

УДК 621.317

## ПОЛПШЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ЛІНІЙНИХ КРОКОВИХ ПРИБРОЇВ

В.Г. Смолянiнов, кандидат технiчних наук, доцент  
*Київський національний університет технологій та дизайну*

О.М. Сухопара, кандидат технiчних наук  
*НВП ТОВ «МТІ», м. Київ, Україна*

Ключові слова: ефективне функціонування, зміна струму, часові інтервали, енергоспоживання, крок пересування.

Ефективність функціонування автоматизованих та роботизованих технологічних систем до складу яких входять електромагнітні виконуючі пристрої (ЕВП), механізми та двигуни, в значній мірі залежить від ефективного перетворення, передачі та розподілення електроенергії, для підвищення швидкості спрацювання яких при зменшенні енергетичних витрат використовують різні методи та схеми керування.

Для нормальної роботи таких ЕВП при зміні зовнішніх параметрів необхідно вводити зворотні зв'язки для контролю за навантаженням, швидкістю і т.і., що значно ускладнює схему керування, збільшує приєднану масу рухомої ланки, погіршує динамічні та енергетичні характеристики.

У роботі розглянута можливість покращення швидкодії та енергетичні характеристики ЕВП з використанням електромагнітних процесів, що відбуваються у внутрішній структурі ЕВП при пересуванні рухомої ланки, де в якості функції керування, обран струм в обмотках ЕВП.

Аналіз роботи ЕВП з рухомою ланкою із феромагнітного матеріалу [1, 2, 3], свідчить, що під дією електромагнітних сил на кроці пересування, відбувається зміна форми струму в обмотках ЕВП. Дослідження зміни струму в обмотках ЕВП [4], визначило, що на інтервалі від  $0 - t_1$  (див. рис. 1, [4]), зростає струм у включеній обмотці але ланка не рухається, потужність джерела живлення йде на накопичення електромагнітної енергії для початку її пересування. На інтервалі від  $t_1$  до  $t_2$  здійснюється пересування рухомої ланки, потужність джерела живлення перетворюється в механічну енергію. Після часу спрацювання  $t_2$ , що дорівнює часу зрушення  $t_1$  та часу пересування  $t_d$ , рухома ланка досягає положення магнітної рівноваги, струм в обмотці починає зростати і до часу  $t_3$  досягає сталого значення. На інтервалі від  $t_2$  до  $t_3$ , коли пересування скінчилося, спожита потужність витрачається тільки на нагрів структури ЕВП та повністю перетворюється в потужність втрат.

При аналізі енергетичних характеристик через величини спожитої потужності, що характеризують пересування рухомої ланки ЕВП, де на кожному кроці пересування потужність джерела живлення використовується, як на створення тягового зусилля, так і на гальмування і нагрів ЕВП в кінці робочого ходу, за допомогою метода інтегрування

миттєвих потужностей, спожиту потужність від джерела живлення можна представити у вигляді

$$P = \int_0^{t_1} U_n i_{c1} dt + \int_{t_1}^{t_2} U_n i_{c2} dt + \int_{t_2}^{t_3} U_n i_{c3} dt + \int_{t_3}^{t_{\text{викл.}}} \frac{U_n^2}{R_n} dt ,$$

де  $U_n$  – постійна напруга джерела живлення;  $i_{c1}, i_{c2}, i_{c3}$  – сталі значення струму на означених інтервалах у включеній обмотці ЕВП,  $R_n$  – активний опір обмотки.

Величина першого доданку наведеного виразу характеризує енергію, необхідну для подолання сил тертя і протидіючих сил інерції рухомої ланки і приєднаної маси ЕВП. Починаючи з певного запасу (в точці  $t_1$ ), стає можливим енергію, що надходить в магнітну систему ЕВП, використати безпосередньо для пересування рухомої ланки і приєднаної до неї маси, що відповідає другому доданку на інтервалі  $t_1 - t_2$ .

Два останні доданки наведеного виразу відображають енергію, яка продовжує надходити в магнітну систему ЕВП від джерела живлення після пересування рухомої ланки в положення магнітної рівноваги, яка витрачається на нагрів ЕВП. Причому величина енергії на інтервалі  $t_2 - t_3$  більшою мірою витрачається на створення гальмівних зусиль, спрямованих на зменшення кінетичної енергії рухомої ланки, в той час як енергія, що дорівнює останньому доданку  $t_3 - t_{\text{викл.}}$ , практично вся витрачається на нагрів ЕВП.

Таким чином для ефективного енергоспоживання ЕВП потрібно значно зменшити або скоротити часовий інтервал  $t_2 - t_3$ , а також інтервал  $t_1$ . Ефективність функціонування підвищується при зменшенні інтервалу  $t_1$ , за допомогою ланцюгів форсування струму у включеній обмотці ЕВП, а інтервал  $t_2 - t_3$  зменшується, коли довжина імпульсів керування формується відповідно до зміни форми струму в обмотках ЕВП і відключення відбувається або в часі  $t_2$ , або після часу  $t_2$  з невеликою затримкою для надійного спрацювання ЕВП.

#### Список використаних джерел

1. Гнатов А. В. Теорія електроприводу транспортних засобів / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун, І. С. Трунова. - Харків: ХНАДУ, 2016. - 292 с.
2. Коваленко М.А. Автономний експериментальний стенд для випробування уніполярного крокового двигуна на базі мікроконтролера / М. А. Коваленко, Д. С. Мацюк // Електротехніка та електроенергетика. - 2015. - № 2. - С.15-20.
3. Электромагнитный привод робототехнических систем / Афонин А. А., Билозер Р. Р., Гребеников В. В. и др. – Киев: Наук. Думка, 1986. – 272 с.
4. Смолянінов В. Г. Енергоефективне керування лінійним кроковим пристроєм / В. Г. Смолянінов, О. М. Сухопара // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2019. – № 4 (136). – С. 49-57.