

## АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЕКСЦЕНТРИСИТЕТУ ОБЕРТАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА НЕСТАБІЛЬНІСТЬ РУХУ ПЕРЕДАЧІ З ГНУЧКИМ ЗВ'ЯЗКОМ

© Дейнека Р.М., 2005

**Проаналізовано фактори збурення швидкості носія інформації в апаратурі магнітного запису, які пов'язані з ексцентриситетом обертальних елементів пасової передачі. Отримані аналітичні залежності для знаходження амплітудних і фазових значень параметрів, які утворюють вектор збурень матричної математичної моделі багатомасової механічної системи.**

**This thesis is devoted to analysis of indignations magnet-recording apparatus medium speed factors, which concerned to rotation elements eccentricity of belt-drive. The analytical dependences for searching of magnitude and phase parameter values, which form the indignation vector of many-mass mechanical system matrix mathematical model were obtained too.**

Під час транспортування магнітної стрічки в режимі запису–відтворення проявляються фактори, які спотворюють постійну швидкість носія. Серед них відомі такі, як змінний момент тертя в опорах, вплив гравітаційного моменту від незбалансованого маховика, нестабільність передавального відношення у фрикційних парах, викликаного в'язким тертям, висвітлені в літературних джерелах [1], [2]. Хоча в стрічкопротягувальних механізмах (СПМ) для забезпечення стабільності руху носія переважно застосовують фрикційні пари і передачі з гнучким зв'язком, якість їх роботи значною мірою залежить від точності виготовлення обертальних елементів, а саме – від їх ексцентриситету.

Оскільки стандартним показником якості аудіоапаратури є коефіцієнт детонації, який прямо пов'язаний з коефіцієнтом коливання швидкості носія запису, то аналітичні залежності, наведені в літературі, були орієнтовані на розрахунки саме цього параметра. Такий підхід є досить наближеним, а для більш точного аналізу є необхідною побудова математичної моделі з її подальшим опрацюванням за наявності амплітудних значень вхідних збурювальних факторів. Оскільки, як встановлено автором, дія ексцентриситету окремого обертового елемента може проявлятися у кількох формах, то він має неоднозначний вплив. Необхідно узгодити фази окремих форм його дії через жорстку прив'язку до геометричних характеристик. За початкову фазу зручно прийняти максимальний радіус місця контакту кінематичних елементів.

1. Збурення від моменту навантаження на валу ексцентричного шківів викликане змінним радіусом прикладання колового зусилля, як різниці між натягами набігаючої і збігаючої ділянок гнучкого зв'язку. Рух передається за місцем контакту з деяким приведеним радіусом  $r_{\text{п}}$ , тобто

$$r_{\text{п}} = \frac{r_{\text{наб}} + r_{\text{зб}}}{2}, \quad (1)$$

і радіус власне збурення

$$r_{\text{е}} = r_{\text{п}} - R, \quad (2)$$

де  $r_{\text{наб}}$  і  $r_{\text{зб}}$  – радіуси контакту набігаючої і збігаючої ланок відповідно;  $R$  – номінальний радіус шківів.

Поточні значення радіусів  $r_{\text{наб}}$  і  $r_{\text{зб}}$  повторюються і відрізняються на різницю фази кута охоплення шківів, а числові значення поточного радіуса шківів з ексцентриситетом (рис.1) знаходять із співвідношення

$$(r_T \cos \alpha - e)^2 + (r_T \sin \alpha)^2 = R^2, \quad (3)$$

$$r_T = e \cos \alpha + \sqrt{R^2 - e^2 \sin^2 \alpha}, \quad (4)$$

де  $e$  – значення ексцентриситету;  $\alpha$  – поточне значення кута відліку від положення максимального радіуса.

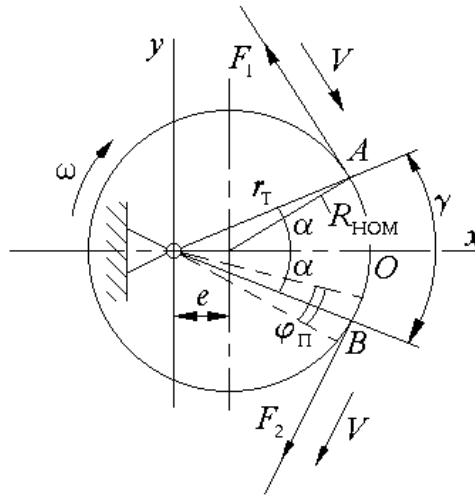


Рис. 1. Схема зміни радіуса

Якщо максимального значення  $r_{\text{п max}}$  досягають за симетричного положення ексцентриситету відносно охоплювальних ланок гнучкого зв'язку (що легко побачити), то  $r_{\text{наб max}} = r_{\text{зб max}} = r_T$  за заданих значень кутів охоплення і проковзування. Кут  $\alpha$  в такому випадку набуватиме значення

$$\alpha = \frac{1}{2} \left( \gamma - \frac{\varphi_{\text{п}}}{2} \right), \quad (5)$$

де  $\gamma$  – кут охоплення шківів, який визначається геометричними показниками передачі;  $\varphi_{\text{п}}$  – кут проковзування гнучкого зв'язку поверхнею шківів.

Значення  $\varphi_{\text{п}}$  можна визначити згідно з [3] за формулами

$$\varphi_{\text{п}} = \frac{1}{\mu} \ln \frac{F_0 - F_{\text{к}}/2}{F_0 + F_{\text{к}}/2}, \quad (6)$$

або врахувавши співвідношення Понселе

$$\left. \begin{array}{l} F_1 + F_2 = 2F_0 \\ F_{\text{к}} = F_1 - F_2 \end{array} \right\} \Rightarrow \varphi_{\text{п}} = \frac{1}{\mu} \ln \frac{F_1}{F_2}, \quad (7)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт тертя пари контакту;  $F_0$  – попередній натяг ланок передачі;  $F_{\text{к}}$  – передаване колове зусилля;  $F_1, F_2$  – сили натягу набігаючої і збігаючої ділянок гнучкого зв'язку.

Тоді величина амплітуди моменту збурення від навантаження передачі за номінальних натягів ланок

$$M_H^A = \left( e \cos \left( \frac{\gamma - \varphi_n / 2}{2} \right) + \sqrt{R^2 - e^2 \sin^2 \left( \frac{\gamma - \varphi_n / 2}{2} \right)} - R \right). \quad (8)$$

Фаза моменту збурення (за амплітудним значенням) за умови симетричного положення ланок

$$\Phi_H^A = -\varphi_n / 2, \quad (9)$$

тобто запізнюється момент відносно положення найбільшого радіуса як для ведучого, так і для веденого шківів.

За незбігу кінематичних і геометричних осей обертових елементів під час руху в площині ексцентриситету змінюється міжцентрова відстань, а його напрямок має циклічний характер. При цьому виникають збурення у вигляді протифазної зміни швидкості у ланках пасової передачі, зміни початкових натягів гнучкого зв'язку і статичного змінного моменту, який виникає внаслідок дії початкового натягу паса на ексцентричний шків. Розглянемо докладніше кожне із збурень.

2. Викликана в результаті обертання ексцентричного елемента зміна міжцентрової відстані в механізмі приводить до періодичного порушення геометричних параметрів насамперед таких, як довжина обвідної лінії паса. Зберігаючи при цьому певне значення середньої швидкості (постійну складову), змінна швидкість центра шківів найбільше впливає у напрямку симетрії швидкостей набігаючої і збігаючої ланок, які є однакові. Згідно з рис. 2 величина амплітуди швидкості збурення центра шківів  $V_\omega = \omega \cdot e$ , тоді амплітудне значення збурення будь-якої з ланок визначають, виходячи з геометричного розрахунку. Оскільки  $S$  – поступальне переміщення точки збігання паса з шківів, то  $V_\omega = \frac{dS}{dt}$ , і швидкість зміни довжини однієї з ланок

$$V_M = \frac{d\Delta l}{dt}, \quad (10)$$

де  $\Delta l$  – видовження ланки, а оскільки  $\Delta l = S \sin \frac{\gamma}{2}$  і амплітудне значення  $S_A = e$ , то

$$V_M^A = V_\omega \sin \frac{\gamma}{2}, \quad (11)$$

і  $V_M^A$  – амплітуда швидкості змінного натягу.

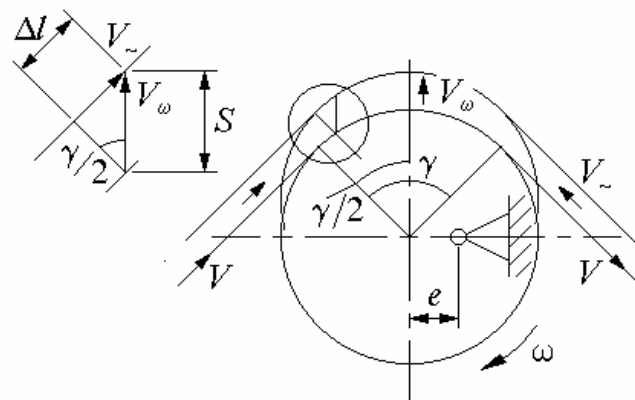


Рис. 2. Схема протифазного збурення швидкості

Фаза збурення швидкості відносно положення максимального радіуса (див. п.1) набуває значення:

$$\text{для набігаючої ланки} - \Phi_{M'}^A = \frac{\pi}{2}, \quad (12)$$

тобто момент амплітудного значення випереджає вказане положення шківів;

$$\text{для збігаючої ланки} - \Phi_{M_3}^A = \frac{\pi}{2}. \quad (13)$$

Очевидно, швидкість ділянок гнучкого зв'язку по обидва боки шківів коливається в протифазі, і тому загальна оцінка такого процесу не дає результату, тоді як викликані зміною геометрії механізму спотворення руху суттєво впливають на роботу СПМ. Тому при врахуванні такого явища на конкретному елементі передачі необхідно розглядати окремо ліву і праву частини механізму з подальшим дослідженням суперпозиції збурення.

3. Сили попереднього натягу гнучкого зв'язку викликають змінний статичний момент на шківі, викликаний зміною радіусів прикладення сил. Якщо вважати силу попереднього натягу паса  $F_0$  однаковою по обидва боки шківів, то результуючий момент дорівнюватиме:

$$M_{CT} = F_0(r_{p2} - r_{p1}), \quad (14)$$

де  $r_{p2}$  і  $r_{p1}$  – довжини перпендикулярів, опущених з центра обертання на ланки передачі. Амплітудне значення статичного моменту визначають відомим способом відносно поточного значення кута положення шківів

$$\frac{dM_{CT}}{d\alpha} = F_0 \left( \frac{dr_{p2}}{d\alpha} - \frac{dr_{p1}}{d\alpha} \right) = 0. \quad (15)$$

З геометричних співвідношень (рис. 3)

$$r_{p1} = R - e \sin\left(\frac{\gamma}{2} - \alpha\right); \quad (16)$$

$$r_{p2} = R + e \sin\left(\frac{\gamma}{2} + \alpha\right),$$

$$\frac{dr_{p1}}{d\alpha} = e \cos\left(\frac{\gamma}{2} - \alpha\right); \quad (17)$$

$$\frac{dr_{p2}}{d\alpha} = e \cos\left(\frac{\gamma}{2} + \alpha\right),$$

а отже,  $\alpha = 0 + \pi n$ , тобто амплітудного значення досягають за умови перпендикулярного положення максимального радіуса відносно осі симетрії ланок передачі.

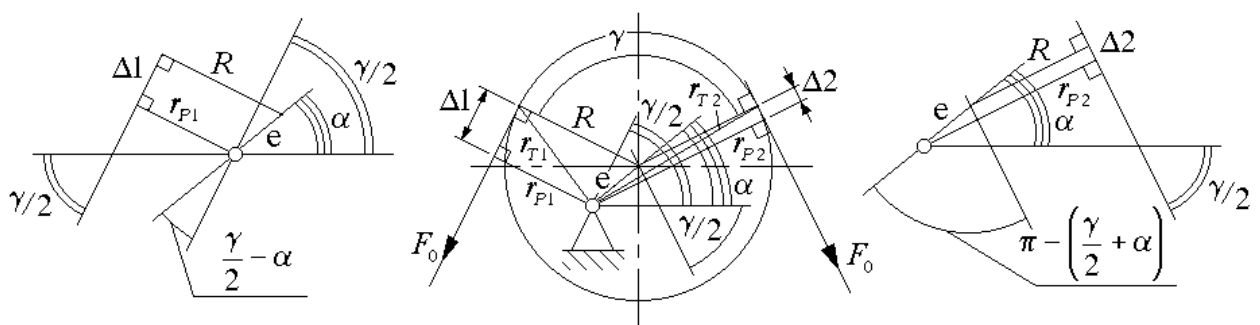


Рис. 3. Схема зміни статичного моменту

Фаза амплітудного значення (згідно з п.1) набуває значення :

$$\Phi_{\text{СТ}}^{\text{А}} = \frac{\pi}{2} \quad (18)$$

відносно симетрії максимального радіуса за напрямком обертання.

4. Збурення швидкості робочого режиму як результат ексцентриситету може відбуватись через зміну лінійної або кутової швидкостей (рис.4).

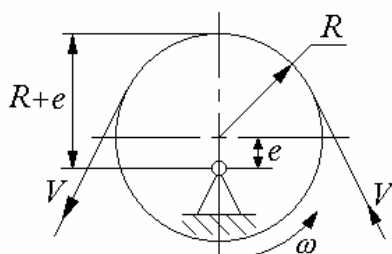


Рис. 4. Схема зміни швидкості від ексцентриситету

Для ведучого шківa амплітудне значення швидкості збурення

$$V_{\text{А}} = \omega \cdot e. \quad (19)$$

Фаза відносно положення симетрії максимального радіуса

$$\Phi_{\text{V}}^{\text{А}} = 0. \quad (20)$$

Для веденого шківa збурюється кутова швидкість ексцентричного шківa та її амплітудне значення

$$\omega_{\text{А}} = \frac{V_{\text{н}}}{e}. \quad (21)$$

Аналогічно фаза збурення

$$\Phi_{\omega}^{\text{А}} = \pi. \quad (22)$$

Величини  $\omega$  і  $V$  – відповідно номінальні значення кутової і лінійної швидкостей.

Отримані аналітичні залежності призначені для приведення параметрів збурювальних факторів до виду елементів вектора збурень під час векторно-матричного моделюванні багатомасових систем, якими є механізми транспортування стрічкових носіїв. Такий підхід дозволяє максимально наблизити числовий експеримент до реальних умов, що дає змогу оцінити динамічні властивості СПМ, не вдаючись до натурального експерименту.

1. *Справочник по технике магнитной записи / Под ред. О.В. Порицкого, Е.Н. Травникова. – К.: Техніка. – 1981. – 319 с.* 2. *Травников Е.Н. Механизмы аппаратуры магнитной записи. – К.: Техніка, 1976. – 476 с.* 3. *Вирабов Р.В. Тяговые свойства фрикционных передач. – М.: Машиностроение, 1982. – 263 с.*