

СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТА ЇХ ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ

УДК 621.01:621-868

С.А. ТАЯНОВ, І.М. МЕЛЬНИЧУК

Національний університет “Львівська політехніка”

ОБґРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СПЕКТРА ЧАСТОТ ТИРИСТОРНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМИ ВІБРОЗБУДНИКАМИ

© Таянов С.А., Мельничук І.М., 2007

*Досліджено ефективність тиристорних систем керування
електромагнітними віброзбудниками для різних частот збуджувальних коливань.*

*Efficiency of the thyristor control systems of electromagnetic spool for the different frequencies of
excitant oscillation is investigated in this article.*

Вступ. Для керування електромагнітними приводами вібраційних пристроїв широко використовуються електричні схеми керування, основу яких становлять напівпровідникові тиристорні ключі. Серед інших ці схеми відрізняються відносною простотою схемних рішень та невеликою вартістю.

В [1] запропонована мультичастотна тиристорна система керування електромагнітними приводами вібраційних пристроїв. Набори частот, які синтезує запропонована система, включають в себе усі відомі набори частот збуджувальних коливань, що використовуються для керування електромагнітними віброзбудниками за допомогою тиристорних схем. Тому можна вважати ці дослідження справедливими для усіх тиристорних систем керування (за кута провідності $\beta \approx 180^\circ$ у включеному стані для кожного тиристора). Але ефективність роботи вібраційної техніки на різних частотах збуджувальних коливань, які отримані за допомогою тиристорних систем керування, буде різною.

Аналіз останніх досліджень. Відомі системи керування електромагнітними віброзбудниками з використанням широтно-імпульсної модуляції [2, 3].

Промисловість випускає широкий спектр таких пристроїв, але їх вартість здебільшого набагато перевищує вартість вібраційного пристрою. Ці пристрої дуже добре досліджені та проаналізовані. Тому для порівняння відомих систем керування з запропонованою системою необхідно провести її аналіз та дослідити її ефективність..

Постановка проблеми. У цій роботі ставиться завдання дослідити ефективність тиристорних систем керування електромагнітним віброзбудником на різних частотах збуджувальних коливань.

Виклад основного матеріалу.

Розглянемо електричну структурну схему запропонованої системи керування, яку показано на рис. 1.

Електромагнітна котушка під'єднується до трифазної мережі частотою 50 Гц за допомогою тиристорних ключів, які увімкнено попарно до кожної з фаз. Керування роботою тиристорних ключів здійснюється комутатором, який синхронізується від живильної мережі. За допомогою такого пристрою можна отримати ступінчастий спектр частот збуджувальних напруг, який визначається для живильної мережі частотою 50 Гц з виразу

$$F = \frac{300}{k} \text{ Гц}, \quad (1)$$

де k – ціле число, $k \geq 3$. Згідно з виразом (1), цей спектр виглядає так: 100, 75, 60, 50, 43, 37.5, 33.3, 30, 27.3, 25, 23.1, 21.4, 20, 18.8, 17.6, 16.7, 15.8, 15, 14.3, 13.6, 13 тощо.

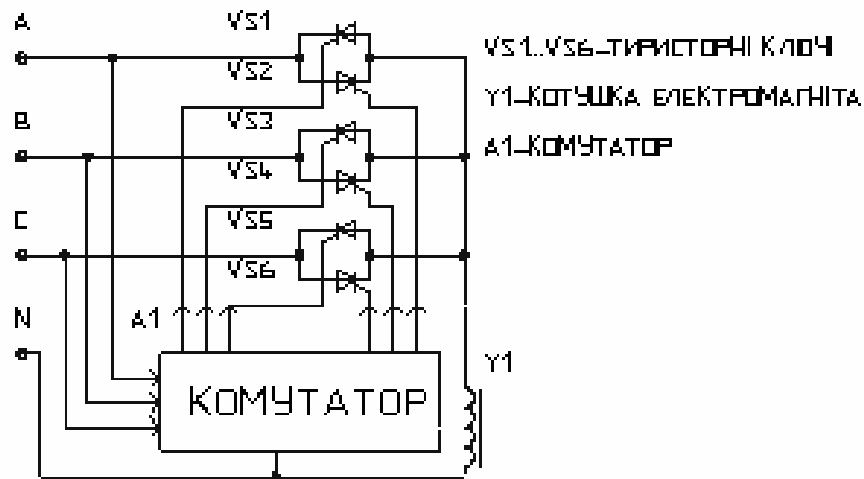


Рис. 1. Схема системи керування віброзбудником

Для того, щоб провести моделювання для знаходження ефективності запропонованої мультичастотної системи керування, необхідно знайти залежність напруги на виході системи керування від часу для різних частот збуджувальних коливань.

Послідовність чергування напівфаз, згідно [1], така:

$$+A, -C, +B, -A, +C, -B, +A, -C \dots$$

Котушка електромагніта під'єднується до кожної фази трифазної живильної мережі за допомогою попарно включених в протилежному напрямку тиристорів (рис. 1).

З рис. 1 зрозуміло, що котушка електромагніта під'єднується до фази А тиристорними ключами VS1, VS2 (відповідно VS2 до + A, VS1 до – A), до фази В – тиристорними ключами VS3, VS4 (відповідно VS4 до +B, VS3 до – B), до фази С – тиристорними ключами VS5, VS6 (відповідно VS6 до +C, VS5 до – C).

Послідовність включення тиристорних ключів можна зобразити у вигляді одновимірного масиву

$$Tir = [2,5,4,1,6,3], \quad (2)$$

де 1..6 – індекси тиристорних ключів.

Тоді нехай Tir_0 означатиме 2-й тиристор – півфаза "+A", Tir_1 – 5 тиристор – півфаза "-C" тощо.

Запишемо функцію напруги на виході кожного тиристора:

$$U_{tir}(n,t) = \begin{cases} a, & \text{якщо } a > 0 \text{ та } a = Um \sin(2\pi ft + \frac{\pi(n-1)}{3}), \\ 0 & \text{в іншому випадку,} \end{cases} \quad (3)$$

де n – номер тиристора; t – час, с; f – частота мережі, Гц; Um – амплітуда напруги мережі, В.

Функція залежності напруги від часу на навантаженні (електромагнітній котушці) для різних частот збуджувальних коливань, тобто для різної кількості пропусків k (1):

$$U_{out}(t, k) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } \text{floor}(6ft)\%k > 2, \\ U_{tir}(T_{tir}(t, k)) & \text{інакше,} \end{cases} \quad (4)$$

де $\text{floor}(x)$ – найближче ціле менше ніж x ; $\%$ – операція знаходження остачі; $ntir(t, k)$ – функція, яка визначає порядковий номер підключеного тиристора масиву (2) від часу та кількості пропусків k :

$$ntir(t, k) = (\text{floor}(\frac{\text{floor}(6ft)}{k})k)\%6. \quad (5)$$

Для знаходження коефіцієнта корисної дії тиристорної системи керування продискретизуємо функцію залежності напруги від часу на навантаженні (електромагнітній котушці):

$$U^k_i = U_{out}(\frac{i}{fd}, k), \quad i = 0, N - 1, \quad (6)$$

де N – кількість відліків дискретизованого сигналу. Під час дослідження ефективності тиристорної системи керування вибираємо $fd = 1000$, що відповідає верхній частоті спектра $f_b = 500$ Гц [4], також вибираємо $N = 1000$, що відповідає часу $T = 1$ с. Більші частоти, ніж f_b , досліджувати не доцільно, оскільки, по-перше, внесок цих частот в загальну потужність сигналу невеликий, а по-друге, електромагнітна котушка працює як фільтр нижніх частот.

Знайдемо частотний спектр вихідного сигналу системи керування [4]:

$$X_r = X(\frac{r}{NTd}) = Td \sum_{i=0}^{N-1} U^k_i e^{\frac{-j2\pi i r}{N}}; \quad r = 0, N - 1, \quad (7)$$

де Td – період дискретизації $Td = \frac{1}{fd}$.

А спектр потужності тоді знайдемо як [4]:

$$G_r = G(\frac{r}{NTd}) = Td \sum_{i=0}^{N-1} (U^k_i)^2 e^{\frac{-j2\pi i r}{N}}; \quad r = 0, N - 1. \quad (8)$$

Спектри потужності для різних частот збуджувальних коливань показано на рис. 2, а, б, в, г. Для аналізу амплітуда трифазної напруги приймається $Um = 1$ В.

Практичну користь має величина співвідношення потужності гармоніки, яка відповідає частоті збуджувальних коливань до загальної потужності, яку можна визначити як

$$K_p = \frac{G_p}{\sum_{r=0}^{N-1} G_r}, \quad (9)$$

де G_p – потужність гармоніки, яка відповідає частоті збуджувальних коливань; p – номер цієї гармоніки $p = N \cdot Td \cdot f_{зз}$.

Результати дослідження співвідношення потужності гармоніки, яка відповідає частоті збуджувальних коливань до загальної потужності для різних частот збуджувальних коливань, показано на рис. 3.

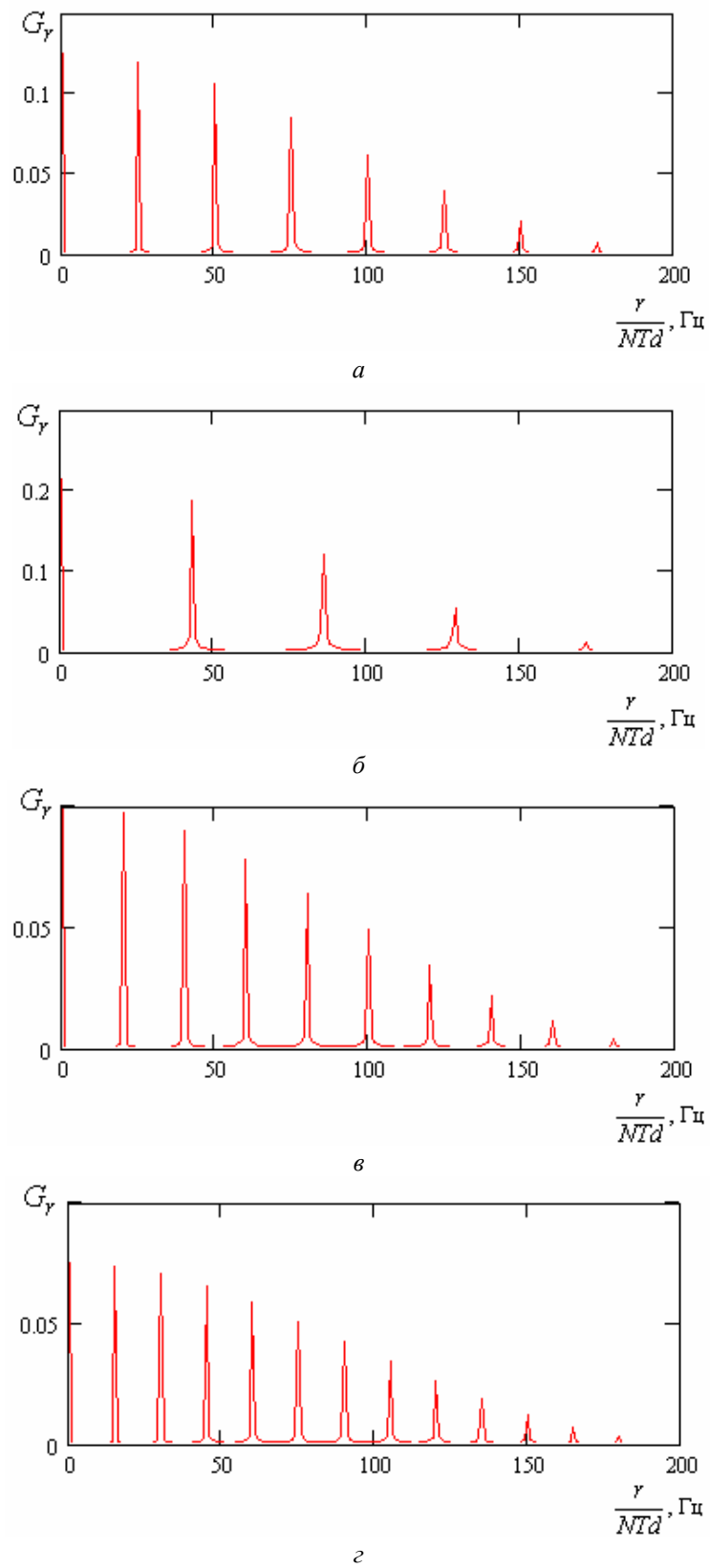


Рис. 2. Спектри потужності для різних частот збуджувальних коливань:
 а – частотний спектр для частоти збуджувальних коливань 25 Гц; б – частотний спектр для частоти збуджувальних коливань 42.857 Гц; в – частотний спектр для частоти збуджувальних коливань 20 Гц; г – частотний спектр для частоти збуджувальних коливань 15 Гц

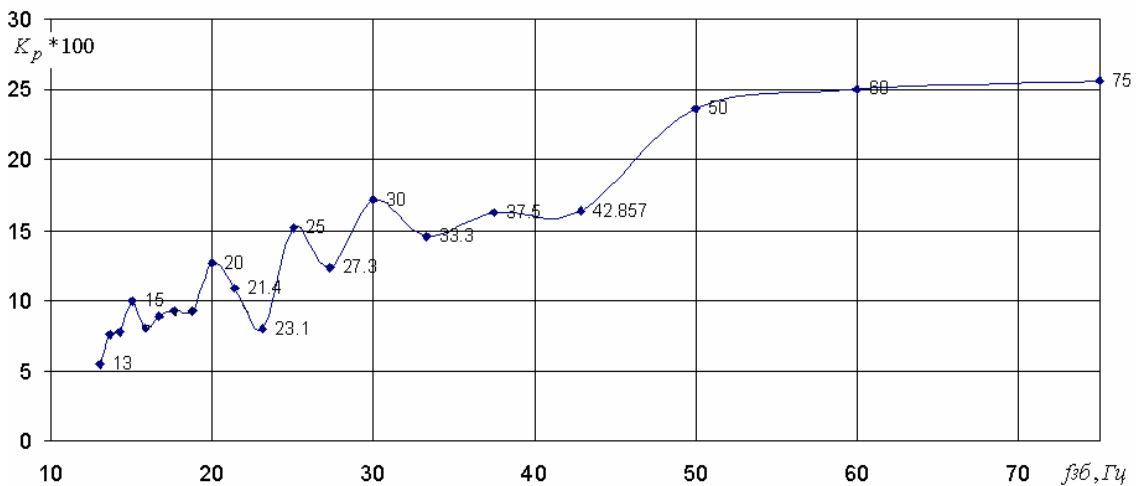


Рис. 3. Результати дослідження співвідношення потужності гармоніки, яка відповідає частоті збуджувальних коливань до загальної потужності для різних частот збуджувальних коливань

Висновки. З рис. 3 бачимо, що потужність гармоніки збуджувальних коливань щодо сумарної потужності для частот 75, 60 та 50 Гц майже однакова. Широко використовуються і добре себе зарекомендували системи керування одноктним віброзбудником з частотою збуджувальних коливань 50 Гц з такою самою формою вихідного сигналу, як і досліджувана система. При живленні одноктного віброзбудника від цих систем керування майже не виникають паразитні коливання у вібраційних транспортерах та вібраційних машинах. Тому можна зробити припущення, що під час використання тиристорних систем керування на частотах збуджувальних коливань 60 та 75 Гц так само паразитні коливання в пристроях віротехніки виникати не будуть.

Відомі також системи керування з частотою збуджувальних коливань 25 Гц і такою самою формою вихідної напруги, як і наведена система, в яких величина паразитних коливань залежить від добротності електромагнітна та добротності механічної коливальної системи. За певної добротності електромагнітна та механічної системи, як показує практика, можна уникнути паразитних коливань у вібраційних пристроях за частоти збуджувальних коливань 25 Гц. Спектр потужності сигналу від системи керування за частоти збуджувальних коливань 42.857 Гц виглядає навіть кращим, ніж на частоті 25 Гц (рис. 2, а, б відповідно). З рис. 3 можна зробити припущення, що і на частотах 42.857, 37.5, 33.3, 30, 25 Гц можна уникнути паразитних коливань в механічній системі.

На більш низьких частотах, де відносна вага гармоніки частоти збуджувальних коливань в спектрі потужності вихідного сигналу порівняно мала і її потужність може не перевищувати потужності деяких інших гармонік, наприклад для 20 та 15 Гц (рис. 2, в, г відповідно). Тому використовувати тиристорну систему на частотах збуджувальних коливань менше 25 Гц можна тільки за високої добротності електромагнітна та механічної системи. Однак важко досягти високої добротності на низьких частотах.

Оскільки в системах керування двоктним віброзбудником частоти збуджувальних коливань будуть в два рази меншими, тобто спектру потужності для частоти 50 Гц в одноктному віброзбуднику відповідатиме спектр потужності для частоти 25 Гц у двоктному. Тобто можливо використовувати запропоновану систему керування для двоктних віброзбудників на частотах, більших за $25/2=12.5$ Гц.

1. Мельничук І.М., Таянов С.А., Шенбор В.С., Беспалов А.Л. Мультичастотна система керування одноканальним електромагнітним вібробудником резонансними вібраційними пристроями // Наукові вісті Інституту менеджменту та економіки "Галицька академія". – 2006. – №2(10). – С.110–113. 2. Зелінський І.Д. Система керування електромагнітним вібробудником // Український міжвідомчий науково-технічний збірник "Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні". – 2004. – Вип. №38. – С.104–109. 3. Берник П.С., Чубик Р.В., Таянов С.А. Математична модель сигналу на виході силової частини системи керування на базі ШІМ вібраційними технологічними машинами // Всеукраїнський науково-технічний журнал "Вібрації в техніці та технологіях". – 2005. – №1 (39). – С. 1–7. 4. Погрібний В.О., Рожанківський І.В., Юрченко Ю.П. Основи інформаційних процесів у роботизованому виробництві / За ред В.О. Погрібного. – Львів: Світ, 1995. – 304 с.