

Данилишин Г. Розробка кспериментального стенда для визначення реактивного моменту гідростатичного трансформатора з інтегрованою програмою «powergraph»/ Г. Данилишин, П. Стухляк // Вісник ДДТУ. — 2009. — Том 14. — № 4. — С. 119-126. — (машинобудування, автоматизація виробництва та процеси механічної обробки).

УДК 621.226.5; 621.3.083

Г. Данилишин, канд. техн. наук; П. Стухляк, докт. техн. Наук

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

РОЗРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РЕАКТИВНОГО МОМЕНТУ ГІДРОСТАТИЧНОГО ТРАНСФОРМАТОРА З ІНТЕГРОВАНОЮ ПРОГРАМОЮ «POWERGRAPH»

Резюме. Представлено особливості розробки та налаштування експериментального стенда для визначення реактивного моменту на виході гідростатичного трансформатора з інтегрованою програмою «PowerGraph» у стоповому режимі. Визначено оптимальний реостат як давач для стенда, охарактеризовано особливості підключення й тарування давачів, а також особливості використання окремих функцій програми: встановлення швидкості записування, зміна масштабу шкали часу та шкали амплітуд, фільтрування сигналу.

Ключові слова: експериментальний стенд, гідростатичний трансформатор, гідронасос, реактивний момент, автоматична трансмісія, програма «PowerGraph».

G. Danylyshyn, P. Stukhlyak

DEVELOPMENT OF EXPERIMENTAL STAND FOR TORQUE REACTION MOMENT DETERMINATION OF HYDROSTATICAL TRANSFORMER WITH THE INTEGRATED PROGRAM «POWERGRAPH»

The summary. The features of development and adjustment of experimental stand are presented for the purpose of torque reaction moment determination on the output of hydrostatical transformer with the integrated program «PowerGraph» in the stale condition. The optimum rheostat was defined as the sensor for the stand. The features of sensor connecting and calibration are described as well as the features of separate program functions usage, like record of speed establishment, change of time and amplitude scale values, signal filtration.

Keywords: experimental stand, hydrostatical transformer, hydraulic pump, torque reaction moment, automatic transmission, program «PowerGraph».

Вступ. Одним із основних етапів розробки нових конструкцій силових передач, насамперед гідростатичних передач із дросельним регулюванням, є їх експериментальні дослідження з метою перевірки або визначення певних характеристик, зокрема, підтвердження теоретичних результатів і вивчення впливу побічних факторів на втрати потужності, перевірка вибраних методів розрахунку та їх корегування, вивчення динамічних властивостей передачі та їх впливу на режим роботи машини [1, 2].

Гідрооб'ємним передачам характерні динамічні зв'язки та високий коефіцієнт корисної дії, що зумовлює високу точність вимірювань, правильний вибір гальмівного пристрою, контроль-но-виміральної та записуючої апаратури, а методика досліджень

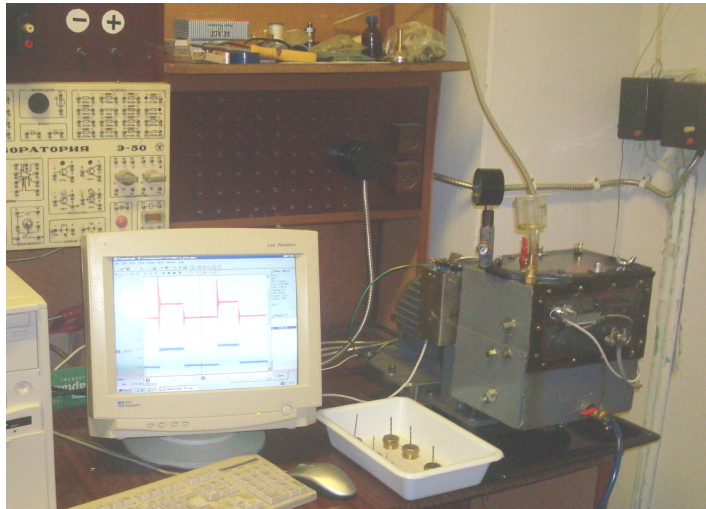


Рис.1. Експериментальний стенд

повинна враховувати малозначущі фактори та зовнішні завади [3]. Для забезпечення високої якості випробувань при визначенні обертових моментів на вході та на виході гідростатичного привода, а також реактивного моменту гідростатичного трансформатора згідно з [4], запропоновано експериментальний стенд із інтегрованою програмою «PowerGraph» (рис.1). Характеристика особливостей розробки та налаштування стенда при експериментальних дослідженнях визначила **мету даної роботи**. Експериментальний стенд містить електродвигун 1 потужністю $N=1,1$ кВт (рис.2) та розміщений у резервуарі 2 з робочою рідиною і дросельований реактивним дроселем 3 гідронасос 4 (пластинчастий гідронасос БГ 12 – 41), статори 5 і 6 котрих шарнірно зв'язані з корпусом 7 стенда і підпружинені пружинами 8 і 9, а ротори 10 і 11 кінематично зв'язані між собою. Обертові моменти на електродвигуні та гідронасосі визначали шляхом реєстрації кутового зміщення статорів за допомогою комп'ютера з інтегрованою програмою «PowerGraph» як персонального самописця, сигнали до якого подавались від умонтованих на стенді змінних резисторів як давачів 12 і 13 т

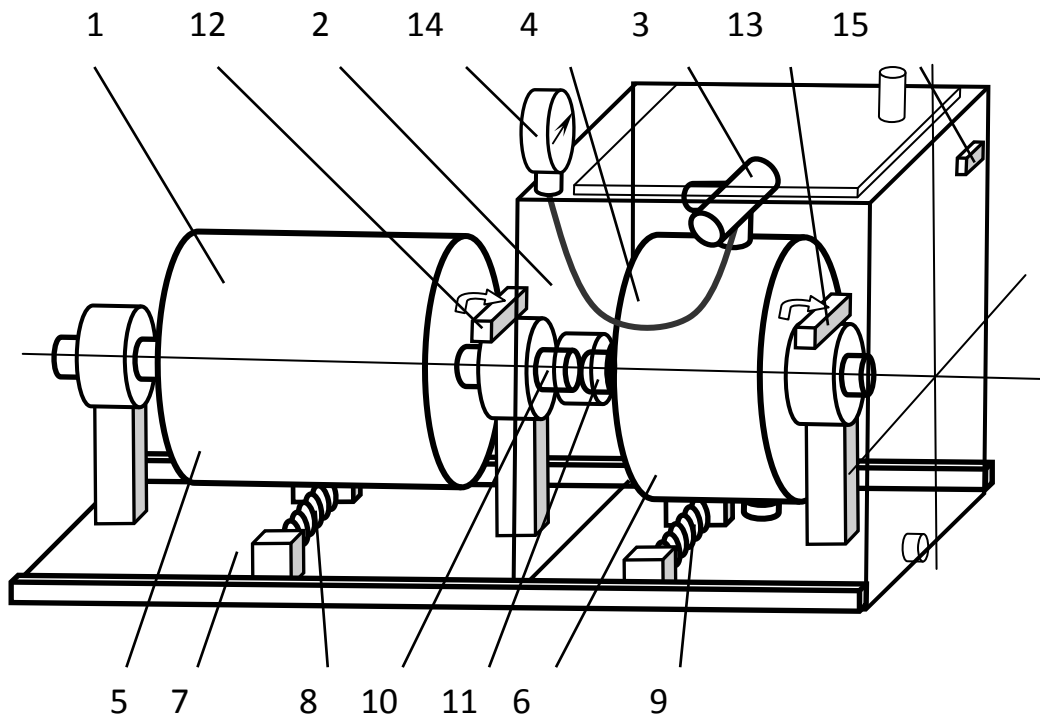


Рис. 2. Компонувальна схема стенда

реєстрували через пристрій вводу ігрового порту з ілюстрацією на моніторі. Тиск робочої рідини на виході гідронасоса визначили манометром 14. Для визначення температури робочої рідини вмонтовано термодавач 15, сигнал від якого фіксував комп'ютер при дослідженні теплового режиму. Це дало змогу відмовитися від гальмівних пристроїв, тензодавачів, тензопідсилювачів, струмознімальних пристосувань та осцилографа. Аналіз результатів досліджень у цьому випадку здійснювали безпосередньо на комп'ютері, що значно підвищило якість і достовірність випробувань. Реактивний момент і втрати визначали шляхом реєстрації та аналізу результатів досліджень при різному спрямуванні струминки робочої рідини, а саме: за напрямком осі обертання корпусу гідронасоса, проти напрямку обертання та за напрямком обертання корпусу гідронасоса при різних діаметрах дроселя та різних обертах електродвигуна.

Загальна характеристика програми «PowerGraph». Програма призначена для реєстрації, обробки і зберігання аналогових сигналів, записаних за допомогою аналого-цифрових перетворювачів (АЦП), і дозволяє використовувати персональний комп'ютер в якості самозаписуючого пристрою [5]. Основні функції програми: реєстрація аналогових сигналів у реальному масштабі часу, графічне представлення і зберігання даних, первинний аналіз і опрацювання записаних даних, їх імпорт і експорт. Програму та довідник із її використання можна завантажити на сайті www.povergraph.ru (безкоштовна робоча версія 2.1). Мінімальні потреби при установці програми: операційна система - Windows (98, ME, 2000, XP, Vista); операційна пам'ять – 32 Мб; вільного місця на жорсткому диску – 50 Мб. Для записування сигналів у програмі «PowerGraph» необхідно заздалегідь вибрати відповідний драйвер пристрою АЦП (наприклад, Joystick).

Для аналізу даних у програмі «PowerGraph» використовували набір інструментів. Вони реалізовані у вигляді додаткових вікон програми, що надають специфічні функції аналізу даних (математичні розрахунки, побудова графіків і т.п.): Zoom Window – дозволяє переглядати записані дані в збільшеному масштабі, а також визначати значення амплітуди і часу окремих точок кожного каналу; DataPad – містить велику кількість інформаційних і статистичних функцій, що дозволить отримати

інформацію про характеристики блоку, області виділення і даних будь-якого каналу; XY Window – дозволяє будувати графік залежності амплітуди одного каналу від іншого й аналізувати кореляцію сигналів у цих каналах, а також визначає такі статистичні значення: лінійний коефіцієнт кореляції, середнє значення, дисперсію і стандартне відхилення для кожного з каналів.

Таким чином, застосування програми «PowerGraph» дає змогу ефективно та якісно реєструвати, зберігати й оцінювати результати експериментальних випробувань, опрацьовувати та експортувати їх.

Дослідження та підключення давачів. Програма «PowerGraph» передбачає в режимі Joystick при підключенні до ігрового порту використовувати як давачі змінні резистори в діапазоні 0-100 кОм. Виходячи з передбачуваного переміщення (до 20 мм) повзуна реостата в експериментальному стенді, було досліджено наявні реостати: 1 - UNITRA TELPOD 470 (0-470 кОм), 2 - M10B (0-100 кОм), 3 - M22B (0-220 кОм), 4 - M68FO (0-580 кОм) та визначено їх характеристики: залежність опору R реостата від

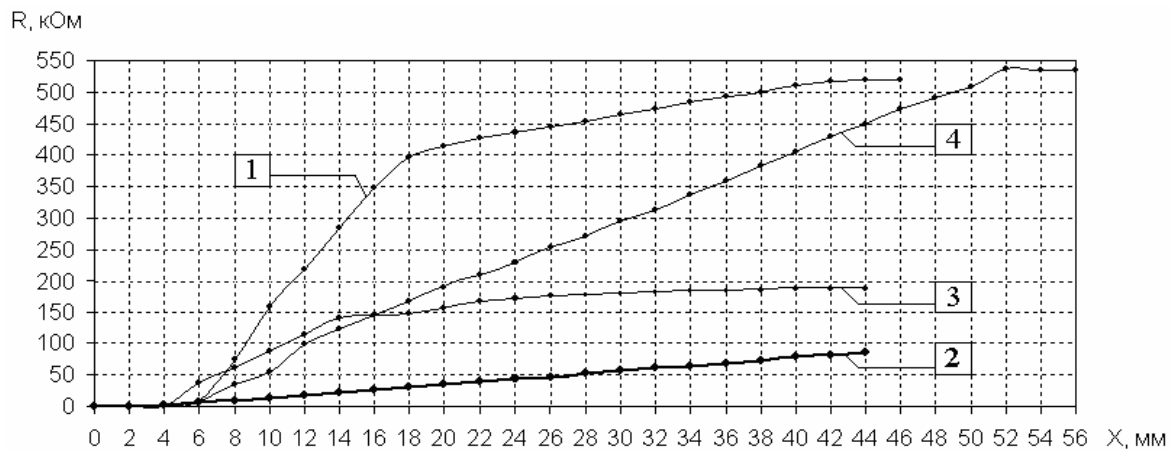


Рис. 3. Залежність опору R реостата від переміщення повзуна x

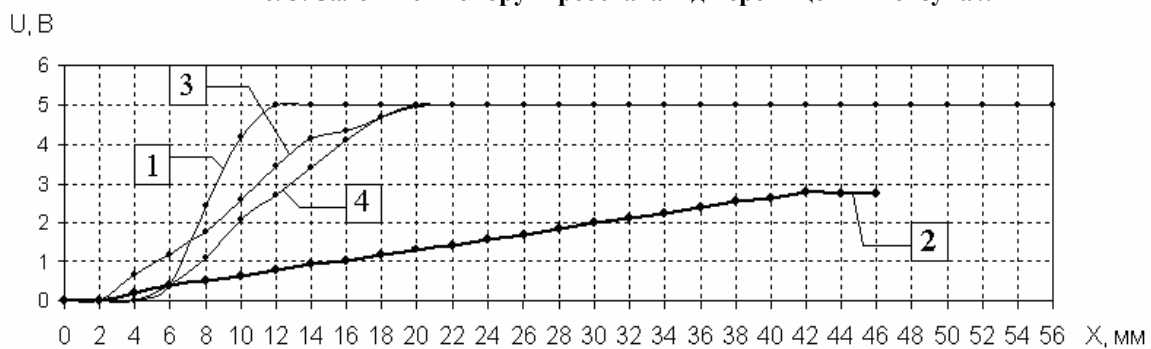
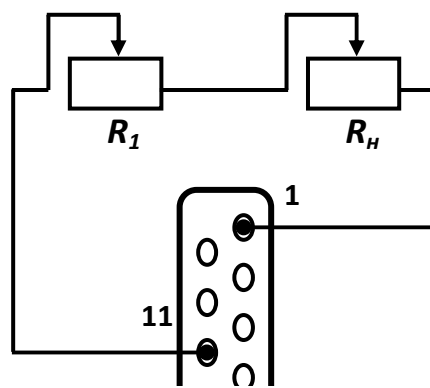


Рис. 4. Залежність напруги U від переміщення повзуна x

переміщення повзуна реостата x (рис.3) і залежність напруги U від переміщення повзуна реостата x (рис.4).

Експериментально встановлено (рис.4), що реостати 1, 3 і 4 мають нелінійну залежність і можуть бути використані лише в обмеженому діапазоні переміщень повзуна. Реостат 2 - M10B має лінійні характеристики на всьому діапазоні переміщення повзуна і є найоптимальнішим для використання як давач для експериментального стенда.



При експериментальних дослідженнях через ігровий порт персонального комп'ютера можна підключити до 4-х незалежних змінних резисторів (давачів) у діапазоні 0-100 кОм. За необхідності кількість каналів можна збільшити до 16-и шляхом підключення спеціальних плат або зовнішніх модулів. Для двофакторного експерименту достатньо використати два канали з послідовним підключенням регулювальних (за необхідності) реостатів R_1 , R_2 та робочих реостатів R_n , $R_{дв}$ для кожного каналу (рис.5). Відкривши програму, вибираємо кількість необхідних каналів (Number of Graphs), масштаб (Scale) та швидкість (Rate) записування.

Тарування давачів здійснювали шляхом кутового зміщення статорів електродвигуна та гідронасоса еталонними вагами 5 Н і 10 Н на плечі 0,5 м. Для цього при відповідному підсиленні напруги фіксували її значення безпосередньо на дисплеї комп'ютера для обертових моментів від 2,5 Н·м до 17,5 Н·м. Значення напруги зумовлене багатьма факторами, зокрема характеристиками та розміщенням резисторів, розміщенням й жорсткістю пружин, ступенем їх стискання. Тому при попередньому таруванні, здебільшого, отримуємо різні напруги за однакових еталонів. Наприклад, для обертового моменту $T=15\text{Н}\cdot\text{м}$ були зафіксовані напруги для електродвигуна та гідронасоса $U_{дв}=2,075\text{ В}$, $U_n=2,02\text{ В}$ при початковій нарузі $U_{0дв}=1,6\text{ В}$, $U_{0n}=1,6\text{ В}$. Для зручності аналізу та візуального представлення результатів експериментів було зменшено плече l давача електродвигуна, виходячи з умови

$$l = l_n (U_n - U_{0n}) / (U_{дв} - U_{0дв}),$$

де l_n – плече давача електродвигуна при попередньому таруванні, м.

Після коректування сила $P=30\text{Н}$ при встановлених для дослідження привода параметрах зумовила збільшення напруги з $U_0=1,6\text{ В}$ до $U_{15}=2,02\text{ В}$, тобто значення напруги $U_{15}=2,02\text{ В}$ рівносильне обертовому моменту $T=15\text{Н}\cdot\text{м}$ на електродвигуні (рис.6) та на гідронаосі (рис.7).

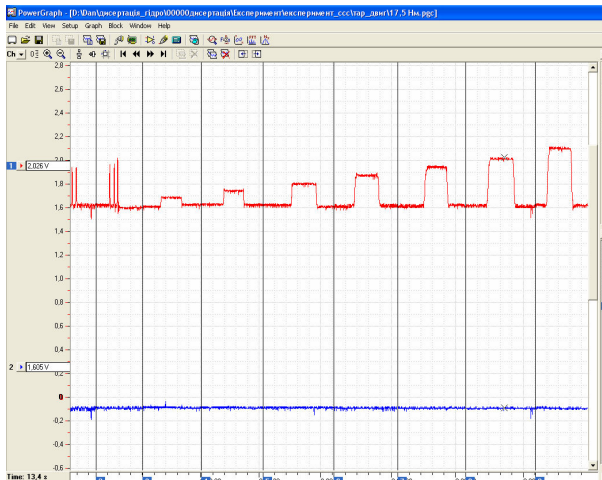


Рис. 6. Результати тарування давача електродвигуна

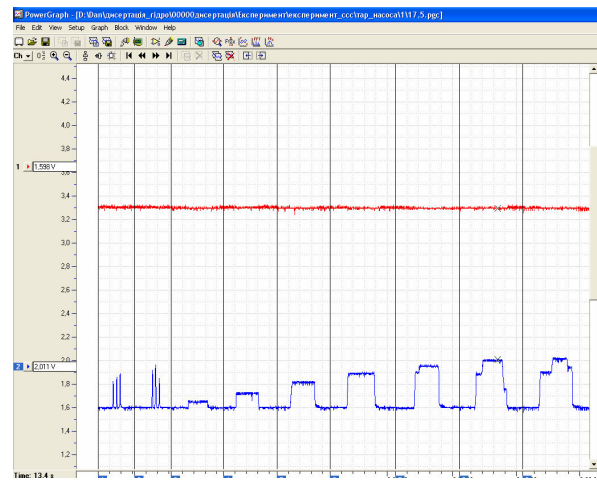
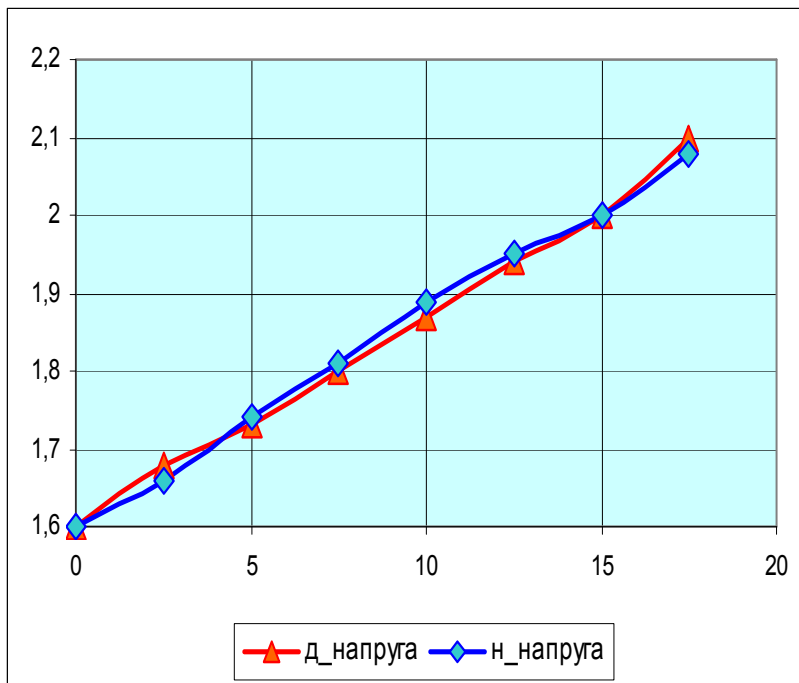


Рис. 7. Результати тарування давача гідронаоса

За результатами тарування давачів формуємо тарувальні графіки залежностей напруг від еталонних обертових моментів (рис.8), які дозволять при експериментальних дослідженнях за відомою напругою визначити обертові моменти на вході та на виході гідропривода.

Таким чином, представлений спосіб тарування давачів дає змогу ефективно та



МОМЕНТ	напруга	н напруга
0	1,6	1,6
2,5	1,68	1,66
5	1,73	1,74
7,5	1,8	1,81
10	1,87	1,89
12,5	1,94	1,95
15	2	2
17,5	2,1	2,08

Рис. 8. Тарувальні графіки залежностей напруг $U_{дв}$ і $U_{н}$ від еталонних обертових моментів T

якісно оцінити результати експериментальних випробувань, зменшити об'єм попередніх розрахунків та покращити віртуальне представлення результатів.

Особливості використання окремих функцій програми «PowerGraph»

Використання програми «PowerGraph» як персонального самописця дає можливість отримувати безпосередньо на дисплеї комп'ютера та аналізувати результати досліджень, які при задіяних масштабах шкали напруги (Scale= 0,1...0,2 V) мають певні за величиною і, як правило, імпульсні характеристики (рис.9а).

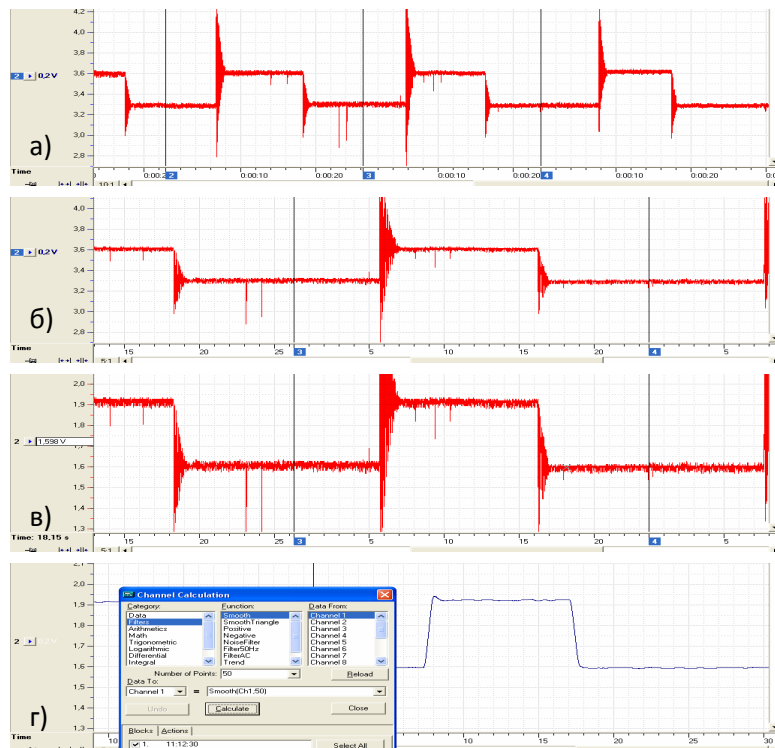


Рис. 9. Результати масштабування та фільтрування сигналів функціями програми

Швидкість записування встановлюємо кнопкою праворуч від текстового поля Sampling Rate (Hz) («Швидкість записування (Гц)»), яка дозволяє вибрати швидкість записування зі списку стандартних значень, кратних 2, 5 і 10.

Програма «PowerGraph» дозволяє масштабувати графіки за шкалою часу (рис.9б) та за амплітудою (рис.9в) для зручності переглядання записаних даних.

Масштаб шкали часу змінюють за допомогою меню View\Time Scale, що містить список доступних масштабів від 1:1 (немає стиснення) до 2k:1 (стиснення в 2000 разів), кратних 2, 5 і 10. Внизу зліва розташована кнопки швидкого доступу до меню масштабу часу. Змінити масштаб часу можна також за допомогою кнопок, розташованих зліва від кнопки швидкого доступу.

Масштаб шкали амплітуди може бути змінений у діапазоні від 1 мВ до 1 кВ. Допустимі значення масштабу амплітуди складають градації, кратні 2, 5 і 10. Змінити масштаб амплітуди активного графіка можна двома способами. Перший полягає у виборі необхідного масштабу зі списку допустимих значень у меню Graph (графіка) – пункт Scale. Другий спосіб дозволяє збільшити або зменшити поточний масштаб амплітуди переходом до наступної або попередньої градації масштабу за допомогою меню Graph (графіка) і пунктів Zoom In і Zoom Out. Також для зміни масштабу амплітуди можна використовувати відповідні кнопки збільшення і зменшення масштабу, розташовані на панелі інструментів над шкалою амплітуди.

Спроби згладити імпульси шляхом шунтування конденсатором не дали бажаних результатів, тому поставлена задача була вирішена однією з функцій програми «Channel Calculation» («Розрахунки в Каналі») з меню Graph – пункт Data\Calculation. У відкритому вікні обираємо категорію Filters (фільтрування сигналу), функцію Smooth Triangle (згладжування сигналу з використанням трикутного вікна), кількість точок

згладжування (прийнято 50) та відповідний канал і натискаємо кнопку Calculate(обчислити за формулою).

Отриманий згладжений сигнал (рис.9г) дає можливість точно визначити напругу (відповідно параметр експерименту). Наприклад, у часовому діапазоні 10-15 сек. вихідна напруга імпульсного сигналу в межах $U_{15}=(1,996 - 2,011) В$ перетворюється у перераховані значення напруги згладженого сигналу $U_{15}=2 В$.

Таким чином, вказана функція програми «PowerGraph» дає можливість ефективно згладжувати імпульси без використання додаткового обладнання.

Висновки. У роботі проаналізовано особливості розробки та налаштування експериментального стенда для визначення реактивного моменту на виході гідростатичного трансформатора з інтегрованою програмою «PowerGraph» у стоповому режимі. Визначено оптимальний реостат як давач для стенда. Встановлено, що запропонований і представлений експериментальний стенд забезпечить високу якість випробувань при визначенні обертових моментів на вході та на виході гідростатичного привода, реактивного моменту гідростатичного трансформатора, а також при дослідженні теплового режиму гідропередачі.

Література

1. Финкельштейн З.Л. Расчет, проектирование и эксплуатация объемного гидропривода / З.Л. Финкельштейн, О.М. Яхно, В.Г. Чебан и др. – К.: НТУУ «КПИ», 2006. – 216 с.
2. Нагайцев М.В. Автоматические коробки передач современных легковых автомобилей / М.В. Нагайцев, С.А Харитонов, Е.Г. Юдин. – М.: Легион-Автодата, 2003. – 128 с.
3. Пономаренко Ю.Ф. Испытание гидropередач / Ю.Ф. Пономаренко. – М.: Машиностроение, 1968. – 292 с.
4. Пат. 81150 С2 Україна, МПК F16Н39/00, 41/00, В60К17/10. Автоматичний об'ємно-реактивний гідротрансформатор / Г.М. Данилишин. – № а200510704; заявл. 14.11.05; опубл. 10.12.07, Бюл. № 20.
5. <http://www.powergraph.ru/>

Одержано 12.11.2009р.