

поле 1,4Тл в точке связей $\text{CH}_2 - \text{CH}_2$ необходимо приложить частоту $\omega = 89560114$ Гц [2]. Для того, чтобы оторвать крайний радикал CH_3 необходимо подать частоту $\omega = 89560179$ Гц. Задача формирования и удержания такой частоты с точностью ± 5 Гц технически решается разработанным генератором.

Список использованных источников

1.Скворцов Б. В., Борминский С. А., Солнцева А. В., Шаталов, Д. П. Теоретические предпосылки электромагнитной селективной модификации нефтепродуктов на частотах ядерного магнитного резонанса // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2012. Т. 14, №6. С. 198-205.

2.Борминский С. А., Скворцов Б. В., Солнцева А. В. Методы измерения количественных и качественных характеристик жидких энергоносителей. – Самара: издательство СНЦ РАН, 2012. – 222с.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИМПУЛЬСНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА И КОЛИЧЕСТВА ТОВАРНОГО ПРОДУКТА ВРЕЗЕРВУАРНОМ ПАРКЕ

А. В. Солнцева, Б. В. Скворцов
Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет),
г. Самара

Для определения качественных и количественных характеристик жидких энергоносителей, находящихся в емкости резервуарного парка, таких как уровень слива/налива продукта, плотность сливаемого/наливаемого товарного продукта и т.п. может быть применен метод импульсного зондирования среды акустическим или электромагнитным сигналом.

На рис. 1 представлена схематично изображенная емкость с

находящимся внутри нее товарным продуктом. На дне резервуара под товарным продуктом происходит скопление подтоварной воды. Слой подтоварной воды подлежит сливу из резервуара. В полости резервуара установлен волновод, который в большинстве случаев для резервуарного парка представляет собой трубу с открытым концом. На доступном конце волновода устанавливается датчик, который соединен с выходом генератора, а также устройством обработки информации.

Также на рис.1 представлена временная диаграмма, иллюстрирующая три вида импульсов, проходящих по полости волновода: испускаемый датчиком зондирующий импульс $p(0, t)$, дошедший до границы раздела сред импульс $p(z_1, t)$, отраженный и вернувшийся обратно в точку излучения импульс $p(2z_1, t)$.

Исследуя импульсы $p(z_1, t)$ и $p(2z_1, t)$, возможно получение информации о качественных и количественных показателях находящегося в резервуарном парке товарного жидкого продукта.

Зондирующий импульс любой формы $p(0, t)$ есть сгусток энергии, возбуждающий вокруг себя набор колебаний разных частот, комплексный амплитудный спектр которых определяется преобразованием Фурье:

$$S(0, j\omega) = F[p(0, t)] = \int_{-\infty}^{\infty} p(0, t) e^{-j\omega t} dt = \text{Re}(\omega) + j \text{Im}(\omega) = P(0, \omega) e^{j\alpha(\omega)}, \quad (1)$$

где $P(0, \omega) = |S(0, j\omega)| = \sqrt{\text{Re}^2(\omega) + \text{Im}^2(\omega)}$ - спектральная плотность импульса, определяющая распределение амплитуды (энергии) импульса по частоте;

$\varphi(\omega) = \arctg \frac{\text{Im}(\omega)}{\text{Re}(\omega)}$ - фазовый спектр импульса, который определяет

фазы его гармонических составляющих.

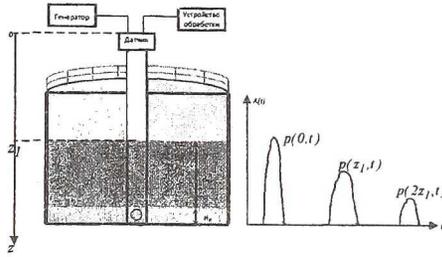


Рис. 1

Причем форма импульса в любой точке создаваемого в волноводе энергетического поля может быть определена через обратное преобразование Фурье по формуле:

$$p(z, t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(0, j\omega) e^{j[\omega t - \Gamma(j\omega)z]} d\omega \quad (2)$$

где $\Gamma(j\omega) = \Gamma'(\omega) - j\Gamma''(\omega)$ - функция распространения;
 z - расстояние, прошедшее импульсом по волноводу. При этом

$$\Gamma'(\omega) = \frac{\omega}{V_{\Phi}} \quad (3)$$

определяет фазовую скорость V_{Φ} каждой частотной составляющей импульса;

$\Gamma''(\omega)$ - коэффициент затухания (поглощения).

Параметры импульса $p(2z_1, t)$ зависят от расстояния до контролируемого продукта, а также от его электродинамических свойств. Этот импульс получается в результате прохождения зондирующим $p(0, t)$ и отраженным $p(z_1, t)$ от контролируемой поверхности импульсами расстояния z_1 .

Импульс, дошедший до границы раздела будет иметь вид:

$$p(z_1, t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(0, j\omega) e^{j[\omega t - \Gamma(j\omega)z_1]} d\omega \quad (4)$$

Амплитудный спектр дошедшего до границы раздела импульса определится как прямое преобразование Фурье:

$$S(z_1, j\omega) = F[p(z_1, t)] = \int_{-\infty}^{\infty} p(z_1, t) e^{-j\omega t} dt = \text{Re}\xi_q(\omega) + j\text{Im}\xi_q(\omega) = P(z_1, \omega) e^{j\varphi(z_1, \omega)} \quad (5)$$

Спектр отражённого импульса определится по формуле:

$$S_{OT}(z_1, j\omega) = N(j\omega)S(z_1, j\omega), \quad (6)$$

где $N(j\omega)$ – коэффициент отражения импульса от поверхности раздела – комплексная величина, определяемая физическими свойствами отражающей среды.

Отраженный импульс будет распространяться и придет обратно в точку излучения в виде:

$$p(2z_1, t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_{OT}(z_1, j\omega) e^{j[\omega t - \Gamma(j\omega)z_1]} d\omega \quad (7)$$

Амплитудный спектр этого импульса определится как:

$$S(2z_1, j\omega) = F[p(2z_1, t)] = P(2z_1, \omega) e^{j\varphi(2z_1, \omega)} \quad (8)$$

В форме импульса (7), если его рассматривать как функцию времени в интервале от 0 до бесконечности, а также в его спектральной плотности (8), заложена информация об уровне и электродинамических свойствах продукта, связанных с показателями качества отражающей среды. После подстановок выражение для импульса, вернувшегося в точку излучения примет вид:

$$\begin{aligned} p(2z_1, t) &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} N(j\omega) S(z_1, j\omega) e^{j[\omega t - \Gamma(j\omega)z_1]} d\omega = \\ &= \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} N(j\omega) e^{j[\omega t - \Gamma(j\omega)z_1]} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-j\omega t} \int_{-\infty}^{\infty} e^{j[\omega t - \Gamma(j\omega)z_1]} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-j\omega t} p(0, t) dt d\omega dt d\omega = \\ &= \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} N(j\omega) p(0, \mu) e^{j[\omega t - \omega\mu - \omega\xi + \eta\tau - z_1\Gamma(j\eta) - z_1\Gamma(j\omega)]} d\mu d\eta d\xi d\omega \quad (9) \end{aligned}$$

Последнее равенство в (9) получается в результате введения формальных переменных интегрирования. Для амплитудных спектров можно записать:
 $S(2z_1, j\omega) = F[p(2z_1, t)] =$

$$= \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-j\alpha t} \int_{-\infty}^{\infty} N(j\omega) e^{j[\alpha t - \Gamma(j\omega)z_1]} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-j\alpha t} \int_{-\infty}^{\infty} S(0, j\omega) e^{j[\alpha t - \Gamma(j\omega)z_1]} d\alpha dt d\omega dt =$$

$$= \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} N(j\xi) S(0, j\mu) e^{j[\mu t - \alpha t + \xi t - \omega t - z_1(\Gamma(j\mu) - z_1(j\xi))]} d\mu d\xi d\omega dt$$

. (10)

Выражения (9) и (10) связывают в явном виде зондирующий $p(0, t)$ и вернувшийся в исходную точку $p(2z_1, t)$ сигналы, определяет их форму, ориентацию по времени, их спектральные плотности.

Информацию об уровне продукта несет в себе параметр z_1 , а информацию о свойствах среды - коэффициент отражения $K(j\omega)$.

Список использованных источников

1.Скворцов Б.В., Лезин И.А., Солнцева А.В. Математическое моделирование и расчет распространения направленных импульсов в однородных поглощающих средах // Известия СНЦ РАН. Т. 13. №6. 2011.

ПРИНЦИПЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЭТАПА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ НАЗЕМНЫХ ИСПЫТАНИЙ КОСМИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ С ДЛИТЕЛЬНОМ СРОКОМ АКТИВНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

С.В.Тюлевин¹, А.В.Наседкин², М.Н. Пиганов²

¹ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс»,

²Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), г.Самара