



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **126450** (13) **U**  
(51) МПК (2018.01)  
*H02J 1/14* (2006.01)  
**H02J 13/00**

МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

<b>(21)</b> Номер заявки: <b>u 2017 12808</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Саблін Олег Ігорович (UA)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>22.12.2017</b>	<b>(73)</b> Власник(и): <b>ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, 49010 (UA)</b>
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.06.2018</b>	
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.06.2018, Бюл.№ 12</b>	

**(54) СПОСІБ РОЗПОДІЛУ НАДЛИШКОВОЇ ЕНЕРГІЇ РЕКУПЕРАЦІЇ**

**(57)** Реферат:

Спосіб розподілу надлишкової енергії рекуперації в системах електрифікованого транспорту постійного струму, при якому вимірюють напругу на шинах постійного струму тягової підстанції. Додатково вимірюють напругу в мережі змінного струму підстанції і рівень заряду накопичувача енергії. Після чого на основі їх нечіткого порівняння обчислюють значення складових надлишкової енергії рекуперації та передають до мережі змінного струму та накопичувача. При цьому регулюють значення вхідних струмів інвертора і зарядно-розрядного пристрою накопичувача.

UA 126450 U



Корисна модель належить до електрифікованого транспорту постійного струму, а саме до керування пристроями тягового електропостачання, і призначена для підвищення ефективності використання енергії рекуперації транспортних засобів.

5 Для зниження витрат енергії на рух електротранспорту використовується рекуперативне гальмування, реалізація якого потребує в тяговій мережі гарантованого споживача енергії рекуперації. За його відсутності підвищується напруга в тяговій мережі, для обмеження якої надлишкова енергія рекуперації утилізується у вигляді теплових втрат в реостатних або механічних гальмах рекуперуючого транспортного засобу, що призводить до збільшення витрати енергії в циклі його руху на 20...30 %.

10 Корисна модель направлена на підвищення ефективності використання енергії рекуперації транспортних засобів та зниження її втрат в системі тягового електропостачання шляхом її раціонального розподілу між накопичувачами енергії, зовнішньою мережею та віддаленими споживачами в тяговій мережі.

15 Відомий спосіб [Шевлюгин, М.В. Снижение расхода энергии и рабочей мощности основного силового оборудования тяговых подстанций электрических железных дорог с помощью накопителей энергии: монография [Текст] / М.В. Шевлюгин. М.: Изд-во МГУПС, 2007. - 151 с.], що ґрунтується на повному або частковому накопиченні надлишкової енергії рекуперації, при якому вимірюють напругу на шинах постійного струму тягової підстанції, порівнюють її з величиною напруги холостого ходу та формують команду на зарядно-розрядний пристрій накопичувача для його вмикання в один із режимів: заряд від тягової мережі, заряд від зовнішньої мережі, розряд на тягову мережу, зберігання енергії.

20 Недоліком способу є неузгодженість енергообмінних режимів роботи накопичувача при зарядах від зовнішньої мережі для подальшого покриття пікового тягового навантаження та від рекуперуючих транспортних засобів, відсутність управління швидкістю енергообмінних процесів, неповне використання встановленої потужності накопичувачів.

25 Відомий спосіб [Быков, Е.И. Электроснабжение метрополитенов. Устройство, эксплуатация и проектирование [Текст] / Е.И. Быков. - М.: Транспорт, 1983. - 447 с.], що полягає у поверненні надлишкової енергії рекуперації до зовнішньої мережі змінного струму шляхом її інвертування, при якому вимірюють напругу на шинах постійного струму тягової підстанції, порівнюють її з величиною напруги холостого ходу та формують команду на перемикання тягової підстанції з випрямного режиму на інверторний.

30 Недоліком способу є короточасна генерація (5...20 с.) у зовнішню мережу нестабілізованої активної потужності (0,5...1,5 МВт), низький коефіцієнт використання встановленої потужності інверторів, циркуляція вирівнювальних струмів тяговою мережею при хибних спрацюваннях інверторів.

35 Найближчим аналогом до корисної моделі є спосіб автоматичного регулювання напруги в тяговій мережі [Аржанников, Б.А. Система управляемого электроснабжения электрифицированных железных дорог постоянного тока: монография [Текст] / Б.А. Аржанников. - Екб: Изд-во УрГУПС, 2010. - 176 с.], який полягає в тому, що вимірюють напругу на постах секціонування тягової мережі, порівнюють виміряні значення з встановленими уставками напруги та формують команду керованим випрямлячам суміжних тягових підстанцій на зниження рівня стабілізованої напруги на шинах постійного струму, що сприяє передачі надлишкової енергії рекуперації через шини підстанцій на сусідні міжпідстанційні зони до віддалених тягових навантажень.

45 Недоліком способу є необхідність інформаційних каналів зв'язку віддалених об'єктів контролю і управління, збільшення втрат енергії рекуперації в опорі тягової мережі при її перетоках до віддалених споживачів, циркуляція вирівнювальних струмів в тяговій мережі при регулюванні напруги на виході випрямлячів.

50 Технічною задачею корисної моделі є підвищення ефективності використання енергії рекуперації шляхом її раціонального розподілу між накопичувачами, зовнішньою мережею та віддаленими тяговими навантаженнями.

55 Поставлена задача вирішується тим, що для розподілу надлишкової енергії рекуперації вимірюють напругу на шинах постійного струму тягової підстанції, згідно з корисною моделлю, додатково вимірюють напругу на стороні змінного струму підстанції і рівень заряду накопичувача енергії, після чого на основі їх нечіткого порівняння обчислюють значення складових надлишкової енергії рекуперації, що передаються до мережі змінного струму та до накопичувача, для чого регулюють значення вхідних струмів інвертора і зарядно-розрядного пристрою накопичувача таким чином, щоб напруга на шинах постійного струму не перевищувала напругу холостого ходу, при якій забезпечується стійкий процес рекуперації

60 транспортного засобу.

Корисна модель пояснюється кресленням, де: 1 - транспортний засіб в режимі рекуперації; 2 - датчик напруги на шинах постійного струму; 3, 4 - відповідно плюсова і мінусова шини постійного струму; 5 - зарядно-розрядний пристрій накопичувача; 6 - накопичувач енергії; 7, 8 - відповідно інвертор і випрямляч; 9 - датчик напруги мережі змінного струму; 10 - система керування розподілом надлишкового струму рекуперації; 11 - віддалене тягове навантаження.

Спосіб реалізується наступним чином. До системи керування 10 надходять вхідні контрольовані величини: з датчиків 2 і 9 напруги відповідно на шинах постійного струму тягової підстанції  $U_{ш}(t)$  і мережі змінного струму  $U_{м}(t)$  та рівень заряду накопичувача  $W_{не}(t)$ . Вихідними є сигнали на управління величинами вхідних струмів інвертора  $I_{інв}(t)$  та зарядно-розрядного пристрою накопичувача  $I_{не}(t)$ . Напруга  $U_{ш}(t)$  вимірюється з частотою не менше 10 Гц. При її зростанні над номінальним рівнем напруги холостого ходу  $U_{шхх}$  на 5 % фіксується режим рекуперативного гальмування на ділянці. Для уточнення режиму і виключення зростання  $U_{ш}(t)$  від комутаційних стрибків виконується подальше вимірювання протягом наступних 0,3 с з частотою не менше 100 Гц. Якщо  $U_{ш}(t)$  продовжує зростати та сягає значення  $1,1 \cdot U_{шхх}$  ідентифікується режим надлишкової рекуперації енергії на ділянці, при цьому тягова підстанція перемикається з випрямного режиму на інверторний, вмикається зарядно-розрядний пристрій накопичувача 5 і виконується нечітке порівняння величин  $U_{м}(t)$  і  $W_{не}(t)$  за системою нечітких правил (табл.) на основі чого регулюються значення струмів  $I_{інв}$  та  $I_{не}$  таким чином, щоб  $U_{ш}(t)$  знизити до значення  $U_{шхх}$ . Складова надлишкового струму рекуперації, що перетікає по тяговій мережі до віддалених тягових навантажень безпосередньо не регулюється і встановлюється природним струморозподілом за залишковим принципом  $I_{тм} = I_{рек} - I_{інв} - I_{не}$ , оскільки має місце у випадку коли прийом енергії мережею змінного струму та накопичувачем обмежено відповідно максимально допустимою напругою в мережі змінного струму та повним зарядом накопичувача. При цьому система управління реалізує оптимальний розподіл надлишкового струму рекуперації  $I_{рек}$  в допустимих межах, враховуючи ККД пристроїв розподілу та передачу в мережу змінного струму стабілізованої потужності.

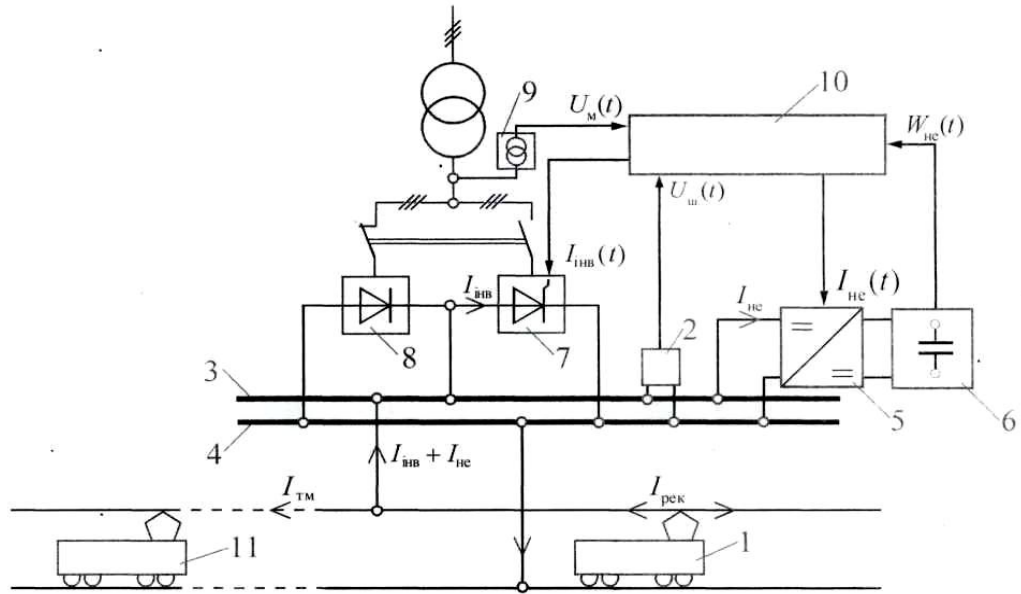
Таким чином, розподіл надлишкової енергії рекуперації між накопичувачем, мережею змінного струму та віддаленими тяговими навантаженнями дозволяє забезпечувати допустимий рівень напруги на струмоприймачах та мінімізувати втрати енергії рекуперації транспортних засобів.

Таблиця

Рівень вхідних величин в допустимих межах, що порівнюються		Рівень вихідних величин, що регулюються в допустимих межах	
$W_{не}(t)$	$U_{м}(t)$	$I_{не}(t)$	$I_{інв}(t)$
низький	низький	високий	високий
середньонизький	середньонизький	середньовисокий	середньовисокий
середній	середній	середній	середній
середньовисокий	середньовисокий	середньонизький	середньонизький
високий	високий	низький	низький

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб розподілу надлишкової енергії рекуперації в системах електрифікованого транспорту постійного струму, при якому вимірюють напругу на шинах постійного струму тягової підстанції, який **відрізняється** тим, що додатково вимірюють напругу в мережі змінного струму підстанції і рівень заряду накопичувача енергії, після чого на основі їх нечіткого порівняння обчислюють значення складових надлишкової енергії рекуперації та передають до мережі змінного струму та накопичувача, при цьому регулюють значення вхідних струмів інвертора і зарядно-розрядного пристрою накопичувача.



Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601