

ОСОБЛИВОСТІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЛІНІЙНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНА З ДОВГИМ ІНДУКТОРОМ

Теряєв В.І., к.т.н., доц., Довбик А.Ю., студент

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

Вступ. Застосування лінійних електродвигунів в промислових і транспортних установках дозволяє спростити конструкцію, підвищити продуктивність машин і устаткування, забезпечити рух механізмів без використання передаточних пристроїв.

Мета роботи. Вивчення електромеханічних властивостей лінійного асинхронного двигуна (ЛАД) з довгим статором і коротким ротором.

Матеріали і результати досліджень. Лінійні електродвигуни застосовуються там, де вони спрощують конструкцію, підвищують продуктивність машин і устаткування, або в тих випадках, коли використання ротаційних електродвигунів неможливо. Застосування лінійних електродвигунів найбільш перспективно в промисловому і пасажирському транспорті.

Принцип дії лінійних двигунів з вторинним елементом у вигляді смуги повторює роботу звичайного асинхронного двигуна з масивним феромагнітним або порожнистим немагнітним ротором. Обмотки статора лінійних двигунів мають ті ж схеми з'єднання, що і звичайні асинхронні двигуни, і підключаються зазвичай до мережі трифазного змінного струму.

Індуктор лінійного двигуна має кінцеву довжину в напрямку біжучого магнітного поля, яке виникає на одному і зникає на іншому кінці сердечника індуктора. Цю особливість характеризують як "розімкнення" магнітної системи лінійного двигуна, що призводить до виникнення кінцевого ефекту. Цей ефект, зокрема, викликає асиметрію струмів в обмотках індуктора і створює пульсуючу складову магнітного поля індуктора.

Серйозним недоліком ЛАД є відносно низькі коефіцієнти корисної дії та потужності у порівнянні з електродвигунами змінного струму оберտального руху. Це пов'язано з тим, що у лінійних двигунах величина повітряного робочого зазору, як правило, набагато більша, ніж у машин оберտальної дії. Також до недоліків можна віднести неможливість зменшити швидкість за допомогою механічних передач.

Значна величина зазорів ЛАД викликає необхідність підвищення індукції у первинній частині двигуна (індукторі). По цій же причині величина індукції у вторинному елементі виявляється зниженою.

Ще однією з особливостей ЛАД є те, що довжина індуктора і вторинного елемента (ротора) можуть не співпадати. Існують різновиди ЛАД з довгим ротором і коротким індуктором і, навпаки, з довгим індуктором і коротким ротором, як це показано на рис. 1, а, в, відповідно.

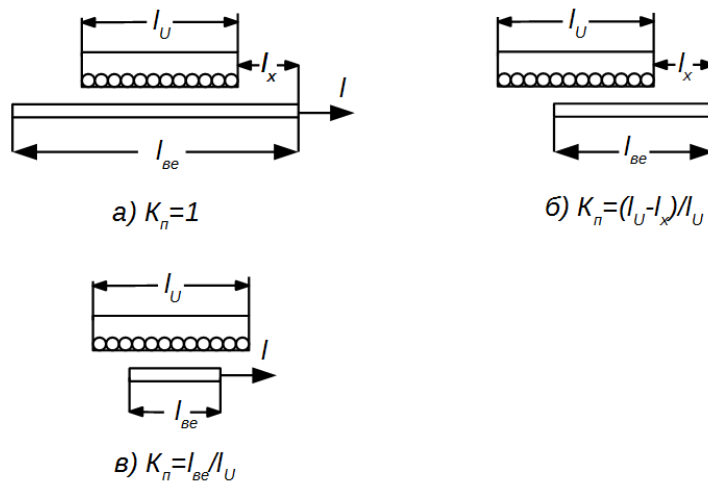


Рисунок 1 – Модифікації ЛАД з довгим та коротким індуктором

Дана особливість призводить до того, що ряд індуктивних опорів ЛАД не є сталими і залежать від взаємного розташування індуктора і вторинного елемента, що повинно враховуватися при створенні математичних моделей і проектуванні електроприводу.

Для оцінки впливу вказаних вище особливостей ЛАД скористаємось математичною моделлю, в основу якої покладена Т-подібна схема заміщення, отримана шляхом синтезу схем, що враховують поперечний і поздовжній крайовий та кінцевий ефекти, а також конструктивне виконання ЛАД з довгим і коротким вторинним елементом [1]. При цьому передбачається, що обмотки індуктора симетричні і створюють у зазорі гармонійну хвилю магніторушійної сили, а складові електромагнітних полів, обумовлені крайовими ефектами, не взаємодіють.

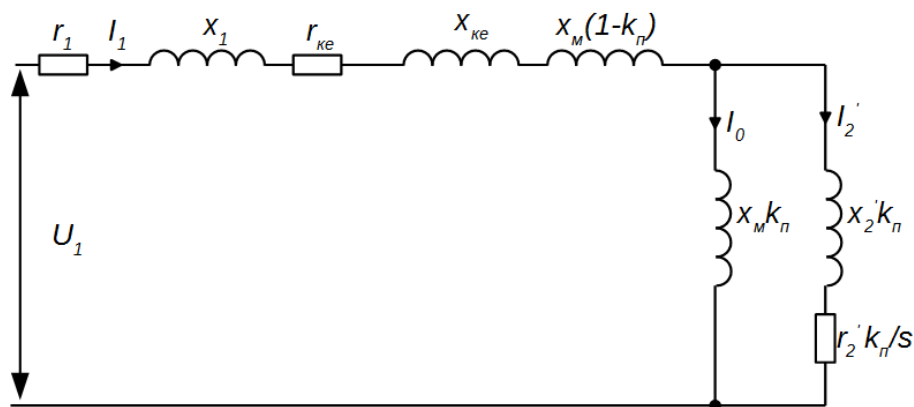


Рисунок 2 – Модифікована Т-подібна схема заміщення ЛАД

На схемі заміщення позначені: r_1 - активний опір обмотки індуктора, x_1 - реактивний опір розсіювання обмотки індуктора; $r_{ке}$, $x_{ке}$ - дійсна і мнма частини комплексного опору, що враховує вплив поздовжнього крайового ефекту; x_m - реактивний опір взаємоіндукції; x_2' - вторинний приведенний реактивний опір; $r_2' k_n/s$ - активний опір вторинного елемента, що розраховується з урахуванням поперечного крайового ефекту; U_1 - первинна фазна напруга; I_1 -

струм обмотки індуктора; I_0 - струм намагнічування; I_2' - приведений струм вторинного елемента; s - ковзання; k_n - коефіцієнт, що враховує перекриття індуктора вторинним елементом (див. рис. 1). Як видно з рисунка, для ЛАД з довгим вторинним елементом (рис. 1, а) $k_n = 1$, а для випадків короткого вторинного елемента величина k_n визначається співвідношенням довжини індуктора l_i і довжини вторинного елемента $l_{вс}$, а також їхнім взаємним перекриттям l_x . Відповідно, для варіанту конструктивного виконання на рис. 1, б $k_n = (l_i - l_x)/l_i$, для варіанту на рис. 1, в $k_n = l_{вс}/l_i$.

Для оцінки впливу особливостей ЛАД з довгим індуктором (рис. 1, б) на статичні і динамічні характеристики електроприводу проведено порівняльне моделювання перехідних процесів пуску лінійного і обертового аналога асинхронного двигуна. Результати моделювання представлені на рис. 3. Числові значення параметрів ЛАД наступні: довжина індуктора 3 м, довжина вторинного елемента 3 м, число пар полюсів 15, маса рухомої частини 720 кг, $r_1=0.115$ Ом, $r_2'=0.072$, $L_1=0.01$ Гн, $L_2'=0.002$ Гн, $L_M=0.002$ Гн).

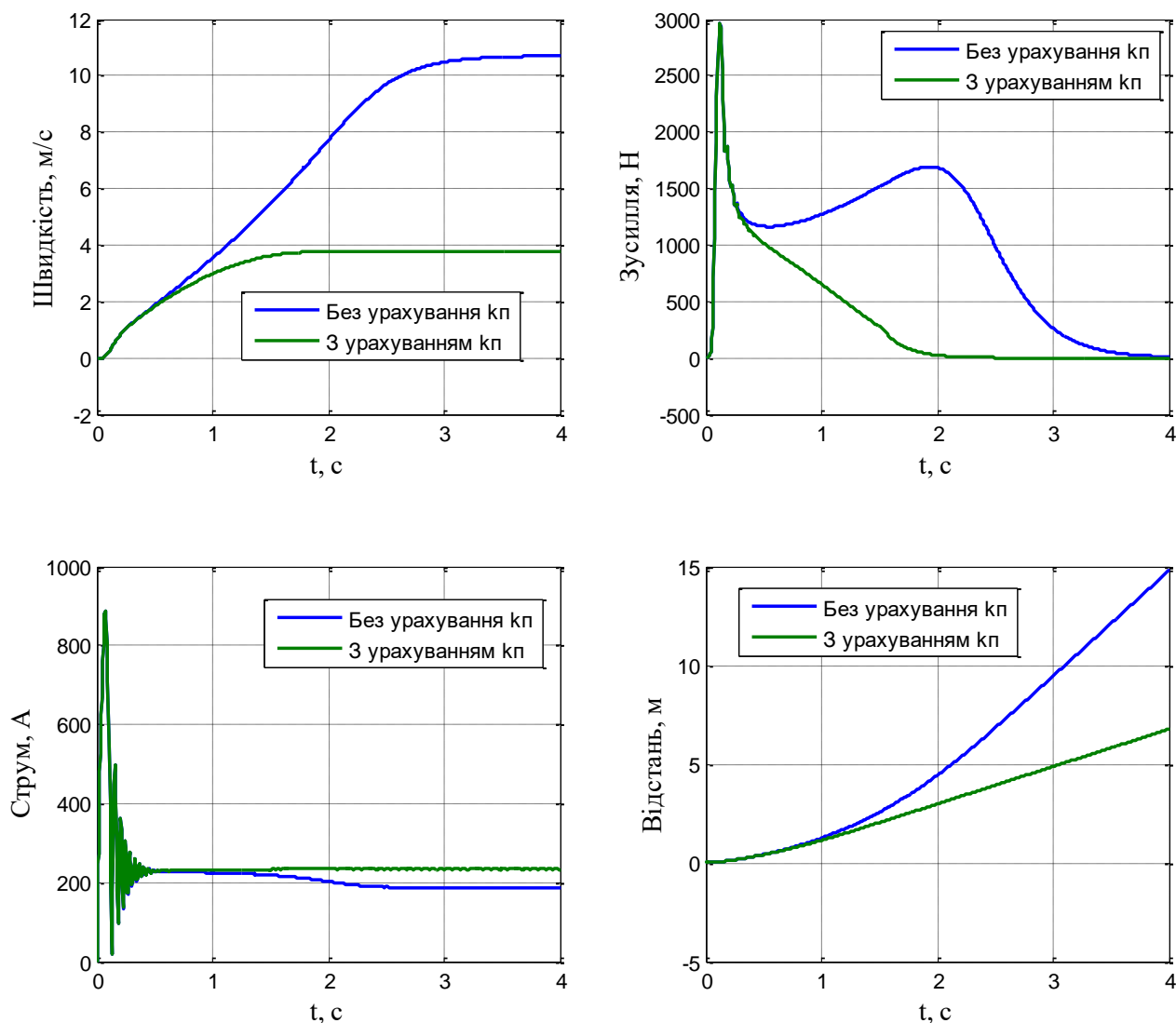


Рисунок 3 – Динамічні процеси в лінійному та обертовому електроприводі

Порівняльний аналіз перехідних процесів вказує на те, що врахування явища неповного перекриття індуктора ЛАД вторинним елементом призводить

до погіршення якості перехідного процесу. В результаті зменшується прискорення та зростає час розгону лінійного електроприводу. В даній моделі ЛАД, враховуючи довжину індуктора, ротор виходить лише на половину заданої швидкості.

Отримані результати свідчать про необхідність врахування неповного перекриття індуктора вторинним елементом, а також розробки заходів для компенсації впливу даного явища. Такі заходи можуть бути спрямовані на покращення конструкції ЛАД з довгим індуктором, а також методів керування ним.

Висновки

1. Математична модель ЛАД на основі модифікованої Т-подібної схеми заміщення дозволяє оцінити вплив зміни коефіцієнту перекриття індуктора на статичні та динамічні характеристики лінійного електроприводу, проводити уточнені дослідження його статичних та динамічних режимів.

2. Проведений порівняльний аналіз перехідних процесів при пуску лінійного двигуна і обертового аналога свідчить про те, що зміна коефіцієнту перекриття індуктора в процесі пуску призводить до погіршення перехідних процесів, зменшення тягового зусилля і прискорення ЛАД.

3. Результати досліджень дають можливість визначити особливості ЛАД з довгим індуктором, сформулювати рекомендації по оптимізації його конструкції та методів керування.

Перелік посилань

1. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи / Попович М.Г, Лозинський М.Ю. – Київ: «Либідь», – 2005. – 680 с.