

## 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ВИХРОСТРУМОВОГО ДЕФЕКТОСКОПУ

### 2.1 Вихрострумний дефектоскоп

У даному дефектоскопі використаний амплітудний метод визначення дефектів. Тобто, сигнал на виході приймальної котушки ВСП має амплітуду пропорційну параметрам і наявності дефекту в контрольованому зразку. Для забезпечення мінімального енергоспоживання було прийнято рішення живити ВСП одиночним імпульсом. При цьому використано принцип, що дозволяє максимально наблизити форму сигналу збудливою обмотки ВСП до синусоїдальної, а так само зменшити втрати в кабелі, що з'єднує ВСП і електронний модуль дефектоскопа. Для отримання максимального сигналу з ВСП необхідне підстроювання тривалості збуджуючого імпульсу, яка повинна відповідати частоті резонансу коливального контуру збудливою обмотки ВСП.

На рис.2.1. приведена структурна схема вихрострумного дефектоскопа.

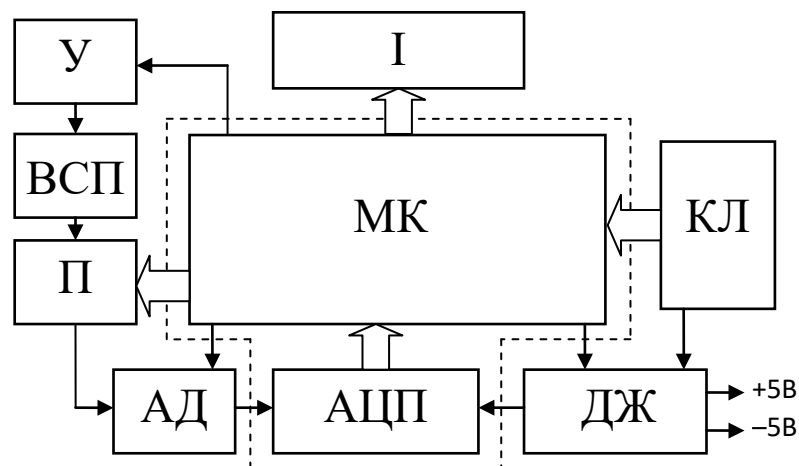
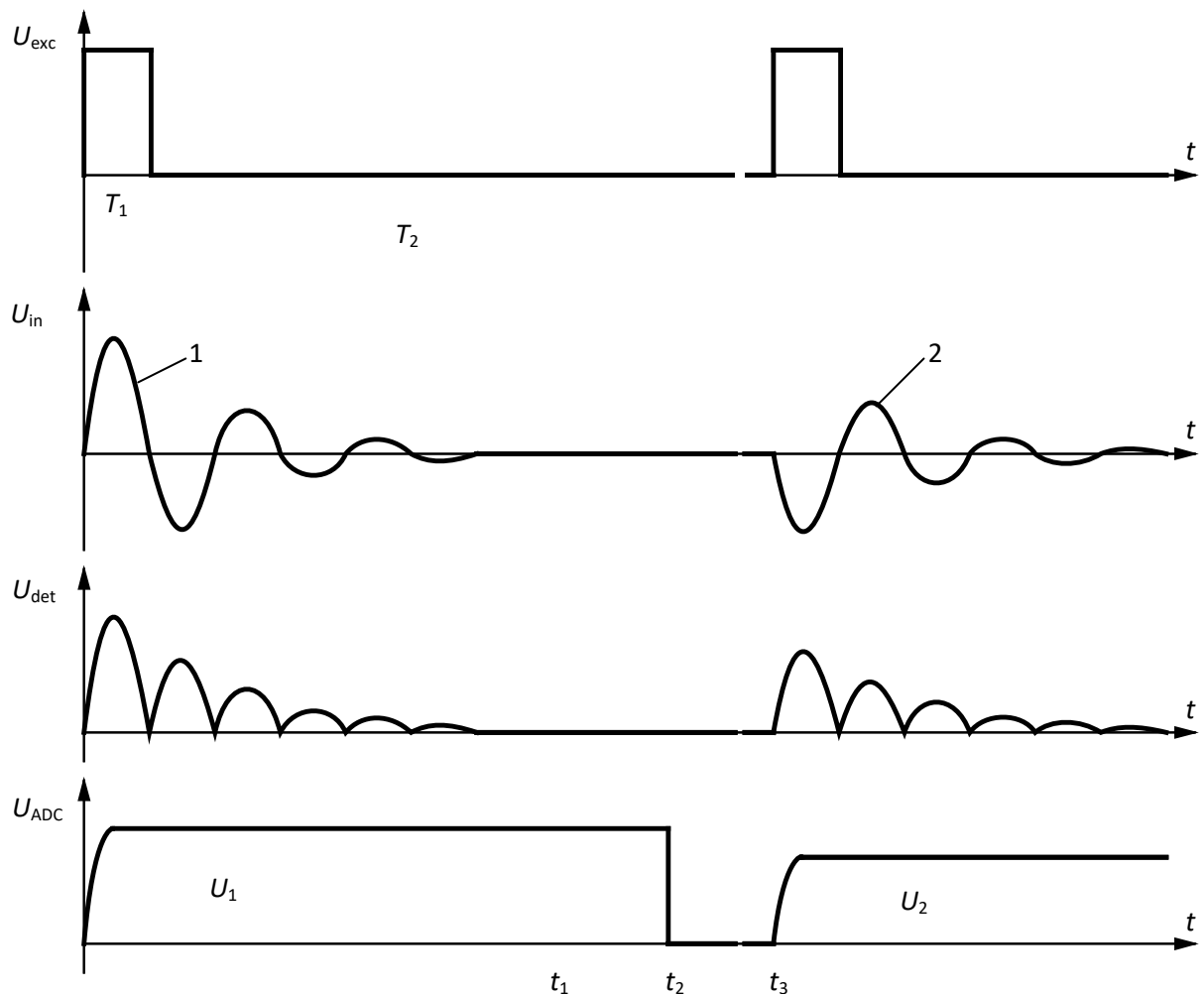


Рисунок 2.1 - Структурна схема вихрострумного дефектоскопа

Управління роботою приладу здійснюється за допомогою мікроконтролера МК, який має в своєму складі аналого-цифровий

перетворювач АЦП. Клавіатура КЛ служить для включення-виключення і управління параметрами роботи дефектоскопа. Рідкокристалічний індикатор І служить для відображення режимів роботи, здійснює відображення поточної інформації про амплітуду сигналу ВСП в позиційному (бігає стовп) і чисельному вигляді, а також видає інформацію про стан батареї живлення. Джерело живлення ДЖ виробляє  $\pm 5$  В і складається з гальванічної батареї, перетворювача постійної напруги і схеми управління включенням-виключенням дефектоскопа. На рис.2.2 показані епюри основних сигналів вихростумового дефектоскопа, які пояснюють принцип його роботи.





$U_{exc}$  - напруга на виході підсилювача потужності;  $U_{in}$  - напруга на вимірювальній обмотці ВСП;  $U_{det}$  - прийнятий сигнал на виході випрямляча;  $U_{ADC}$  - напруга на вході АЦП

Рисунок 2.2 - Епюри сигналів вихростумового дефектоскопа

Мікроконтролер виробляє імпульс заданої тривалості ( $T_1$ ), який надходить на підсилювач потужності П. Підсилювач навантажений кабелем збудливою обмотки ВСП і імпульсно підключає її до джерела стабільного живлення, формуючи імпульс  $U_{\text{exc}}$ . Сигнал з вимірювальної обмотки ВСП  $U_{\text{in}}$  подається через цифровий потенціометр П на амплітудний детектор АД. Потенціометр служить для регулювання і підстроювання амплітуди сигналу ВСП при різних режимах роботи дефектоскопа і при використанні різних перетворювачів. Амплітудний детектор випрямляє ( $U_{\text{det}}$ ), детектирує ( $U_{\text{ADC}}$ ) сигнал і після аналого-цифрового перетворення ( $t_1$ ) скидається ( $t_2$ ) за командою мікроконтролера до наступного робочого циклу ( $t_3$ ). Різним сигналам 1 і 2 будуть відповідати  $U_1$  і  $U_2$  (рис.2.2).

На лицьовій панелі дефектоскопа розташовані п'ять функціональних кнопок. Кнопки мають подвійне призначення. Призначення всіх кнопок представлено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Призначення кнопки в режимах

Позначення	Призначення кнопки в режимах	
	Основне	Додаткове
1	2	3
	Включення та відключення дефектоскопа, при короткочасному та тривалому натисканні відповідно.	Включення та відключення світлодіодного підсвічування, при тривалому натисканні на кнопку.
	Встановлення значення порогу автоматичної сигналізації дефекту в робочому режимі.	Вибір режиму роботи та типу ВТП, та встановлення значення підсилення у меню вибору режиму та ВТП, і режиму встановлення підсилення відповідно.
	Калібрування на матеріал у робочому режимі та режиму встановлення підсилення, при тривалому натисканні відповідно	
	Вхід в меню вибору режиму ВТП, при короткому натисканні кнопки.	Перехід до режиму установки підсилення для даного ВТП, при тривалому натисканні кнопки.

## 2.2 Метрологічне забезпечення вихрострумового дефектоскопа

З практичної точки зору для знаходження глибини дефекту необхідно мати залежність сигналу ВСП від глибини, отриману за допомогою стандартного зразка [16, 17]. Залежно від марок сталей зразки вибираються з наступних груп матеріалів: вуглецеві, слабколегованих, леговані, корозійно-стійкі сталі і т.п. На виготовлені даним підприємством зразки випускається паспорт. Залежність сигналу ВТП від глибини дефекту встановлюється проведенням не менше п'яти вимірювань для кожного штучного дефекту:

$$U_{cp} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 U_i, \quad (2.1)$$

де  $U_{cp}$  - середнє значення амплітуди сигналу від дефекту;

$U_i$  - поточне значення амплітуди сигналу від дефекту.

Дану залежність можна описати аналітичним поліномом ступеня  $m$  за допомогою регресії методом найменших квадратів. Такий поліном буде мати вигляд:

$$U(h) = a_0 + a_1 h + a_2 h^2 + \dots + a_m h^m. \quad (2.2)$$

Побудова регресії зазначеним способом можливо за наявності  $n \geq m + 1$  точок даних.

Дослідження залежності сигналів ВСП від глибини при наявності технологічного зазору  $z$ . При проведенні контролю, загалом, може мати місце технологічний зазор, який виникає за рахунок конструкції ВСП (протектор), діелектричного покриття ОК (лакофарбове, забруднення), його шорсткості та кривизни поверхні. Враховуючи зазначене, виникає необхідність мати залежність сигналу ВСП від глибини дефектів при наявності зазору. Тому

було проведено необхідні дослід, результати яких представлені на рис. 2.13-2.14 і зведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Дослідження залежності сигналу дефектоскопа від глибини дефекту

Датчик з $I=100\text{mA}$ , $f=100\text{kHz}$ , с зазором $z(\text{мм})$					
h, мм	$U(z=0), \text{мВ}$	$U(z=0,5), \text{мВ}$	$U(z=1), \text{мВ}$	$U(z=2), \text{мВ}$	$U(z=3), \text{мВ}$
1	2	3	4	5	6
0	17	24	18	20	24
2	322	266	225	157	113
4	551	445	371	258	181
6	697	550	470	318	230
8	788	635	522	367	259
10	867	698	582	405	286
12	914	724	617	419	302
15	943	768	644	444	318
20	995	808	681	474	338
0	17	24	18	20	24
2	322	266	225	157	113
4	551	445	371	258	181
6	697	550	470	318	230
8	788	635	522	367	259
10	867	698	582	405	286
12	914	724	617	419	302
15	943	768	644	444	318
20	995	808	681	474	338
0	17	24	18	20	24
2	322	266	225	157	113

Закінчення табл. 2.2.

1	2	3	4	5	6
0	0,017085	0,029703	0,026432	0,042194	0,071006
2	0,323618	0,329208	0,330396	0,331224	0,33432
4	0,553769	0,550743	0,544787	0,544304	0,535503
6	0,700503	0,680693	0,690162	0,670886	0,680473
8	0,79196	0,785891	0,76652	0,774262	0,766272
10	0,871357	0,863861	0,854626	0,85443	0,846154
12	0,918593	0,89604	0,906021	0,883966	0,893491
15	0,947739	0,950495	0,945668	0,936709	0,940828
20	1	1	1	1	1

Аналіз отриманих даних показує, що відбувається збільшення випадкової складової похибки вимірювання глибини дефектів як при загальному налаштуванні, так і при налаштуванні дефектоскопа на конкретний дефект. Тому доцільно для поліпшення метрологічних параметрів розробленого дефектоскопа при вимірюванні глибини поверхневих дефектів збільшити кількість вибірок вимірюваних сигналів ВТП у відповідності з конкретними завданнями вихрострумового контролю.

### 2.3 Висновки до 2-го розділу

1 Розглянуті характеристики вихрострумового дефектоскопу, його принцип дії, та структурну схему.

2 Досліджено портативний мікропроцесорний вихрострумовий дефектоскоп з ВТП ортогонального типу, який дозволяє виявляти й оцінювати глибину тріщин до 20 мм.

3 Дослідженнями метрологічних характеристик встановлено, що похибка оцінки глибини дефектів при налаштуванні на заданий нормативно-технічною документацією дефект не перевищує 3% -9,2% залежно від глибини моделі дефекту.

4 Дослідження залежності сигналів ВСП від глибини при наявності технологічного зазору. Дослід показав, що вплив зазору на характеристику залежності сигналу ВСП від глибини дефекту майже відсутній.

5 Розглянуто контрольний зразок з моделями дефектів у вигляді тріщин розкриттям 0,35 мм глибинами 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15 і 20 мм виконаними з точністю  $\pm 0,05$  мм, призначений для дослідження можливостей нового вихрострумового дефектоскопа.