

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА ТРАМВАЯ КТ4-СУ

Доповідач: ст. гр. ЕТЗ-15сп

Бардош М.М.

Керівник: доц. каф. ВЕТЕСК

Богачук В.В.

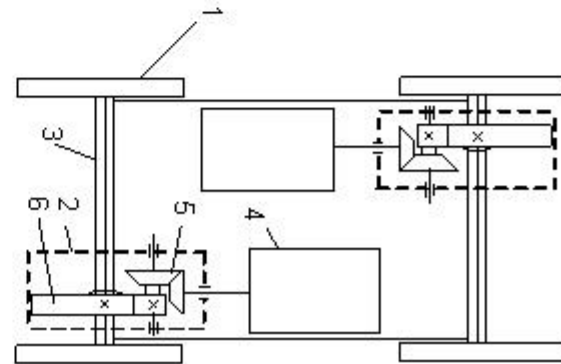
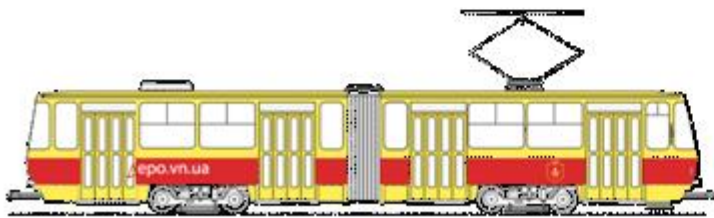
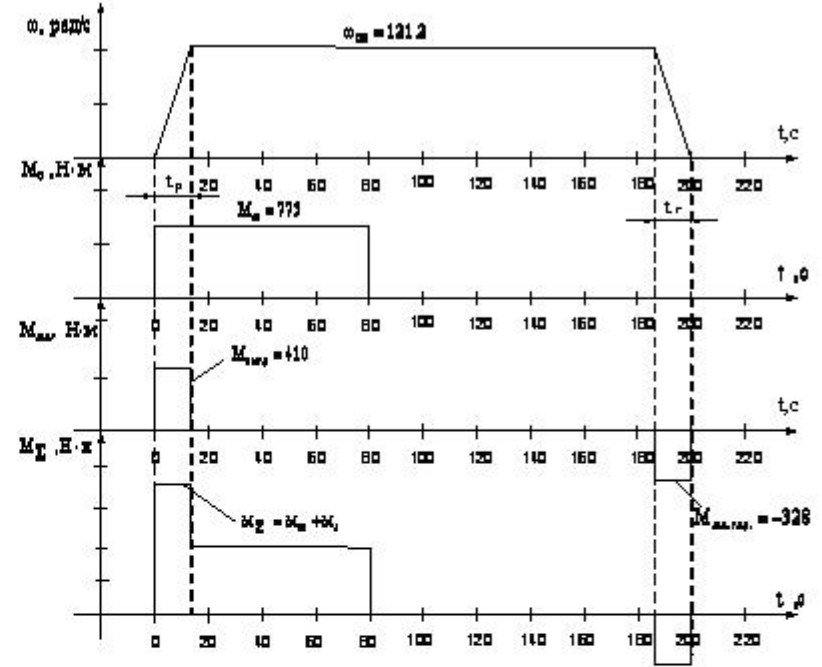


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд, кінематична схема та навантажувальна діаграма трамвая

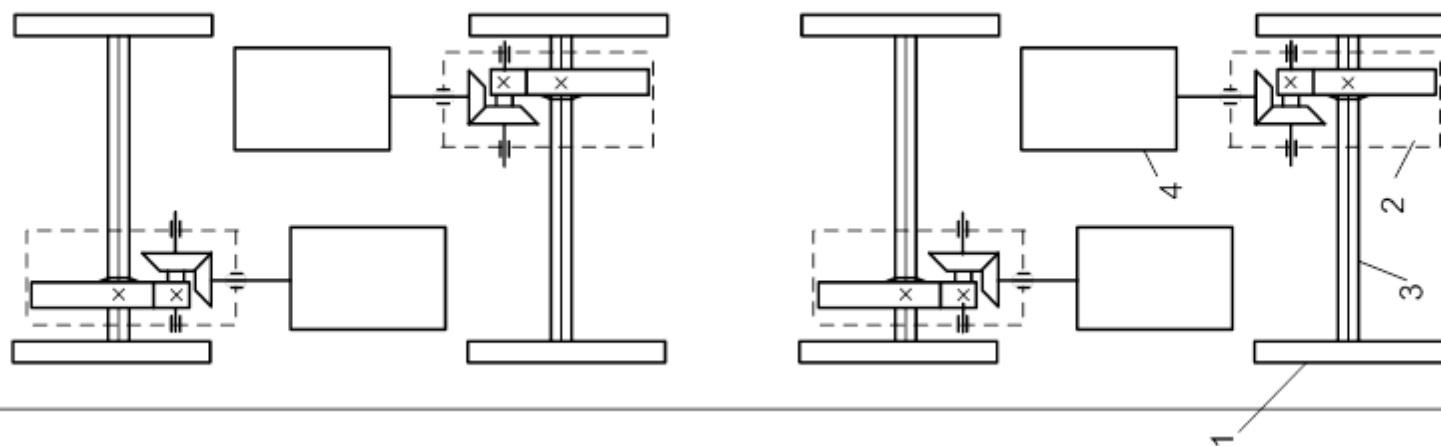


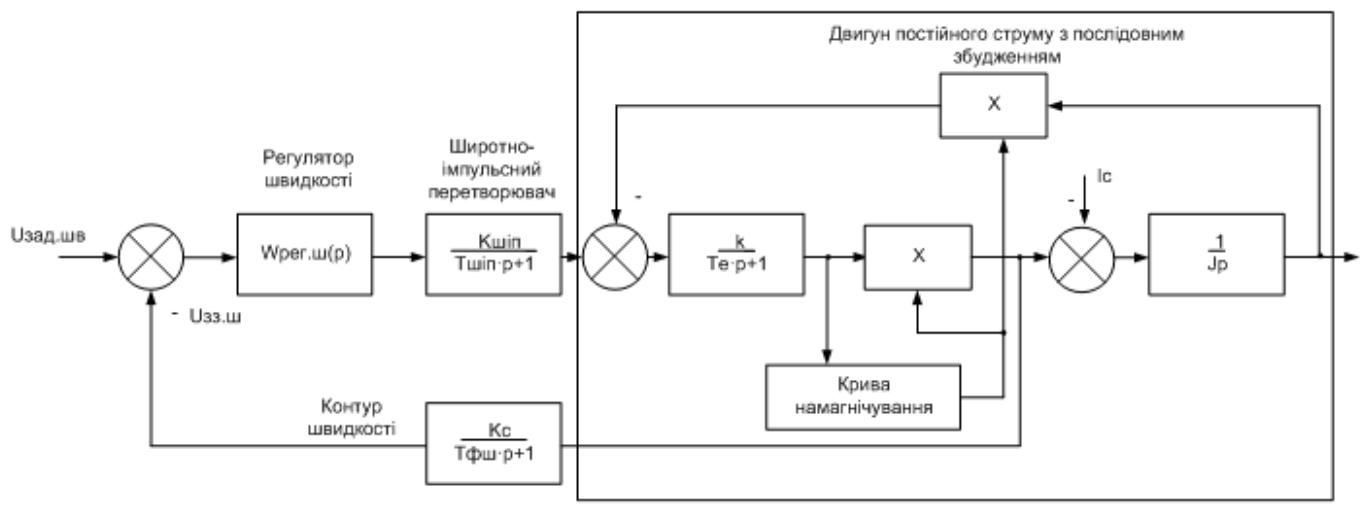
Рисунок 2— Загальна кінематична схема тягового привода трамвая КТ- 4СУ

Показник	Система електропривода			
	РКС-Д	ТП-Д	ШП-Д	ПЧ-АД
Потужність двигунів (всього 4 двигуна, 45x4), кВт	180	180	180	180
Вартість двигунів Д, грн.	0	0	0	97000
Вартість системи керування СК, грн.	75000	98000	88400	106500
Капітальні затрати К, грн.	75000	98000	88400	203500
Річні капітальні затрати $K_{річні}$, грн.	12750	16660	15028	34595
Амортизаційні відрахування C_A , грн./рік	7500	9800	8840	20350
Відрахування на ремонт C_P , грн./рік	1500	1960	1768	4070
Додаткові відрахування C_d , грн./рік	36876	36876	36876	36876
Відрахування обслуговування C_o , грн./рік	2294	2432	2374	3065
Загальні відрахування C , грн./рік	48170	51068	49858	64361
Приведені затрати З, грн./рік	60920	67728	64886	98956

Таблиця 3 – Паспортні дані двигуна

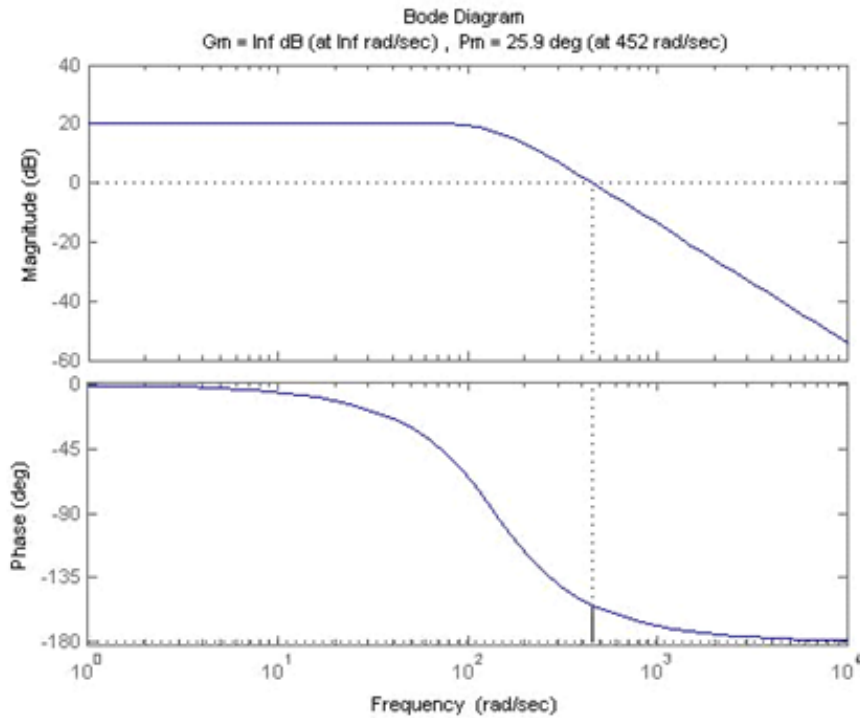
Параметри двигуна	Значення параметра
Тип	TE 023
Потужність, P_n , кВт	45
Номінальна напруга, U_n , В	300
Частота обертання, n_n , об/хв	1720
Максимальна частота обертання, n_{max} , об/хв	4350
Номінальний струм якоря, I_n , А	175
ККД, %	85,7
Маса, кг	287
Опір якоря R_x , Ом	0,058045
Опір послідовної обмотки, Ом	0.027804
Опір додаткових полюсів $R_{дод. пол.}$, Ом	0,025364
Клас ізоляції	F

08-37.ДП.001.00.000 Е1



Інв. № змін.	Підпис і дата
Інв. № змін.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № змін.	

08-37.ДП.001.00.000 Е1								
Зм.	Арх.	№ докум.	Підп.	Дата	Модернізація тягового електропривода трамвая КТ4-СУ Схема електрична структурна	Літера	Маса	Масштаб
Розробив	Барлош М.М.					у		
Перевірив	Богачук В.В.					Аркуш 1	Аркушів	
Т. контр.								
Н.контр.								
Затв.						ВНТУ, гр. ЕТЗ-115сн		



```

Command Window
1 New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started. X
>> num=[205266]
num =
    205266
>> den=[1 198 19602]
den =
         1         198        19602
>> h=tf(num,den)
Transfer function:
    205266
    -----
    s^2 + 198 s + 19602
>> step(h)

```

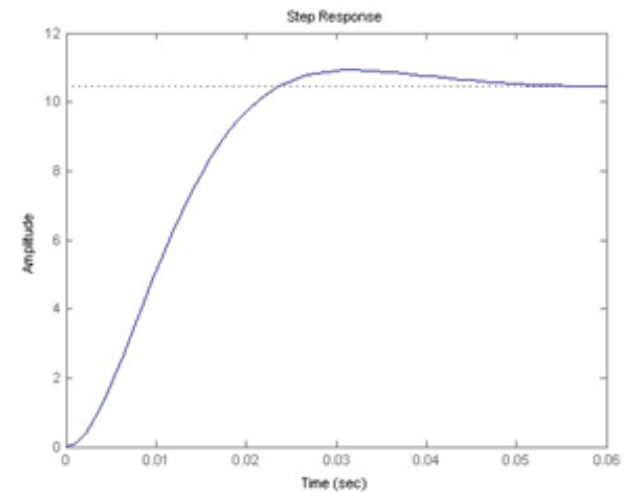


Рисунок 4 – Дослідження стійкості системи електропривода



Таблиця 3 – Порівняльна характеристика панельних комп'ютерів

Основні характеристики	Advantech PPC-103T	Eleprom ETC.2-100	Avalue серії FPC 10W04
Дисплей	10,4 TFT	10,4 TFT	10.1" Wide LED
Процесор	Intel Pentium III and Intel Celeron	Intel® Atom Z510PT 1,1 ГГц (1,3 ГГц)	Intel® Atom™ N270 1.6GHz CPU
Пам'ять	До 512 MB SODIMM	До 1 ГБ наплатної пам'яті DDR2 с 400/533 MT/s	One 200-pin SODIMM Socket Supports Up to 2GB DDR2 400/ 533MHz SDRAM
I/O ports	4 serial ports: RS-232 x 3, RS-232/422/485 x 1, 1 parallel port, 2 USB, External VGA port, PS/2 mouse and keyboard, Built-in Mic-in / Line-out jacks	Подключение 3-х любых модулей (RS232, RS485, CAN, DIO, аудио (IN, OUT, MIC)), 1xGLAN, 1xPS/2, 4xUSB 1.0/2.0, 2xUSB 2.0	Line-out, Mic-in, 2 x RJ-45 (Marvell 88E8053 Gigabit Ethernet, 1 x RS-232, 1 x RS-232 or Optional RS-422/ 485, 6 x USB 2.0, 1 x DB-15, Optional USB WiFi 802.11 b/g
Максимальний дозвіл	800 x 600 @ 256 K	800x600	1024 x 600, 256K
Яскравість	230 кд/м²	400 кд/м²	200 кд/м²
Контраст	500:1	500:1	500:1
Температура експлуатації	-25 ~ 45° C	-40 ~ 70°С	-10 ~ 40° C
Габаритні розміри	342 x 265 x 92.4 мм	293x220x85	300x195x56
Вага	3.5 кг	2,3 кг	2.95

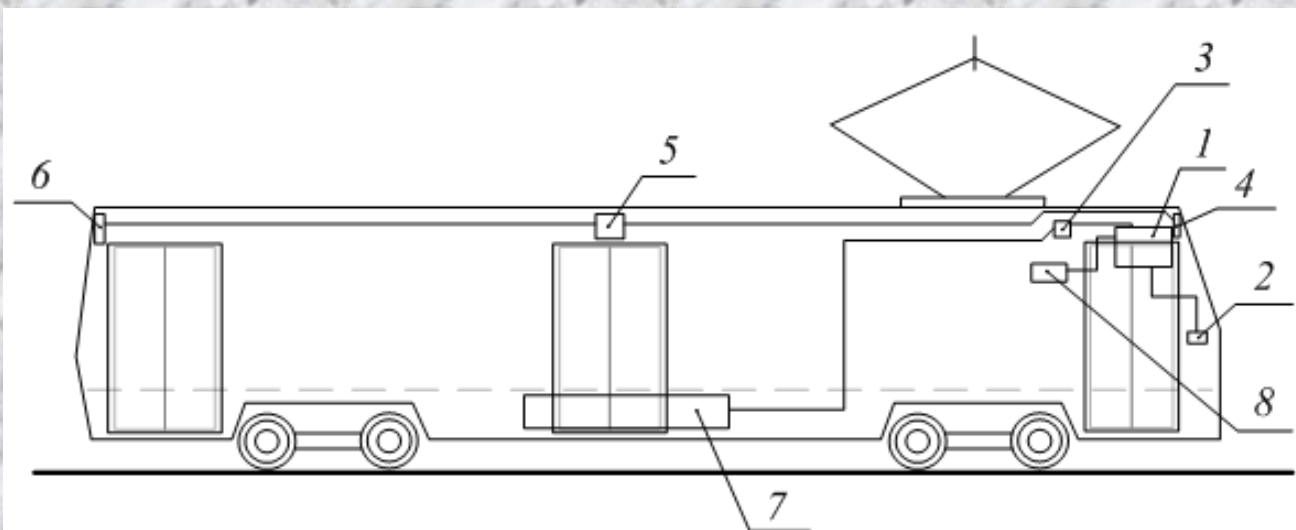


Рисунок 5 – Схема розташування обладнання

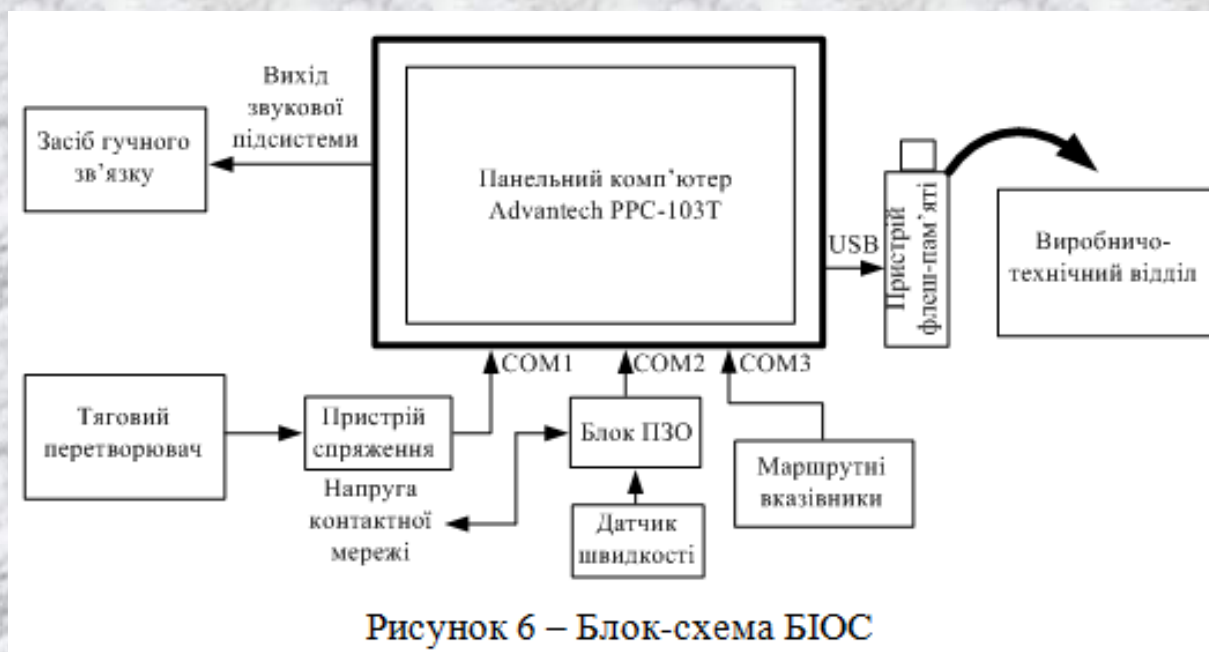


Рисунок 6 – Блок-схема BIOS

Таблиця 4 – Порівняльна характеристика накопичувачів енергії

Параметри	Система					
	Акумулятор	Супер-конденсатор	ГАЕС	Стиснене повітря	Понадпро-відна котушка	Супер-маховик
Ефективність, %	70	95	75	85	95	90
Енергоємність, Вт год/кг	150	15	-	-	200	300
Кількість циклів	10e3	10e6	10e4	10e4	10e6	10e5
Життєвий цикл, років	3-5	10	20	20	10	20+
Час заряду	год	сек	год	год	хв	хв
Вихідна потужність	середня	висока	дуже висока	дуже висока	висока	висока
Вартість	низька	середня	дуже висока	дуже висока	дуже висока	висока
Маштабованість	висока	середня	низька	низька	середня	висока
Екологічні проблеми	середні	низькі	високі	середні	низькі	низькі



Рисунок 7 – Конструкція супермаховика

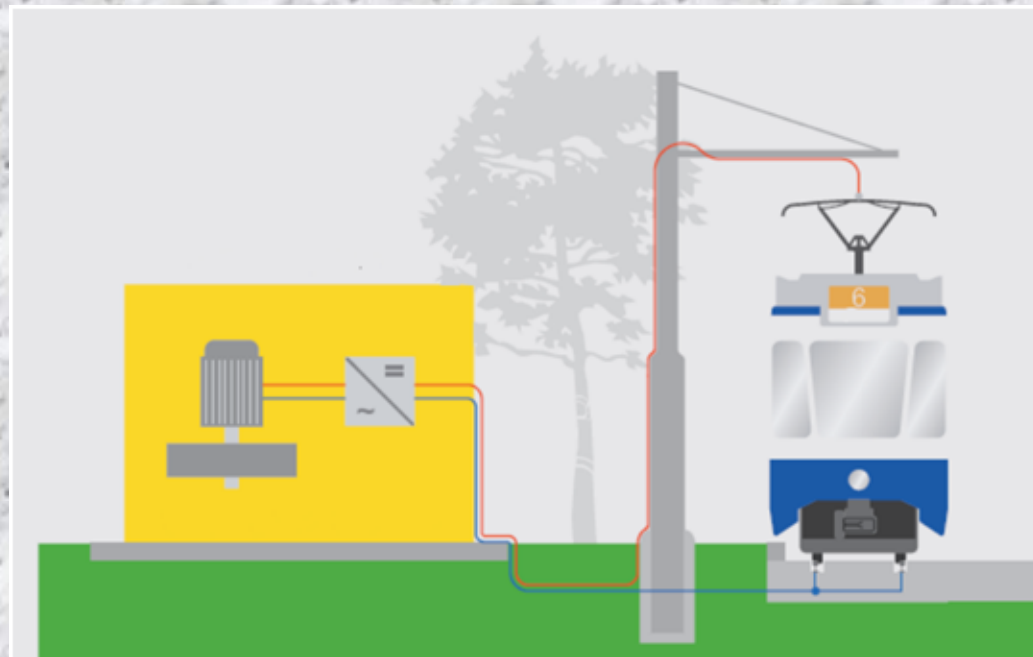


Рисунок 9 – Спосіб підключення стаціонарного НЕ до трамвая



Рисунок 8 – Принцип обміну енергією між тяговим приводом трамвая і супермаховиком

Таблиця 5 – Експлуатаційні характеристики НЕ

Експлуатаційна характеристика	Числове значення
Оберти маховика	4000 об/хв
Тиск в корпусі	2000 Па
Тип	асинхронний мотор-генератор
Потужність мотор-генератора	3-150 кВт
Енергоємність	4 (8) МДж (1,1 кВт год)
ККД	до 97%
Термін служби	більше 25 років
Маса маховичного блоку	700 кг
Висота з мотором	1100 мм
Діаметр	1200 мм

$$A_{\text{оп}} = F \cdot l = m \cdot g \cdot k \cdot l, \quad (2)$$

де g - прискорення вільного падіння ($g = 9,8$ м/с);

k - коефіцієнт ($k = 0,002$);

l - середня протяжність ділянки між сусідніми зупинками ($l = 500$ м.).

$$A_{\text{оп}} = 34300 \cdot 9,8 \cdot 0,002 \cdot 500 = 0,3 \text{ МДж.}$$

Корисна енергія рекуперації:

$$A_{\text{кор}} = A_{\text{вуху}} - A_{\text{оп}} = 3,8 - 0,3 = 3,5 \text{ МДж.}, \quad (3)$$

Кількість накопичувачів на одну зупинку за умов наявності умов та доречності рекуперації складає – 1 НЕ. Накопичена енергія розганяє вагон від 0 км/год до 40-45 км/год.

Розрахунок кількості накопичувачів на 1 зупинку міського транспорту.

Трамвайний вагон КТ4СУ:

- маса одного вагону (тара) – 20300 кг.

- кількість місць для сидячих пасажирів – 34.

- кількість місць стоячих пасажирів – 141 (8 чел./м²)

- кількість пасажирів (в кг.) – 14000 кг.

- загальна вага трамвайного вагона – 34300 кг.

Тоді енергія на виконання руху:

$$A_{\text{вуху}} = m \cdot (V_{\text{п}}^2 - V_{\text{к}}^2) / 2,$$

де m - загальна маса вагона ($m = 34300$ кг);

$V_{\text{п}}$ - початкова швидкість руху вагона (0 м/с);

$V_{\text{к}}$ - кінцева швидкість руху вагона (15 м/с).

$$A_{\text{вуху}} = 34300 \cdot (0^2 - 15^2) / 2 = 3,8 \text{ МДж.},$$

Тоді енергія на долання опору руху:

Розрахунок економічних показників на одну зупинку.

Припустимо за 20 год через (поруч) зупинку проходить 400 трамваїв в обидві сторони. Видачу запасеної в НЕ енергії для розгону 1 трамвая приймаємо рівною приблизно $2,3 \text{ МДж} \approx 0,8 \text{ кВт год}$.

Загальний об'єм рекуперованої електроенергії, виданої на розгін 400 трамваїв за 20 годин складає – 320 кВт год.

Роздрібний тариф на електроенергію станом на травень 2016 року: із врахуванням ПДВ становить 0,99 грн./кВт год.

Вартість зекономленої електроенергії на добу за рахунок використання енергії рекуперації складає:

$$C_{\text{ЕК}} = 320 \cdot 0,99 = 316,8 \text{ грн.},$$

Приймаючи даний показник економії за рік, маємо з однієї зупинки:

$$C_{\text{ЕК,РІЧ}} = 316,8 \cdot 365 = 115632 \text{ грн.}$$

Якщо передбачити таку систему НЕ на щонайменше 5 зупинкових пунктах, то річна економія складатиме

$$C_{\text{ЕК,Р-5З}} = 115632 \cdot 5 = 578160 \text{ грн.}$$

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!