

## МЕТОДИ І ЗАСОБИ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

УДК 620.179.17

### БЕЗКОНТАКТНИЙ ЄМНІСНИЙ МЕТОД ЗБУДЖЕННЯ І ПРИЙОМУ ПРУЖНИХ ХВИЛЬ

К.Л. Ноздрачова\*, Г.М. Сучков

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002, тел. (057) 707-63-80, e-mail: suchkov\_gm@mail.ru

*Розглянуто доцільність застосування ємнісного методу контролю металовиробів у порівнянні з електромагнітно-акустичним методом. Наведено варіант реалізації даного методу. Розроблено блок-схему ультразвукового ємнісного перетворювача, реалізація та ефективність якої полягає у застосуванні двох типів поляризованих імпульсів, що дозволяє значно підвищити чутливість, збільшити амплітуду корисного сигналу та виключити ефект подвоєння частоти.*

*Ключові слова: пружна хвиля, ємнісний метод, збудження, перетворювач, коливання, генератор, блок-схема, ультразвук*

*Рассмотрена целесообразность применения емкостного метода контроля металлоизделий по сравнению с электромагнитно-акустическим методом. Приведен вариант реализации данного метода. Разработана блок-схема ультразвукового емкостного преобразователя, реализация и эффективность которой заключается в применении двух типов поляризованных импульсов, что позволяет значительно повысить чувствительность, увеличить амплитуду полезного сигнала и исключить эффект удвоения частоты.*

*Ключевые слова: упругая волна, емкостный метод, возбуждения, преобразователь, колебания, генератор, блок-схема, ультразвук*

*Considered the relevance of the application of the capacitive control method compared to the electromagnetic acoustic, given the principle of implementation of this method. Developed a block diagram of the capacitive ultrasonic transducer, the implementation and the effectiveness of which is the use of two types of polarizing pulses, which can significantly increase the sensitivity, increase the amplitude of the desired signal and eliminate the effect of frequency doubling.*

*Keywords: elastic wave, capacitive method, excitation, transducer, vibrations, generator, block diagram ultrasound.*

#### Вступ

Під час виробництва металовиробів на підприємствах різних галузей промисловості та виробів, що знаходяться в експлуатації, широко застосовують різні методи і засоби неруйнівного контролю, що дозволяють перевіряти якість продукції без подальшого порушення її придатності до використання за призначенням [1].

Найбільш поширеним методом неруйнівного контролю являється акустичний метод, який дає можливість виявляти не лише макроскопічні дефекти в металах, але і визначати їх структуру. Автоматизація процесів акустичного контролю підвищила його продуктивність та якість технології виробництва.

Підвищення вимог до якості промислової продукції зумовило інтенсивний розвиток

засобів ультразвукового контролю матеріалів і виробів, основу яких складають прилади, які реалізують контактний метод ультразвукового контролю (тобто із застосуванням контактної рідини). Застосування такого методу не є досить ефективним при деяких умовах виробництва та експлуатації продукції, наприклад: при контролі виробів із забрудненою, кородованою поверхнею або з покриттями (фарба, полімерні плівки та інші ізоляційні покриття), дефектоскопія гарячих і холодних виробів, високошвидкісний контроль, дефектоскопія з низькими експлуатаційними витратами і ін. Заповнити нішу можливо за рахунок застосування приладів, які не передбачають застосування контактної рідини [2]. Тобто приладів, які можуть ефективно контролювати якість виробів із забрудненою, кородованою

поверхнею або з ізоляційними покриттями. Застосування таких засобів підвищує продуктивність контролю, знижує витрати на зачистку поверхні виробів та контактну рідину, що постійно витрачається. За рахунок виключення з процесу контролю контактної рідини поліпшуються екологічні умови. Вирішення поставленої проблеми вимагають залізничний транспорт, об'єкти нафтогазової промисловості, металургійна промисловість, хімічна промисловість - при контролі виробів уражених корозією, авіа- і суднобудування тощо.

#### Аналіз відомих досліджень і публікацій

На даний час найбільш ефективно серед безконтактних методів неруйнівного контролю реалізовані засоби, які використовують електромагнітно - акустичний (ЕМА) спосіб збудження і прийому ультразвукових коливань. Однак вони мають ряд обмежень в деяких областях застосування. Зокрема при контролі феромагнітних матеріалів, через сильну взаємодію перетворювача і виробу. Низька ефективність ЕМА-перетворення для сплавів на основі міді, титану та інших. Суттєво впливає на результати контролю виникнення завад у корисному сигналі від пластинок  $Fe_2O_3$  та  $Fe_3O_4$ . При реалізації даного методу застосовуються досить потужні імпульси струму, хоч і короткочасні, що можуть призводити до швидкого виходу із строю елементів ЕМА дефектоскопу [2].

#### Мета статті

Таким чином, значні потенційні переваги з одного боку, недоліки і складність реалізації, з іншого боку призвели до появи важливої для промисловості наукової проблеми. Її суть полягає у розвитку теорії та практики створення нових приладів для безконтактного контролю, що забезпечують виявлення дефектів, вимірювання товщини і визначення структурних параметрів електропровідних виробів широкого асортименту.

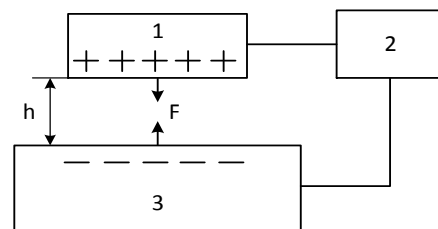
#### Виклад основного матеріалу

Отже, вирішення проблеми створення нового різновиду приладів та способів для ефективного безконтактного ультразвукового контролю є соціально значущим, актуальним і своєчасним. Серед таких методів контролю можна виділити емнісний метод ультразвукового контролю. У відомій літературі також відзначається [3], що цей метод має низьку чутливість та істотну складність апаратурної реалізації. Однак достатньо ефективно розробки, що враховують особливості застосування емнісного методу, в даний час відсутні. Недостатньо розглянуто теоретичні

питання методу, в результаті не створені ефективні прилади для дефектоскопії, не розроблено високочутливих перетворювачів. Не враховано особливості метрологічного забезпечення емнісних приладів ультразвукового контролю.

Останні дослідження, які були направлені на визначення впливу основних технічних і технологічних факторів, що визначають результати контролю [4, 5], довели, що даний метод потенційно може мати достатню чутливість. Він реалізується в широкому частотному діапазоні при збудженні та прийомі ультразвукових коливань. Тому подальша розробка перетворювачів даного типу є перспективною.

Емнісний метод збудження акустичних коливань в пружному середовищі використовує ефект впливу на об'єкт контролю електричного поля [6]. В якості джерела поля виступає емнісний перетворювач ЄП. Реалізувати даний метод можна у разі, якщо електропровідну поверхню виробу зробити однією з обкладинок конденсатора, при цьому відбувається притягування пластини конденсатора 1 ЄП з виробом 3, де в останньому виникають пружні коливання (рис. 1). Реєстрація акустичних коливань відбувається за рахунок зворотного ефекту  $\square$  появи змінної електричної напруги на обкладинках ЄП при зміні відстані  $h$  між обкладинками (одна із яких – об'єкт контролю), а отже і ємності конденсаторного перетворювача при обов'язковій наявності поляризуючої напруги.



1 – електрод конденсаторного перетворювача;  
2 – генератор змінної напруги;  $h$  – товщина прошарку;  $F$  – сила, яка діє між обкладинками ЄП 1 і електропровідним виробом 3

#### Рисунок 1 – Спрощена схема емнісного перетворювача

При різнойменних зарядах на обкладинках конденсатора пластини 1 і виріб 3 притягуються. Максимуму сила притягання  $\vec{F}$  досягає двічі за один період коливань змінної напруги високої частоти. Отже виникає ефект подвоєння частоти акустичних коливань, для виключення якого та підвищення коефіцієнта перетворення електричної енергії в акустичну одночасно на електрод 1 подають постійну поляризуючу

напругу [6]. Для більшого вдосконалення схем реалізації методу та підвищення ефективності доцільно подати на електрод два типи поляризованих імпульсів.

Для цього був розроблений ультразвуковий ємнісний перетворювач, блок-схема якого зображена на рис. 2. Він складається з блока управління і обробки інформації БУ, з'єднаного з блоком візуалізації, з малощумлячим високочутливим підсилювачем і з синхронізатором імпульсів СІ, який, у свою чергу, з'єднаний з генератором імпульсів високої частоти ГЗ і з генератором поляризованих імпульсів Г1. Генератор імпульсів високої частоти ГЗ через конденсатор С<sub>1</sub>, що допомагає урегулювати високочастотний імпульс, з'єднаний з електродом Е ємнісного ультразвукового перетворювача. Генератор поляризованих імпульсів Г1 через активний резистор з'єднаний з тим же ємнісним перетворювачем. Засіб забезпечений додатковим генератором Г2 різнополярних додаткових за тривалістю імпульсів прямокутної форми, який включено між синхронізатором і ємнісним ультразвуковим перетворювачем через конденсатор. Це дозволяє підвищити амплітуду прийнятого сигналу та уникнути подвоєння частоти.

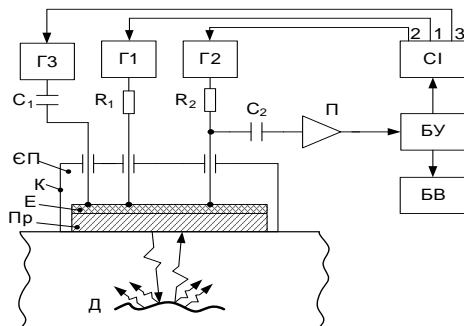


Рисунок 2 – Блок-схема ультразвукового ємнісного засобу

Блок-схема працює наступним чином (рис. 3). Блок управління БУ задає керуючий сигнал на синхронізатор імпульсів СІ, який керує часом запуску генераторів Г1, Г2, ГЗ. Для уникнення подвоєння частоти, що виникає за рахунок подвійної взаємодії за один період коливань, застосовують два типи поляризованих імпульсів. З генераторів ГЗ та Г1 на електрод ємнісного перетворювача одночасно подаються високочастотні імпульси прямокутної та синусоїдальної форми із зміною полярності кожного наступного поляризованого імпульсу, що йдуть один за одним. Застосування прямокутного імпульсу з Г1 дозволяє збільшити амплітуду зондуємого імпульсу та уникнути подвоєння частоти. Для підвищення коефіцієнту

перетворення ЄП поляризованою і змінною напруги необхідно збільшувати.

Короткі (близько кількох сотень мікросекунд і частоті посилення імпульсів не більше 100 разів на секунду) зондуємі імпульси високої напруги не мають такої небезпечної дії на обслуговуючий персонал, як постійна напруга. З точки зору техніки безпеки це значна перевага.

Для запобігання пробою, збільшення ємності давача і амплітуди корисного сигналу використовується діелектрик, який може одночасно служити протектором Пр для захисту електрода Е.

Прийнятий сигнал поступає на підсилювач, що має вхідну ємність, яка знижує чутливість перетворювача. Тому для досягнення максимальної чутливості її необхідно зменшувати, як і довжину з'єднувального кабелю.

За допомогою взаємодії електричного поля перетворювача з поверхнею виробу відбувається збудження пружних хвиль в матеріалі та подальше їх поширення. Відбившись, наприклад, від дефекту Д, частина хвиль за рахунок зворотного ефекту приймається ЄП, що перетворює акустичні імпульси в електричні. Через підсилювач та блок обробки та управління БУ імпульс відображається блоком відображення інформації БВ.

Важливою перевагою такого способу живлення розробленого типу ЄП є також те, що короткі поляризовані імпульси по амплітуді можуть перевищувати постійну поляризовану напругу без пробою захисної діелектричної плівки Пр між електродом перетворювача та виробом.

## ВИСНОВКИ

Ємнісний метод збудження і реєстрації пружних хвиль може мати ряд переваг перед контактними та іншими безконтактними методами. Це можливість створення на базі ємнісного способу високопродуктивних засобів автоматичного ультразвукового контролю; засобів контролю, призначених для роботи в широкому діапазоні температур; приладів точного вимірювання товщини виробів, швидкості і загасання пружних хвиль в матеріалах; забезпечення контролю виробів на основі сплавів міді та титану. Більш широке застосування ємнісних методів стримується впевненістю дослідників про невисокий коефіцієнт корисної дії засобів такого типу. Для вирішення цієї проблеми необхідно розвинути теоретичні положення з реалізації цього методу та виконати відповідні експериментальні та практичні розробки.

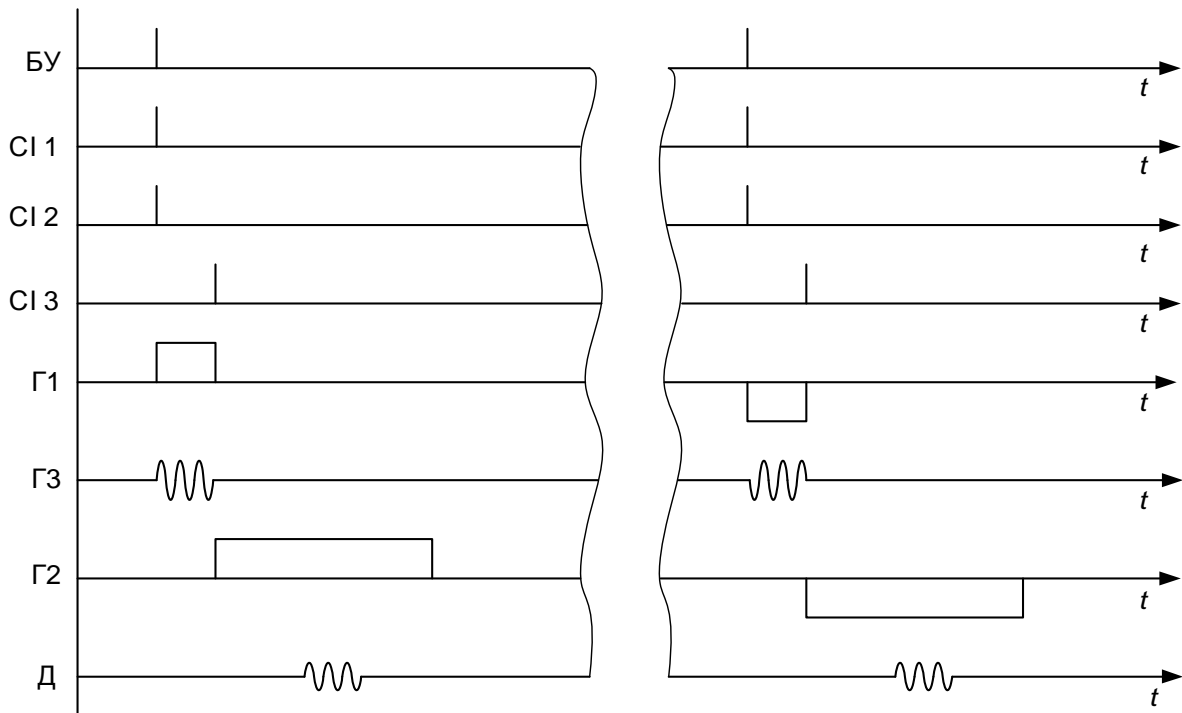


Рисунок 3 – Часові діаграми роботи ємнісного дефектоскопу

1. Патон Б. Є. *Неруйнівний контроль в Україні* / Б. Є. Патон, В. О. Троїцький, Ю.М. Посипайко // *Інформ. бюл. Українського товариства неруйнівного контролю та технічної діагностики.* – 2003. – № 2(18). – С. 5–9. 2. Сучков Г. М. *О главном преимуществе ЭМА способа* / Г.М. Сучков // *Дефектоскопия.* – 2000. – № 10. – С. 67–70. 3. *Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. Под общ. ред. В.В. Клюева. Т.3 : Ультразвуковой контроль* / И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге. – М.: Машиностроение, 2004. – 864 с. 4. Глебова Л.В. *Емкостные методы неразрушающего контроля* / Л.В. Глебова, Г.М. Сучков // *III Університетська науково-практична студентська конференція магістрів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» 14-16 квітня 2009 р., тези доп. частина 2– НТУ «ХПІ».*: Харків, 2009. – С. 170-172. 5. Сучков Г.М. *Возможность приема ультразвуковых*

*импульсов преобразователями емкостного типа.* / Г.М. Сучков, С.Н. Глоба, Л.В. Глебова // *Вестник НТУ «ХПІ»: Тематический выпуск "Приборы и методы неразрушающего контроля – НТУ «ХПІ».* : Харків, 2007. – №35. – С. 29-32. 6. Сучков Г.М. *Дослідження факторів, які впливають на збудження акустичних імпульсів ємнісним способом.* / Г.М. Сучков, Л.В. Глебова // *Вестник НТУ «ХПІ»: Тематический выпуск "Приборы и методы контроля и определения состава вещества" – НТУ «ХПІ».* : Харків, 2008. – №48. – С. 116-123.

Поступила в редакцію 30.11.2013р.

Рекомендували до друку: Оргкомітет 4-ої н/п конференції студентів і молодих учених «Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання» (26-27.11.2013р., ІФНТУНГ) та докт. техн. наук, проф. Середюк О. Є.