

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ

УДК62-754(045)

О. К. Аблесімов, канд. техн. наук, проф.

ГІРОСКОПІЧНІ РАМИ ІЗ СИСТЕМОЮ РОЗВАНТАЖЕННЯ

Інститут електроніки та систем управління НАУ, e-mail: iesy@nau.edu.ua

Розглянуто методика оптимізації параметрів систем розвантаження гіроскопічних рам автоматичних систем керування.

Ключові слова: гіроскопічна рама (гірорама), розвантаження, передатний коефіцієнт, границя стійкості.

Вступ і постановка завдання. У системах автоматики необхідний напрямок об'єкта керування зазвичай задається спеціальними гіроскопічними приладами – задавачами кута (напрямку). Як гіроскопічні задавачі використовуються гіроскопічні рами. Виходячи із завдань, розв'язуваних автоматичними системами керування, у їх складі можна використовувати одноплосинні, двоплосинні або триплосинні гіроскопічні рами. Для забезпечення точності роботи й компенсації впливу на гіроскопічну раму зовнішніх збурень у її склад вводять систему розвантаження. Ефективність системи розвантаження значною мірою визначає якість функціонування всієї автоматичної системи керування.

Структурна схема гіроскопічної рами із системою розвантаження для однієї площини стабілізації показано на рис. 1.

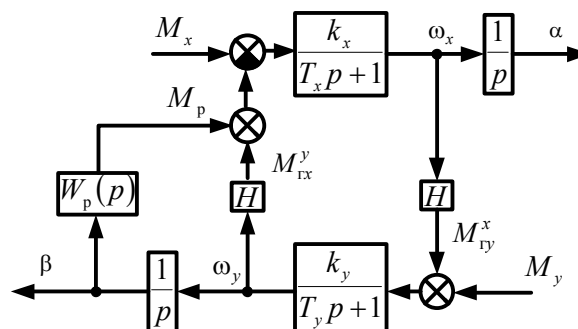


Рис. 1. Структурна схема гіроскопічної рами із системою розвантаження: M_x, M_y – зовнішні моменти, що діють на рамки гіроскопічної рами; α, β – кути повороту рамок; k_x, k_y – передатні коефіцієнти рамок; T_x, T_y – постійні часу рамок; H – кінетичний момент гіроскопа;

M_{gx}^y, M_{gy}^x – гіроскопічні моменти; M_p – момент розвантаження

Передатну функцію системи розвантаження $W_p(p)$ показано на структурній схемі в загальному вигляді; її визначають для кожного конкретного випадку залежно від передатних функцій елементів, що входять у систему. Зазвичай прагнуть максимально зменшити інерційність системи розвантаження й по можливості збільшити її передатний коефіцієнт для того, щоб якнайповніше компенсувати дію зовнішніх збурювальних моментів.

Розглянемо випадок, коли система розвантаження безінерційна і її передатна функція має вигляд

$$W_p(p) = \frac{M_p}{\beta} = k_p,$$

де k_p – передатний коефіцієнт системи розвантаження.

Передатні функції гіроскопічної рами з безінерційною системою розвантаження, визначені щодо зазначених збурювань, наведено в таблиці.

Передатні функції гіроскопічної рами з безінерційною системою розвантаження

Впливи на гіроскопічну раму	Реакції гіроскопічних рам	
	$\alpha = \frac{\omega_x}{p}$	$\beta = \frac{\omega_y}{p}$
Момент M_x , що діє на зовнішню гіроскопічну раму	$\frac{f_y}{Hk_p} \cdot \frac{T_y p + 1}{\frac{H}{k_p} p A(p) + 1}$	$\frac{1}{k_p} \cdot \frac{1}{\frac{H}{k_p} p A(p) + 1}$
Момент M_y , що діє на внутрішню гіроскопічну раму	$\frac{1}{Hp} \cdot \frac{\frac{H}{k_p} p + 1}{\frac{H}{k_p} p A(p) + 1}$	$\frac{f_x}{Hk_p} \cdot \frac{T_x p + 1}{\frac{H}{k_p} p A(p) + 1}$
Характеристичний багаточлен гіроскопічної рами без системи розвантаження		
$A(p) = \frac{T_x T_y}{1 + k_x k_y H^2} p^2 + \frac{T_x + T_y}{1 + k_x k_y H^2} p + 1$		

Аналіз подання даних показує, що для зменшення помилок гіроскопічної рами доцільно збільшувати статичний передатний коефіцієнт системи розвантаження. Однак, вибираючи k_p , варто пам'ятати, що його максимальне значення обмежено умовами стійкості гіроскопічної рами, рами якої мають певні J_x, J_y інерційності.

Якщо врахувати, що $T_x = \frac{J_x}{f_x}$ і $T_y = \frac{J_y}{f_y}$, де f_x, f_y – коефіцієнти тертя в опорах гіроскопічних рам, то навіть без інерції в системі розвантаження гіроскопічна рама буде описуватися диференціальним рівнянням третього порядку. Характеристичний багаточлен за наявності системи розвантаження має вигляд

$$A_r(p) = \frac{H}{k_p} \cdot \frac{T_x T_y}{1 + k_x k_y H^2} p^3 + \frac{H}{k_p} \cdot \frac{T_x + T_y}{1 + k_x k_y H^2} p^2 + \frac{H}{k_p} p + 1.$$

Відповідно до критерію І. А. Вишнеградського гіроскопічна рама з безінерційною системою розвантаження буде стійкою, якщо є нерівність

$$(T_x + T_y)H > T_x T_y k_p.$$

Отже границю стійкості можна визначити рівнянням

$$k_{p \max} = H \left(\frac{1}{T_x} + \frac{1}{T_y} \right).$$

За постійних значень T_x і T_y , зумовлених параметрами гіроскопічної рами, границя стійкості в площині параметрів k_p і H має вигляд, показаний на рис. 2, а. Максимальне значення передатного коефіцієнта системи розвантаження відповідає точці А перетинання прямих $H_N = \text{const}$ і $H = k_p \text{tgh}$. Границю стійкості в площині параметрів k_p і T_x (або T_y), якщо $H = \text{const}$, показано на рис. 2, б.

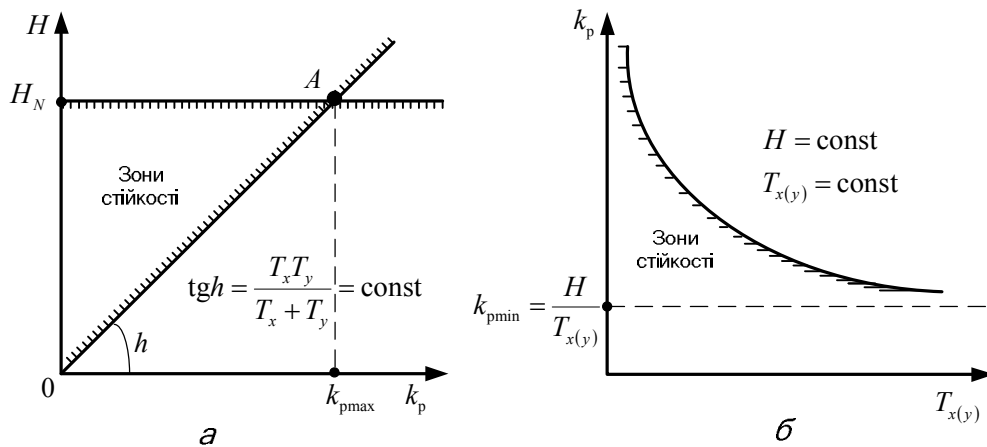


Рис. 2. Зони стійкості гіроскопічної рами з безінерційним розвантаженням:
 а – у площині $H - k_p$; б – у площині $k_p - T_{x(y)}$

З матеріалів рис. 2 маємо, що допустиме значення передатного коефіцієнта системи розвантаження строго обмежено. Тому для її розрахунку завжди потрібно перевіряти гіроскопічні рами на стійкість, оскільки будь-яке збільшення інерційності рам або зменшення кінетичного моменту гіромотора приводить до зменшення границі стійкості й потребує відповідного зменшення максимального значення передатного коефіцієнта k_p системи розвантаження.

Дослідження реальних систем розвантаження, передатні функції яких не містять ідеальних ланок, що диференціюють і інтегрують, підтверджує отримані результати.

Висновки. Проведений вище аналіз гіроскопічної рами із системою розвантаження дозволяє зробити такі висновки:

1. Сталі значення кутів відхилення рамок гіроскопічної рами із системою розвантаження обернено пропорційні статичному передатному коефіцієнту системи розвантаження, причому змушені відхилення, як і раніше, значно менше прецесійних.

2. Величина статичного передатного коефіцієнта системи розвантаження строго обмежена умовами стійкості гіроскопічної рами. Зниження запасу стійкості може з'явитися причиною виникнення автоколивань і вібрацій.

3. Забезпечення високої точності роботи гіроскопічної рами може бути досягнуто тільки за раціонального сполучення її власних параметрів і параметрів системи розвантаження.

Список літератури

1. Аблесімов О. К. Автоматичне керування рухомими об'єктами й технологічними процесами / О. К. Аблесімов, Є. Є. Александров, І. Є. Александрова – Харків: НТУ "ХП", 2008. – 443 с.
2. Ривкин С. С. Теория гироскопических устройств. – М: Судостроение, 1964. – 320 с.
3. Пельпор Д. С. Теория гироскопических стабилизаторов. – М: Машиностроение, 1985. – 185 с.

А. К. Аблесімов

Гироскопические рамы с системой разгрузки

Рассмотрена методика оптимизации параметров систем разгрузки гироскопических рам автоматических систем управления.

A. K. Ablesimov

Gyroscopic frames with unloading system

The technique of optimization of parameters of unloading systems of gyroscopic frames is considered.