

Теория действия ультразвукового контроля

Композитный материал – это искусственно созданный неоднородный сплошной материал, состоящий из двух или более компонентов, различных по физическим и химическим свойствам, которые остаются отдельными на макроскопическом уровне в финишной структуре.

Композитные материалы завоевали свою популярность, несмотря на высокую стоимость, в отраслях, где механические свойства должны сочетаться с низким весом и возможностью выдерживать высокие нагрузки. Наиболее часто упоминаются авиакосмические компоненты (хвосты, крылья, фюзеляж, пропеллеры), корпуса и весла судов, кузова автомобилей, велосипедные рамы, удилица. Крылья и фюзеляж нового Боинга 787 Dreamliner более чем на 50 % выполнены из композитных материалов. Таким образом, для безопасности жизни, нужно контролировать настоящее положение композитных материалов.

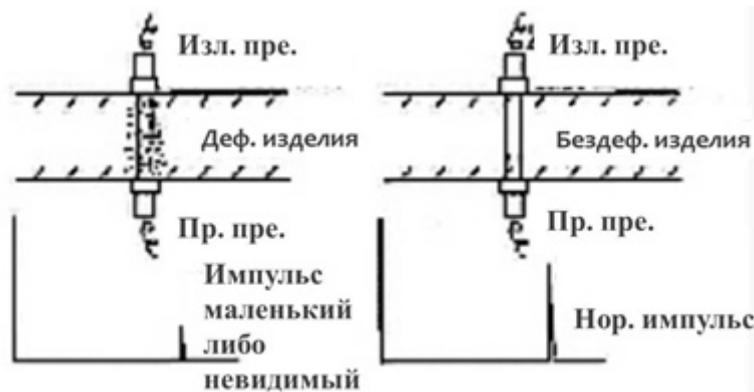


Рис. 1. Принцип действия ультразвукового контроля

Теневой – используются два преобразователя, которые находятся по две стороны от исследуемой детали на одной акустической оси. В данном случае один из преобразователей генерирует колебания (передатчик), а второй принимает их (приёмник). При теневом методе контроля о наличии дефекта судят по уменьшению амплитуды ультразвук-колебаний, прошедших от излучателя к приемнику. Чем больше размер дефекта, тем меньше амплитуда прошедшего сигнала.

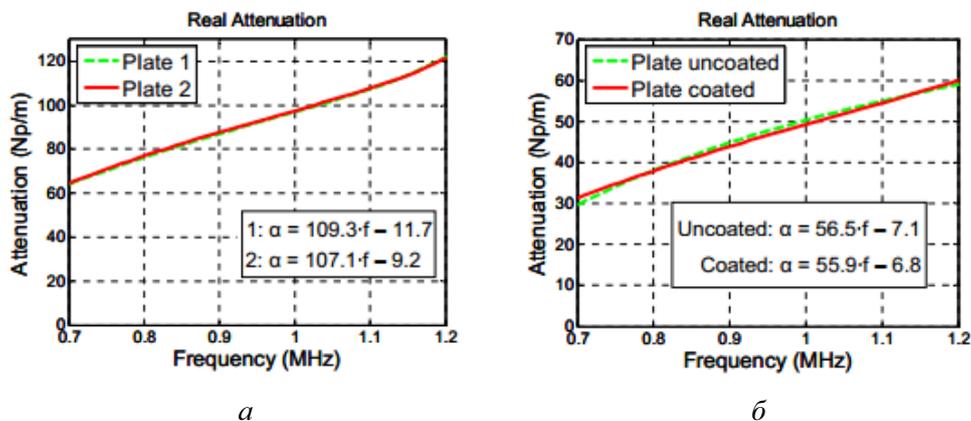


Рис. 2. Соотношение между коэффициентом затухания ультразвука и частотой в композитных материалах –на основе тефлона (а) и на основе поликарбоната (б)

Видно, что чем больше частота ультразвука, тем больше затухание в композитных материалах. Выбираем 1 МГц для нашего контроля, тогда коэффициент затухания ультразвука – 97.6–97.9 Нп/м и 49.1–49.4 Нп/м (рис. 2.). Знаем, что $1 \text{ дБ} = \ln 10 / 20 \text{ Нп}$. Выбираем максимальный коэффициент задыхания 97.9 Нп/м, т. е. 8.5 дБ/см. Получим максимальное затухание $8.5 \text{ дБ/см} \times 40 \text{ мм} = 34 \text{ дБ}$.

В данном дефектоскопе используется теневой метод ультразвукового контроля. Выбираем микроконтроллер – STM32F4, потому что он может работать на высокой частоте, которая нам нужна. Блок-схема показан на рис. 3.

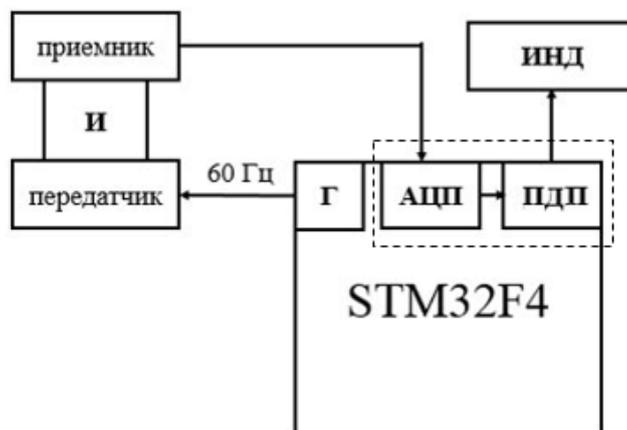


Рис. 3. Блок-схема ультразвукового контроля

Сначала микроконтроллер передает сигнал. Сигнал достигает передатчик, и передатчик начинает излучать ультразвук. Приёмник получает сигнал и после усилителя АЦП преобразует амплитуду этого сигнала на точную цифру и сразу передает её на индикатор. Выбираем сигнал 1 МГц для нашего контроля. Чтобы нормально показали результат на индикаторе, АЦП работает на частоте 8 МГц в режиме – АЦП с помощью прямого доступа к памяти.

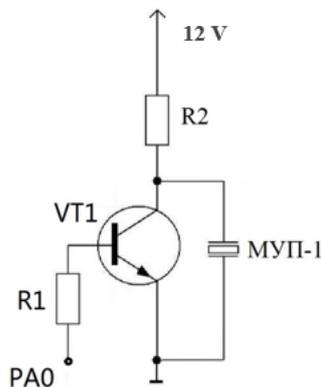


Рис. 4. Блок передатчика

Блок передатчика представлен на рис. 4. Представленный блок выполнен по схеме усилителя с общим эмиттером, работающего в ключевом режиме. Ток на выводах микропроцессора не должен превышать максимально разрешенный ток величиной в 20 мА.

Выбираем VT1 КТ603А.

Тогда по закон ОМА: $R1 = \frac{U_{\text{вых}}^2 - U_{\text{бэ}}^2}{I_{\text{вых}}} = \frac{5 - 1.5 \text{ В}}{0.02 \text{ А}} = 175 \text{ Ом}$, т. е. $R1 \geq 175 \text{ Ом}$. Из справочников [Е-24], мы выбираем $R1 = 180 \text{ Ом}$. Мощность $P1 = U^2 / R = 3.5^2 / 180 = 0.068 \text{ Вт}$. Ток через R2: $I_2 = \beta_{\text{min}} \times I_{\text{вых}} = 10 \times 3.5 / 180 \text{ А} = 0.194 \text{ А}$. Тогда $R2 = \frac{U_{\text{н}}}{I_2} = \frac{12 \text{ В}}{0.194 \text{ А}} = 61.9 \text{ Ом}$. Из справочников [Е-24] выбираем $R2 = 62 \text{ Ом}$, $P2 = \frac{U^2}{R} = \frac{12^2}{62} = 2.32 \text{ Вт}$.

Параметры КТ603А

Наимен.	тип	$U_{кзо(и)}$, В	$I_{кmax(и)}$, мА	$P_{кmax(т)}$, Вт	$h_{21э}$	$f_{гр.}$, МГц	$U_{кбн.}$ В
КТ603А	<i>n-p-n</i>	30	300 (600)	0.5	10–80	200	1.5

Выбираем R1: C2 – 23 – 0.125 – 180 Ом EMBED Microsoft Equation 3.0 \pm 5 %, R2: P1 – 2P – 3 – 62 Ом EMBED Microsoft Equation 3.0 \pm 5 %.

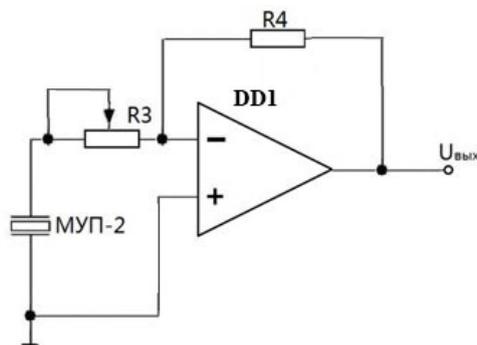


Рис. 5. Блок приёмника

Выбираем усилитель DD1 КР1407УД1.

Параметры КР1407УД1

Наимен.	$U_{п.}$ В	$I_{п.}$ мА	K_u , дБ	Ск, пФ	$f_{гр.}$ МГц
КР1407УД1	5	8	100	2.2–15	6

Для коэффициента усиления 40–100, выбираем R3 10 кОм, R4 100 кОм. Для R3 можно выбрать одноканальный цифровой потенциометр AD8400 10 кОм. QUOTE

$$R4 = \frac{U_{п.}^2}{R3} = \frac{5^2}{100 \text{ к}} = 0.25 \text{ мВт.}$$

Выбираем R4: C2 – 23 – 0.062 – 100 кОм EMBED Microsoft Equation 3.0 \pm 5 %

Литература

1. Клюев В.В. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. Справочник. Кн.2. М.: Машиностроение, 1986, 351 с.

Научный руководитель: А.И. Солдатов, док. тех. наук, профессор ТПУ, Россия