

# РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ РЕЙКОВОГО ПРИСКОРЮВАЧА ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ ТІЛ

Райчев П.О., магістрант, Васьковський Ю.М., д.т.н., професор  
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електромеханіки

**Вступ.** В основі принципу роботи рейкового прискорювача (РП) лежить сила Ампера, що виникає внаслідок взаємодії струму в прискорюваному тілі з магнітним полем струмопровідних рейок (рис.1).

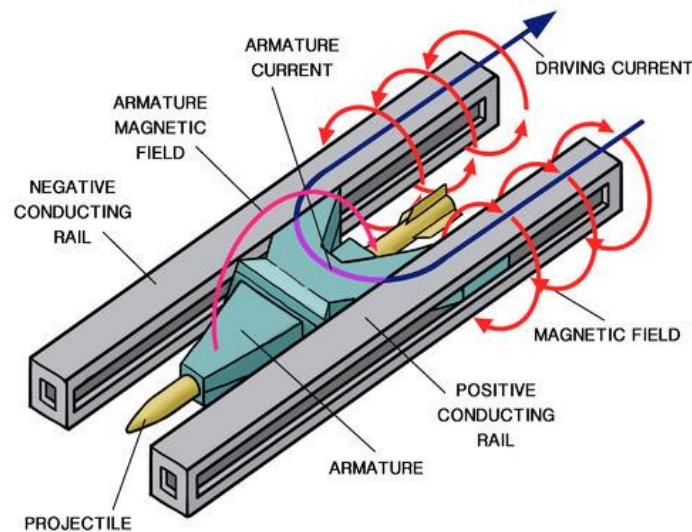


Рисунок 1 – Струми і поля в рейковому прискорювачі

Напрямок дії сили Ампера визначається напрямком струму в прискорюваному провіднику. Величина сили, що діє на прискорюване тіло, пропорційна квадрату струму, і швидкості зміни індуктивності системи під час прискорення.

$$F_a = I^2 * \frac{\partial L}{\partial x} \quad (1)$$

**Мета роботи.** Створення математичної моделі, і наближений розрахунок параметрів рейкового прискорювача, що забезпечить надання прискорюваному тілу кінетичної енергії 64 кДж.

**Матеріали та результати досліджень.** Для наближеного розрахунку прискорення електропровідного тіла в рейковому прискорювачі (РП), необхідно розв'язати систему диференціальних рівнянь (СДР) другого порядку.

Закон Кірхгофа для RLC – ланцюга [3]:

$$\frac{d^2 U}{dt^2} * C * L(x) + \frac{dU}{dt} * C * R(x) + U = 0 \quad (2)$$

Рівняння руху прискорюваного тіла;

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = \frac{F_a}{m} = \frac{i^2 * \frac{dL(x)}{dx}}{m} \quad (3)$$

де  $m_a = 0.07\text{kg}$  – маса прискорюваного тіла,  $U, C$  – напруга і ємність батареї конденсаторів,  $R(x), L(x)$  – функції залежності активного опору і індуктивності системи прискорювача від положення снаряда [1] (матеріал снаряда – мідь, матеріал рейок – вольфрам);

Реалізація даної СДР в пакеті Matlab – Simulink наведена на рис. 2.

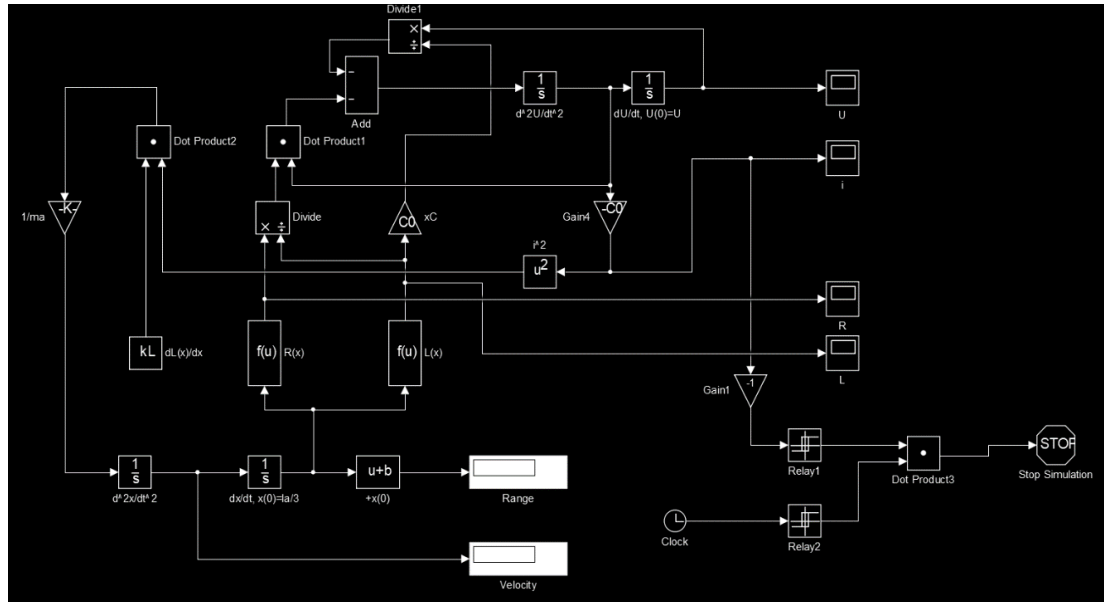


Рисунок 2 – Математична модель рейкового прискорювача

В моделі наявні 2 інтегруючі контури для реалізації диференціальних рівнянь (2) і (3), і контур зупинки розрахунку при нульовому значенні струму. Було проведено серію розрахунків для різних значень початкової напруги  $U$  і ємності батареї конденсаторів  $C$  при сталій масі снаряда, результатом яких є графіки залежності  $V(C)$ , наведені на рис. 3.

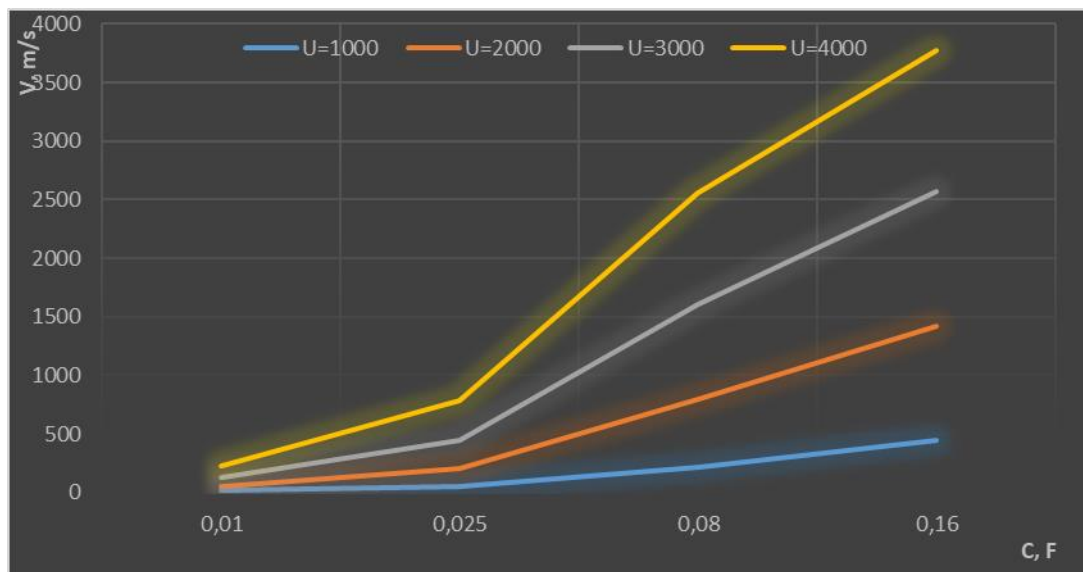


Рисунок 3 – Сімейство кривих залежності  $V(C)$  для різних значень напруги джерела живлення

З вищенаведених графіків можна зробити висновок про несуттєвий вплив величини ємності конденсатора на вихідні енергетичні показники прискорювача, порівняно з напругою, що підтверджується формулою енергії конденсатора:

$$W = \frac{cU^2}{2} \quad (4)$$

Відповідно, при сталій енергії, що запасається для пострілу, зі збільшенням напруги і зменшенням ємності зростає енергоефективність прискорювача (рис.4).

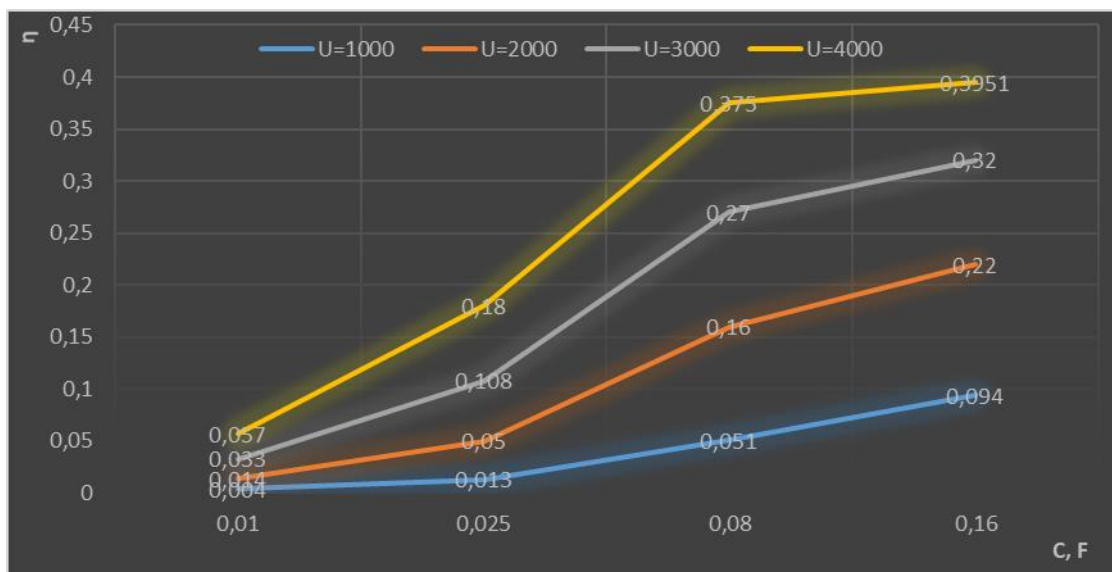


Рисунок 4 – Сімейство кривих залежності η(C) для різних значень напруги

**Висновки.** Задача забезпечення вихідної кінетичної енергії 64 кДж виконується у двох випадках:

- 1) U=3000 В; C=0,07 Ф;
- 2) U=4000 В; C=0,035 Ф;

Для заданої величини вихідної енергії, виконання прискорювача з напругою конденсаторної батареї менше 3000 В недоцільно, у зв'язку з низькою енергоефективністю, і суттєвими габаритами джерела живлення. Максимально допустиме значення напруги визначається механічною міцністю конструктивних елементів прискорювача, і прискорюваного тіла [2].

#### Перелік посилань

1. П. Л. Калантаров, Л. А. Цейтлин «Расчет индуктивностей» – Энергоатомиздат, 1986.
2. <https://en.wikipedia.org/wiki/Railgun>
3. <http://model.exponenta.ru/electro/0060.htm>