

## СПОСІБ КЕРУВАННЯ РЕКУПЕРАЦІЄЮ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ЗМІННОГО СТРУМУ МОТОРВАГОННИХ АВТОНОМНИХ ПОЇЗДІВ

Винахід відноситься до галузі електротехніки, конкретно – стосується частотно-керованих електропередач змінного струму автономного рухомого складу залізниць.

Відомий спосіб рекуперації енергії гальмування машини [1], який полягає у тому, що безпосередній обмін кінетичною енергією між маховиком і трансмісією машини здійснюють з метою підтримки постійного сумарного значення кінетичної енергії маховика і машини механічним шляхом зміною передавального відношення варіатора з числом ступенів свободи, рівним одиниці, який з'єднує трансмісію і маховик, причому обмін кінетичною енергією між маховиком і трансмісією машини здійснюють зміною передавального відношення диференціала з числом ступенів свободи, що дорівнює двом, який з'єднує трансмісію, маховик і дві оборотні електричні машини, механічним шляхом і додатково електромеханічним перетворенням механічної енергії в електричну, а потім перетворенням електричної енергії в механічну.

Недоліком відомого способу є складність технічної реалізації, наявність складних механічних перетворювачів, які знижують надійність системи, зменшують коефіцієнт корисної дії системи рекуперації.

Прототипом обрано спосіб рекуперації енергії при гальмуванні залізничного транспорту [2], який полягає в тому, що генерована електрична енергія системи пропускається через електричний перетворювач передачі електричної енергії від живильної лінії у режимі регенерації на перетворювач підстанції, а підстанції пов'язані з зоною виділення гальмівної енергії, яка має свої межі, що визначаються певною відстанню розташованих з боків точки підключення пунктів. Відстань визначається поділом різниці між непостійних

максимальних напруг і мінімального значення добутку лінійного опору лінії і максимальної інтенсивності руху поїздів. Мінімальне значення приймається таким, що відстань більше або дорівнює половині відстані між підстанцій.

Недоліками прототипу є відсутність можливості самонавчання або стороннього навчання системи керування на основі нейронних мереж або інших алгоритмів навчання, неможливість застосування способу при оптимальному співвідношенні повної енергії та швидкості рухомого складу.

В основу винаходу поставлено завдання створення способу керування рекуперацією енергії для тягових електропередач змінного струму моторвагонних автономних поїздів з можливістю самонавчання або стороннього навчання системи керування на основі нейронних мереж або інших алгоритмів навчання, а також застосування способу при оптимальному співвідношенні повної енергії та швидкості рухомого складу.

Вирішення цього завдання досягається тим, що створено спосіб керування рекуперацією енергії для тягових електропередач змінного струму моторвагонних автономних поїздів, який полягає у тому, що генерована електрична енергія системи через перетворювач живлення, що виконаний з можливістю передачі електроенергії рекуперації до мережі електропостачання при гальмуванні, передається до живлячої мережі, причому даний перетворювач встановлено безпосередньо на автономному поїзді, а вхідний сигнал керування цим перетворювачем є вихідним сигналом блоку нейромережевого керування та корекції, де вхідний сигнал даного блоку, що задається сторонньою системою керування, проходить через вузол спеціальної корекції, причому вузол спеціальної корекції змінює величину сигналу тільки при оптимальному співвідношенні повної потужності рухомого складу, а в протилежному випадку вхідний сигнал даного вузла подається на його вихід без змін; вихідний сигнал вузла спеціальної корекції подається на вхід вузла нейромережевого керування, де він проходить через внутрішній контур самонавчання або внутрішній контур стороннього навчання системи керування (в залежності від сигналу перемикачів між контурами), де формується масив

сигналів оптимального прогнозного значення параметрів руху поїзда та сигналів керування тяговим перетворювачем; значення повної потужності рухомого складу розраховується безпосередньо у вузлі спеціальної корекції на основі вхідних сигналів від датчиків системи тягової електропередачі та вхідного сигналу з масивом інформації про параметри профілю залізничного шляху, причому даний сигнал з масивом інформації формується внутрішнім контуром стороннього навчання системи керування, де закладена детальна схема профілю залізничного шляху певного маршруту руху.

Введення системи керування перетворювачем з можливістю самонавчання або стороннього навчання системи керування на основі нейронних мереж або інших алгоритмів навчання, а також застосування способу при оптимальному співвідношенні повної енергії та швидкості рухомого складу дозволяє здійснювати рекуперацію енергії згідно оптимальних режимів руху поїзда на основі навчання на даній ділянці системи керування шляхом ведення поїзду досвідченим машиністом або на основі розрахункових карт руху.

Таким чином, нові ознаки при взаємодії з відомими ознаками забезпечують виявлення нових технічних властивостей – шляхом введення нових операцій розроблено спосіб керування рекуперацією енергії для тягових електропередач змінного струму моторвагонних автономних поїздів. Це забезпечує усій заявленій сукупності ознак способу відповідність критерію “Новизна”.

Аналоги, які містять ознаки, що відрізняються від прототипу, не знайдені; рішення явним чином не впливає з рівня техніки. Виходячи з вищевикладеного можна зробити висновок, що запропоноване технічне рішення задовольняє критерію “Винахідницький рівень”.

Запропонований спосіб працює таким чином.

Система керування тяговим перетворювачем генерує сигнал керування, в залежності від позиції командоконтролера машиніста. Даний сигнал проходить через вузол спеціальної корекції, який змінює величину сигналу тільки при

оптимальному співвідношенні повної потужності рухомого складу, а в протилежному випадку вхідний сигнал даного вузла подається на його вихід без змін.

Оптимальні співвідношення повної потужності рухомого складу визначаються виразами в залежності від режиму руху:

1. В режимі тяги повна потужність  $\sum P_t$ , що споживається поїздом може бути знайдена з виразу

$$\sum P_t = P_M + P_{V.P.} + P_K + P_{Vtrat}, \quad (1)$$

де  $P_M$  – потужність, що витрачається на виконання механічної роботи з переміщення поїзда;

$P_{V.P.}$  – потужність системи власних потреб;

$P_K$  – потужність, що споживається пристроями забезпечення комфорту;

$P_{Vtrat}$  – сукупна потужність втрат (механічні, електричні, магнітні, теплові втрати у двигунах, перетворювачах та системах електропостачання, інших механічних та електричних елементах тягової електропередачі, зубчастих передачах, шестернях та колісних парах, тощо).

Потужність, що витрачається на виконання механічної роботи з переміщення поїзда залежить від швидкості руху  $v$  та дотичної сили тяги  $F_D$ , що реалізується тяговою електропередачею:

$$P_M = F_D \cdot v, \quad (2)$$

яка також визначається зміною кінетичної та потенціальної енергій і дією при цьому сил тертя при подоланні основного опору руху та опору при проходженні кривих:

$$P_M = P_{ter} + P_{kin} + P_{pot}, \quad (3)$$

де  $P_{ter}$  – потужність, що витрачається на подолання сил тертя;

$P_{kin}$  – потужність, що витрачається на зміну кінетичної енергії рухомого складу;

$P_{pot}$  – потужність, що витрачається на зміну потенціальної енергії рухомого складу.

2. В режимі вибігу потужність споживається системою власних потреб та пристроями забезпечення комфорту, тобто повна потужність  $\sum P_V$ , що споживається дизель-поїздом може бути знайдена з виразу

$$\sum P_V = P_{V.P.} + P_K + P_{Vtrat\_V}, \quad (4)$$

де  $P_{Vtrat\_V}$  – потужність втрат в режимі вибігу.

При цьому має місце співвідношення:

$$P_{ter} + P_{kin} + P_{pot} = 0. \quad (5)$$

3. В режимі гальмування з гасінням енергії гальмівними пристроями, де мають місце додаткові втрати потужності в гальмівних пристроях та колах  $P_{gal}$  повна потужність  $\sum P_G$  знаходиться аналогічно до (4) з виразу:

$$\sum P_G = P_{V.P.} + P_K + P_{Vtrat\_G}, \quad (6)$$

де  $P_{Vtrat\_V}$  – потужність втрат в режимі гальмування.

При цьому має місце співвідношення:

$$P_{ter} + P_{gal} = P_{kin} + P_{pot}. \quad (7)$$

4. В режимі рекуперативного гальмування на шкідливих уклонах при спуску має місце співвідношення:

$$P_{pot} = P_{ter} + P_{Vtrат} + P_{V.P.} + P_K + P_{rek}, \quad (8)$$

де  $P_{rek}$  – потужність енергії рекуперації.

5. При гальмуванні до повної зупинки:

$$P_{pot} + P_{kin} = P_{ter} + P_{Vtrат} + P_{V.P.} + P_K + P_{rek}. \quad (9)$$

Значення повної потужності рухомого складу на основі наведених співвідношень (1)-(9) розраховується безпосередньо у вузлі спеціальної корекції на основі вхідних сигналів від датчиків системи тягової електропередачі та сигналу з масивом інформації про параметри профілю залізничного шляху, причому даний масив інформації формується внутрішнім контуром стороннього навчання системи керування, де закладена детальна схема профілю залізничного шляху певного маршруту руху.

Далі вихідний сигнал вузла спеціальної корекції подається на вхід вузла нейромережевого керування, де він проходить через внутрішній контур самонавчання або внутрішній контур стороннього навчання системи керування (в залежності від сигналу перемикавання між контурами).

Сформований вихідний сигнал блоку нейромережевого керування подається на тяговий перетворювач, який, в залежності від значення цього сигналу, передає генеровану електричну енергію системи тягової електропередачі до внутрішньої мережі електропостачання при гальмуванні або при русі поїзда в режимі вибігу.

Виходячи з вищевикладеного можна зробити висновок, що технічне рішення, яке заявляється, задовольняє критерію “Промислове застосування”.

Джерела інформації

1. Пат. 2010109031 Россия, МПК<sup>6</sup> F16H33/00. СПОСОБ РЕКУПЕРАЦИИ ЭНЕРГИИ ТОРМОЖЕНИЯ МАШИНЫ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ [Текст] / Леонов И. В., Барабашов Н. Н.; - заявл. 12.03.10.

2. Пат. EP1985490 Франція, МПК В60L7/10; В60M3/06. Системы, подстанции и метод рекуперации энергии при торможении железнодорожного транспорта, железнодорожные транспортные средства для этой системы. System, substation and method for recovering brake energy from railway vehicles, railway vehicles for this system [Електроний ресурс] / CORNIC DANIEL [FR]; AUTHIE PIERRE [FR]; TAYAT FARADJ [FR]; заявник і патентовласник ALSTOM TRANSPORT SA [FR]; заявл. 25.04.2007; опубл. 29.10.2008; EP1985490.-Режим доступу:

[http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20081029&DB=&locale=en\\_EP&CC=EP&NR=1985490A1&KC=A1&ND=3](http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20081029&DB=&locale=en_EP&CC=EP&NR=1985490A1&KC=A1&ND=3).

Проректор з НР ЗНТУ, д-р техн. наук,

проф.

Ю.М. Внуков

М.П.