

Рис.5. Реальная (а) и теоретическая (б) АЧХ. (Красная кривая – АЧХ собственного ЦФ, синяя штрихованная кривая – АЧХ цифрового фильтра с RC-фильтром)

Список информационных источников

1. Математические основы обработки сигналов: учебное пособие / О.С. Вадутов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 212 с.
2. Мошиц Г., Хорн П. Проектирование активных фильтров / пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 320 с.
3. Операционные усилители для всех : пер. с англ. / Б. Картер, Р. Манчини. — Москва: Додэка-XXI, 2011. — 509 с.: ил. — Схемотехника. — Предм. указ.: с. 502-509. — ISBN 978-5-94120-242-3.
4. Схемотехника. 500 устройств на аналоговых микросхемах / М. А. Шустов. — Санкт-Петербург: Наука и техника, 2013. — 350 с.: ил. — Библиогр.: с. 344-350. — ISBN 978-5-94387-809-1.

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ван Цюньи

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Солдатов А.И., д. т. н, профессор кафедры промышленной и медицинской электроники

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.

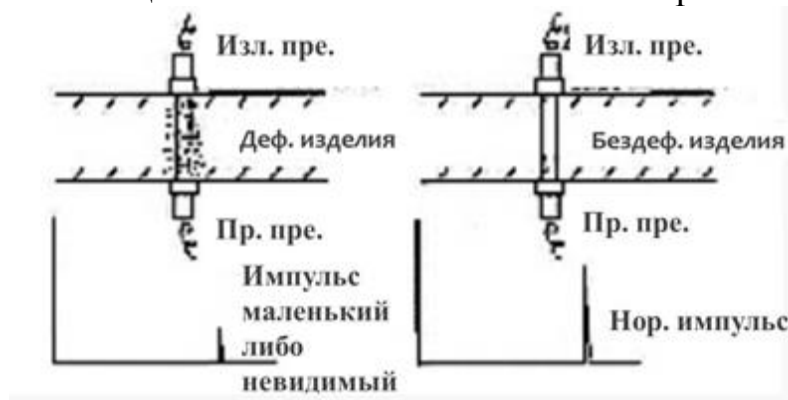
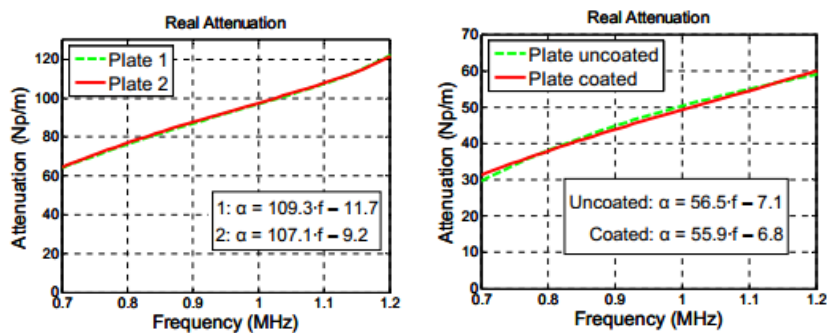


Рис. 1. Принцип действия ультразвукового контроля

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 ультразвуковых колебаний, прошедших от излучателя к приемнику. Чем больше размер дефекта, тем меньше амплитуда прошедшего сигнала.



а б

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 дБ = $\ln 10/20$ 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 нужно. Блок-схема показана на рисунке 3.

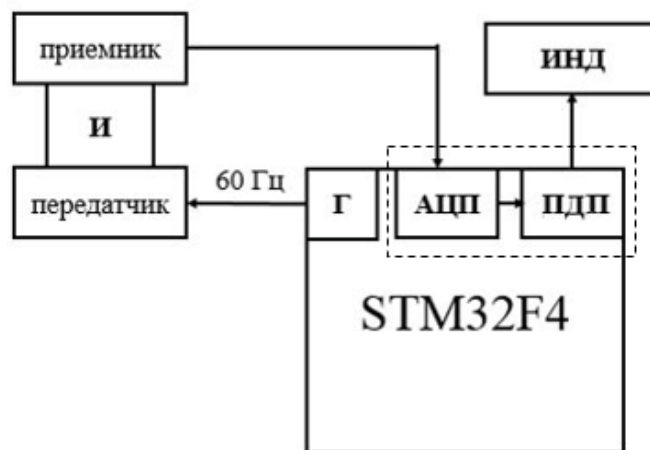


Рис. 3. Блок-схема ультразвукового контроля

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.

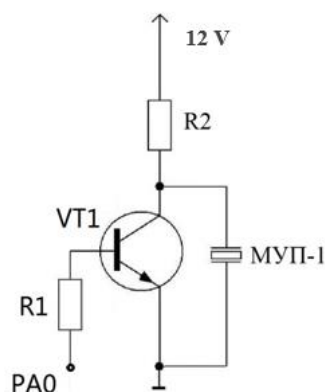


Рис. 4. Блок передатчика

Блок передатчика представлен на рисунке 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.

Параметры КТ603А

Таблица. 1

Наимен.	тип	Uкэо(и), В	Iкmax(и), мА	Ркmax(т), Вт	h21э	fгр., МГц	Uкбн, В
КТ603А	п-р-п	30	300(600)	0.5	10-80	200	1.5

По закону ОМА: $R1 = \frac{U_{\text{ВЫХ}}^1 - U_{\text{бэ}}}{I_{\text{ВЫХ}}} = \frac{3 - 1.5 \text{ В}}{0.02 \text{ А}} = 75 \text{ Ом}$, т.е. $R1 \geq 75 \text{ Ом}$. Из справочников [Е-24], мы выбираем $R1 = 75 \text{ Ом}$.

Мощность $P1 = U \times I = 1.5 \times 0.02 = 0.03 \text{ Вт}$. Ток через $R2$: $I_2 = \beta_{\text{min}} \times I_{\text{ВЫХ}} = 15 \times 0.02 \text{ А} = 0.3 \text{ А}$. Тогда $R2 = \frac{U_{\text{п}}}{I_2} = \frac{12 \text{ В}}{0.3 \text{ А}} = 40 \text{ Ом}$. Из справочников [Е-24] выбираем $R2 = 43 \text{ Ом}$, $P2 = \frac{U^2}{R2} = \frac{12^2}{43} = 3.34 \text{ Вт}$.

Выбираем $R1$: С2 – 23 – 0.125 – 75 Ом $\pm 5\%$, $R2$: Р1 – 2Р – 3 – 43 Ом $\pm 5\%$.

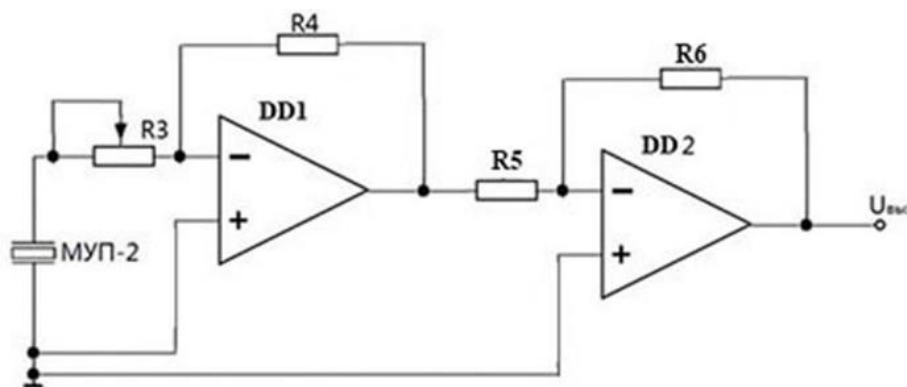


Рис. 5. Блок приёмника

Выбираем усилитель DD1, DD2: КР544УД2А.

Параметры КР544УД2А

Таблица 2.

Наимен.	Uп, В	Iп, мА	Kи, дБ	V, В/мкс	fгр., МГц
КР544УД2А	15	4.6	20	110	200

Для коэффициента усиления 40 – 100, выбираем $R3$ 10 кОм, $R4$ 10 кОм, $R5$ 10 кОм, $R6$ 100 кОм.

$$P5_{\text{max}} = P4_{\text{max}} = \frac{U_{\text{п}}^2}{R4} = \frac{15^2}{10000} = 0.0225 \text{ Вт},$$

$$P6_{\text{max}} = \frac{U_{\text{п}}^2}{R6} = \frac{15^2}{100000} = 0.0023 \text{ Вт}.$$

Выбираем $R4, R5$: С2 – 23 – 0.062 – 10 кОм $\pm 5\%$; $R6$: С2 – 23 – 0.062 – 100 кОм $\pm 5\%$

Список информационных источников

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