

УДК 656.7

Ю.В. Овчаров, к.т.н.
В.П. Квасников, д.т.н. проф.
Р.О. Задорожний, к.т.н.**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ СЛОЖНЫХ СИГНАЛОВ В ФАЗОВЫХ МЕТОДАХ ЛОКАЦИОННОГО РАСПОЗНАВАНИЯ**

Национальный авиационный университет

*В статье рассмотрена дополнительная погрешность измерения фазы, которая возникает при взаимном влиянии сложных сигналов друг на друга***Ключевые слова:** погрешность измерения, фаза, частота.

Проведенный ранее анализ [1] методов дистанционного определения фазы коэффициента отражения был выполнен для случаев, когда определение производилось между синусоидальными сигналами на отдельных частотах. В действительности, при зондировании объекта сложными сигналами с многочастотным спектром приходится измерять фазовые сдвиги между напряжениями, которые оказывают взаимное влияние друг на друга. Принимая во внимание, что рассмотренные методы основаны на использовании пар частот, а это, в свою очередь определяет необходимость фильтрации частотных составляющих в отраженном сигнале, предположим, что с выходов фильтров напряжения с частотами f_1 и f_2 имеют взаимное влияние друг на друга. При этом возникает дополнительная погрешность измерения, так как момент перехода через ноль искаженного (являющегося результатом суперпозиции сигналов двух частот) сигнала не совпадает с моментом перехода через ноль основной гармоники этого сигнала. Определим эту погрешность, представив выходные напряжения каждого из фильтров как сумму основной частотной составляющей с амплитудой U_0 и влияющей частотной составляющей с амплитудой $U_{вл}$. В этом случае выходные сигналы $u_{1omp}(t)$ и $u_{2omp}(t)$ будут описываться выражениями :

$$u_{1omp}(t) = U_{01} \cos(2\pi f_1(t - \frac{2R}{C}) - \varphi) + U_{вл.2} \cos(2\pi f_2(t - \frac{2R}{C}) - \varphi), \quad (1)$$

$$u_{2omp}(t) = U_{02} \cos(2\pi f_2(t - \frac{2R}{C}) - \varphi) + U_{вл.1} \cos(2\pi f_1(t - \frac{2R}{C}) - \varphi), \quad (2)$$

где

R – расстояние до отражающего объекта;

C – скорость распространения сигнала в среде;

 φ - фаза коэффициента отражения.

Выражения (1) и (2) можно привести к виду :

$$u_{1omp}(t) = \sqrt{U_{01}^2 + U_{вл.2}^2 + 2U_{01}U_{вл.2} \cos(2\pi(f_1 - f_2)(t - \frac{2R}{C}) \cos(2\pi f_1(t - \frac{2R}{C}) - \varphi + \Phi_1(t))}; \quad (3)$$

$$u_{2omp}(t) = \sqrt{U_{02}^2 + U_{вл.1}^2 + 2U_{02}U_{вл.1} \cos(2\pi(f_2 - f_1)(t - \frac{2R}{C}) \cos(2\pi f_2(t - \frac{2R}{C}) - \varphi + \Phi_2(t))}, \quad (4)$$

где,

$$\Phi_1(t) = 2\pi(\frac{f_2 - f_1}{2})(t - \frac{2R}{C}) - \arctg\left(\frac{U_{01} - U_{вл.2}}{U_{01} + U_{вл.2}} \operatorname{tg}(2\pi(\frac{f_2 - f_1}{2})(t - \frac{2R}{C}))\right); \quad (5)$$

$$\Phi_2(t) = \arctg\left(\frac{U_{02} - U_{вл.1}}{U_{02} + U_{вл.1}} \operatorname{tg}(2\pi(\frac{f_2 - f_1}{2})(t - \frac{2R}{C}))\right) - 2\pi(\frac{f_2 - f_1}{2})(t - \frac{2R}{C}). \quad (6)$$

Процессы, описываемые выражениями (3) и (4) можно представить как модулированные по амплитуде колебания с несущими частотами f_1 и f_2 , соответственно, имеющие фазовую модуляцию $\Phi_1(t)$ и $\Phi_2(t)$, соответственно, внутри периода разности частоты $(f_2 - f_1)$ [2].

Это приводит к тому, что аргумент несущего колебания, в каждом случае, имеет дополнительное переменное во времени

приращение, которое вносит погрешность в результат определения фазы коэффициента отражения.

Из представленных выражений (5) и (6) видно, что максимальное значение $\Phi_1(t)$ увеличивается с уменьшением разности U_{01} и $U_{\text{вл}2}$, и уменьшается с увеличением этой разности, т.е. $\Phi_1(t)=0$ когда $U_{\text{вл}2}$ стремится к нулю. Вместе с тем, во всех случаях существуют точки, в которых выражение $\Phi_1(t)$ принимает нулевое значение (рис 1-3). Причем, в зависимости от значения $U_{\text{вл}2}$, переход функции $\Phi_1(t)$ через нулевое значение меняет свой наклон. При уменьшении $U_{\text{вл}2}$ наклон уменьшается, что позволяет, при определенных значениях уменьшить влияние переменной фазы $\Phi_1(t)$ в окрестности точки перехода через ноль "0".

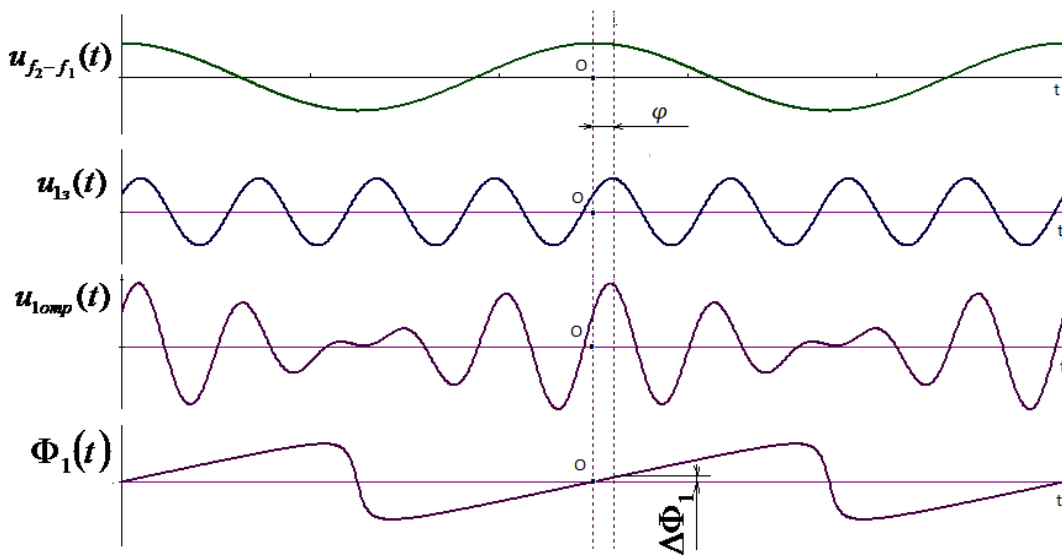


Рис. 1. Форма сигналов при соотношении $U_0 / U_{\text{вл}} = 0.1$

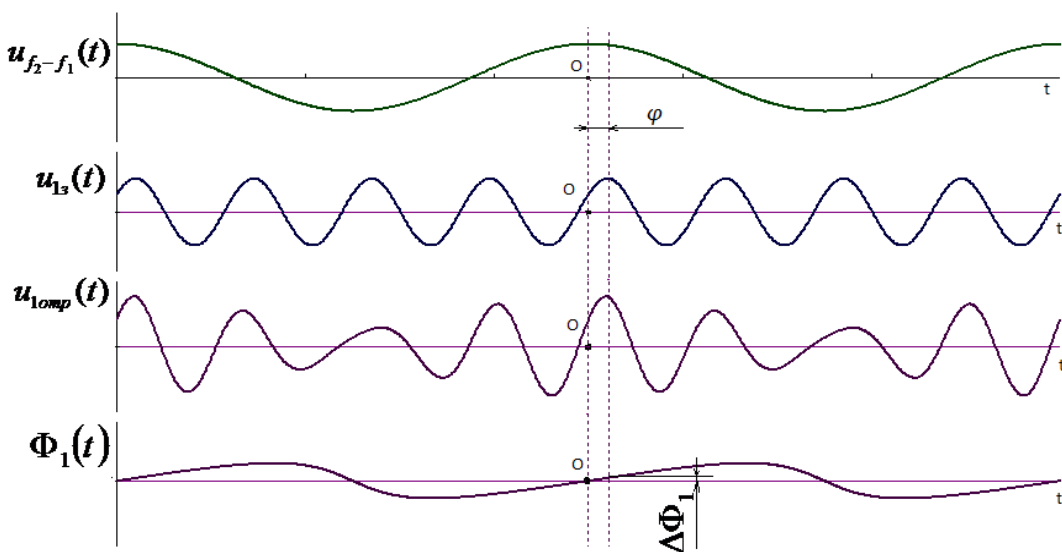
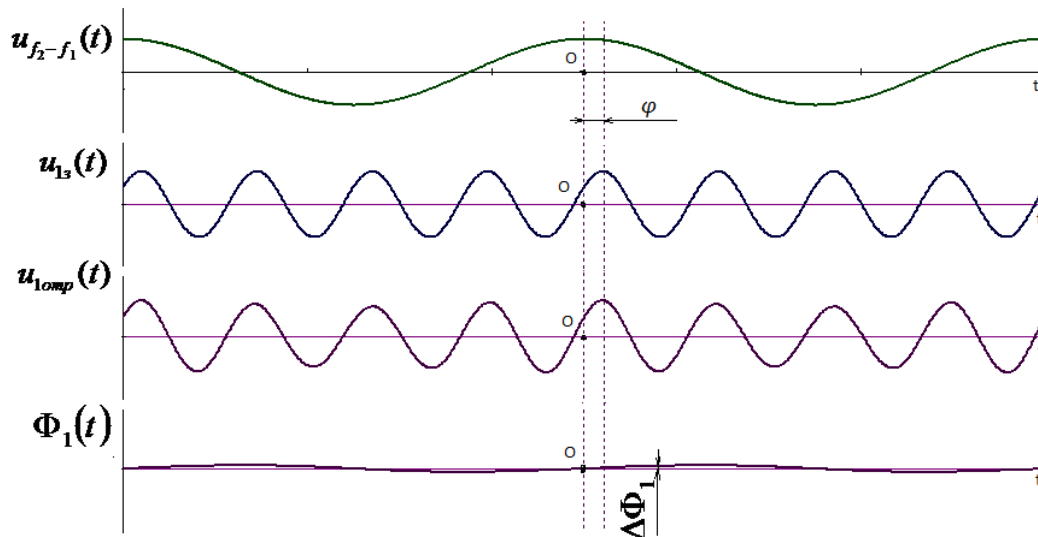


Рис. 2. Форма сигналов при соотношении $U_0 / U_{\text{вл}} = 0.5$

Рис. 3. Форма сигналов при соотношении $U_0 / U_{эл} = 0.9$

Значение приращения функции $\Phi_1(t)$ в окрестности точки перехода через ноль зависит от временного интервала между точкой "0" и точкой, в которой определяется фаза коэффициента отражения. Другими словами это означает, что приращение функций $\Delta\Phi_1$ зависит от измеряемого значения φ и определяется выражением

$$\Delta\Phi_1 = \frac{\varphi}{2} \left(\frac{f_2 - f_1}{f_1} \right) - \arctg \left(\frac{U_{01} - U_{эл2}}{U_{01} - U_{эл2}} \times \tg \left(\frac{(f_2 - f_1) \varphi}{2} \right) \right); \quad (7)$$

Максимально возможное значение $\Delta\Phi_1$ при определении φ в интервале углов $(0 - 2\pi)$

$$\Delta\Phi_{1\max} = 2\pi \left(\frac{f_2 - f_1}{f_1} \right) - \arctg \left(\frac{U_{01} - U_{эл2}}{U_{01} - U_{эл2}} \times \tg \left(\pi \left(\frac{f_2 - f_1}{2} \right) \right) \right). \quad (8)$$

Поэтому определение значения φ предпочтительней всего выполнять именно в точке "0". Но само определение точки "0" затруднительно. Для этой цели сигнал разностной частоты целесообразно сдвинуть по фазе на $\pi/2$. В этом случае значение φ может определяться между точкой перехода через ноль снизу-вверх разностного колебания сдвинутого по фазе на $\pi/2$ и точкой перехода через ноль снизу-вверх сигнала с частотой f_1 , также сдвинутого по фазе на $\pi/2$. Сдвиг сигнала с частотой f_1 необходим как, и в случае с разностным сигналом для того, что бы определить экстремум функции $u_{1омп}(t)$ в окрестности точки "0" по переходу сигнала через ноль.

Аналогичные рассуждения можно провести и для сигнала $u_{2омп}(t)$. Таким образом из изложенного следует, что в точке "0" влияние частотных составляющих на полные фазы несущих сигналов и на фазу разностного сигнала исключается. Это дает основание сделать вывод, что для реализации одновременного зондирования распознаваемой цели несколькими частотными составляющими наиболее точным для результата оказывается измерительный интервал в особых точках перехода через ноль разностного сигнала с минимальным взаимным влиянием частотных составляющих на результат.

Список литературных источников

1. Квасноков В. П., Овчаров Ю. В. Анализ методических погрешностей двухчастотного метода определения фазы коэффициента отражения. Вісник інженерної Академії України. - №1, 2010, -с.243-247.
2. Харкевич А. А. Теория электроакустических преобразователей. Т.2. М.: 1973. -с.376.