УДК 687.05:531.7.08

ДО ПИТАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНИХ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАШИН

Горобець В.А, Мачульський В.Б.
Київський національний університет технологій та дизайну

Легкість ходу машини є важливим нормативним експлуатаційним показником її роботи. Він характеризує ступінь нерівномірності руху головного вала машини, плавність та точність роботи її механізмів. Фізичною сутністю даного показника є міра інертності даної механічної системи, яка характеризується її приведеним моментом інерції. На його величину і зміну її протягом робочого циклу машини впливає низка факторів: конструктивних (значення масо-інерційних параметрів механізмів машин, фази їх роботи, посадки з'єднань тощо), технологічних (матеріали деталей, якість складання) та експлуатаційних (якість мастила, знос та припрацювання деталей, забруднення, період простою тощо).

В той же час в сучасних наукових дослідженнях, присвячених питанням вдосконалення обладнання та підвищення якості його роботи, зокрема в швейній галузі, машина розглядається як складна мехатронна система – «головка швейної машини – індивідуальний електропривод».

Оптимізація цієї системи дозволяє покращити її енергетичні показники за рахунок кращої відповідності потужності привода силам динамічного опору механічної системи, поліпшити її динамічні та ергономічні характеристики за рахунок раціонального балансування рухомих ланок механізмів.

Одним з головних критеріїв при проведенні даних досліджень і є приведений момент інерції механічної системи.

Виходячи з вище перерахованих факторів, що впливають на його величину, доцільним видається проводити його визначення експериментальним методом.

В свій час в Київському національному університеті технологій та дизайну був винайдений оригінальний метод визначення приведеного моменту інерції [1]

Для його реалізації була створена експериментальна установка [2]. Подальші дослідження з її використанням підтвердили ефективність запропонованого методу та конструкції установки.

Однак, з урахуванням того, що величина приведених моментів інерції більшості швейного обладнання має порядок максимум $10^{-4} – 10^{-3}$ кг·м^2 дана установка має низку недоліків, які утруднюють отримання достовірних результатів. До них зокрема відносяться:

- реєстрація коливань механічним самописцем, у якому пишучий елемент креслить осцилограму на паперовій стрічці, через що роздільна здатність обмежується товщиною лінії запису, а зняття амплітуд лінійним мірильним інструментом вносить в результати і його похибку;
- вплив вимірювального засобу на систему, що досліджується: тертя пишучого елементу об папір вносить неконтрольоване демпфування, а маса тримача з пишучим елементом додає власний момент інерції саме тій системі, момент інерції якої визначається;
- визначення частоти обертання головного вала графічно за номограмою, на що припадає значна частина дисперсії результату;
- обмеженість запису ходом стрічки планшета;

- неможливість виявити залежність частоти коливань від амплітуди та визначити коефіцієнт згасання, тобто перевірити припущення про сталість жорсткості пружного елемента й лінійність системи;
- обробка осцилограм виконується вручну, а результати не зберігаються у цифровому вигляді, що унеможливлює їх повторне опрацювання іншим алгоритмом та ускладнює накопичення статистики.

Тому на кафедрі механічної інженерії КНУТД була виконана модернізація даної установки, схема якої приведена на рисунку 1.

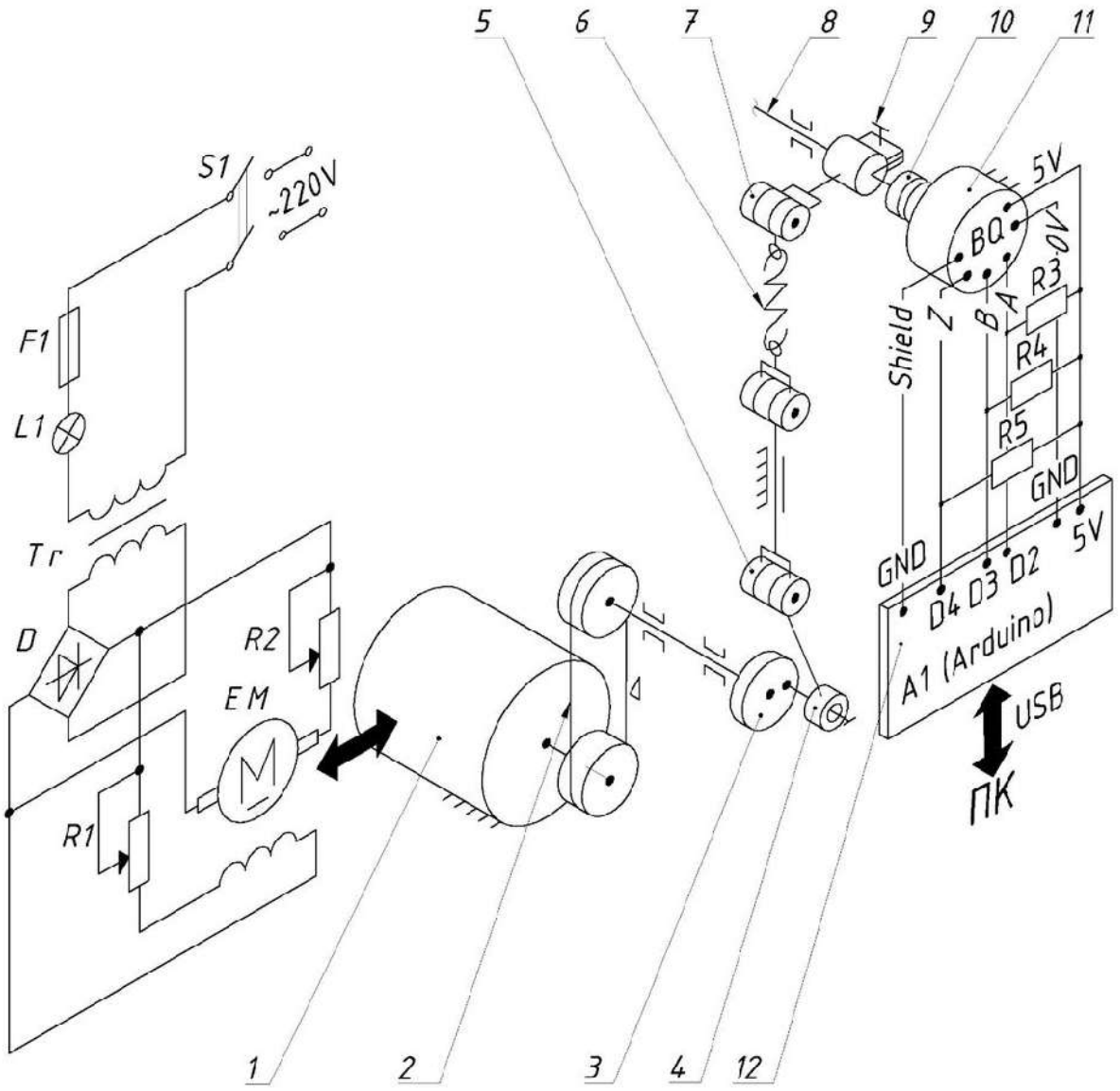


Рисунок 1 – Комбінована схема експериментальної установки для визначення приведеного моменту інерції механічної системи

Установка складається з механічної частини, яка збуджує крутильні коливання головного вала та вимірювального каналу. Обертальний рух від електродвигуна постійного струму 1 через пасову передачу 2, кривошип 3, шатун 4, повзун 5 та пружну ланку 6 перетворюється у коливний рух коромисла 7, яке клемовим з’єднанням закріплюється на головному валу машини 8 стяжним гвинтом 9. Живлення двигуна здійснюється від мережі через вимикач S1, запобіжник F1, знижувальний трансформатор Tr та випрямний міст D, а частота обертання плавно регулюється реостатами R1 і R2.

Вимірювальний канал побудований на інкрементальному енкодері 11, встановленому співвісно з головним валом через гнучку муфту 10, яка компенсує можливу їх неспіввісність і не передає на вал додаткового навантаження. Оскільки вихідні каскади енкодера виконані за схемою з відкритим колектором, сигнальні лінії A, B та Z підтягуються резисторами R3 - R5 до шини живлення 5В, після чого надходять на входи плати мікроконтролера 12. Обмін даними з персональним комп'ютером здійснюється через інтерфейс USB.

Принцип роботи установки полягає в наступному. Головний вал встановлюють у вихідне положення, після чого реостатом плавно збільшують оберти електродвигуна до переходу коливальної системи в резонансний режим. Протягом усього досліду енкодер безперервно реєструє кутове положення головного вала, формуючи часовий ряд його коливань. Оскільки в резонансі вал коливається з частотою збудження, з одного запису визначаються усі три вимірювані величини розрахункової формули - амплітуда коливань за відсутності збудження, амплітуда в резонансі та частота коливань. Серії дослідів повторюють для послідовних значень кута повороту головного вала, отримуючи залежність приведеного моменту інерції від фази робочого циклу машини.

Модернізована конструкція установки має наступні переваги:

- усі три вимірювані параметри розрахункової формули визначаються з єдиного запису одного вимірювального каналу, завдяки чому з методики виключається номограма як домінуюче джерело похибки разом із прихованою кореляцією між частотою та амплітудою;
- вимірювання є безконтактним, а часова вісь задається кварцовим генератором мікроконтролера, а, отже, усувається і неконтрольоване демпфування від самописця;
- тривалість запису практично не обмежена, що робить доступною для усереднення близько сотні періодів коливань замість одиниць;
- апроксимація реалізації синусоїдою що згасає дає, окрім амплітуди та частоти, коефіцієнт згасання, а посегментний аналіз запису - залежність частоти від амплітуди, що дозволяє ввести поправку на демпфування та перевірити лінійність системи;
- обробка результатів автоматизована й відтворювана, а первинні дані зберігаються у цифровому вигляді.

У сукупності зазначені зміни знижують сумарну відносну похибку визначення приведеного моменту інерції приблизно вдвічі та додатково надають можливості контролю лінійності й демпфування коливальної системи, які штатний механічний самописець не забезпечував в принципі.

Подібна установка може бути застосована при дослідженні широкої номенклатури обладнання різних галузей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дзюба В.І., Орловський Б.В., Куришко І.І. Спосіб визначення моменту інерції механізму швейної машини, приведеного до головного вала. – Авторське свідоцтво №1666929 А1. – Бюл. №28, 30 липня 1991 р

2. Manoilenko O. P., Horobets V. A., Dvorzhak V. M., Volianyk O. Y., Bezuhlyi D. M., Shkvyra V. V., Orobchenko A. P. (2026). Equivalent moment of inertia in multi-link spatial machines: Computer modeling and experimental assessment. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), Vol. 13(1), pp. D26–D39. https://doi.org/10.21272/jes.2026.13(1).d3