с полностью включенным отоплением применённая батарея обеспечивает пробег не менее 35км. Причём с учётом номенклатуры доступных АКБ и имеющегося на вагоне для них места, эти цифры не являются предельными!

**Сравнительные характеристики трамвайного
сообщения в микр-н "Академический" при
пассажиропотоке 10000чел/час**

Параметр	Скоростной трамвай обычный (71-409), "Уралтрансмаш"	Скоростной трамвай "Уралтрансмаш" на АКБ типа 71-409
Стоимость единицы ПС, млн руб	21,9	25
Требуемое кол-во ПС, шт	36	36
Стоимость ПС, млн руб	788,4	900
Количество подстанций	4	1
Цена 1-й подстанции, млн руб	50	50
Стоимость подстанций, млн руб	200	50
Длина контактной сети, км	20,8	1
Цена 1км контактной сети, млн руб	10	10
Стоимость контактной сети, млн руб	208	10
Мощность подстанций, тыс кВт	9,6	2,4
Цена подключения, тыс руб/кВт	15	15
Стоимость подключения, млн руб	144	36
Землеотвод для подстанций, кв м	8000	2000
Цена земли, тыс руб/кв м	8	8
Стоимость земли под подстанции, млн руб	64	16
Итого без стоимости путей, млн руб	1404,4	1012
Дельта	-392,4	0