

УДК 532.593

Олександр МЕЛЬНИК
melnikaleksandr908@gmail.com
ORCID: 0000-0002-9778-4109
м. Миколаїв

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ РЕЄСТРАЦІЇ ІМПУЛЬСНОГО ТИСКУ В РІДКИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Роботу присвячено розробці інформаційно-вимірювальної системи для визначення імпульсного тиску у вільному полі рідкого середовища. Проведено аналіз особливостей вимірювань імпульсного тиску у вільному полі і навантажень на поверхні технологічних перешкод. Наведено структурну схему вимірювального тракту. Описано особливості вимірювання імпульсного тиску в електророзрядних технологіях.

Ключові слова: імпульсний тиск, електричний розряд, датчик тиску, вимірювальний тракт, рідке середовище.

Постановка проблеми

В експериментальних дослідженнях імпульсних процесів, що генеруються різноманітними імпульсними джерелами, виникає необхідність постійного моніторингу їхніх параметрів [1]. Саме вони дають важливу інформацію про фізичні явища в цих процесах. Точні вимірювання параметрів необхідні і для удосконалення існуючих імпульсних технологій. Слід зазначити, що в сучасних умовах спостерігається все більш широке застосування в промисловості імпульсних методів впливу на технологічні об'єкти обробки. Актуальність роботи обумовлено широким застосуванням джерел імпульсних збурень в промисловості, тому алгоритми відновлення неспотвореного профілю тисків за результатами вимірювань можуть бути впроваджені в сучасні інформаційно-вимірювальні системи (ІВС) при автоматизації розрядно-імпульсних технологій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Важливу роль в експериментальних дослідженнях підводного електричного розряду грає вимірювання тиску, що генерується плазмовим каналом. Профіль тиску несе важливу інформацію про фізику і механіку цих процесів. Точні виміри імпу-

льсного тиску необхідні і для вдосконалення існуючих імпульсних технологій. Ряд досліджень показує, що при імпульсному процесі технологічний ефект істотно залежить не тільки від пікових значень діючого тиску, а й від вигляду профілю останнього [2]. Відповідний вибір профілю дозволяє знизити межу плинності деформованого матеріалу, деформувати крихкі та такі, що важко піддаються витяжці метали, істотно підвищувати міцність з'єднання при розвальцьовуванні труб, інтенсифікувати і оптимізувати процеси прокату металу і кристалізації виливків. Таким чином, проблема точного вимірювання імпульсних тисків має як фундаментальне, так і прикладне значення.

Зусиллями багатьох дослідників розроблено ряд методів вимірювання імпульсних тисків, створено численні конструкції датчиків [3]. Однак, незважаючи на успіхи, досягнуті в конструюванні і виготовленні датчиків, вимірювання вже при характерному часі порядку 1 мкс супроводжується значними похибками результатів. Тим часом дослідження в галузі фізики твердого тіла показують, що дії з характерним часом близько 10-1 мкс здатні активно впливати на дислокаційну структуру металу, і тому становлять значний інтерес. Дослідження у зазначеному часовому діапазоні неможливі без зниження систематичних

похибок при вимірюванні імпульсних тисків. Вочевидь, що рішення такої проблеми тільки емпіричним шляхом досить проблематично. Радикальне зниження названих похибок вимагає додаткових засобів при вимірюваннях імпульсного тиску в рідких середовищах.

Методи, що застосовуються в даний час для вимірювань імпульсного гідродинамічного тиску, можна розбити на дві основні групи:

- методи, що засновано на залежності фізичних властивостей рідини від тиску;
- методи, в яких вплив рідини передається датчику, а потім використовується залежність фізичних властивостей цього датчика від тиску.

При вимірюванні тиску в рідині змінюється цілий ряд її фізичних характеристик. Однак далеко не всі з них придатні для цілей вимірювання. Так, наприклад, для всіх рідин існує залежність швидкості звуку від тиску. Залежить від тиску також питома провідність електропровідних рідин, діелектрична проникність, температура кипіння та ін. Однак більшість перерахованих ефектів для вимірювання імпульсного тиску не використовуються.

У методах другої групи під дією тиску змінюються фізичні або конструктивні параметри датчика, які реєструються ІВС. Методи другої групи дозволяють точно локалізувати точку, в якій проводиться визначення тиску. Датчики дозволяють в принципі робити точні кількісні вимірювання тиску. Однак наявність датчиків спотворює поле тисків. Отримання картини просторового розподілу тиску стає абсолютно нереальним, оскільки для цього довелося б вводити в рідину велику кількість датчиків. Таким чином, методи першої і другої груп слід вважати такими, що доповнюють один одного. Методи першої групи доцільні для отримання якісної картини поля тисків, методи другої групи дозволяють отримати кількісні характеристики тиску в околиці датчику. В даний час якісна картина розподілу тисків при роботі

електророзрядних установок в більшості випадків вважається достатньо ясною, а, отже, найбільш актуальним слід вважати дослідження кількісної сторони явища.

Для вимірювання імпульсних гідродинамічних тисків розроблено досить велику кількість різноманітних конструкцій датчиків, що використовують як зміну електричних конструктивних параметрів (ємності, опору), так і залежність від тиску фізичних характеристик, таких, як поляризація, зміна параметрів кристалічної решітки, кінетичні явища в напівпровідниках. Основна увага при цьому приділяється другому різновиду датчиків.

Одна з основних проблем сучасної експериментальної гідродинаміки полягає в підвищенні точності вимірювання імпульсних тисків. При цьому, якщо зменшення випадкових похибок вимірювання досягається збільшенням кількості вимірювань і подальшою статистичною обробкою даних, то задача зниження систематичних похибок набагато складніша.

Для вирішення проблеми зниження або усунення систематичних похибок імпульсних гідродинамічних вимірювань є наступні можливості. Перший шлях полягає в удосконаленні апаратури і методів вимірювання, пошуку якісно нових методів. Це досить широка програма дій, в реалізації якої важко намітити конкретні шляхи вирішення. Другий шлях полягає у вимірюванні тиску декількома принципово різними способами. В цьому випадку систематичні похибки, що вносяться різними способами, в сукупності набувають випадковий характер, тому усереднення результатів призводить до деякого підвищення точності. Третій шлях полягає в побудові математичної моделі вимірювального тракту, що дає можливість усунення похибки результату вимірів шляхом подальшої обробки даних. Таким чином, найбільш доцільною представляється програма побудови математичної моделі вимірювального тракту, аналітичний опис процесів вимірювання і подальше усунення систематичних

похибок шляхом математичної обробки даних. Відзначимо, що така обробка може бути здійснена в режимі реального часу, при цьому використання ІВС, як елемента вимірювального комплексу, можна розглядати, як якісно новий метод вдосконалення вимірювальної апаратури.

Постановка завдання

Роботу присвячено розробці ІВС для визначення імпульсного тиску у вільному полі рідкого середовища. З цією метою необхідно провести аналіз особливостей вимірювання імпульсного тиску у вільному полі і навантажень на поверхні технологічних перешкод, розглянути структурну схему вимірювального тракту, описати особливості вимірювання імпульсного тиску в електророзрядних технологіях.

Виклад основного матеріалу

Для реєстрації і обробки інформації, що характеризує зазначені вище процеси, необхідно до технологічної установки підключити ІВС на базі ПК. Для одночасної фіксації показників датчиків та обробки результатів пропонується застосування універсальної лабораторної установки на базі мікропроцесору. Для цифрової обробки си-

гналів необхідно мати аналогово-цифровий перетворювач сигналу і програмне забезпечення, що реалізує алгоритми його попередньої цифрової обробки. За допомогою мікропроцесору можна здійснювати дискретизацію аналогових сигналів, накопичення даних при декількох реалізаціях експерименту чи технологічного процесу, їх осереднення, отримання спектру сигналу, його фільтрацію і передачу в ПК для подальшої інтерпретації результатів на базі математичної моделі процесу або явища [4]. Схему такої ІВС представлено на рис. 1.

Апаратне забезпечення ІВС включає в себе систему вимірювання та управління; систему комутації; систему передачі та обробки даних.

Для здійснення необхідних вимірювань, а також генерації сигналів використовується набір плат введення-виведення, що встановлюються на РСІ-шині лабораторного серверу. Для автоматизованого підключення до досліджуваної схеми тих чи інших елементів використовується комутатор, що знаходиться безпосередньо в лабораторній установці. Управління комутатором здійснюється за допомогою цифрових портів плати введення-виведення.

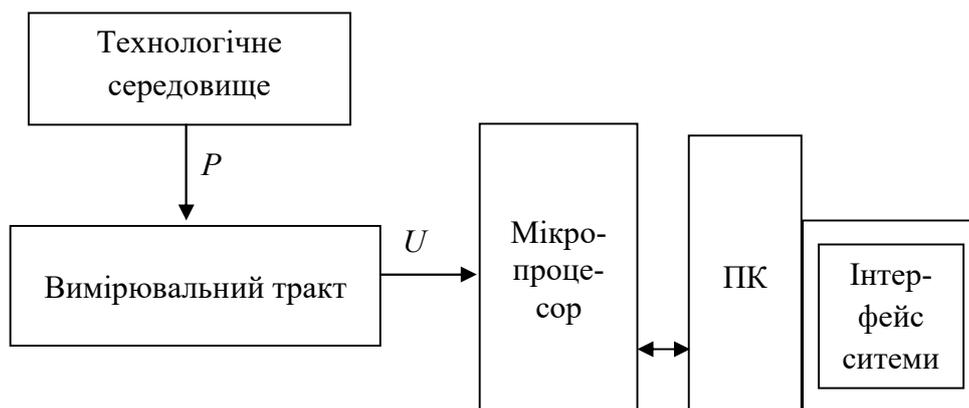


Рис.1. Схема ІВС:

P – імпульсний тиск; U – сигнал датчиків

В результаті застосування ІВС можна автоматизувати процес реєстрації сигналів датчиків та їх обробки, що дозволить проводити лабораторні дослідження та здійснювати моніторинг технологічних

процесів в галузі електророзрядних технологій.

Перш за все, датчик являє собою чужорідне тіло, введене в рідину і тим самим спотворює вигляд хвильового поля. Інша

особливість полягає в тому, що датчик, відображає не істинний профіль збурення, а власне перетворення імпульсного тиску. Як матеріальне тіло, датчик має деяку інерційність, тому він не може миттєво відобразити зміни зовнішнього впливу, і також після припинення впливів не може миттєво повернутися до вихідного стану. Таким чином, показання датчика завжди будуть спотворені перехідними процесами. Особливі труднощі представляють вимірювання тиску при електророзряді в рідині в безпосередній близькості від плазмового каналу. Такі вимірювання ускладнюються як тією обставиною, що тиски перевищують межу міцності керамічних матеріалів і природних п'єзокристалів, так і, в ще більшому ступені, високим рівнем електромагнітних поміх.

Єдиним радикальним шляхом вирішення основної проблеми імпульсних гідродинамічних вимірювань є аналітичне відновлення неспотвореного профілю тиску за результатами вимірювань, що здійснюється на основі побудованої математичної моделі вимірювального тракту і розв'язання оберненої задачі теорії вимірювання. Отримані алгоритми відновлення профілю тиску, в більшості випадків принципово не складні, але порівняно громіздкі, а тому вимагають обробки результатів на ПК.

Процес вимірювання деякої величини включає в себе неодноразові перетворення цієї величини, а будь-яке перетворення є незворотній процес, в якому втрачається деяка частина вихідної інформації. В першу чергу, процес необхідно розділити на структурні блоки, в кожному з яких відбувається тільки одне перетворення вимірюваної величини. тобто в кожному блоці відбувається деяке елементарне перетворення інформації. Розглянемо процес вимірювання тиску за допомогою п'єзокерамічного датчика та виділимо наступні елементарні перетворення (рис.2):

Близькість до джерела імпульсного тиску, необхідність розв'язки чутливого елемента датчика і контуру електричного кола, по якому протікає імпульсний струм, що досягає величин порядку 10^4 А, наявність

жорсткої стінки камери, на якій закріплено датчик, підвищує рівень вимог до ІВС, що робить неможливим застосування більшості стандартних датчиків тиску, в тому числі, гідрофонів. Крім того, датчики стандартної конструкції не можна використовувати в умовах сильних електромагнітних полів, які супроводжують розряд. Таким чином, виникає необхідність в розробці ІВС, що забезпечує достовірність отриманих результатів вимірювань і надійність функціонування в умовах сильних електромагнітних полів. Відмінною особливістю розробленої ІВС повинна бути висока чутливість датчика, завдяки якій генерується корисний сигнал амплітудою від 10 до 100 В. Однак сигнал такої амплітуди є небезпечним як для реєструючого осцилографу, так і для перетворювального елемента датчика. Для зниження рівня вимірювального сигналу використовується вимірювальний тракт, що запропоновано у роботі [5], яку присвячено розробці стійкого до електричних поміх п'єзоелектричного хвилевідного датчика для вимірювання імпульсного тиску на близькій відстані від каналу високовольтного розряду в замкненому об'ємі рідини.

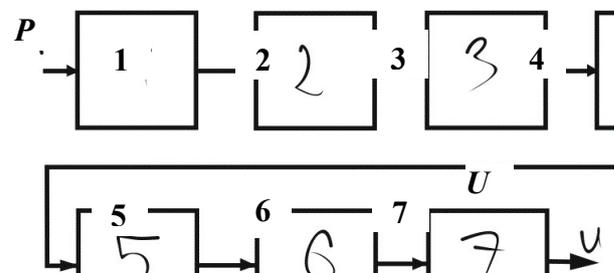


Рис. 2. Структурна схема вимірювального тракту

1 – поле тисків у рідині перетворюється в поле тисків на поверхні датчика; 2 – поле тисків на поверхні датчика перетворюється в поле напружень всередині нього; 3 – поле напружень перетворюється в поле переміщень усередині датчика; 4 – поле переміщень (тензорне поле деформацій) перетворюється в поле густини електричного заряду п'єзокераміки; 5 – поле густини заряду перетворюється в різницю потенціалів на обкладинках п'єзокерамічного датчика; 6 – різниця потенціалів перетворюється в напругу на вході реєструючого приладу – осцилографу; 7 – аналогова форма сигналу перетворюється в цифрову

Висновки і перспективи досліджень

На базі проведеного аналізу особливостей вимірювання імпульсного тиску у вільному полі, навантажень на поверхні технологічних перешкод при електричному

розряді в рідині розроблено ІВС для визначення імпульсного тиску у вільному полі рідкого середовища. Обране схемне рішення забезпечить стабільність і достовірність показань реєструючої апаратури запропонованої ІВС.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мельник, О.В. Моделювання гідродинамічних процесів в розрядноімпульсних технологіях [Текст] / О.В.Мельник // Геометричне моделювання та інформаційні технології. – Миколаїв:МНУ імені В.О.Сухомлинського, жовтень 2016. – №2. – С.69-72.
2. Гулый, Г.А. Основы разрядноимпульсных технологий [Текст] // Г.А. Гулый - К.: Наукова думка, 1990. – 208 с.
3. Шарапов, В.М. Датчики: справочное пособие [Текст] // В.М. Шарапов, Е.С. Полищук, Н.Д. Кошевой. – М.: Техносфера, 2012. – 624 с.
4. Парахуда, Н.М. Информационно-измерительные системы [Текст] // Н.М. Парахуда, Б.Я. Литвинов. – СПб: СЗТУ, 2002. – 74 с.
5. Жекул, В.Г. Пьезоэлектрический волноводный датчик для измерения импульсного давления в замкнутых объемах жидкости при высоковольтном электрическом разряде [Текст] / В.Г. Жекул, А.П. Смирнов, Э.И. Тафтай [и др.] // Електротехніка і Електромеханіка. – 2017. – №5. – С.31–35.

Olexandr MELNIK
Mykolayiv

INFORMATION-MEASURING SYSTEM FOR REGISTRATION OF PULSE PRESSURE IN LIQUID ENVIRONMENT

The work is devoted to the development of an information-measuring system for determining the pulse pressure in a free field of a liquid medium. The analysis of the features of pulsed pressure measurements in a free field and loads on the surface of technological barriers is carried out. The structural scheme of the measuring path is given. Peculiarities of pulse pressure measurement in electric discharge technologies are described.

Keywords: pulse pressure, electric discharge, pressure sensor, measuring path, liquid medium.

Александр МЕЛЬНИК
Николаев

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ИМПУЛЬСНОГО ДАВЛЕНИЯ В ЖИДКОЙ СРЕДЕ

Работа посвящена разработке информационно-измерительной системы для определения импульсного давления в свободном поле жидкой среды. Проведен анализ особенностей измерений импульсного давления в свободном поле и нагрузок на поверхности технологических преград. Приведена структурная схема измерительного тракта. Описаны особенности измерения импульсного давления в электроразрядных технологиях.

Ключевые слова: импульсное давление, электрический разряд, датчик давления, измерительный тракт, жидкая среда.

Стаття надійшла до редколегії 28.03.2018