

## ЕЛЕКТРОПРИВОД З ЛІНІЙНИМ КРОКОВИМ ДВИГУНОМ

Теряєв В.І., доц. к.т.н., Чернота В.Г., магістрант

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

**Вступ.** Лінійні електродвигуни [1] представляють собою широкий клас електричних машин, що перетворюють електричну енергію в механічну енергію поступального руху за допомогою створення біжучого магнітного поля. Якщо провести класифікацію лінійних електродвигунів за принципом дії та конструктивним виконанням, то можна виділити кілька типів. Основні з них - синхронні, асинхронні, електромагнітні, магнітоелектричні, магнітострикційні і п'єзоелектричні лінійні двигуни. Класифікація лінійних електродвигунів за принципом дії представлена на рисунку 1.

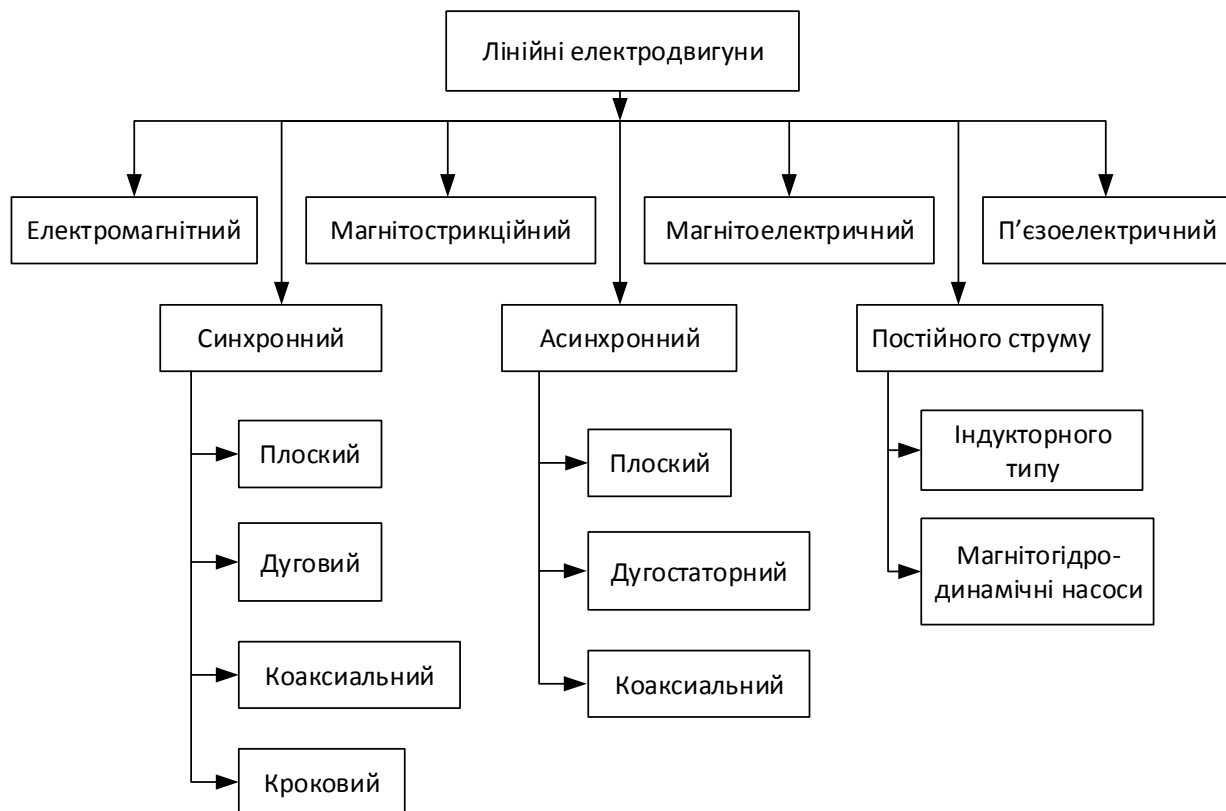


Рисунок 1 – Загальна класифікація лінійних двигунів

Перевагою лінійних електродвигунів є простота здійснення поступальних переміщень, можливість передачі силової дії на об'єкт керування без механічного контакту з ним. Недостатнє розповсюдження цих двигунів обумовлене їх обмеженими регульовальними властивостями, складністю отримання низьких швидкостей руху, а також невисокими масогабаритними та енергетичними показниками, що пояснюється розімкненістю магнітопроводу та відносно великою величиною робочого повітряного зазору в зв'язку із складністю забезпечення його незмінності в процесі руху.

Окрему групу лінійних електродвигунів представляють лінійні крокові двигуни (ЛКД), які відносяться до класу синхронних машин і здійснюють дискретне позиціонування виконавчого органу без використання зворотного зв'язку за положенням [2].

**Мета роботи.** Розробити методологію переходу від моделі обертального крокового двигуна до моделі ЛКД. Провести дослідження динамічних режимів ЛКД, оцінити показники якості перехідних процесів.

**Матеріали досліджень.** З метою побудови моделі ЛКД скористаємось представленою у пакеті прикладних програм MATLAB Simulink [3] моделлю обертального крокового двигуна. З цією метою здійснимо наступні перетворення:

1) перейдемо від обертального моменту, що є виходом електромагнітної частини моделі обертального крокового двигуна, до тягового зусилля:

$$M_e = F_e \cdot r_p \Rightarrow F_e = \frac{M_e}{r_p}, \quad (1)$$

де  $M_e$  - електромагнітний момент;  $F_e$  - тягове зусилля;  $r_p$  - радіус ротора обертального двигуна;

2) від кутової швидкості  $\omega$ , що є виходом механічної частини моделі крокового двигуна, переходимо до лінійної швидкості  $V$ :

$$\omega = \frac{V}{r_p} \Rightarrow V = \omega \cdot r_p; \quad (2)$$

3) від кутового переміщення переходимо до лінійного переміщення:

$$tg\alpha \approx \alpha = \frac{S_k}{r_p} \Rightarrow S_k = \alpha \cdot r_p, \quad (3)$$

де,  $\alpha$  - кутовий крок переміщення;  $S_k$  - довжина кроку ЛКД.

Отримана модифікована модель ЛКД представлена на рис. 2.

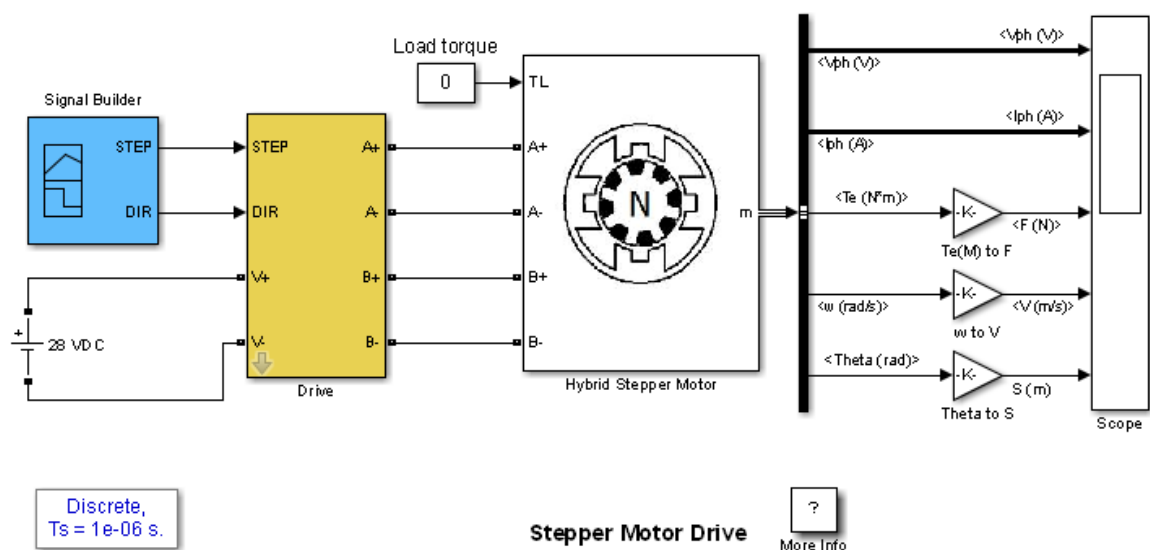


Рисунок 2 – Модифікована модель приводу з ЛКД

**Дослідження динаміки та визначення показників якості перехідних процесів.** Графіки перехідних процесів, отримані в результаті моделювання ЛКД в середовищі MATLAB, представлені на рисунках 3 - 5. Процес дослідження включав переміщення ЛКД у прямому напрямку на відстань 1,08 мм, паузу і рух у зворотному напрямку на відстань 0,51 мм.

Моделювання проводилось при зниженій швидкості на холостому ході ЛКД задля наочності і більш інформативного результату.

Характеристики ЛКД, для якого проведені дослідження, наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Параметри крокового двигуна НР 30848101

| Параметри                        | Значення |
|----------------------------------|----------|
| Максимальний струм в фазі, А     | 1,5      |
| Опір обмотки фази, Ом            | 5        |
| Індуктивність обмотки фази, мГн  | 0,3      |
| Маса ротора, кг                  | 1        |
| Число фаз                        | 2        |
| Максимальна швидкість, м/с       | 0,3      |
| Складова фіксуючого моменту, Н/А | 0,01     |

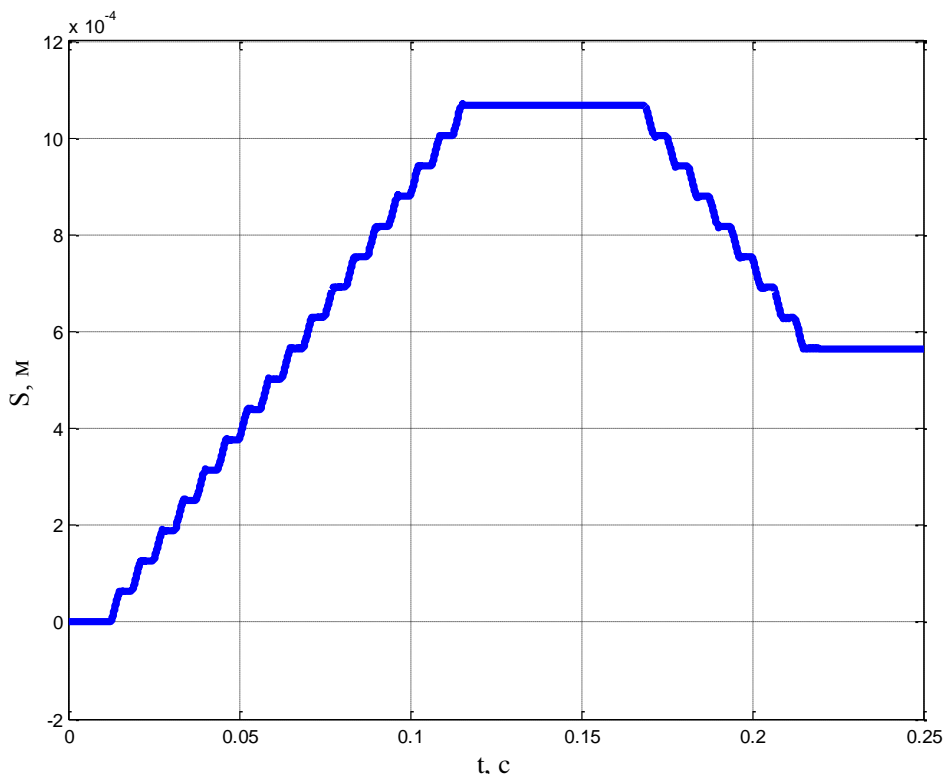


Рисунок 3 – Залежність переміщення від часу

З рисунку 3 можна зробити висновок, що модель двигуна відпрацьовує задану траєкторію з достатньо високою точністю, без статичної похибки.

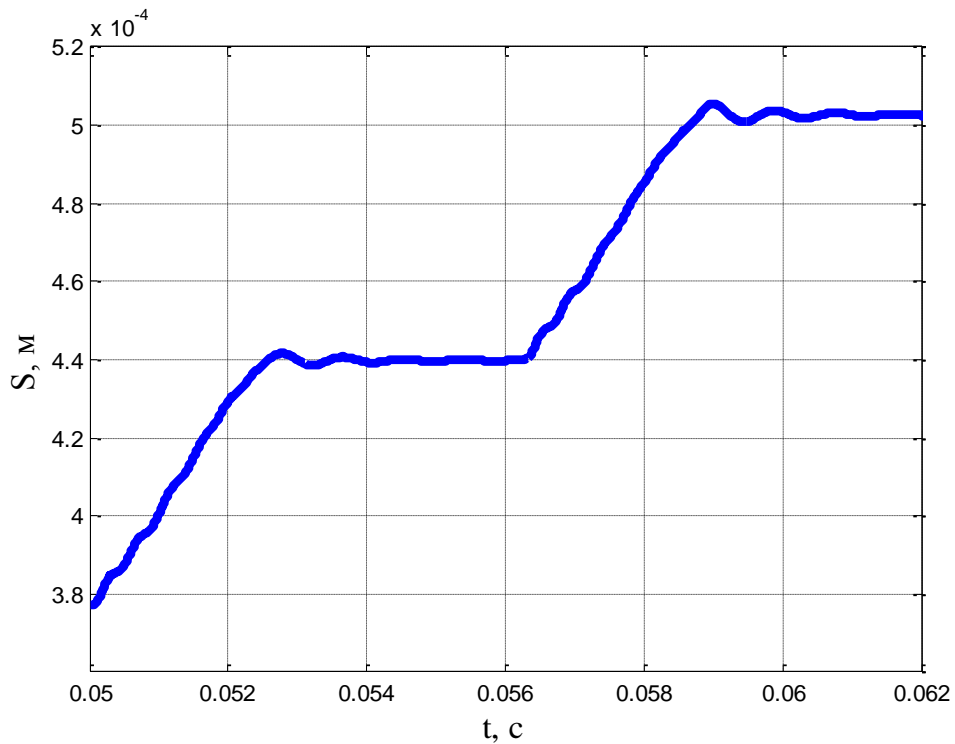


Рисунок 4 – Залежність переміщення від часу в межах двох кроків

Як видно з рисунку 4 переміщення відбувається майже без перерегулювання положення.

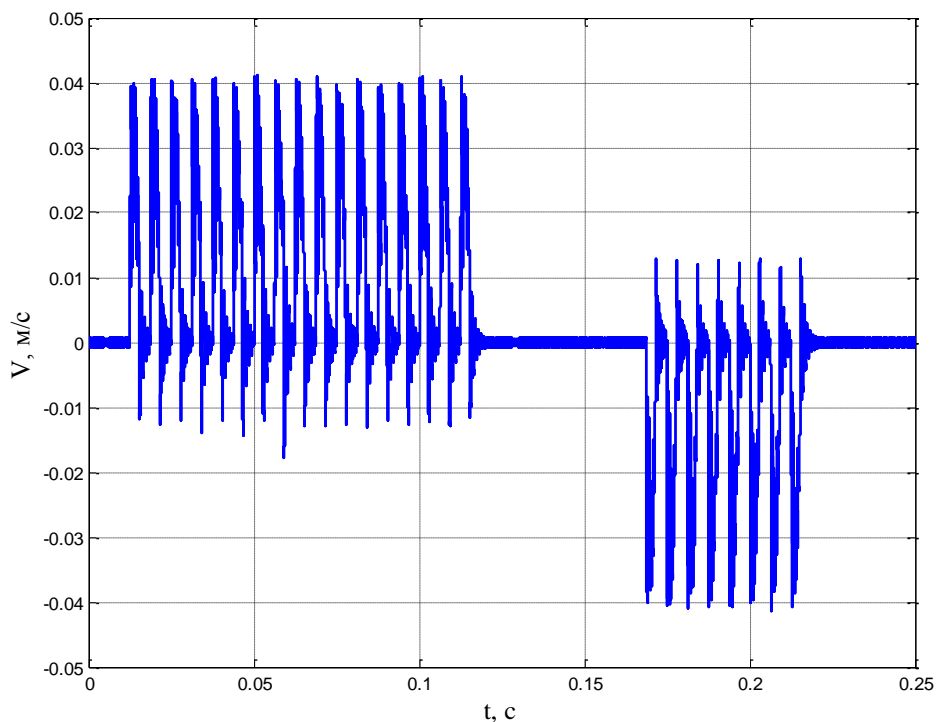


Рисунок 5 – Залежність швидкості від часу

На рисунку 5 зображена залежність швидкості від часу. Видно, що максимальна швидкість під час перехідного процесу сягає 0.04 м/с.

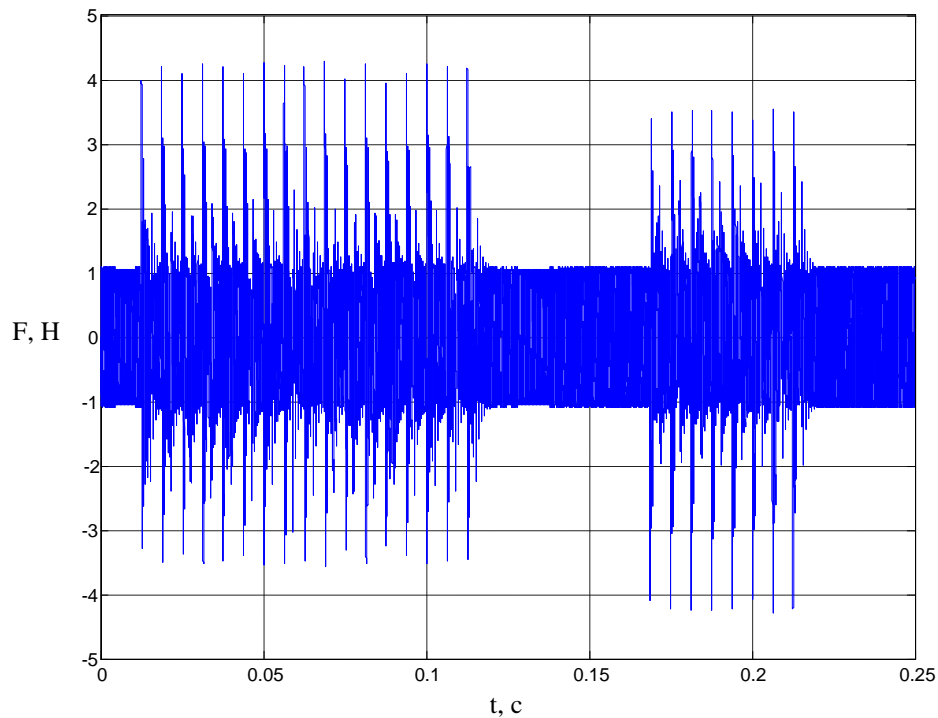


Рисунок 6 – Залежність тягового зусилля від часу

На рисунку 6 зображено залежність тягового зусилля від часу. Максимальна величина зусилля складає 4 Н.

**Висновки.** Побудовано імітаційну модель приводу з ЛКД в середовищі Simulink. Проведено дослідження перехідних процесів і отримані наступні характеристики: залежність переміщення, швидкості і тягового зусилля від часу, що дає змогу використовувати дану модель в подальших дослідженнях з метою перевірки придатності ЛКД і оцінки якості для конкретних технологічних задач.

#### Перелік посилань

1. Теорія електропривода / за ред. М.Г. Поповича. - Підручник з грифом Мінісвіти. - Київ: Вища школа, 1993, 494 с.
2. Ивоботенко Б.А. Проектирование шагового электропривода / Б.А. Ивоботенко, В.Ф. Козаченко. - Москва: МЭИ, 1985. – 100 с.
3. Пакет прикладних програм MatLab, Simulink URL: <https://www.mathworks.com/products/simulink.html>