

ЛІНІЙНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД ВАГОНЕТКИ АТРАКЦІОНУ

КПІ ім. Ігоря Сікорського

Анотація

Вивчено можливість використання лінійного електропривода для атракціонів типу «Американських гірок». Здійснено вибір варіанту конструктивного виконання лінійного електродвигуна, розраховані його масогабаритні і енергетичні показники.

Ключові слова: електропривод, лінійний, асинхронний, вагонетка, атракціон, розрахунок.

Abstract

The possibility of using a linear electric drive for roller coaster rides attraction has been studied. The choice of a variant of constructive execution of the linear electric motor is made, it's mass-dimensional and power indicators are calculated.

Keywords: electric drive, linear induction motor, vehicle, attraction, calculation.

Вступ

Атракціони залишаються популярною розвагою для людей вже на протязі багатьох років. Підвищена безпека є найголовнішим критерієм при розробці або модифікації атракціонів з рухомими елементами. Для атракціонів з рухомими кабінами, візками або вагонетками постає проблема зношування та проковзування роликів обертового електропривода, особливо в режимах пуску-гальмування, що обмежує динаміку і підвищує експлуатаційні витрати. Лінійний електропривод здатен забезпечити підвищення безпеки, покращення експлуатаційних характеристик, економію енергії, зниження витрат на обслуговування.

Метою статті є вивчення можливості використання лінійного електропривода для вагонетки атракціону, вибір варіанту конструктивного виконання лінійного електродвигуна, розрахунок його енергетичних та масогабаритних параметрів.

Результати дослідження

Вагонетки на атракціонах типу «Американських гірок» не мають власного живлення. Натомість, вагонетка підтягується ланцюгом до першого піку. Накопичена потенційна енергія перетворюється в кінетичну енергію, коли вагонетка опускається до наступного підйому. Кінетична енергія при цьому зворотно перетворюється в потенційну енергію, коли поїзд знову рухається вгору до наступного піку. Цей пік має бути обов'язково нижчим, оскільки частково механічна енергія втрачається на подолання опору руху (тертя коліс о напрямні, аеродинамічний опір).

Сучасні вагонетки атракціонів мають однаковий базовий дизайн колісних збірок (див. рис.1). Кожна збірка має три типи коліс: нижні 4, ходові 2 і бічні фрикційні 3. Така конструкція допомагає вагонетці 1 рухатися безпечно і плавно. Нижні колеса притискаються до низу рейки і не дозволяють вагонетці зійти з колії. Бічні фрикційні колеса притискають борти рейки з зовні або з середини, залежно від виробника колії. Ці колеса допомагають вагонетці залишатися в центрі двох рейок. Ходові колеса мають важливе призначення, оскільки несуть вагу поїзда, утримуючи вагонетку на колії.

Для визначення можливості використання лінійного електропривода для вагонетки атракціону розглянемо принцип роботи і конструктивне виконання найбільш прийнятної для даного застосування лінійного асинхронного електродвигуна (ЛАД). ЛАД перетворюють електричну енергію у механічну енергію поступального руху за допомогою створення індуктором (статором) 5 біжучого магнітного поля. На індукторі міститься розподілена обмотка 6. Вторинний елемент складається з реактивної полюси 7 та сталевого зворотного магнітопроводу 8. Реактивна полюса виконується у вигляді смуги з алюмінію чи міді [1].

При подачі струму в обмотку індуктора 6, в зазорі ЛАД утворюється біжуче магнітне поле, внаслідок дії якого на вторинний елемент в останньому наводиться ЕРС і утворюється струм у вигляді короткозамкнених контурів. В результаті взаємодії струму вторинного елемента 7 з полем індуктора виникає тягове зусилля, яке забезпечує переміщення вторинного елемента відносно індуктора у необхідному напрямку. Перевагою лінійних електродвигунів є простота здійснення поступальних переміщень, можливість передачі силової дії на об'єкт керування без механічного контакту з ним.

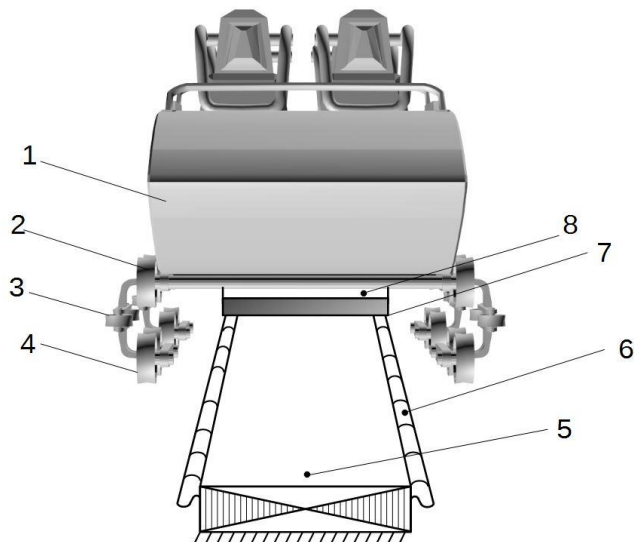


Рисунок 1. Конструкція вагонетки з ЛАД

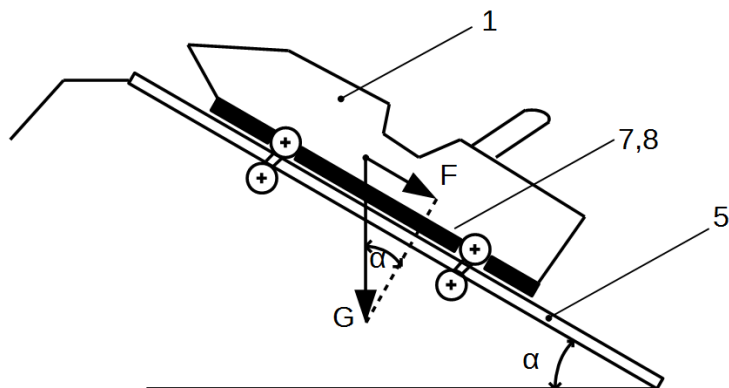


Рисунок 2. Ділянка підйому вагонетки з ЛАД

В запропонованій конструкції приводу вагонетки передбачається установити індуктор ЛАД вздовж реск на ділянці підйому, а вторинний елемент закріпити на дні вагонетки, як це показано на рис. 1 та рис. 2. Задачею лінійного електроприводу буде здійснити підйом вагонетки на перший пик траси руху.

Виконаємо попередній розрахунок параметрів ЛАД. Будемо вважати, що переміщення вагонетки на перший найвищий пік буде відбуватися по прямолінійній траєкторії. Вихідними даними для розрахунку є:

- вага вагонетки з двома людьми $G = 400 \text{ кг} = 392 \text{ Н}$;
- нахил траєкторії підйому $\alpha = 45^\circ$;
- висота підйому $h = 30 \text{ м}$;
- швидкість руху вагонетки $V = 4 \text{ м/с}$;
- номінальна частота напруги живлення $f_H = 50 \text{ Гц}$.

Визначимо тягове зусилля ЛАД, яке компенсує зустрічну складову зусилля ваги вагонетки

$$F = G \cdot \sin \alpha = 3920 \cdot 0,707 = 2771 \text{ Н}$$

Синхронна швидкість двигуна

$$V_C = \frac{V}{1 - s_H} = \frac{4}{1 - 0,5} = 8 \text{ м/с}$$

де $s_H = 0,5$ – попереднє значення номінального ковзання.

Розрахункове значення полюсного поділку ЛАД

$$\tau = \frac{V_c}{2 \cdot f_H} = \frac{8}{2 \cdot 50} = 0,08 \text{ м}$$

На основі досвіду проектування орієнтовно вибираємо питому силу тяги ЛАД $F_{II} = 0,5 \text{ Н/см}^2$ і визначаємо активну площу вторинного елемента:

$$S_{акт} = \frac{F}{F_{II}} = \frac{2771}{0,5} = 5542 \text{ см}^2 = 0,5542 \text{ м}^2$$

Орієнтовна ширина b індуктора і реактивної полоси, закріпленої на візку (для ЛАД з довгим індуктором)

$$b = \frac{S_{акт}}{l} = \frac{0,5542}{2} = 0,277 \text{ м}$$

де $l = 0,35 \text{ м}$ – довжина реактивної полоси, закріпленої на вагонетці.

Визначимо площу одного полюса довгого індуктора

$$S_{\tau 1} = \tau \cdot b = 0,08 \cdot 0,277 = 0,022 \text{ м}^2$$

Загальне число полюсів довгого індуктора

$$2p = \frac{h / \sin \alpha}{\tau} = \frac{30 / 0,707}{0,08} = 530.$$

Активна потужність, що споживається електродвигуном

$$P = \frac{F \cdot v}{\eta_{ЛАД}} = \frac{2771 \cdot 4}{0,5} = 22,17 \text{ кВт}$$

де $\eta_{ЛАД}$ - ККД ЛАД.

Висновки

З отриманих результатів випливає, що використання ЛАД в атракціоні «Американські гірки» має цілком прийнятні габаритні та енергетичні показники. Розташування індуктора на ділянці траси, а не на вагонетці, позбавляє необхідності в струмопідводі до вагонетки. Потенційно ЛАД такої конструкції можна встановлювати не тільки на першій ділянці підйому, а і на наступних, якщо є така необхідність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи. Навчальний посібник з грифом Міністерства освіти та науки України / За редакцією М.Г. Поповича, О.Ю. Лозинського. - Київ: Либідь, 2005, 680 с.

Теряєв Віталій Іванович — канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу, КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, e-mail: kprivit@gmail.com

Довбик Антон Юрійович — студент групи ЕП-91мн, факультет електроенерготехніки та автоматики, КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, e-mail: anton.dovbyk@gmail.com

Teriaiev Vitalii I. — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Electromechanical System Automation and Electrical Drives, Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Kyiv

Dovbyk Anton Y. — Faculty of Electric Power Engineering and Automatics, Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Kyiv, email: anton.dovbyk@gmail.com