



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **100469** (13) **U**  
(51) МПК (2015.01)**B60L 13/00****B60L 13/04** (2006.01)**B60L 13/10** (2006.01)**B60L 13/08** (2006.01)**H01L 31/00****H01L 31/04** (2014.01)ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ****(21)** Номер заявки: **u 2015 01226****(22)** Дата подання заявки: **13.02.2015****(24)** Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: **27.07.2015****(46)** Публікація відомостей  
про видачу патенту: **27.07.2015, Бюл.№ 14****(72)** Винахідник(и):**Дзензерський Віктор Олександрович**  
(UA),  
**Плаксин Сергій Вікторович** (UA),  
**Шкіль Юрій Володимирович** (UA),  
**Скосар Вячеслав Юрійович** (UA)**(73)** Власник(и):**ІНСТИТУТ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ І**  
**ТЕХНОЛОГІЙ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ**  
**НАУК УКРАЇНИ "ТРАНСМАГ",**  
вул. Писаржевського, 5, м. Дніпропетровськ,  
49005 (UA)**(54) ТРАНСПОРТ НА ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНОМУ ПІДВІСІ****(57)** Реферат:

Транспортний засіб на електродинамічному підвісі з електродинамічним приводом, у якого уздовж шляхової структури розташовані секції статорної обмотки лінійного синхронного тягового електродвигуна. Кожна така секція складається зі шляхових котушок, шляхові котушки забезпечуються електроенергією від автономних джерел енергії, установлених уздовж шляхової структури. Автономне джерело енергії складається з фотоелектричної установки для перетворення сонячної енергії в енергію електричного струму, інвертора для перетворення енергії електричного струму й накопичувача енергії. Кожну шляхову котушку розміром  $\Delta$  забезпечує енергією одна фотоелектрична установка із площею панелі  $S$ . Як накопичувач енергії використовується акумуляторна батарея, надлишок електроенергії направляється в зовнішню енергосистему, функціонуючу за принципом інтелектуальної мережі "Smart Grid". Рух транспортного засобу регулюється системою керування, яка забезпечує своєчасне включення і вимикання кожної наступної шляхової котушки. При куті між напрямком Північ-Південь і напрямком шляхової структури  $45-90^\circ$  площини панелей фотоелектричних установок розташовані горизонтально, при куті між напрямком Північ-Південь і напрямком шляхової структури менше  $45^\circ$  площини панелей фотоелектричних установок орієнтовані на Південь і нахилені на кут  $\beta$  стосовно горизонтальної площини, що дорівнює широті місцевості  $\varphi$ . Довжина кожної панелі фотоелектричної установки уздовж напрямку Північ-Південь дорівнює  $\Delta/4$  м, а ширина кожної панелі фотоелектричної установки поперек напрямку Північ-Південь дорівнює  $4S/\Delta$  м.

UA 100469 U

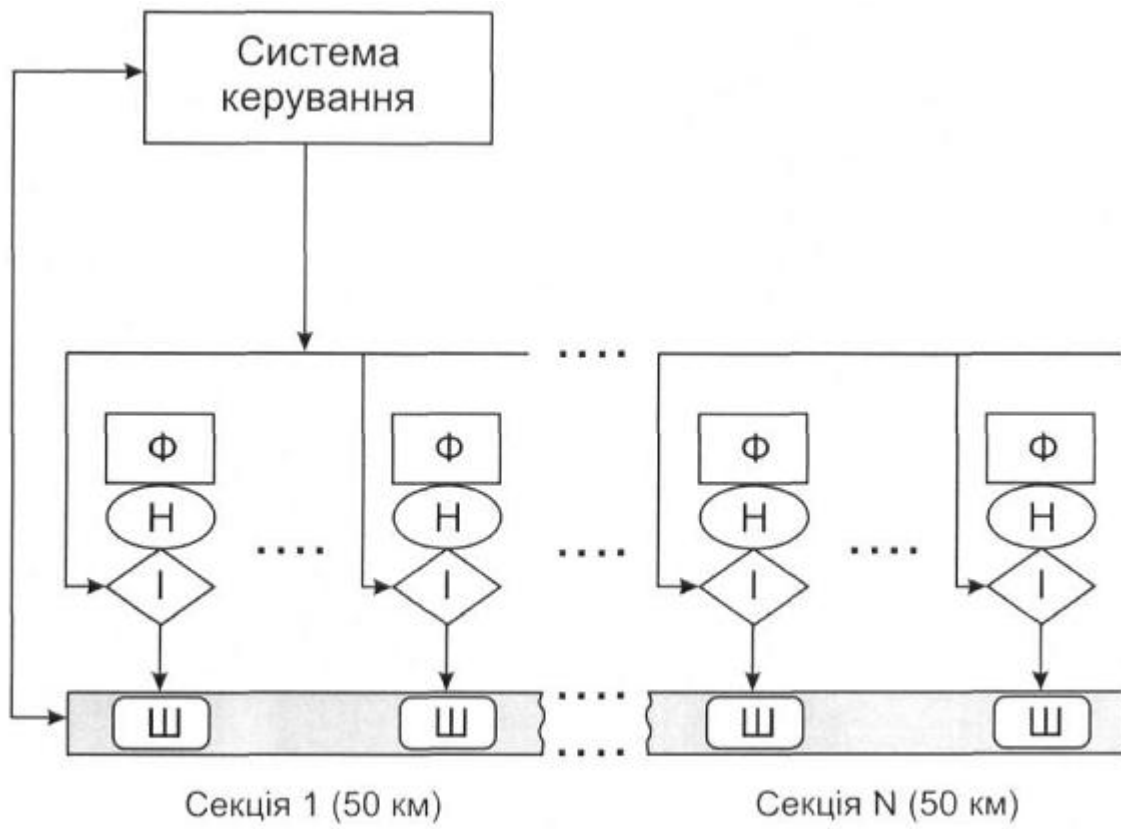


Fig. 1

Корисна модель належить до транспортної техніки, а саме, до високошвидкісного наземного транспорту, який використовує потужне електромагнітне поле для магнітного підвісу, з одної сторони, і електротяги, з іншої сторони.

Зазначений транспортний засіб, називаний транспортом на електродинамічному підвісі, є енерговитратним засобом перевезень. Забезпечення енергією транспортного засобу у всіх реалізованих на практиці проектах організовано від зовнішньої енергосистеми, що, як правило, виробляє електричну енергію за рахунок спалювання вуглеводневого палива на ТЕС і реакцій ядерного розподілу на АЕС. І ця обставина суперечить сучасним світовим тенденціям захисту навколишнього середовища від шкідливих викидів і радіоактивних відходів, тенденціям зниження в енергетиці частки традиційних джерел енергії та росту частки поновлюваних екологічно чистих джерел енергії.

У цей час лише дуже мала частка в балансі енергоспоживання високошвидкісного наземного транспорту належить поновлюваним джерелам енергії, таким як фотоелектричні установки або вітроенергетичні установки. У ЗМІ зустрічаються повідомлення про те, що фотоелектричні панелі на дахах вокзалів вже використовуються для живлення висвітлення вокзалів, панелі фотоелектричних установок на дахах вагонів - для живлення висвітлення вагонів, а також окремі фотоелектричні установки використовуються для живлення систем автоматики і телекомунікації.

Частково використовуються і вітроенергетичні установки. Відомо транспортний засіб на електродинамічному підвісі, у корпусі якого передбачені повітровувні канали для зниження аеродинамічного опору руху транспортного засобу і для перетворення частини енергії вітру в електричну енергію для потреб транспортного засобу. У результаті досягнута деяка економія електричної енергії, що підводиться ззовні до транспортного засобу, за рахунок використання поновлюваної енергії вітру [Патент 63561 Україна. Транспортний засіб на електродинамічному підвісі. МПК B61B 13/08; F03D 3/00; B60L 13/04; B60V 3/00. Дзензерський В.О. та інш. - № 2003054085, 06.05.2003. Опубл. 15.12.2006. Бюл. № 12].

Винахід-аналог використовує поновлювані джерела енергії для економії енергії, що підводиться ззовні, і в цьому його перевага. Головний недолік аналога в тому, що він не дозволяє домогтися повного енергозабезпечення за рахунок поновлюваних джерел енергії.

Проте, таке технічне завдання може бути вирішено принаймні у випадку використання сонячної енергії і фотоелектричних установок для її перетворення. Рішення зазначеного завдання запропоновано в наступних роботах [Дзензерський В.А., Плаксин С.В., Погорелая Л.М., Толдаев В.Г., Шкиль Ю.В. Системы управления и энергообеспечения магнитолевитирующего транспорта. - Киев: Наук. думка, 2014. - 276 с, і Plaxin S. Photoelectric distributed energy supply for Maglev propulsion system / V. Dzenzerskiy, S. Plaxin, Yu. Shkil // The 19<sup>th</sup> Intern. Conf. on Magnetically Levitated System and Linear Drives. Germany, Dresden, 13-15 Sept. - 2006. - Vol. 1. - P. 219-222]. Одну із цих робіт використовуємо як прототип.

Отже, як найближчий аналог вибраний транспортний засіб на електродинамічному підвісі з електродинамічним приводом, у якому по шляху проходження (уздовж шляхової структури) розташовані секції статорної обмотки лінійного синхронного тягового електродвигуна, кожна така секція складається зі шляхових котушок, кожна шляхова котушка забезпечується електроенергією від автономного джерела енергії, причому рух транспортного засобу регулюється системою керування, що забезпечує своєчасне включення і вимикання кожної наступної шляхової котушки (а якщо рух назад, то й попередньої). У зазначеному магнитолевітуючому транспорті автономне джерело енергії складається з: фотоелектричної установки для перетворення сонячної енергії в енергію електричного струму; інвертора для перетворення енергії електричного струму; і накопичувача енергії. Плоска панель фотоелектричної установки розташована горизонтально. Як накопичувач енергії використовується акумуляторна батарея. Надлишок електроенергії направляється в зовнішню енергосистему, функціонуючу за принципом інтелектуальної мережі "Smart Grid" [Дзензерський В.А., Плаксин С.В., Погорелая Л.М., Толдаев В.Г., Шкиль Ю.В. Системы управления и энергообеспечения магнитолевитирующего транспорта. - Киев: Наук. думка, 2014. - 276 с].

Найближчий аналог дозволяє вирішити задачу повного енергозабезпечення високошвидкісного наземного транспорту за рахунок поновлюваного екологічно чистого джерела енергії. Цим джерелом є енергія Сонця, а як перетворювачі енергії Сонця служать фотоелектричні установки. Потужності сонячного випромінювання, що досягає землі в умовах України, досить для енергозабезпечення кожного метра шляху уздовж шляхової структури від фотоелектричної установки із площею панелі 3 м<sup>2</sup> або небагато більше, залежно від ККД перетворення сонячного випромінювання [див. Дзензерський В.А., Плаксин С.В., Погорелая Л.М., Толдаев В.Г., Шкиль Ю.В. Системы управления и энергообеспечения магнитолевитирующего

транспорта. - Киев: Наук. думка, 2014. - С. 251]. Кожна фотоелектрична установка забезпечує електричною енергією одну шляхову котушку, розмір якої  $\Delta$  уздовж шляхової структури дорівнює 0,5-2,0 м. Це означає, що для однієї шляхової котушки розміром  $\Delta$  м досить однієї фотоелектричної установки із площею панелі  $S=3\Delta$  м<sup>2</sup> або небагато більше, залежно від ККД перетворення сонячного випромінювання. І тоді високошвидкісний транспорт забезпечений електроенергією в наступному масштабі: для однієї тонни вантажу пропускна здатність шляху буде дорівнює 1,5-2,6 хв при ККД фотоелектричних установок  $\approx 10\%$ . Розрахунки проведені для високошвидкісного поїзда масою 400 т, здатного розвивати швидкість 500 км/год. При цьому кожна шляхова котушка характеризується питомою енергією споживання до  $0,08 \times 1,5\Delta$  Вт·год./т·м [див. Дзензерский В.А., Плаксин С.В., Шкиль Ю.В. Фотоэлектрическая система энергообеспечения линейного двигателя магнитолевитирующего высокоскоростного наземного транспорта. Вестник национального технического университета "ХПИ". - Харьков. НТУ ХПИ. - № 44. - 2005. - С. 122-132].

Якщо підібрати для накопичувача свинцево-кислотну акумуляторну батарею 12 В, ємністю 200 А·год., то її буде вистачати для роботи автономного джерела енергії протягом цілого року, причому запасеної за один сонячний день енергії вистачить на 12 хмарних днів, якщо такі випадково випадуть [див. Плаксин С.В., Шкиль Ю.В. Фотоэлектрическое обеспечение транспорта на магнитном подвесе. Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України. Спеціальний випуск. – Київ, 2005. – С. 99].

Недоліком найближчого аналога є низька ефективність перетворення енергії Сонця в електричну енергію. Причина цього укладена в нераціональному розташуванні панелей фотоелектричних установок, а саме - площини панелей фотоелектричних установок розташовані горизонтально без обліку широти місцевості і особливостей сонячного випромінювання, яке досягає перетворювачів енергії.

В основу корисної моделі поставлено задачу підвищення ефективності забезпечення електроенергією високошвидкісного транспорту за рахунок раціонального розташування панелей фотоелектричних установок уздовж шляхової структури.

Поставлена задача вирішується тим, що в транспортному засобі на електродинамічному підвісі автономні джерела енергії встановлені уздовж шляхової структури, автономне джерело енергії складається з фотоелектричної установки для перетворення сонячної енергії в енергію електричного струму, інвертора для перетворення енергії електричного струму і накопичувача енергії, кожен шляхову котушку розміром  $\Delta$  забезпечує енергією одна фотоелектрична установка із площею панелі  $S$ , як накопичувач енергії використовується акумуляторна батарея, надлишок електроенергії направляється в зовнішню енергосистему, функціонуючу за принципом інтелектуальної мережі "Smart Grid", відповідно до корисної моделі, при куті між напрямком Північ-Південь і напрямком шляхової структури  $45-90^\circ$  площини панелей фотоелектричних установок розташовані горизонтально, при куті між напрямком Північ-Південь і напрямком шляхової структури менш  $45^\circ$  площини панелей фотоелектричних установок орієнтовані на Південь і нахилені на кут  $\beta$  стосовно горизонтальної площини, що дорівнює широті місцевості  $\phi$ , причому довжина кожної панелі фотоелектричної установки уздовж напрямку Північ-Південь дорівнює  $\Delta/4$ , а ширина кожної панелі фотоелектричної установки поперек напрямку Північ-Південь дорівнює  $4S/\Delta$ .

Суть технічного рішення полягає в тому, що максимальну кількість сонячного випромінювання в рік одержують площини фотоелектричних панелей при їхній орієнтації на Південь (у північній півкулі) і нахилі  $\beta$  стосовно горизонтальної площини, пов'язаному із широтою місцевості  $\phi$  вираженням:  $\beta=\phi$ . Це емпіричне вираження придатне для умов України і враховує внесок прямого сонячного випромінювання і внесок сонячного випромінювання, розсіяного від хмар і оптичних неоднорідностей атмосфери. У південній півкулі для кліматичних зон, аналогічних кліматичним умовам України, варто було б орієнтувати фотоелектричні установки на Північ при виконанні орієнтування, відповідно до умови  $\beta=\phi$ .

Фотоелектричні панелі бажано розміщати уздовж шляхової структури, причому з боку, зверненого до Півдня (у північній півкулі), щоб рухомий состав не відкидав на фотоелектричні панелі тінь. Фотоелектричні панелі можна розміщати як по одній стороні (зверненої до Півдня) від шляхової структури, так і - із двох сторін, але перший варіант переважніше з погляду зручності обслуговування, тому що при цьому не потрібно обслуговуючому персоналу перетинати шляхову структуру. В умовах південної півкулі фотоелектричні панелі бажано розміщати уздовж шляхової структури, причому з боку, зверненого до Півночі.

Між фотоелектричними панелями, установленими уздовж шляхової структури, буде відстань, яка визначається розміром  $\Delta$  шляхової котушки, і напрямком шляхової структури стосовно напрямку Північ-Південь. Нам необхідно домогтися таких розмірів і такого

розташування, щоб фотоелектричні панелі майже не створювали одна одній тінь. Але при цьому для кожної шляхової котушки розміром  $\Delta$  м була фотоелектрична панель загальною площею  $S=3\Delta$  м<sup>2</sup> (або небагато більше, залежно від ККД перетворення сонячного випромінювання). Один з підходящих варіантів рішення цього завдання: при куті між напрямком

5 Північ-Південь і напрямком шляхової структури менш  $45^\circ$  площини панелей фотоелектричних установок орієнтовані на Південь і нахилені на кут  $\beta$  стосовно горизонтальної площини, що дорівнює широті місцевості  $\phi$ , причому довжина кожної панелі фотоелектричної установки уздовж напрямку Північ-Південь дорівнює  $\Delta/4$  м, а ширина кожної панелі фотоелектричної установки поперек напрямку Північ-Південь дорівнює  $4S/\Delta$  м (12 м або небагато більше).

10 Емпірично встановлено, що ефект тіні при такому розташуванні фотоелектричних панелей незначний, оскільки тінь панелі створюють один одному лише в короткі відрізки часу при вкрай низькому розташуванні сонця над горизонтом, коли потужність сонячного випромінювання мінімальна. Тоді для кожної шляхової котушки розміром  $\Delta$  м буде працювати одна фотоелектрична установка із площею панелі  $S$  м<sup>2</sup>.

15 При виконанні всіх зазначених умов підвищується ефективність перетворення енергії Сонця в електричну енергію на 8-12 %.

Якщо кут між напрямком Північ-Південь і напрямком шляхової структури в межах  $45-90^\circ$ , то площини панелей фотоелектричних установок варто розташувати горизонтально, інакше не вдається уникнути значного ефекту тіні. Причому довжина кожної панелі фотоелектричної

20 установки уздовж шляхової структури дорівнює  $\Delta$  м, а ширина кожної панелі фотоелектричної установки поперек шляхової структури дорівнює  $S/\Delta$  м (3 м або небагато більше).

Запропоноване технічне рішення може бути використане при розробці та експлуатації високошвидкісного наземного транспорту, що використовує потужне електромагнітне поле для магнітного підвісу та електротягу, зокрема, мова йде про транспорт на електродинамічному

25 підвісі.

На фіг. 1 показана структурна схема енергозабезпечення високошвидкісного транспорту. На фіг. 2, 3 схематично показана орієнтація і розташування шляхової структури і фотоелектричних установок. На фіг. 4 показана (I) траса Черкаси-Кременчук-Дніпропетровськ і кільцева (II) траса України.

30 Розглянемо фіг. 1. Система керування здійснює інформаційний взаємозв'язок між шляховими котушками (Ш) шляхової структури і навігаційною підсистемою (на кресл. не показано), яка контролює місце розташування екіпажа. У результаті досягається своєчасне включення і вимикання кожної шляхової котушки. Кожна шляхова котушка (Ш) забезпечується електроенергією від автономного джерела енергії, що складається з: фотоелектричної

35 установки (Ф) для перетворення сонячної енергії в енергію електричного струму; інвертора (І) для перетворення енергії електричного струму; і накопичувача (Н) енергії. Інвертор (І) забезпечує електричною енергією шляхову котушку (Ш).

Розглянемо фіг. 2. У цьому випадку кут  $\alpha$  між напрямком Північ-Південь і напрямком шляхової структури менш  $45^\circ$ . Площини панелей фотоелектричних установок (ПФ) орієнтовані

40 на Південь і нахилені на кут  $\beta$  стосовно горизонтальної площини, що дорівнює широті місцевості  $\phi$ . Довжина кожної панелі фотоелектричної установки (ПФ) уздовж напрямку Північ-Південь дорівнює  $\Delta/4$  м, а ширина поперек напрямку Північ-Південь дорівнює  $4S/\Delta$  м.

Розглянемо фіг. 3. У цьому випадку кут  $\alpha$  між напрямком Північ-Південь і напрямком шляхової структури в межах  $45-90^\circ$ . Площини панелей фотоелектричних установок (ПФ) розташовані горизонтально, причому довжина кожної панелі фотоелектричної установки (ПФ)

45 уздовж шляхової структури дорівнює  $\Delta$  м, а ширина поперек шляхової структури дорівнює  $S/\Delta$  м.

Перейдемо до фіг. 4. Довжина траси I в одну сторону приблизно 405 км, а довжина кільцевої траси II в одну сторону - 2578 км. Розбивка трас на секції лише умовно відповідає довжині секцій по 50 км, як найбільш раціональної з погляду системи керування транспортом, і з погляду географії вузлів зосередження пасажиропотоків, а довжина шляхових котушок (Ш) дорівнює 0,5-2 м, і на кожну котушку необхідне автономне джерело енергії. Це означає, що трасу I в одну сторону необхідно постачити 202,5-810 тис. автономними джерелами енергії, а кільцеву трасу II в одну сторону - 1289-5156 тис. автономними джерелами енергії. Відповідно, стільки ж буде

50 потрібно фотоелектричних установок, інверторів і акумуляторних батарей 12 В, 200 А·год. На ділянках кільцевої траси II: Івано-Франківськ - Львів, Львів - Луцьк, Харків - Лозова, Кривий Ріг - Херсон, Одеса - Котовськ, Котовськ - Вінниця, Хмельницький - Чернівці - площині панелей фотоелектричних установок слід орієнтувати на Південь і нахилити на кут  $\beta$  по відношенню до горизонтальної площини, рівний широті місцевості  $\phi$ .

55

Робота транспортного засобу на електродинамічному підвісі здійснюється в наступному режимі. За рахунок "виштовхування" джерела магнітного поля, що перебуває на транспортному засобі, працює магнітний підвіс, який дозволяє транспортному засобу левітувати над шляховою структурою. Для забезпечення поступального руху уздовж шляхової структури використовують

5 лінійний синхронний тяговий електродвигун. При досягненні транспортним засобом певної швидкості відбувається його відрив від шляхової структури на висоту 10-30 см, зниження опору руху і досягнення транспортним засобом швидкості в 500 км/год. У міру переміщення уздовж шляхової структури працюють шляхові котушки, що забезпечують рух високошвидкісного транспорту над відповідними ділянками шляху. Весь процес руху регулюється системою

10 керування, яка забезпечує своєчасне включення і вимикання кожної наступної (попередньої) шляхової котушки. На відміну від більш ранніх аналогів, кожна шляхова котушка забезпечується електроенергією від автономного джерела енергії (як у прототипі), а не від зовнішньої енергосистеми. На відміну від прототипу, автономні джерела енергії більш ефективно використовують енергію сонячного випромінювання, перетворену в електроенергію

15 фотоелектричними установками. У зазначеному транспорті на електродинамічному підвісі кожне автономне джерело енергії має накопичувач енергії, наприклад свинцево-кислотну акумуляторну батарею 12 В, 200 А·год. Надлишок виробленої в сонячні літні дні електроенергії направляється в зовнішню енергосистему, функціонуючу за принципом інтелектуальної мережі "Smart Grid",

20 Проведені розрахунки підтверджують досягнення необхідного технічного результату при виконанні умов формули корисної моделі.

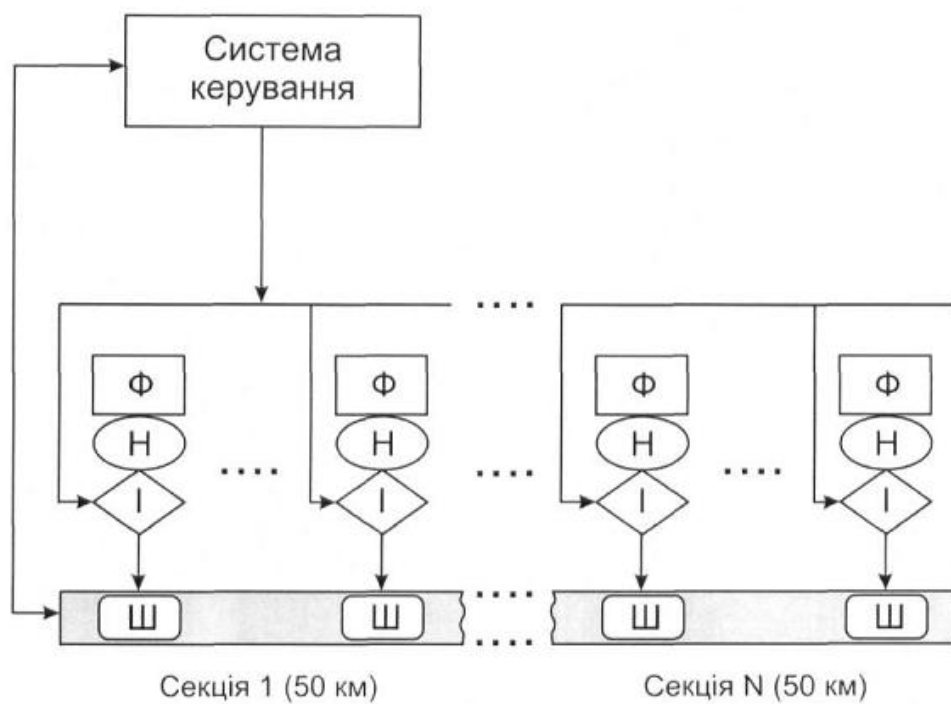
#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

25 Транспортний засіб на електродинамічному підвісі з електродинамічним приводом, у якого уздовж шляхової структури розташовані секції статорної обмотки лінійного синхронного тягового електродвигуна, кожна така секція складається зі шляхових котушок, шляхові котушки забезпечуються електроенергією від автономних джерел енергії, установлених уздовж шляхової структури, автономне джерело енергії складається з фотоелектричної установки для

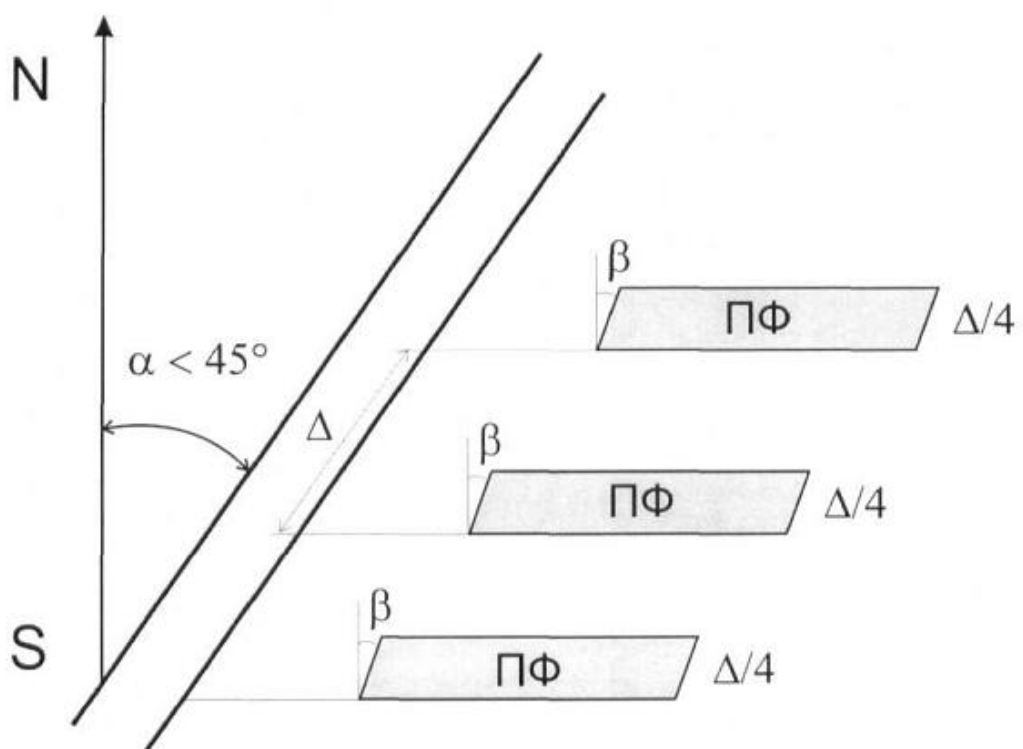
30 перетворення сонячної енергії в енергію електричного струму, інвертора для перетворення енергії електричного струму й накопичувача енергії, кожен шляхову котушку розміром  $\Delta$  забезпечує енергією одна фотоелектрична установка із площею панелі  $S$ , як накопичувач енергії використовується акумуляторна батарея, надлишок електроенергії направляється в зовнішню енергосистему, функціонуючу за принципом інтелектуальної мережі "Smart Grid",

35 причому рух транспортного засобу регулюється системою керування, яка забезпечує своєчасне включення і вимикання кожної наступної шляхової котушки, який **відрізняється** тим, що при куті між напрямком Північ-Південь і напрямком шляхової структури  $45-90^\circ$  площини панелей фотоелектричних установок розташовані горизонтально, при куті між напрямком Північ-Південь і напрямком шляхової структури менше  $45^\circ$  площини панелей фотоелектричних установок

40 орієнтовані на Південь і нахилені на кут  $\beta$  стосовно горизонтальної площини, що дорівнює широті місцевості  $\varphi$ , причому довжина кожної панелі фотоелектричної установки уздовж напрямку Північ-Південь дорівнює  $\Delta/4$  м, а ширина кожної панелі фотоелектричної установки поперек напрямку Північ-Південь дорівнює  $4S/\Delta$  м.



Фиг. 1



Фиг. 2

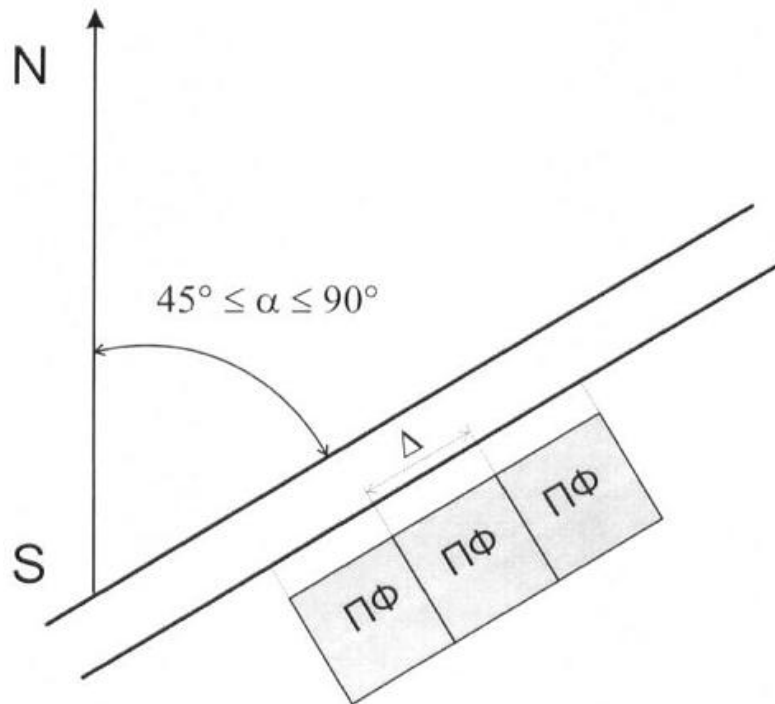


Fig. 3



Fig. 4

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

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