



**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ
МІСЬКОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ
НАКОПИЧУВАЧІВ ЕНЕРГІЇ**

Доповідач: ст. гр. ЕТЗ-186

Зеленчук А.В.

Керівник: доц. каф. ЕМСАПТ

Паянок О.А.

Актуальність теми. Основними споживачами електроенергії в нашій країні є промисловість, комунальне господарство та транспорт. Досить вагомим споживачем електричної енергії є міський електричний транспорт, підвищення якості електроенергії для якого можна віднести до однієї із першочергових задач.

Питання, пов'язане зі зниженням енерговитрат шляхом створення високотехнологічних зразків транспортних засобів, є актуальним для міського електричного транспорту в цілому, де енергетична складова в даний час досягає 30 ... 50 % від загальних витрат підприємств.

Мета роботи полягає у визначенні енергетичних характеристик накопичувальних пристроїв в системі міського електричного транспорту, а також у розробці схемних рішень, спрямованих на підвищення ефективності використання енергії електричних гальмувань з урахуванням впливу випадкових факторів.

Завдання:

- Виконати аналіз існуючих типів накопичувачів і сформулювати вимоги, пропонувані до них системою міського електричного транспорту (МЕТ).
- Запропонувати заходи, що дозволяють підвищити ефективність використання накопичувальних пристроїв в системі міського електричного транспорту.
- Визначити основні параметри накопичувального пристрою, що відповідає вимогам використання його в системі електротранспорту, виходячи з кількісної оцінки електричної енергії, що виробляється в режимі гальмування.
- Запропонувати схемні рішення накопичувальних пристроїв для застосування в системі тягового електропостачання та на електрорухомому складі, що дозволяють значно підвищити ефективність використання енергії електричних гальмувань.

Об'єктом дослідження є процеси перетворення енергії в електротехнічному комплексі “система електропостачання – електротранспорт міста”.

Предметом дослідження є математичні моделі та структури, які дозволяють підвищити ефективність електротранспортної системи міського електричного транспорту на основі використання накопичувачів енергії.

Практична цінність одержаних у роботі результатів полягає у вирішенні актуальної комплексної задачі використання накопичувальних пристроїв, спрямованої на зниження електроспоживання в системі МЕТ. Сукупність теоретичних і практичних результатів дозволяє повною мірою використовувати енергію електричних гальмувань, отримати автономність ходу і підвищити динамічні показники транспортного засобу в цілому.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДЖУВАНОГО ТРОЛЕЙБУСА



Рисунок 1 – Загальний вигляд тролейбуса

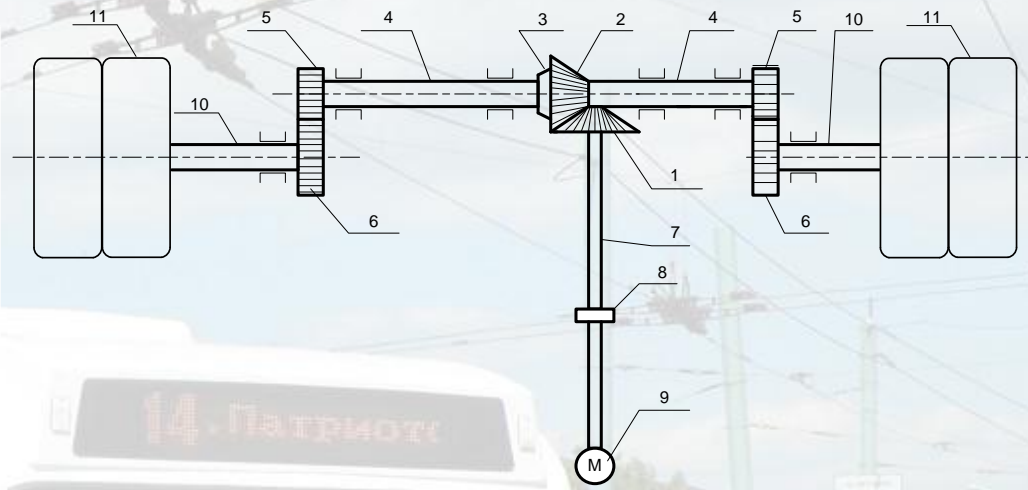


Рисунок 2 – Кінематична схема тягової передачі тролейбуса

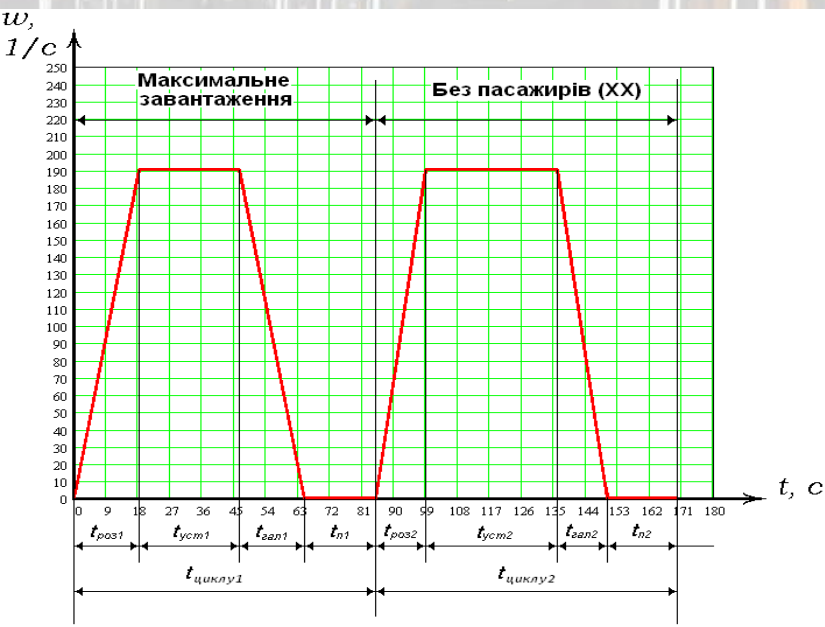


Рисунок 3 – Тахограма залежності кутової швидкості

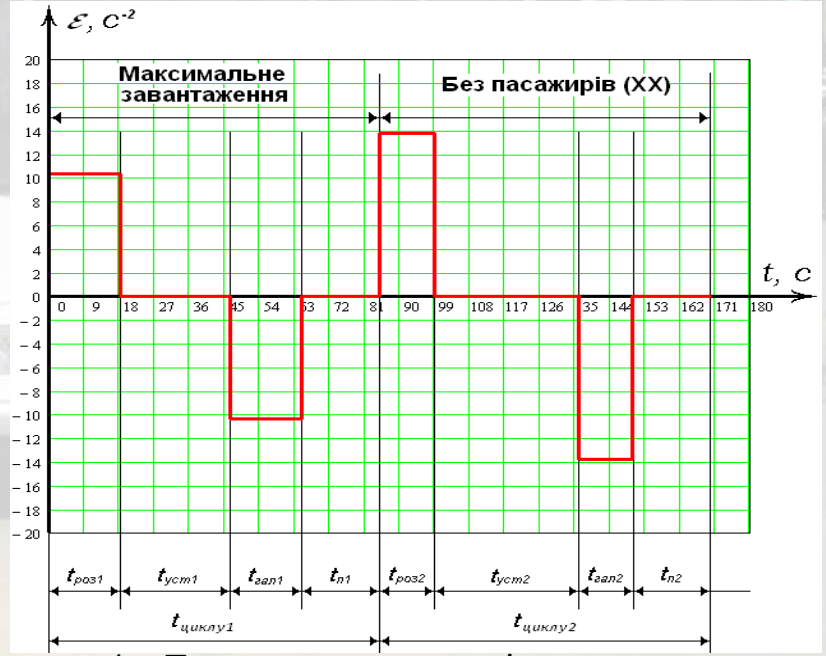


Рисунок 4 – Тахограма залежності кутового прискорення

ТЕО. ВИБІР ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ДВИГУНА

Таблиця 2 – Техніко-економічне обґрунтування

Показник	Система електропривода			
	РКС-Д	ТП-Д	ШПП-Д	ПЧ-АД
Потужність двигунів, кВт	110	110	110	110
Вартість двигунів Д, грн.	92000	92000	92000	75000
Вартість системи керування СК, грн.	40000	37500	48400	95000
Капітальні затрати К, грн.	132000	129500	140400	170000
Річні капітальні затрати $K_{річні}$, грн.	22440	22015	23868	28900
Амортизаційні відрахування C_A , грн./рік	13200	12950	14040	17000
Відрахування на ремонт C_R , грн./рік	2640	2590	2808	3400
Додаткові відрахування C_D , грн./рік	14410	14410	14410	14410
Відрахування обслуговування C_O , грн./рік	1513	1498	1563	1741
Загальні відрахування С, грн./рік	31763	31448	32821	36551
Приведені затрати З, грн./рік	54203	53463	56689	65451

Таблиця 1 – Характеристики тягового електричного двигуна

Параметри	Значення
Потужність, кВт	110
Номінальний момент інерції, Н·м	700,6
Максимальний момент інерції, Н·м	1850
Номінальна напруга, В	550
ККД, %	88
Струм часового режиму, А	220
Струм тривалого режиму роботи, А	185
Номінальний струм шунтової обмотки, А	2,15
Кількість обертів $n_{ном}$, об/хв	1500
Кількість обертів $n_{тах}$, об/хв	3900
Опір обмотки якоря при 20°C, Ом	0,062
Опір паралельної обмотки збудження при 20°C, Ом	95
Опір послідовної обмотки збудження при 20°C, Ом	0,048
Опір додаткових полюсів при 20°C, Ом	0,0355
Маса, кг	725

ЕНЕРГЕТИКА ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ В РЕЖИМІ ГАЛЬМУВАННЯ

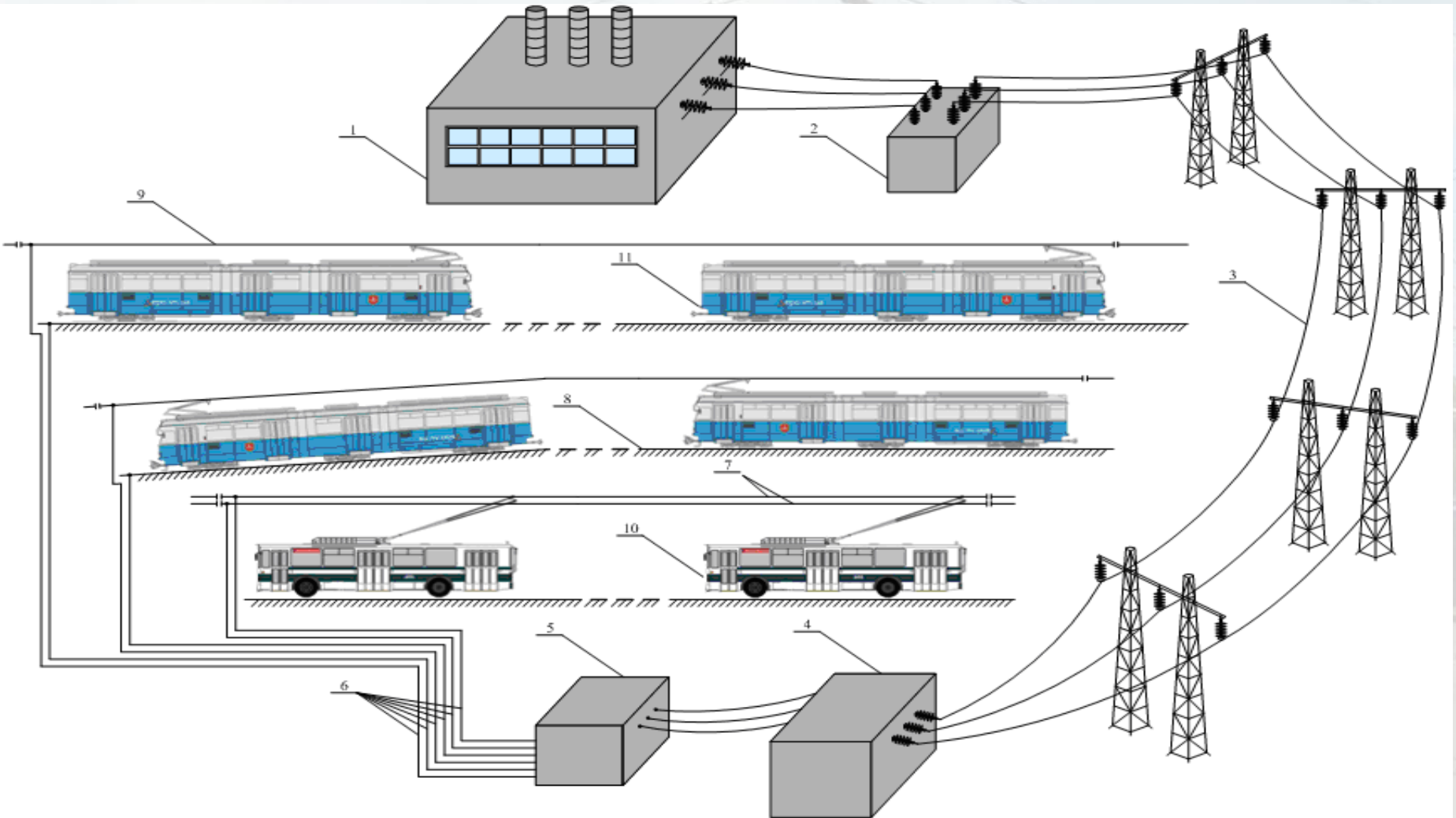


Рисунок 5 – Розгорнута принципова схема електропостачання міського електричного транспорту

1 – електрична станція; 2 – трансформаторна підстанція; 3 – лінія електропередачі; 4 – понижаюча підстанція; 5 – тягова підстанція; 6 – лінії живлення; 7 – контактна мережа тролейбуса; 8 – рейки; 9 – контактний провід трамвая; 10 – тролейбус; 11 – трамвай.

КРИТЕРІЇ ВИКОРИСТАННЯ НАКОПИЧУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ В ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТНІЙ СИСТЕМІ

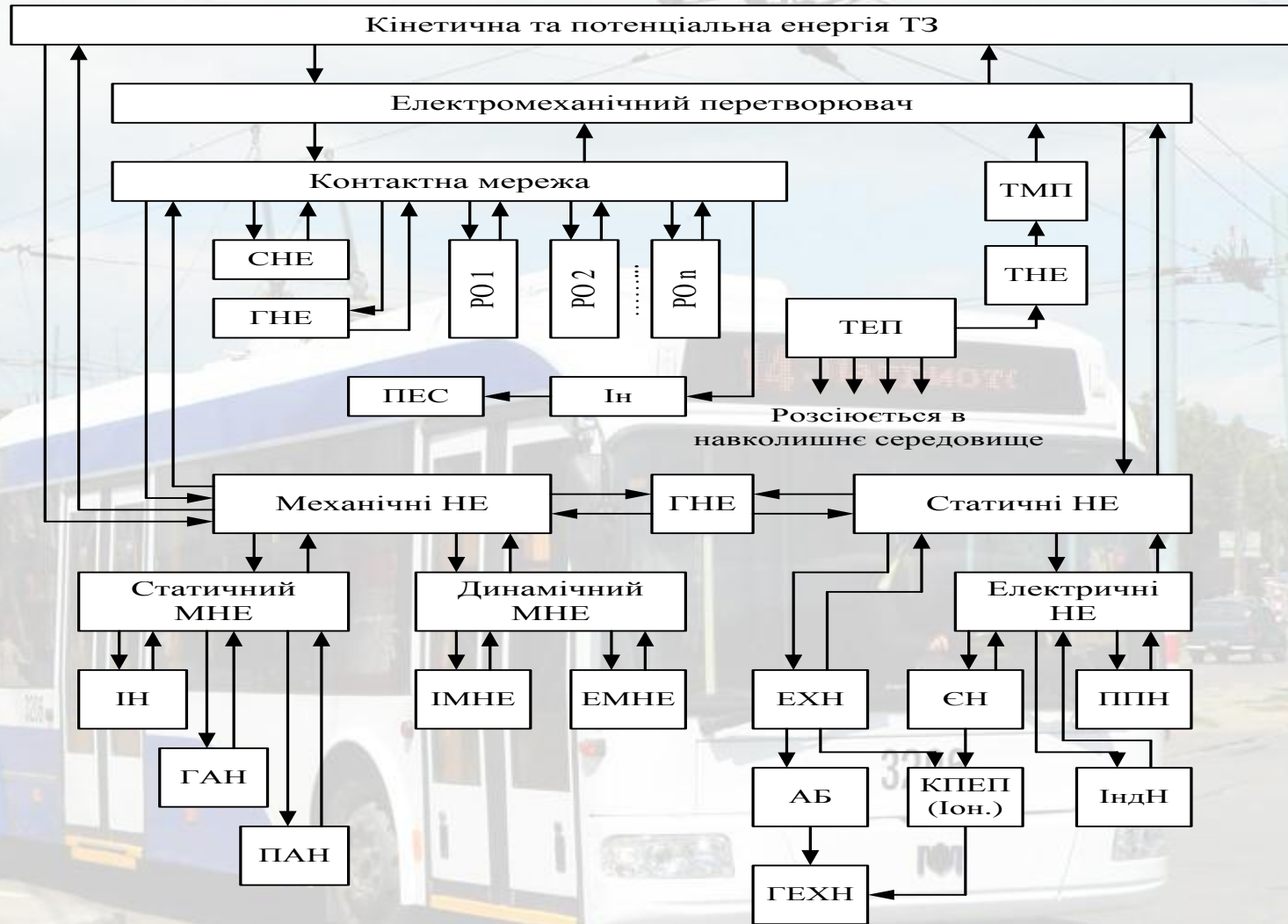


Рисунок 6 – Структурна схема перетворення кінетичної і потенційної механічної енергії ТЗ при гальмуванні

PO – рухома одиниця; **НЕ** – накопичувач енергії; **ГНЕ** – гібридний накопичувач енергії; **МНЕ** – механічний НЕ; **СМНЕ** – статичний МНЕ; **ДМНЕ** – динамічний МНЕ; **ІН** – інерційний накопичувач; **ЕМНЕ** – електромеханічний накопичувач енергії; **ІМНЕ** – інерційно-механічний НЕ; **ТЕП** – тепловий механічний перетворювач; **ТНЕ** – тепловий НЕ; **ТМП** – тепловий механічний перетворювач; **Ін** – інвертор; **ПЕС** – первинна енергосистема; **ІндН** – індуктивний накопичувач; **ППН** – понад провідниковий накопичувач; **ЕХН** – електрохімічний накопичувач; **АБ** – акумуляторна батарея; **ЄН** – ємнісний накопичувач; **КПЕП** – конденсатор подвійного електричного прошарку (іоністори); **ГЕХН** – гібридний електрохімічний накопичувач; **ГАН** – гібридний акумулятор.

Основні критерії використання накопичувальних пристроїв в електротранспортній системі

1. Питома енергоємність, вимірювана в Вт-год/кг або Дж/кг, яка визначає масогабаритні показники накопичувального пристрою.
2. Питома вартість накопичувального пристрою, яка обумовлює капіталовкладення.
3. Довговічність, вимірювана загальним числом циклів «заряд - розряд» або терміном служби.
4. Працездатність в широкому діапазоні температур.
5. Простота і доступність технічного обслуговування.
6. Час заряду накопичувача (вибір проводиться виходячи з часу гальмування ЕРТ) .
7. Час і величина втрат при зберіганні енергії.
8. Час реверсуу потужності – час, протягом якого НЕ може бути переведений з режиму видачі в режим накопичення, і навпаки.
9. Швидкість і глибина розряду (глибина розряду дозволяє знизити величину масогабаритних показників і величину «мертвого об'єму»).
10. Безпека роботи.
11. Високий ККД накопичувального пристрою.

Відмінності КПЕП від традиційних конденсаторів

- при щільності запасеної енергії, близької до акумуляторів, КПЕП має електричні властивості, притаманні традиційним конденсаторам: закономірності зміни ємності при послідовному з'єднанні, симетричні струми заряду і розряду, можливість зміни робочої напруги в широкому діапазоні, можливість глибокого розряду;

- при підвищенні напруги вище допустимого рівня пробою не відбувається, але починається процес розкладання електроліту або зниження питомої енергії в органічних конденсаторах.

Іоністори мають ряд додаткових переваг:

- не вимагають обслуговування в процесі експлуатації;
- працездатні в широкому діапазоні температур;
- мають низьку питому собівартість;
- забезпечують запас енергії до десятків кДж / кг;
- задовольняють екологічним вимогам;
- інваріантні до місця установки, можливе розташування як в центрах навантаження, так і безпосередньо у споживача;
- безшумні в роботі;
- мають малу величину саморозряду і високий ККД (сумарний ККД зарядно-розрядного циклу складає 90% при постійній часу саморозряду в 100 год.);
- мають великий термін служби (більше 10 ... 12 років), обумовлений відсутністю хімічних процесів.

Розподіл та використання енергії електричного гальмування



Рисунок 7 – Розподіл та використання енергії електричного гальмування

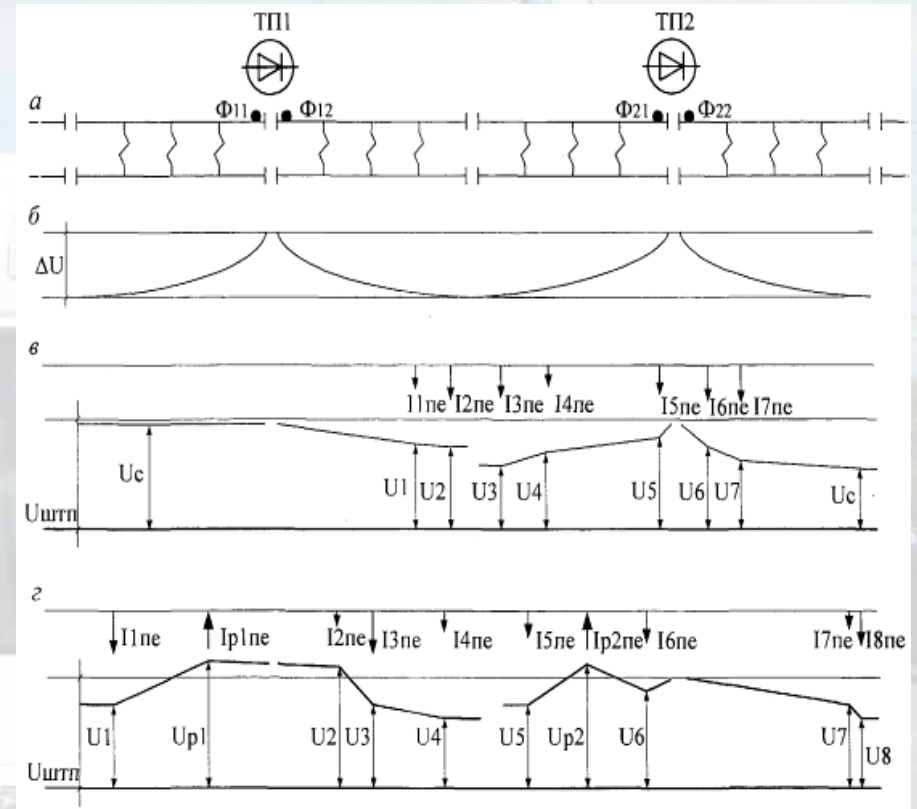


Рисунок 8 – Розподіл напруг та струмів на ділянці контактної мережі

Схема силова електрична автоматичного поста секціонування

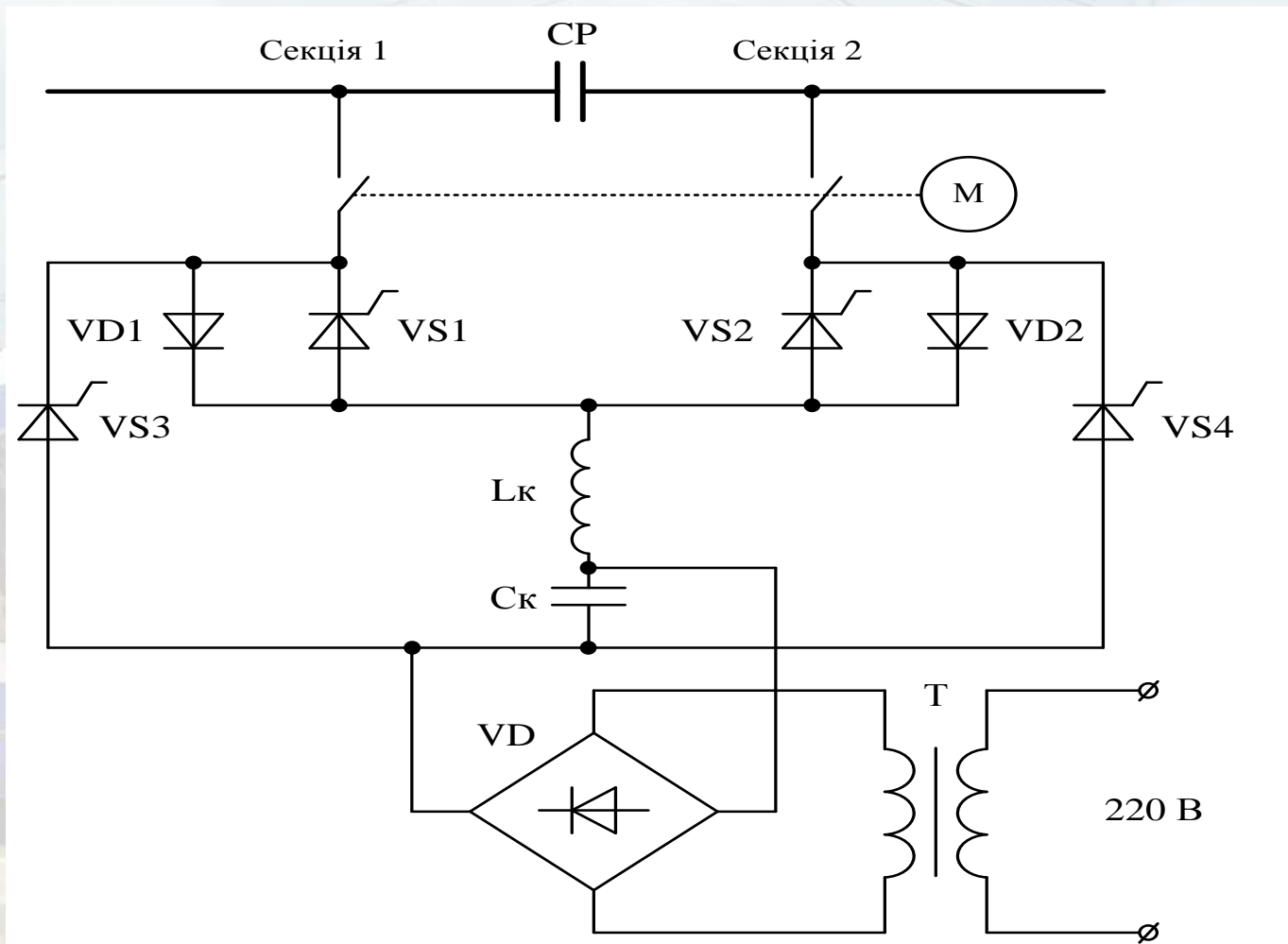


Рисунок 9 – Схема силова електрична автоматичного поста секціонування

VS1,VS2 - силові тиристори; VS3,VS4 - комутуючі тиристори; VD1,VD2-силові діоди;
L_к, C_к -комутуючі індуктивність та ємність; VD – випрямляч підзаряду C_к.

Вибір місця розташування накопичувального елемента

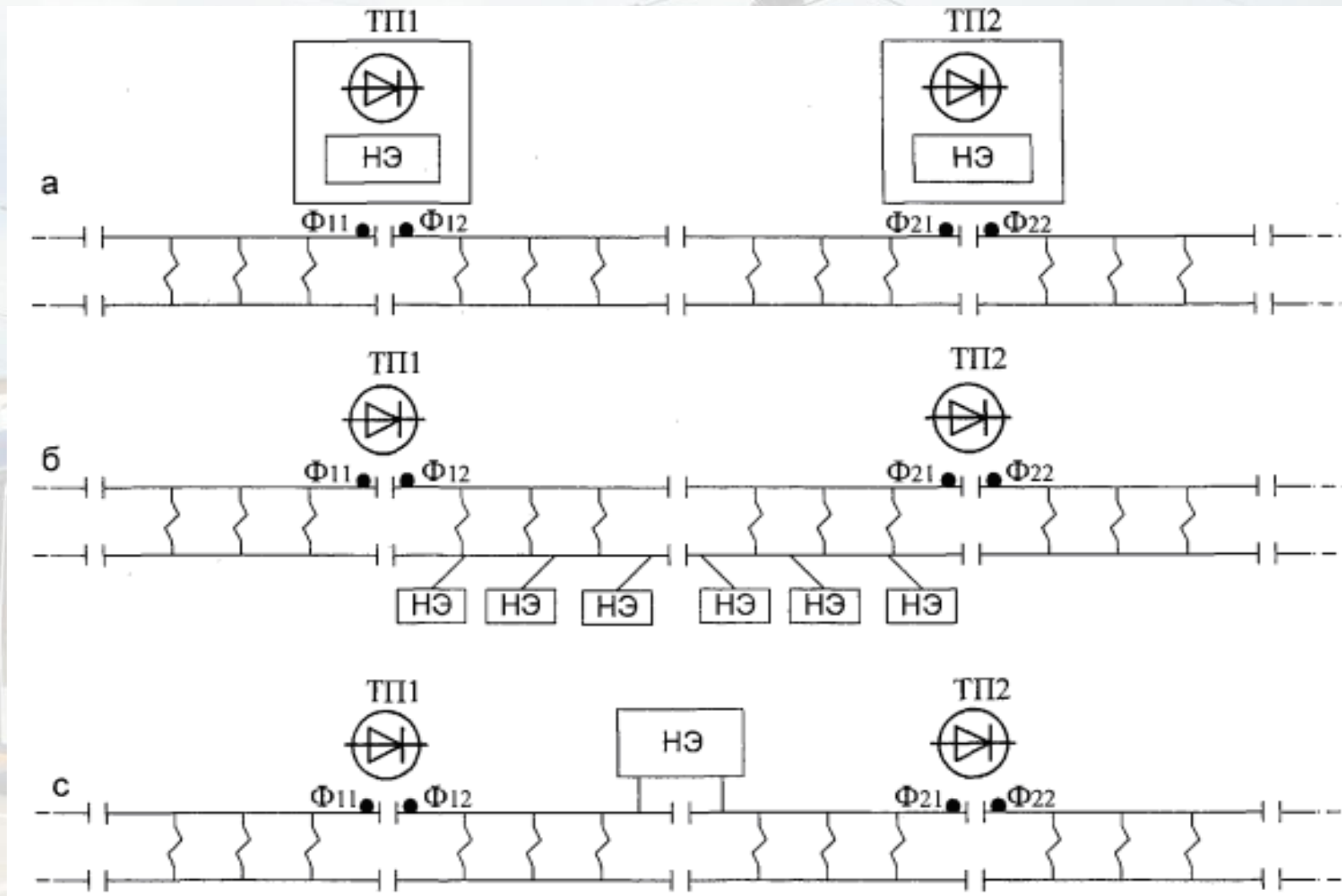


Рисунок 10 – Варіанти розташування накопичувачів енергії:

- а). на ТП;
- б). вздовж контактної мережі;
- в). в міжфідерній зоні.

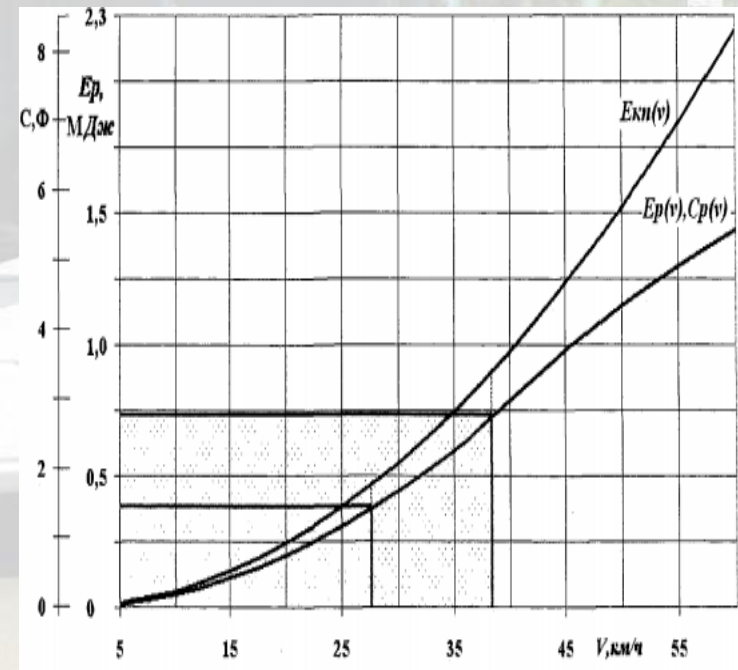
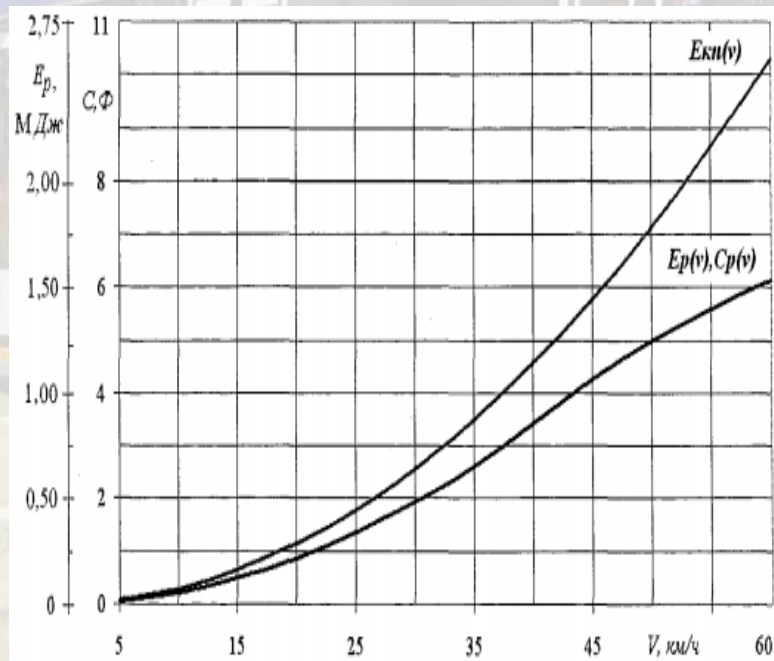
Залежності величин регеноерованої енергії, переданої в накопичувач, і мінімальної ємності накопичувача залежно від швидкості на початку гальмування і до повної зупинки

У загальному вигляді для будь-якого типу накопичувача справедливою є залежність:

$$E_p(v) = \left(\left(M_{екст} \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{V_H^2 - V_K^2}{12,96} \right) - 2 \cdot E_w(v) \right) \cdot \eta_r(v) \cdot \eta_{вт}(v) \cdot \left(1 - \frac{1 - \eta_{HE}}{2} \right) \right),$$

де $\eta_\varepsilon(v)$ – ККД ТЕД залежно від швидкості;

$\eta_{HE}(v)$, $\eta_{вт}(v)$ – середнє значення ККД накопичувача енергії та перетворювача.



Розробка схем рекуперативного гальмування тролейбуса із накопичувачем енергії на борту

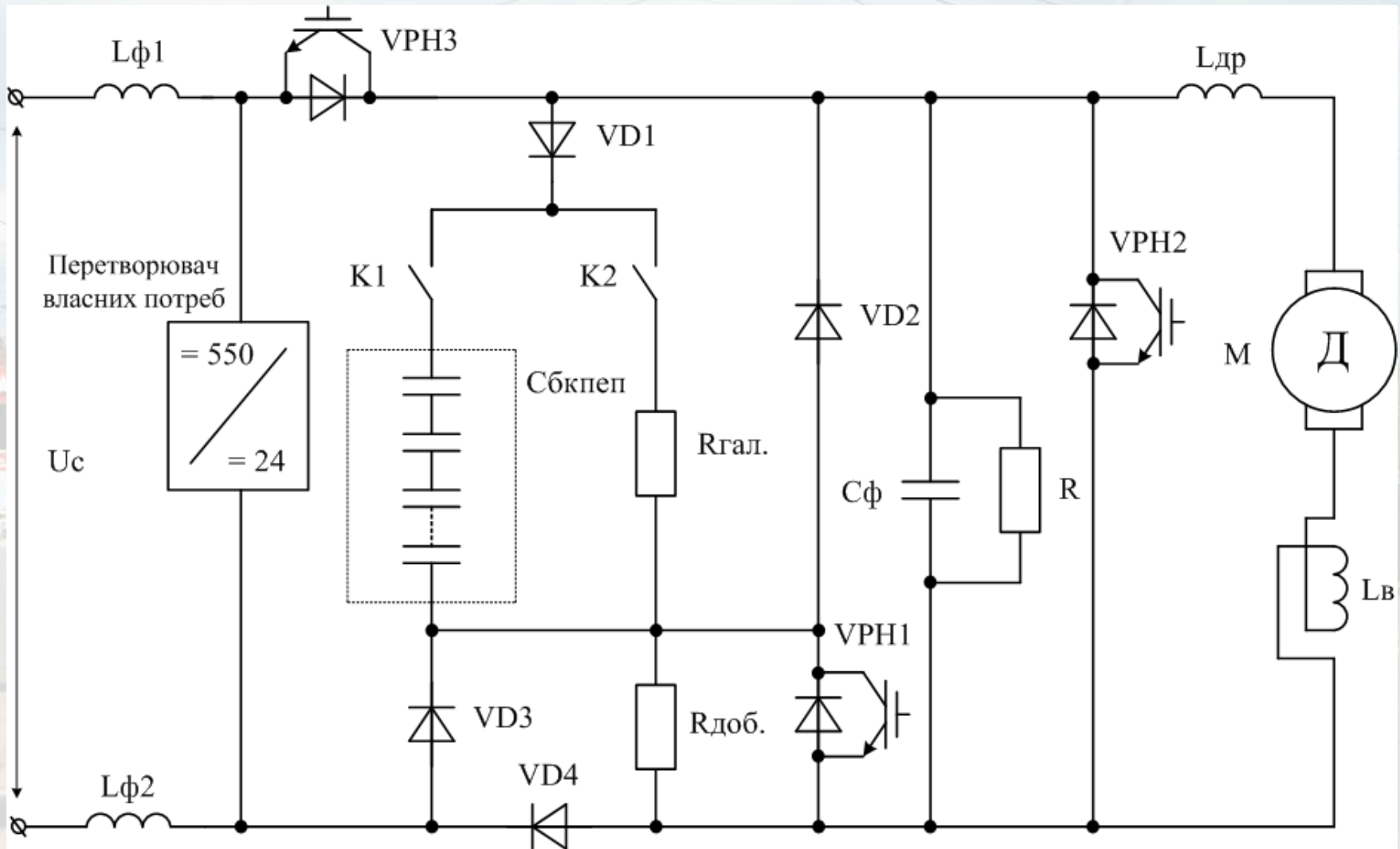


Рисунок 11 – Спрощена електрична схема регенеративно-накопичувального гальмування тролейбуса

Розробка схем рекуперативного гальмування тролейбуса із накопичувачем енергії на борту

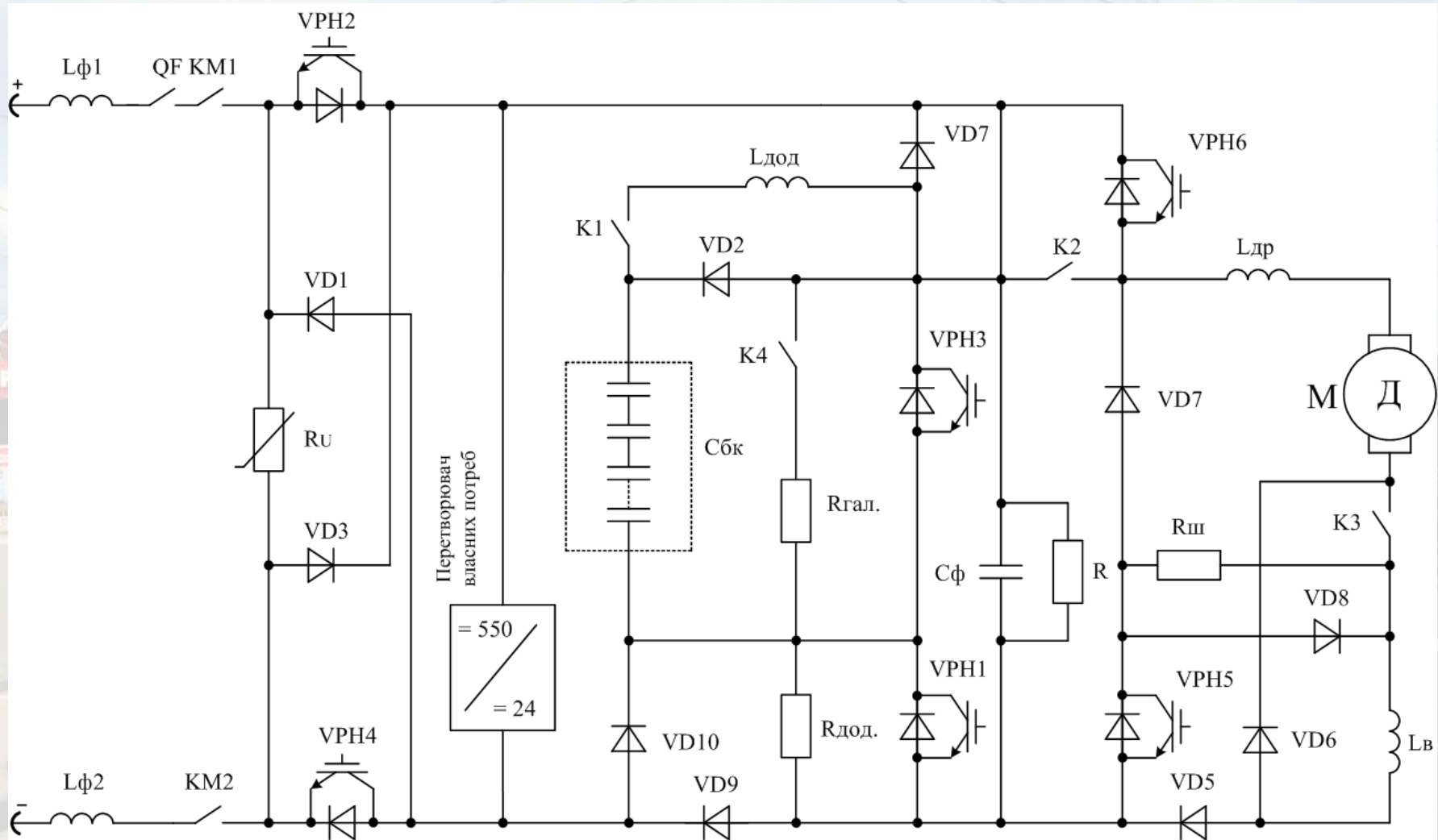


Рисунок 12 – Загальна принципова силова схема тролейбуса ЕлектроЛаз із БК на борту

ВИСНОВКИ

В результаті наповнення роботи були отримані такі результати:

1. Порівняльний аналіз існуючих накопичувачів енергії дозволив виробити вимоги, пропонувані до накопичувальних пристроїв міського електричного транспорту і вибрати в якості такого пристрою конденсатори подвійного електричного прошарку, що дозволяють найбільш раціонально використовувати енергію електричних гальмувань транспортних засобів.

2. Розглянуто різні варіанти схемних реалізацій і використання накопичувальних пристроїв, проведено обґрунтування раціонального їх впровадження в систему міського електричного транспорту. Показано, що найбільша ефективність використання енергії електричних гальмувань досягається при впровадженні накопичувальних пристроїв на електрорухомому складі, що також підвищує динамічні та енергетичні показники транспортного засобу в цілому, і дозволяє отримати автономність ходу до 200 метрів.

3. Проведено розрахунки за вибором основних параметрів накопичувального пристрою електрорухомого складу. Виконано аналіз, спрямований на виявлення раціональної величини енергоємності накопичувача із врахуванням зміни маси транспортного засобу та імовірного діапазону початкових швидкостей гальмування.

4. Розроблені принципові електричні схеми силових кіл тролейбуса з накопичувальним пристроєм на борту.

5. Виконано розрахунок ефективності капіталовкладень для базового та нового варіантів системи електроприводу тролейбуса.

6. Визначено основні положення щодо безпечної експлуатації електротранспортної системи та міського електричного транспорту в умовах дії шкідливих чинників оточуючого середовища.