

МЕХАНІКА ТА МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

УДК 620.178.4/6

П.Ясній, докт.техн.наук; П.Марущак

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИЙ СТЕНД ДЛЯ ВИПРОБУВАНЬ МАТЕРІАЛІВ В УМОВАХ ВТОМИ ТА ВТОМИ-ПОВЗУЧОСТІ

Запропоновано нове технічне рішення проблеми використання електромеханічних машин для випробувань на циклічну тріщиностійкість.

Модернізовано електромеханічну машину FP 100 для статичних випробувань, для випадку циклічного навантаження, з керуванням від персонального комп'ютера типу IBM Pentium II. В процесі експерименту забезпечувався запис вимірjувальних даних за чотирма каналами.

Вступ

Значна кількість деталей вузлів машин працюють в умовах циклічного навантаження та впливу високих температур.

Існуючі методики [1,3,4] прогнозування залишкового ресурсу матеріалів конструкцій передбачають проведення значної кількості експериментальних досліджень. В зв'язку з цим виникає необхідність отримання даних випробувань, що описують закономірності росту втомних тріщин, їх візуалізації, зберігання та накопичення.

Випробування на циклічну тріщиностійкість матеріалів може здійснюватись з використанням як електрогідравлічних, так і електромеханічних машин [4].

Аналіз досліджень, в яких започатковано розв'язок даної проблеми

При випробуваннях з використанням електромеханічних машин при дуже малій пластичності матеріалу важко отримати плавне відпрацювання заданого закону навантаження зразка внаслідок постійної роботи приводу, зміни моменту навантаження і стрибкоподібності переходу від тертя спокою до тертя ковзання. В таких умовах роботи машини, що називаються, згідно з [1,2], екстремальними, використання в якості навантажувального пристрою електромеханічної машини із гвинтовим механізмом приводить до необхідності зміни швидкості двигуна в процесі циклу навантаження зразка, для компенсації відхилень від заданого закону навантаження зразка.

Оскільки у кінематичному ланцюгу між двигуном і місцем з'єднання гвинта з нижньою траверсою, у якій встановлений захоплювач, є роз'ємні з'єднання та редуктори, які мають деякі зазори та люфти, то при реверсуванні виникає тертя у механічних передачах. Це приводить до втрат часу на їх вибірку, до зменшення міри чутливості і динамічної точності управління навантаженням, до збільшення часу регулювання системи і похибок у відпрацюванні закону навантаження зразка, що знижує точність даних, отриманих у ході експерименту.

Опис випробувального стенду для проведення випробувань в умовах втоми-повзучості

Метою даної роботи є викладення технічного вирішення проблеми плавного відпрацювання заданого закону навантаження зразка матеріалу шляхом модернізації механічної гвинтової машини FP100. Описано також систему запису даних, автоматичного накопичення інформації та візуалізації результатів експерименту.

Особливістю запропонованої системи є успішне поєднання та взаємне доповнення аналогових та цифрових методів керування процесом циклічного навантаження

зразка, яке дозволило оптимізувати швидкість навантаження та зменшити похибку сигналу відпрацювання.

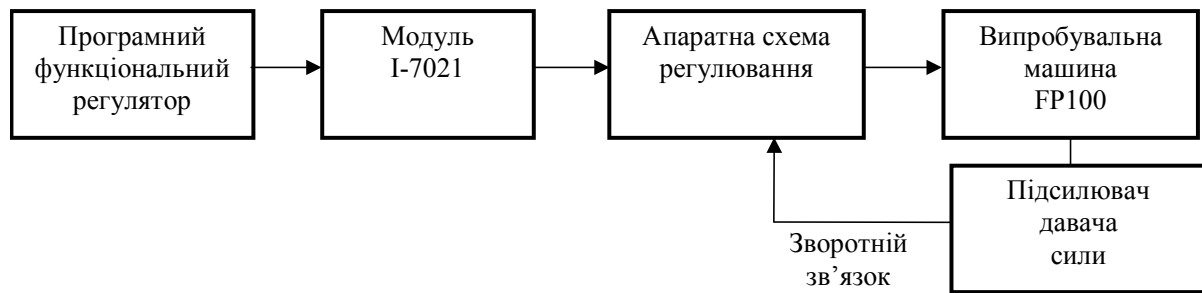


Рис. 1. Структурна схема управління процесом циклічного навантаження

Для запису інформації, отриманої під час випробувань, використовували систему «I-7000», що призначена для підготовки вимірювального експерименту, проведення вимірювань за 10 вимірювальними каналами (два канали тензодавачів та до 8 аналогових сигналів), накопичення результатів в текстовій формі, візуалізації вимірюваних даних в режимі реального часу (режим осцилографа), візуалізації показів раніше проведених експериментів, оформлення та друкування результатів досліджень.

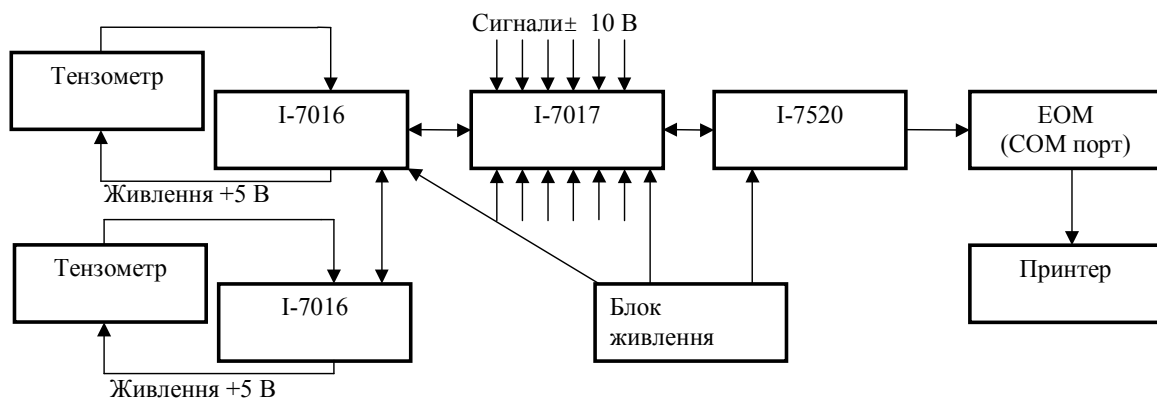


Рис. 2. Структурна схема зйому даних у процесі експерименту із використанням програми 17000

Вимірювальна система «I-7000» дозволяє здійснювати неперервний зйом даних за 4-ма каналами (2 тензометричних мостових давачі (тензометри), а також сигнали задання та відпрацювання сили, з допомогою модуля I-7017F, що є 8-ми каналним модулем АЦП (до 10 вим/сек) для аналогових входів 10 В з виходом на шину RS-485.

Зйом даних з тензодавачів забезпечують два АЦП I-7016, які подають напругу живлення на тензометри, аналогоцифрове перетворення вимірювальних сигналів тензодавачів (до 10 вим/сек) та передають дані шиною RS 485. Інтерфейсний модуль I-7520 - модуль конвертора шини RS-232 у RS-485 служить для з'єднання ЕОМ типу Pentium II з операційною системою Windows 2000 з випробувальною електромеханічною машиною FP 100. Живлення здійснюється від блоку живлення для модулів системи (напруга 24 В, струм +1.5 А).

В якості базової використано статичну випробувальну машину FP100. В машині введено схему регулювання, що дозволяє здійснювати управління швидкістю двигуна в залежності від знаку сигналу датчика контрольованого параметра.

Електромеханічна випробувальна машина FP 100 складається з пульта керування та навантажувального пристрою.

Необхідне для цього зусилля створюється двигуном постійного струму. Крутний момент від двигуна через 4 - ступеневий редуктор і через черв'ячні редуктори передається на шпинделі, обертання яких за допомогою двох маточних гайок переміщує ниж-

ню траверсу.

Двигун постійного струму керується тиристорним випрямлячем з регулятором та реверсивним перемикачем контактів.

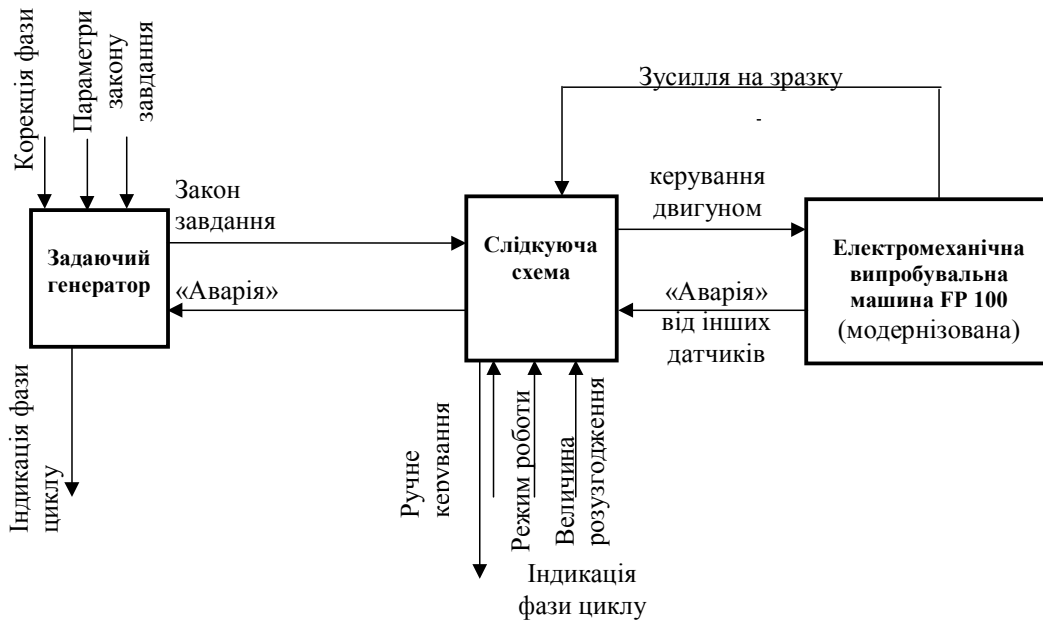


Рис. 3. Функціональна схема роботи блоку регулювання циклічного навантаження

Зусилля вимірюється індуктивним давачем переміщення за допомогою змінних електронних перетворювачів. Результати вимірювань неперервно відображаються на шкалі приладу. У машині передбачена визначена послідовність виконання команд, що запобігає неправильному включенню приводу.

Для забезпечення циклічного навантаження розроблено і виготовлено електронний блок керування переміщенням траверси за циклічних умов навантаження (рис. 3). Блок підключається замість ручного керування переміщенням траверси при включенні автоматичного режиму роботи.

Основні функціональні особливості блоку:

- формує електричний сигнал керування траверсою відповідно до заданого закону за зусиллям, що виникає на досліджуваному зразку (в разі необхідності є можливість прив'язки заданого закону до переміщення чи інших параметрів дослідження);

- відслідковує похибку заданого та реального законів навантаження, а при перевищенні встановленої величини похибки розузгодження формується команда «Аварія», яка переводить машину у ручний режим роботи. Команда «Аварія» може бути ініційована з інших (зовнішніх) давачів;

- надає можливість зміни параметрів закону переміщення траверси як до початку дослідження, так і під час його проведення;

- в ручному режимі роботи забезпечуються всі можливості ручного керування переміщенням траверси, які були до модернізації. Примусове припинення автоматичного режиму (циклічного навантаження) еквівалентні команді «Аварія». В обох випадках блок забезпечує можливість ручного керування машиною;

- повернення в автоматичний режим (циклічне навантаження) можливе у будь-який момент дослідження, за умови відсутності (або після усунення) похибки заданого і вимірювального сигналу величини зусилля (або інших величин);

- початок роботи установки переводить блок у ручний режим. Це також відбувається і при короточасному зникненні і появі електроенергії в мережі;

Основною складовою блоку керування є слідкуюча схема. Слідкуюча схема в автоматичному режимі роботи формує сигнал похибки між сигналом завдання і сигналом зусилля (або іншим параметром). Цей сигнал керує швидкістю переміщення траверси.

рси. У випадку виявлення великого розузгодження (величина задається) формується команда «Аварія». Це можливо у випадку розриву зворотнього зв'язку всієї системи (електромеханічної).

Слідкуюча схема коректно формує всі сигнали для керування двигуном при зміні напрямку руху або зупинці траверси.

Базова модель випробувальної машини дозволяла здійснювати лише статичне навантаження до максимального зусилля ± 10 кН. Після модернізації випробувальної машини можна здійснювати циклічне навантаження зразка за пилкоподібним, трапеце-видним, синусоподібним циклом навантаження. Коефіцієнт асиметрії циклу навантаження $R = \frac{P_{max}}{P_{min}} = 0$, частота навантаження від 0,01 до 0,1 Гц, режим навантаження -

м'який ($\Delta P = const$), причому після відключення програми навантаження та блоку регулювання машина виконує свої базові технологічні функції, тобто може використовуватись для статичних випробувань, тут P_{min} та P_{max} -відповідно найменше та найбільше зусилля при циклічному навантаженні; $\Delta P = \Delta P_{max} - \Delta P_{min}$ -розмах зусилля.

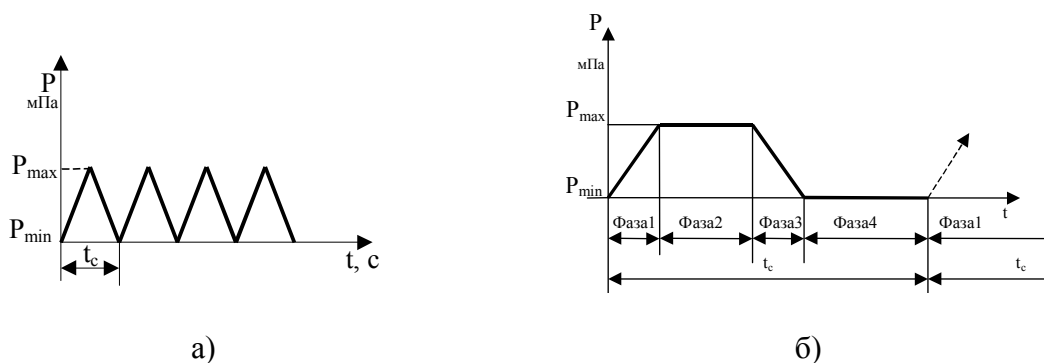


Рис. 4 Види сигналів генератора при циклічному навантаженні зразка
а) пилкоподібний цикл; б) трапецевидний цикл

Форма сигналу навантаження (рис. 4) здійснюється програмно, з комп'ютера типу IBM Pentium II, форма циклу та частота регулюється. Крім того, програма дозволяє регулювати як тривалість циклу t_c в цілому, так і окремих ділянок навантаження, зокрема часу витримки t_h .

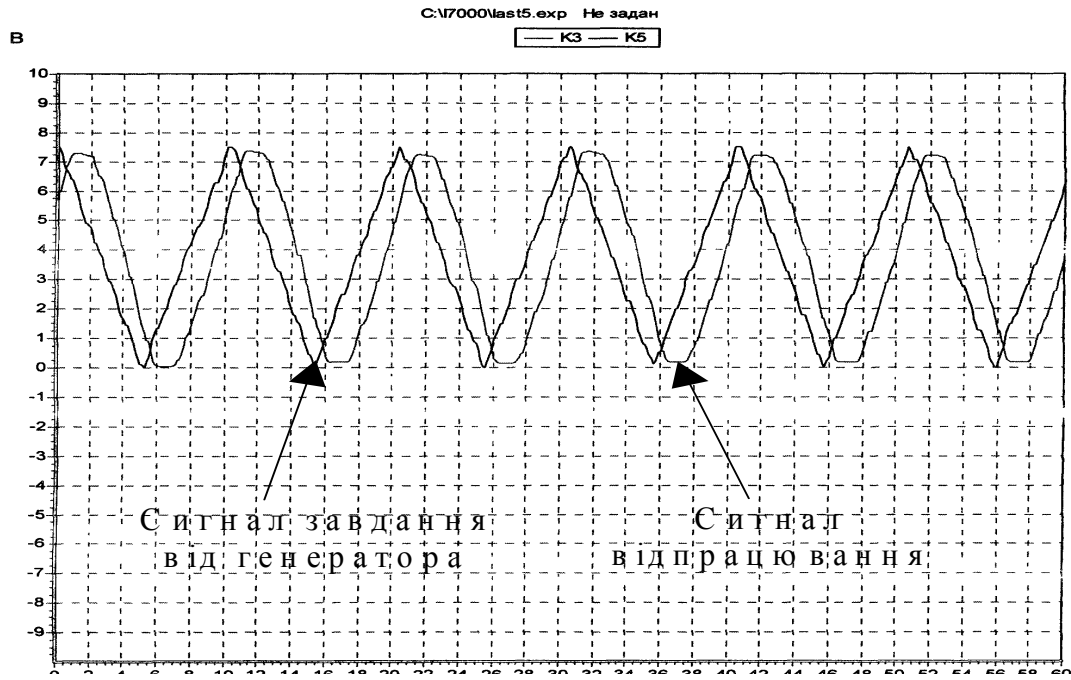
Система має надійний захист від помилок керування та збоїв в роботі Це гарантовано послідовністю включення напрямків руху, спрацюванням електричного гальмування, витримування всіх захисних проміжків часу між цими переключеннями, що унеможливорює подачу недозволених комбінацій керуючих сигналів з блоку на випробувальну машину (даний захист передбачений в машині FP100).

Аналіз протоколів запису експериментальних даних

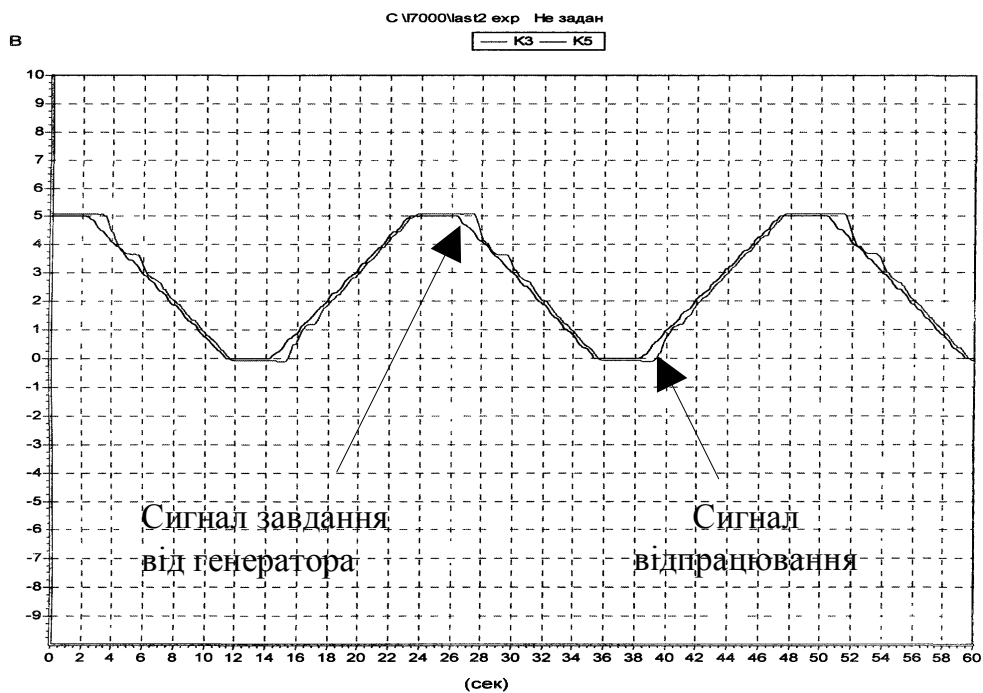
На рис. 5а наведений протокол запису окремої ділянки навантаження при пилкоподібному циклі навантаження ($P_{max} = 3,5$ кН, $P_{min} = 0$ кН) з частотою 0,1 Гц, з якого видно, що випробувальна машина FP 100 відпрацьовує цикли навантаження відповідно до закону завдання, отриманого з генератора. Похибка помітна лише на ділянці зміни напрямку навантаження. Час запізнення при зміні напрямку сигналу відпрацювання становить 1,5 секунди, вершина циклу дещо скруглена, що обумовлено неможливістю миттєвої зміни напрямку у кінематичних ланках машини FP 100.

При трапецевидному циклі навантаження (рис. 5б) сигнал відпрацювання має нелінійні ділянки на початку зміни напрямку циклу, внаслідок чого верхня та нижня полиця циклу є більшою за задану на 1,5 сек.

Дані, отримані в результаті проведення експерименту, накопичуються на жорсткому диску комп'ютера в txt форматі.



а)



б)

Рис. 5 Протокол ділянки запису циклічного навантаження в режимі осцилографа
а) при пілкоподібній формі циклу; б) при трапецевидній формі циклу

Висновки

На базі випробувальної машини FP 100 розроблений оригінальний стенд, що дозволяє здійснювати випробування лабораторних зразків в умовах циклічного навантаження з керуванням від персонального комп'ютера типу IBM Pentium II.

Модернізована установка FP 100 забезпечує випробування лабораторних зразків при пілкоподібній та трапецевидній формі циклу із записом вимірювальних даних у м'якому режимі навантаження.

The new technical decision of a problem of use electromechanical machines for tests on characteristics of crack resistance is proposed. The original stand is developed which allows for investigations of laboratory specimens at load controlled. In article is described the system of record and accumulation the data of experiment on PC.

Література

1. Прочность материалов и элементов конструкций в экстремальных условиях / Под. общ. ред. Г.С.Писаренко.- Киев: Наукова думка, 1980. – Т.1. – 535 с.
2. А.И.Петренко К методике механических испытаний материалов с винтовыми нагружающими устройствами // Проблемы прочности.- 2001, №2, - С. 142-146.
3. N.Miura, V.Nakayama, Y.Takahashi, K.Kishimoto, T.Kitamura, G.Yagawa Improvement of Structural Integrity Assessment Guideline for Fast Reactor Components – part II: Evaluation of Creep – Fatigue Crack Propagation Transactions, SMIRT 16, Washington DC, August 2001.
4. N.P.O'Dowd and Yu.Lei, The effect of residual stress on the fracture resistance of ductile steels // PVP-Computational Weld Mechanics, Constraint and Weld Fracture, ASME 2002, New York – 2002 – Vol. 434 - P. 175-180.

Одержано 01.04.2003 р.