

П. Паламарчук

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МОМЕНТОМІРА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИКЛІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПРИВОДУ ОБЕРТОВИХ МАС СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Проведено аналіз типових поломок привідних валів с/г машин, розглянуто рекомендації з їх зміцнення. Описано аналіз методів передачі виміряного сигналу про динамічні характеристики обертювних вузлів приводів с/г машин. За результатами досліджень запропоновано конструкцію універсального моментоміра. Приведено математичне обґрунтування механізму переведення результатів вимірювання з цифрової форми в аналогову, придатну для статистичної обробки.

P. Palamarchuk

A GROUND OF PARAMETERS OF MOMENTOMIRA IS FOR RESEARCH OF CYCLIC LOADINGS OF OCCASION OF CIRCULATING THE MASSES OF AGRICULTURAL MACHINES

The analysis of typical breakages of billows of agricultural machines is conducted in the article, considered recommendations from their strengthening. The analysis of methods of transmission of the measured signal is resulted about dynamic descriptions of circulating knots of occasions of agricultural machines. As a result of researches the construction of universal torquemeter is offered. Addition of measuring results mathematical to the ground mechanism is resulted from a digital form in analog one, suitable for statistical treatment.

Більшість технологічних вузлів с/г машин приводяться в дію за рахунок передачі обертового руху. Надійність передаючих конструкцій впливає на роботоздатність всієї машини, а тому в процесі польових випробувань зразків нових с/г машин, для подальшого їх вдосконалення, виникає потреба вимірювати крутні моменти, які передаються через приводи до технологічних вузлів.

Аналіз поломок окремих валів с/г машин показує, що біля 80% з них мають характер втомних руйнувань. Провівши статистичний аналіз 566 випадків втомних руйнувань валів, встановлено, що

- 66% з них відбулися внаслідок недоліків кінематики приводу;
- 30% - через дефекти виготовлення;
- 4% - через структуру матеріалу.

Ресурс – це один з найважливіших показників роботоздатності машин. Ресурс деталей машин суттєво відрізняється від механічних характеристик матеріалу, з якого вони виготовлені. Цю різницю наочно демонструє діаграма [1].

Серед численних факторів, які визначають ресурс деталей (розмір, форма, матеріал, якість поверхні, технологія виготовлення, умови експлуатації і т.д.) найбільше впливає на розподіл навантаження форма деталей і спосіб передачі навантаження між ними.

Усунення дефектів виготовлення можливе за рахунок підвищення технологічної та виробничої дисципліни.

Вихід з ладу валів і осей може бути пов'язаний з:

- недостатньою надійністю вузлів з'єднань, що веде до перекосів, розхитування з'єднань та інших недоліків;
- конструкцією шпоночних з'єднань;
- фрикційною корозією.

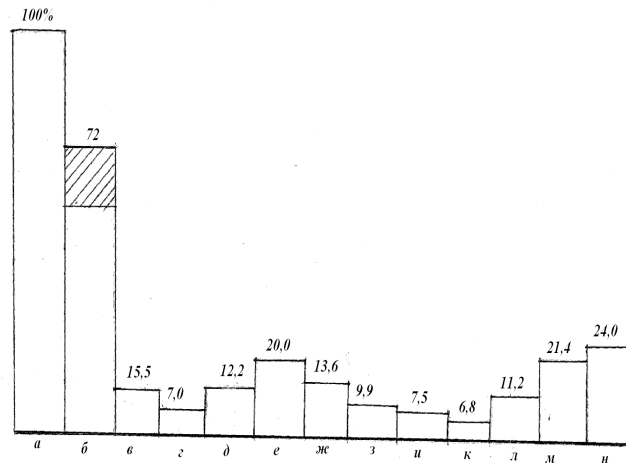


Рисунок 1 - Порівняльна діаграма механічних характеристик матеріалу і міцності деталей машин:
 а — границя міцності матеріалу; б — границя витривалості матеріалу. Ресурс роботи: в — колінчастого вала авіадвигуна; г — колінчастого вала дизеля; д — вагонної осі з напресованим колесом; е — вала з напресованою ступицею; ж — з'єднання вала з ступицею на шпонці; з — зубчастого колеса; и — болтів; к — різьбових з'єднань двох балок; л — зварного з'єднання двох балок; м — заклепочних з'єднань пластин; н — зварного з'єднання пластин



Рисунок 2 - Зразки руйнування конструкцій приводів

Підвищення надійності деталей машин можливе конструктивним [1,2] та технологічним [3] шляхом.

Слід все ж таки відзначити, що до використання технологічних засобів зміцнення часто вдаються і тоді, коли можливості збільшення довговічності деталей машин, що надаються методами вдосконалення конструктивних форм, не вичерпані, тобто форма спроектованої деталі не може бути визнана найбільш вдалою, і з'являється необхідність виправляти помилки конструкторів. Тому для конструкторів особливого інтересу набуває перший шлях - конструктивний, який дозволяє на етапі конструювання надати деталі найбільш раціональні, з точки зору вимог довговічності, конструктивні форми.

Вирішення питання про те, яким шляхом слід йти у кожному конкретному випадку, - зміни конструктивних форм, технологічного зміцнення або сумісного використання цих шляхів, вимагає ретельного всебічного аналізу. Для різних деталей, як і для різних концентраторів напруг, конструктивні рішення, що ведуть до збільшення довговічності, природно можуть відрізнятися один від одного [4].

На практиці приводні вали часто працюють в умовах, відмінних від ідеальних, тобто можливі перемінні навантаження, пов'язані з виконанням технологічних процесів. В таких випадках теоретичний розрахунок не завжди забезпечує необхідний результат, а тому теоретичні розрахунки бажано поєднувати з практичними дослідженнями. Також на надійність роботи приводних валів впливає надійність кріплення опорних конструкцій, а вони, разом узяті, впливають на тримкі конструкції машини в цілому.

Робота проводиться в рамках пріоритетних напрямків розвитку науки і техніки у відповідності до бюджетної теми «Розробка і дослідження ресурсозберігаючих технологій в галузі сільськогосподарського машинобудування» на 2003-2007р. (номер державної реєстрації 01024002299).

Пошук сучасних вітчизняних засобів вимірювань крутних моментів, що передаються до знарядь через приводні вали [5, 6, 7], позитивного результату не приніс. За кордоном такі системи випускають США і Німеччина. Але вони вартують дорого (до 3000 доларів за 1 канал) [8], що робить їх недоступними для вітчизняних споживачів.

У старих тензометричних лабораторіях використовували тензометричні датчики з ртутними контактами, але їх не випускали в промислових масштабах [5]. До того ж вони інерційні, а тому не придатні для сучасних високоточних вимірних систем.

Для останніх потрібні відповідні засоби вимірювання.

Якщо вимірювання проводити на самому валу, то потрібно передавати сигнал з обертової системи. Для цього застосовують:

1. Контактні струмомознімачі (щіткові):
 - а) з срібленими або золоченими контактами;
недолік - нестабільні перехідні характеристики (залежать від частоти обертання і температури);
 - б) ртутні - хоч і кращі за щіткові, але також залежать від частоти обертання, якості поверхонь кілець і зазорів між ними, вібрації і биття. До того ж часто є проблеми з можливістю їх встановлення, також пари ртуті токсичні;
2. Трансформаторні.
Недоліки - складні в реалізації;
високі похибки.
3. Безконтактні проміжні перетворювачі реактивного типу.
Недоліки - складні в реалізації;
складність багатоканальної передачі сигналу (висока похибка);
похибки від наводок сусідніх каналів.
4. Фотометричне тензометрування.
Недолік - складні в реалізації.

Проаналізувавши все вищевказане, приходимо до висновку: сигнал потрібно знімати безконтактним способом.

Розглянувши різні типи датчиків для безконтактного зняття сигналу [7, 8, 9] (індукційні, гіроскопічні, оптичні, магнітоелектричні та ін.) ми зупинили свій вибір на

фотоелектричному перетворювачі моменту [9], як такому, що найкраще підходить для наших умов.

З метою дослідження таких сил в ТДТУ розроблено моментомір [10], що виконаний у вигляді муфти, яка складається з двох півмуфт, розміщених на співвісно встановлених ведучому і веденому валах та з'єднаних пружним елементом і знімача крутного моменту, одна з півмуфт виконана із симетричними виступами по зовнішньому діаметру, а інша – з аналогічними виступи зі скосами з одного боку, які встановлені в проміжку знімача крутного моменту, виконаного у вигляді оптопар.

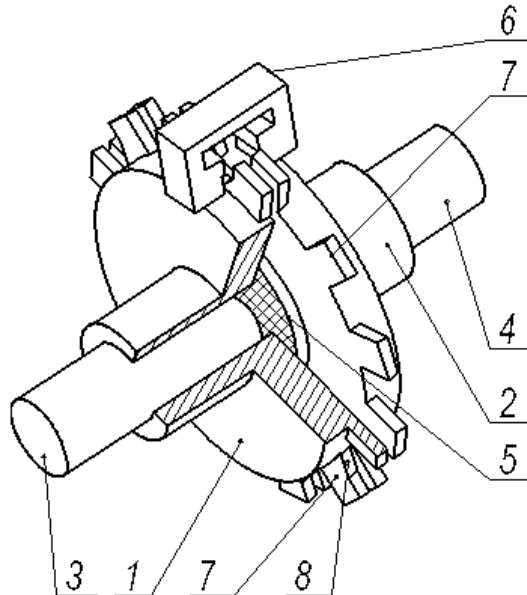


Рисунок 3 - Схема пристрою для вимірювання крутних моментів і швидкості обертання приводних валів сільськогосподарських машин:
 1, 2 – півмуфти; 3, 4 – ведучий і ведений вали; 5 – пружний елемент;
 6 – фотоелектричний перетворювач; 7 – прямі виступи на півмуфті;
 8 – виступи із скосами на іншій півмуфті

Принцип роботи вимірювача ґрунтується на реєстрації кута зміщення півмуфт за рахунок деформації пружного елемента. Реєстрацію проводить перша оптопара на ділянці прямих виступів. Друга оптопара на ділянці виступів із скосом дозволяє визначати напрям обертання і знак крутного моменту. Крім того, знаючи число виступів, можна реєструвати швидкість обертання, а значить і визначати передавану потужність.

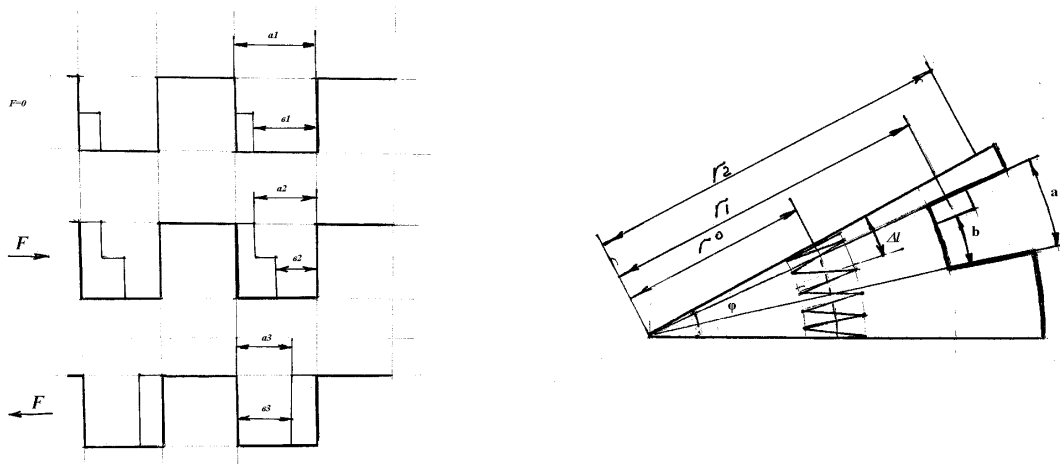


Рисунок 4- Схема взаємного розміщення виступів залежно від напрямку дії сили та принципу реєстрації моментів:
 φ – кут, на який змістяться півмуфти при повному стиску пружного елемента;
 a – ширина пазу в ширшій зоні; b - ширина пазу в вужчій зоні

Прийmemo, що $a = 1,25b$.

Для створення конструкції це особливого значення не має, але слід враховувати при створенні програмного забезпечення для обробки результату. Тому, що

$$t_{I_c}^a = 1,25t_{I_c}^b - \text{момент рівний нулю}, \quad (1)$$

$$t_{I_c}^a > 1,25t_{I_c}^b - \text{на конструкцію діє момент (+)}, \quad (2)$$

$$t_{I_c}^a < 1,25t_{I_c}^b - \text{напрямок дії моменту змінився на протилежний (-)}; \quad (3)$$

де t_{I_c} - час проходження світлового струму на ділянках а і b. Також слід врахувати, що в концентричних колах $\frac{a}{b} = \frac{r_2}{r_1}$, а тому реальне співвідношення

тривалостей сигналу буде $a = 1,25b \frac{r_2}{r_1}$.

Величина моменту, який передається через приводний вал

$$M_{кр} = Fr_2, \quad (4)$$

де

$$F = (t_{I_m} - t_{I_c})k, \quad (5)$$

де t_{I_m}, t_{I_c} - тривалість проходження темного і світлового струму від оптопари,

k - коефіцієнт деформації пружного елемента.

Крім того, знаючи число виступів, можна реєструвати швидкість обертання, а значить визначати передавану потужність.

Частота обертання вала

$$n = \frac{120\pi f \frac{a}{r_2}}{t_{I_c}}, \quad (6)$$

де f - частота дискретизації (1 Гц – 2кГц),

$$\frac{a}{r_2} = \varphi - \text{кут, на який повернеться вал за час } t_{I_c}.$$

Потужність, яка передається

$$P = M_{кр} n. \quad (7)$$

В залежності від величини вимірюваних моментів необхідно використовувати пружний елемент з різним коефіцієнтом деформації.

Фоточутливий елемент можна реалізувати на фоторезисторі, фотодіоді і фототранзисторі. Проаналізувавши їх переваги і недоліки (фоторезистор – інерційний, а у фототранзистора – значна залежність від температури), зупинимо свій вибір на фотодіоді. При цьому відпадає потреба в компенсуючих схемах, що спрощує схему пристрою. Підсилювати сигнал також не потрібно- система високочутлива. Фотодіод можна включати по фотодіодній (вища інтегральна чутливість, потрібне джерело живлення) або фотогальванічній (мінімальний темновий струм, підвищена температурна стабільність, не потрібне джерело живлення) схемі. Вибираємо фотогальванічну схему, тоді отримаємо датчик з вихідним сигналом у вигляді електричної напруги. Система працює з сигналом до 30В. Вибираємо фотодіод ФД-2 ($U_p = 30В, I_m = 25;40(40^\circ C)мкА$) або йому аналогічний (бажано кремнієвий).

Світлодіод живиться опорною напругою (контакти 1, 7) 5В.

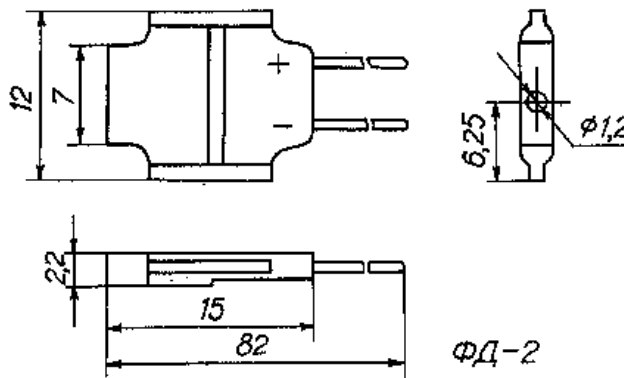


Рисунок 5 - Зовнішній вигляд і габаритні розміри фотодіода

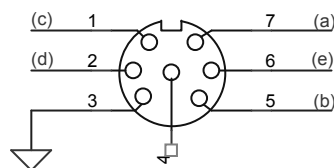


Рисунок 6 - Кабельне роз'язтя універсальних вимірних каналів

1(c) – Опорна напруга живлення негативної полярності, 2 (d) – вихід приєднання внутрішнього опорного резистора 200 Ом., 3 – спільний (вимірювальна земля), 4 – не задіяний, 5(b) – вхід вимірюваного сигналу, 6 (e) – вхід приєднання мостової схеми, 7 (a) – опорна напруга живлення позитивної полярності

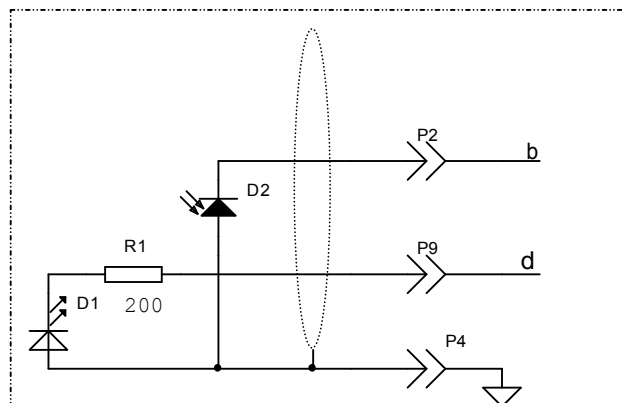


Рисунок 7 - Принципова схема вмикання фотоелектричного датчика

Висновок

Для забезпечення надійності і довговічності машин важливе значення мають приводні передачі. Забезпечення їх надійності можна досягти конструктивним та технологічним шляхом. Разом з тим запас міцності впливає на вартість деталей, а вихід з ладу веде до простою машин. Тому існує потреба поєднувати теоретичні розрахунки з експериментальними дослідженнями, технічну базу яких забезпечуватиме запропонований пристрій.

Найбільш прийнятним для вимірювання крутних моментів є фотоелектричний перетворювач сигналу (оптопара) з чутливим елементом у вигляді пружної муфти. Запропонована конструкція двома каналами дозволяє контролювати 4 параметри: крутний момент, частоту і напрям обертання, передавану потужність. Вона проста в реалізації, дешева і забезпечує високу селективність.

Література

1. К.И. Заблонский, С.Л. Мак Влияние конструктивных форм деталей машин на их долговечность. –Киев: Техника, 1971.-184с.
2. К.Н.Войнов Прогнозирование надёжности механических систем. –Ленинград: Машиностроение, 1978. – 205с.
3. В.В.Душинський Основи наукових досліджень. –К.:НТУУ «КПІ», 2000.- 408с.

4. Рибак Т.І. Пошукове конструювання на базі оптимізації ресурсу мобільних сільськогосподарських машин. -Тернопіль: Збруч, 2003.- 332с.
5. В. В. Карасёв, А. А. Михеев, Г. И. Нечаев измерительные системы для вращающихся узлов и механизмов. –М.: Энергоатомиздат, 1996.- 176 с.
6. http://franko.lviv.ua/faculty/geology/phis_geo/Datsyuk/index.html.
7. Готра З.Ю., Ільницький Л.Я., Поліщук Є.С. Датчики. –Львів: Каменяр, 1995. -312 с.
8. Метрологія та вимірвальна техніка. За редакцією Є. Поліщука. –Львів: Бескид Біт, 2003.- 544 с.
9. В.А. Никитин С.В. Бойко Методы и средства измерений, испытаний и контроля. –Оренбург: ГОУ ОГУ 2004. -462 с.
10. Патент на корисну модель UA № 31564 від 10 квітня 2008 р.

Одержано 02.06.2008 р.