

СИНТЕЗ ІНЕРЦІЙНИХ ЗАПОБІЖНИХ МЕХАНІЗМІВ З ВИКОРИСТАННЯМ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ МАХОВИКА

В статті представлено векторний синтез і багатоваріантна структура інерційних запобіжних механізмів з використанням кінетичної енергії маховика, які призначені для захисту високошвидкісних приводів від перевантажень.

При роботі машин і механізмів різного призначення виникають перевантаження, при яких має місце зупинка робочого органу і деталей приводу.

Надійність і довговічність роботи технологічного обладнання в значній мірі залежить від ефективності роботи механізмів захисту приводів, вузлів і окремих деталей від перевантажень і поломкою.

Для захисту приводів, вузлів і деталей машин від перевантажень використовують кулачкові, кулькові і фрикційні запобіжні муфти, які мають різні коефіцієнти точності спрацьовування, динамічності, чутливості і час спрацьовування [1].

Захист приводів від перевантажень можна також здійснювати шляхом відключення двигуна і припинення передачі крутного моменту на елементи приводу за рахунок використання кінетичної енергії маховика (диска), встановленого безпосередньо на валу приводу.

Традиційно маховик призначений для регулювання руху механізмів у період їх встановленого руху для забезпечення коефіцієнта нерівномірності руху δ , який би не перевищував наперед заданого значення [2].

Коефіцієнт нерівномірності δ рівний [2]

$$\delta = \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{\omega_c} = \frac{2(\omega_{max} - \omega_{min})}{\omega_{max} + \omega_{min}},$$

де ω_{max} і ω_{min} – відповідно найбільша і найменша кутові швидкості ланки;

ω_c – середня кутова швидкість ланки.

Зміна кутової швидкості вала, на якому встановлений маховик, зумовлює появу кутового прискорення ε , яке необхідно враховувати при проектуванні інерційних запобіжних механізмів.

Крім тривіального жорсткого з'єднання маховика з валом, наприклад, з допомогою шпонки, можливе його вільне з'єднання з валом або з допомогою різьбового ходового з'єднання.

На рис.1 представлений векторний синтез для різних схем з'єднань вала 1 з маховиком 2, який є основою для розробки реальних інерційних запобіжних механізмів.

В базовій схемі при жорсткому з'єднанні маховика з валом (рис.1, а) наявність швидкості $\bar{V}$ не приводить до формування осьової швидкості $\bar{V}_0$.

У випадку вільного з'єднання власне маховика з валом при наявності передаючої кулачкової муфти КМ (рис.1,б), одна півмуфта якої нерухомо з'єднана з маховиком, а друга півмуфта рухома в осьовому напрямку, лінійна швидкість $\bar{V}$ в зоні зачеплення кулачків по їх середньому радіусі при перевантаженні приводу забезпечує появу осьової складової $\bar{V}_0$, з якою рухається рухома в осьовому напрямку кулачкова півмуфта. При цьому сумарна лінійна швидкість $\bar{V}_e$ рівна векторній сумі лінійних швидкостей $\bar{V}$ і $\bar{V}_0$.

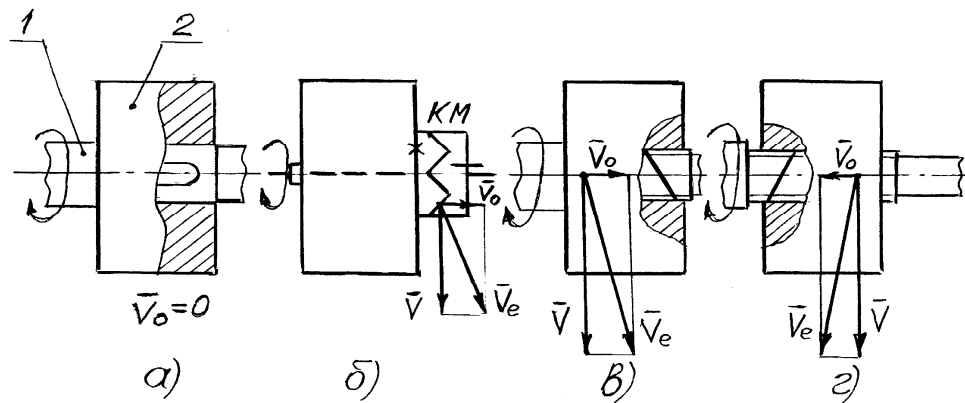


Рис.1. Векторний синтез для різних схем з'єднань вала з маховиком:

а – базова схема жорсткого з'єднання маховика з валом; б – вільне з'єднання власне маховика з валом при наявності кулачкового зачеплення; в – різьбове ходове з'єднання маховика з валом при правому напрямку різі; г – те саме при лівому напрямку різі.

При різьбовому ходовому з'єднанні маховика з валом при правому напрямку різі (рис.1,в) наявність кута підйому різі з кроком “Р” приводить до прямого зв'язку між швидкостями $\bar{V}$ і $\bar{V}_0$ на середньому радіусі різі. При різкій зупинці вала маховик за рахунок накопиченої кінетичної енергії намагається продовжувати обертатись в попередньому напрямку, що приводить до його часткового згвинчування з різьбової ділянки вала вправо.

При різьбовому ходовому з'єднанні маховика з валом при лівому напрямку різі (рис.1,г) при перевантаженні приводу машини маховик частково згвинчується з різьбової ділянки вала вліво.

У всіх трьох варіантах відповідно навпроти правого торця рухомої в осьовому напрямку півмуфти (рис.1,б), правого торця маховика (рис.1,в) і його лівого торця (рис.1,г) необхідно встановлювати кінцеві вимикачі, які забезпечують миттєве відключення приводу при його перевантаженні.

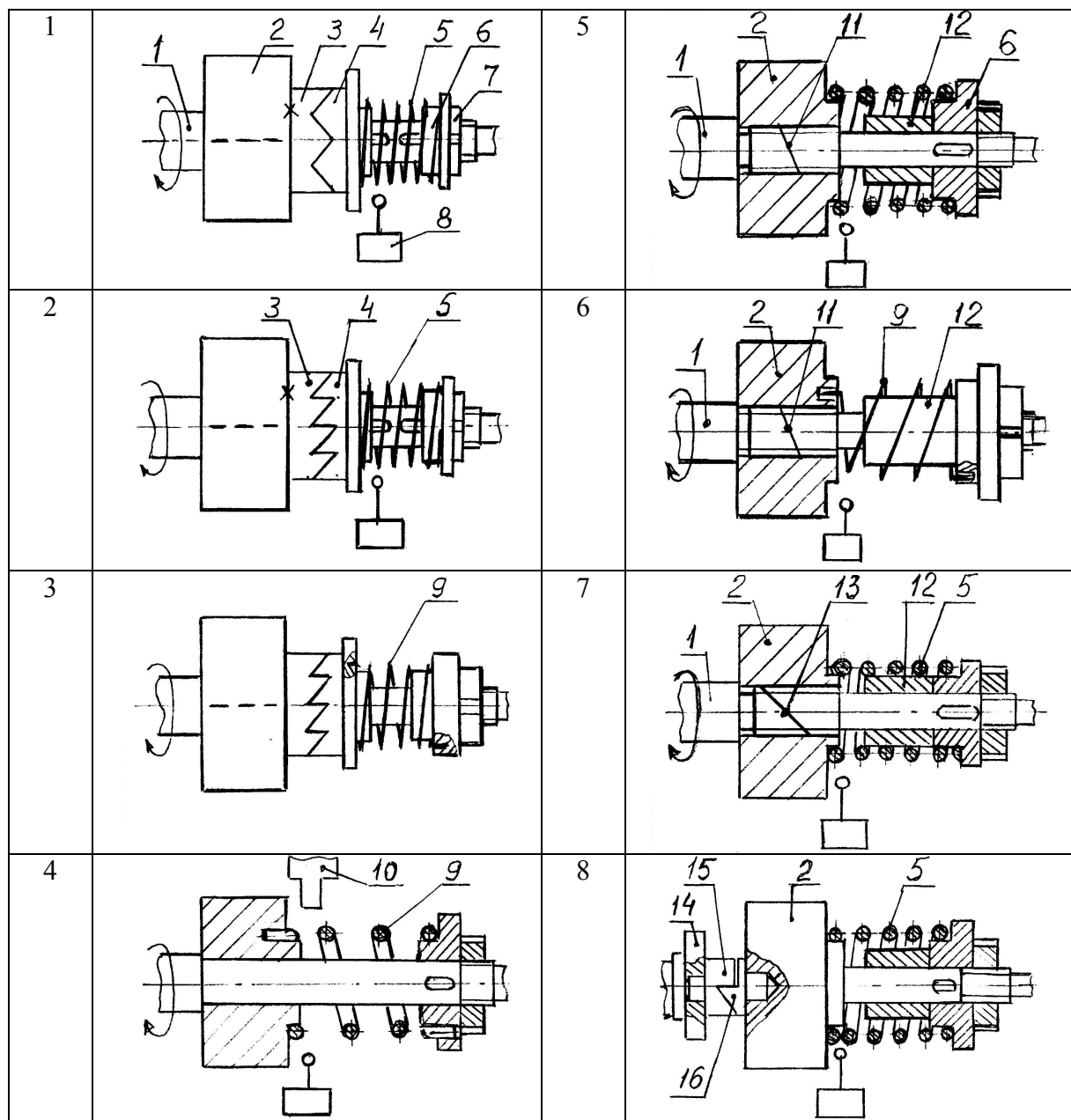
В таблиці приведена багатоваріантна структура інерційних запобіжних механізмів з використанням кінетичної енергії маховика.

В поз.1 представлений інерційний запобіжний механізм, в якому на валу 1 з можливістю вільного обертання відносно нього встановлений маховик 2, з правим торцем якого нерухомо з'єднана кулачкова півмуфта 3, кулачки якої знаходяться в зачепленні з кулачками рухомої в осьовому напрямку півмуфти 4, яка з'єднана з валом 1 рухомим шпонковим з'єднанням. Рухома півмуфта 4 підтискається в напрямку до маховика 2 циліндричною пружиною стиску 5, правий кінець якої впирається в буртик рухомої в осьовому напрямку втулки 6, а величина стиску пружини регулюється гайкою 7, нагвинченою на різьбову ділянку вала 1. Крім того, навпроти вільного торця рухомої в осьовому напрямку кулачкової півмуфти 4 встановлений кінцевий вимикач 8.

Таблиця

Багатоваріантна структура інерційних запобіжних механізмів
з використанням кінетичної енергії маховика

№ поз.	Схема механізму	№ поз.	Схема механізму
-----------	-----------------	-----------	-----------------



В даній конструкції інерційного запобіжного механізму кулачки на ближніх торцях півмуфт 2 і 4 виконані симетричними, наслідком чого є імовірність спрацювання механізму в пусковому режимі. При перевантаженні приводу вал 1 зупиняється, а маховик 2 за рахунок накопиченої кінетичної енергії продовжує обертатися, що приводить до переміщення підпружиненої кулачкової півмуфти 4 вправо. При цьому її вільний торець натискає на рухомий елемент кінцевого вимикача 8. Це приводить до автоматичного відключення приводу і припинення дії обертового моменту зі сторони двигуна на деталі приводу.

Для забезпечення відключення приводу при дії перевантаження лише в процесі роботи машини кулачкове зачеплення на ближніх торцях півмуфт 3 і 4 необхідно виконувати несиметричним (поз.2), результатом чого є неможливість спрацювання запобіжного механізму на етапі розгону. Для підвищення чутливості конструкції механізму до дії перевантаження доцільно замість передаючих шпонкових з'єднань встановити пружину кручення 9 (поз.3), один кінець якої з'єднаний з рухомою в осьовому напрямку півмуфтою 4, а другий кінець з втулкою 6.

З точки зору формування структури механізмів, одним із варіантів інерційного запобіжного механізму є варіант, в якому відсутня кулачкова муфта, а маховик 8 безпосередньо з'єднаний пружиною кручення 9 з втулкою 6 (поз.4). Для обмеження осьового

переміщення маховика вправо передбачений упор 10.

В даному випадку при виникненні перевантаження вал 1 зупиняється, а подальший обертовий рух маховика 2 приводить до додаткового закручення пружини кручення 9, наслідком чого є скорочення її довжини і переміщення маховика вправо до контакту з кінцевим вимикачем 8.

Всі приведені перші чотири позиції багатоваріантної структури інерційних запобіжних механізмів передбачають вільне з'єднання маховика з валом, причому в перших трьох випадках маховик має можливість лише вільного обертального руху відносно вала при виникненні перевантаження.

Наступні три позиції багатоваріантної структури розвивають схему на рис.1, в у конкретних конструкціях інерційних запобіжних механізмів.

В поз. 5 таблиці представлений запобіжний механізм, в якому на валу 1 виконана ділянка з самогальмівною різью 11, з якою спряжується своїм різьбовим отвором маховик 2. В проміжку між маховиком і упорною втулкою 6 встановлена циліндрична пружина стиску 5, окрім того, на валу 1 в проміжку між ближніми торцями маховика 2 і упорної втулки 6 встановлена з осьовим зазором циліндрична втулка 12, яка обмежує осьове переміщення маховика по різі 11 вправо при виникненні перевантаження.

Недоліком такої конструкції є необхідність ручного повернення маховика 2 в початкове положення.

Недолік попередньої конструкції усувається при використанні циліндричної пружини кручення 9 (поз.6) замість циліндричної пружини стиску. В цьому випадку при виникненні перевантаження вал 1 зупиняється, а маховик 2 продовжує обертатися в попередньому напрямку, що приводить до його часткового згвинчування з різі 11 і одночасного закручування пружини 9. При контакті торця маховика 2 з торцем циліндричної втулки 12 подальше осьове зміщення маховика припиняється, і внаслідок взаємодії маховика з кінцевим вимикачем привід машини відключається. Накопичена потенціальна енергія zdeформованої пружини кручення 9 забезпечує автоматичне повернення маховика 2 у вихідне робоче положення.

У випадку виконання на валу 1 несамогальмівної різі 13 (поз.7) замість циліндричної пружини кручення використана циліндрична пружина стиску, потенціальна енергія якої після спрацювання запобіжного механізму сприяє поверненню маховика у вихідне робоче положення.

Однак з технологічної точки зору, виготовлення несамогальмівної різі 13 на валу і особливо в отворі маховика є складним процесом. Тому несамогальмівну різь на валу і отворі маховика можна замінити спеціальним кулачковим зачепленням (поз.8). Воно складається з рівномірно розміщених по колу в отворах фланця 14 (який нерухомо з'єднаний з валом 1), поводкових пальців 15 з несиметричними виїмками, в які заходять скошені виступи поводкових пальців 16, встановлених рівномірно по колу в глухих отворах на торці маховика 2. При цьому маховик своїм циліндричним отвором вільно встановлений на валу 1. В даній конструкції використовується циліндрична пружина стиску 5. Принцип роботи механізму аналогічний до механізму, представленого в поз.7.

Всі приведені в таблиці конструкції інерційних запобіжних механізмів виготовлені з металу і пройшли експериментальні дослідження. В результаті проведених досліджень встановлено, що, з точки зору надійності роботи, технології виготовлення і їх експлуатації перевагу слід віддавати механізмам, приведеним в поз.6 і поз.8.

Для виключення можливих спрацювань запобіжних механізмів внаслідок нерівномірності обертання маховика при виконанні технологічного процесу необхідно додатково збільшити силу підтиску маховика.

В результаті проведеного синтезу інерційних запобіжних механізмів можна зробити наступні **висновки**:

- 1) дані механізми ефективні при впровадженні на високошвидкісних приводах;
- 2) розроблений векторний синтез базових схем механізмів дозволяє створити ре-

альні конструкції інерційних запобіжних механізмів з використанням кінетичної енергії маховика.

- 3) в результаті аналізу синтезованих конструкцій інерційних запобіжних механізмів найбільш раціональними є компоновальні схеми з самогальмівною різзю і пружиною кручення (поз.6) і спеціальним кулачковим зачепленням і циліндричною пружиною стиску (поз.8).

Vector synthesis and multivariant structure of inertial preventive mechanisms with the use of the kinetic energy of a flywheel which are destined for protection of high-speed drives (gears) from over loadings.

Література

1. Нагорняк С.Г., Луцив И.В. Предохранительные механизмы металлообрабатывающего оборудования: Справочник. – К.: Техника, 1992. – 72 с.
2. Кіницький Я.Т. Теорія механізмів і машин. – К.: Наукова думка, 2002. – 660 с.

Одержано 20.11.2002 р.