

## Правила сложения синусоид

Предположим, необходимо узнать амплитуду и фазовый сдвиг суммы 2-х синусоид.

Пусть первая синусоида будет записана так:

$$A1 = 2B \times \sin(360^\circ \times 1\text{Гц} \times t) \text{ или - если в радианах - } A1 = 2B \times \sin(2\pi \times 1\text{Гц} \times t)$$

Пусть вторая синусоида будет выглядеть так

$$A2 = 1B \times \sin(360^\circ \times 1\text{Гц} \times t + 90^\circ)$$

или - если в радианах -  $A1 = 1B \times \sin(2\pi \times 1\text{Гц} \times t + \pi/4)$ .

### Начинаем решение задачи по варианту №1 - во временной области..

1. Сначала в таблице, а потом на одном графике строим обе синусоиды, как это объяснялось в Упражнении №1. Должна получиться вот такая таблица и вот такие графики: Таблица 1 и рис. 1.

Таблица 1

<i>t, сек</i>	<i>A1, В</i>	<i>A2, В</i>
0.00	0.0000	1.0000
0.01	0.1255	0.9980
0.02	0.2505	0.9823

---

1.98	-0.2632	0.9913
1.99	-0.1382	0.9976
2.00	-0.0127	1.0000

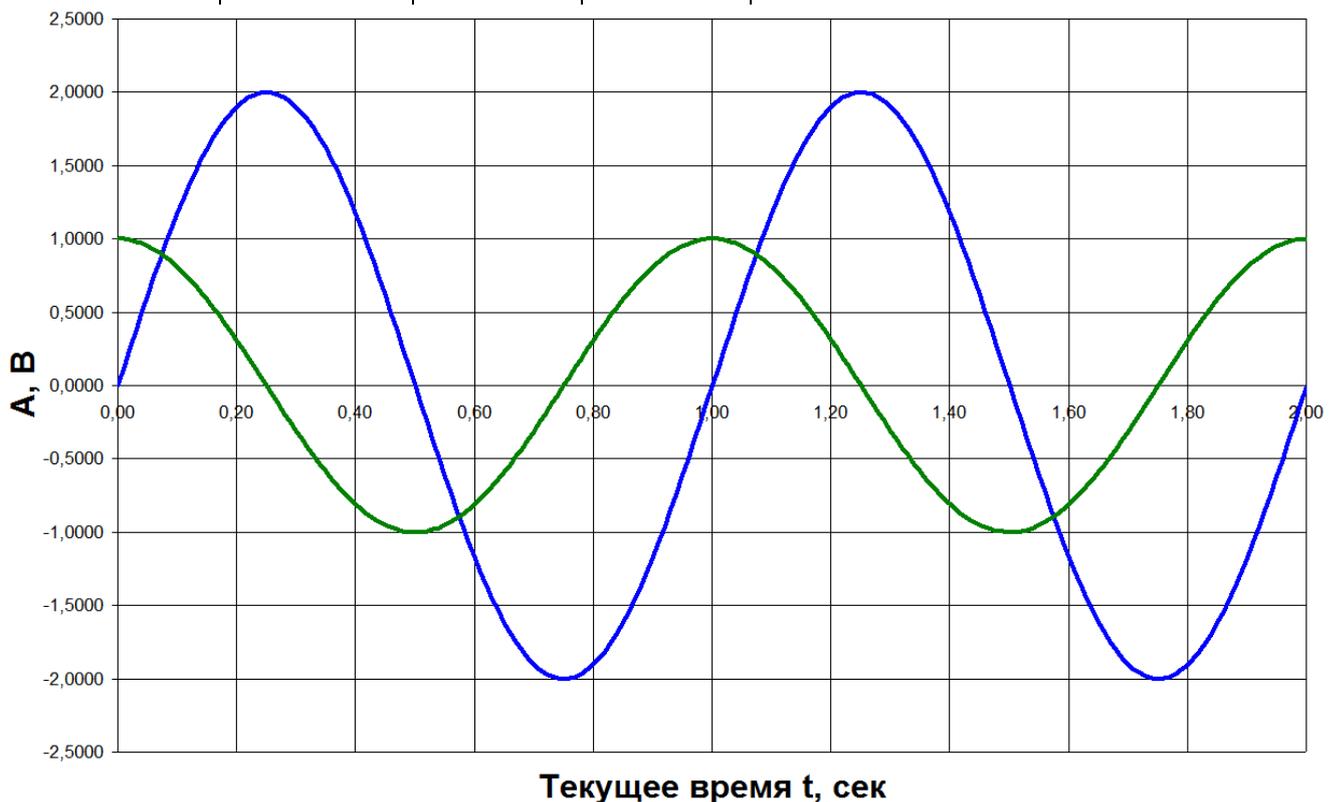


Рис. 1

2. Суммируем столбцы в колонке и добавляем на график ещё одну кривулину, так , как это показано в Таблице 2 и на рис. 2.

Таблица 2

<i>T, сек</i>	<i>A1, В</i>	<i>A2, В</i>	<i>A1+A2, В</i>
0.00	0.0000	1.0000	1.0000
0.01	0.1255	0.9980	1.1235
0.02	0.2505	0.9823	1.2328
1.98	-0.2632	0.9913	0.7281
1.99	-0.1382	0.9976	0.8594
2.00	-0.0127	1.0000	0.9873

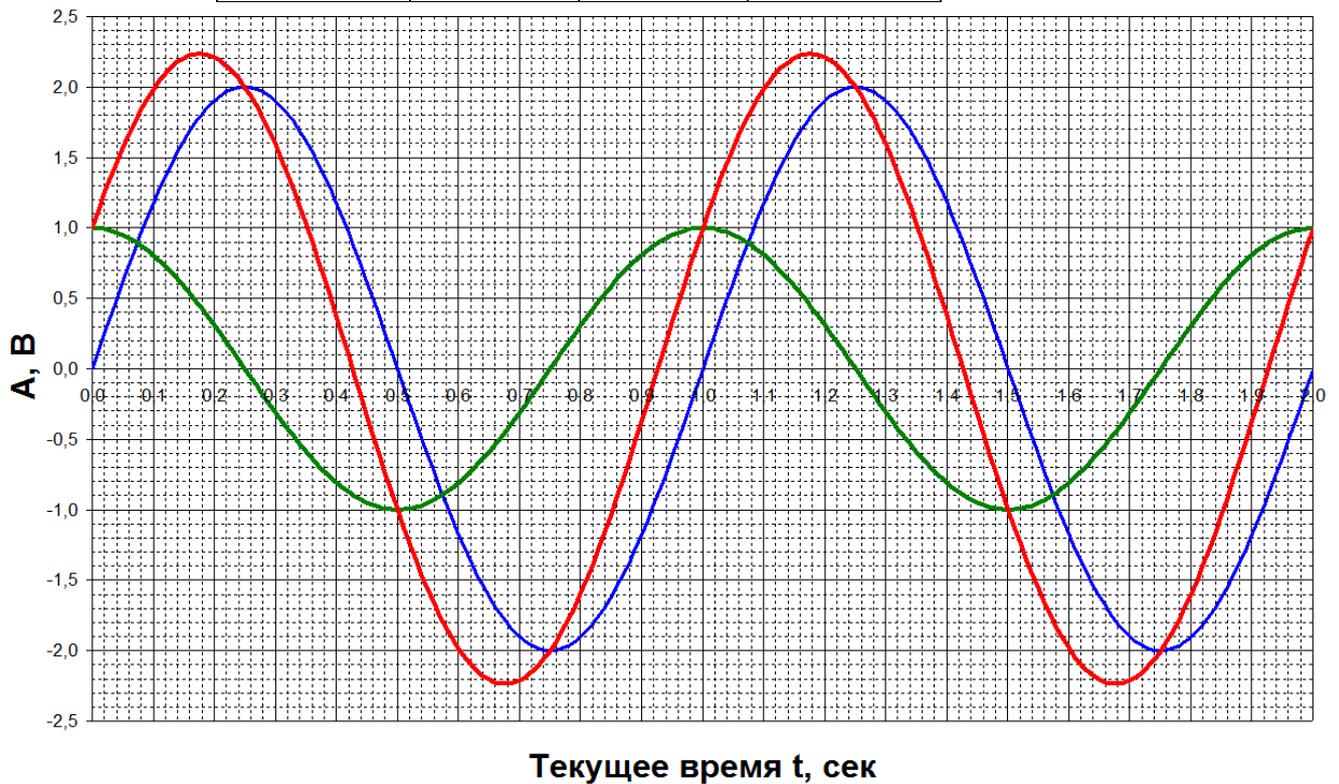


Рис. 2

По ”красной” синусоиде определяем амплитуду полученного суммарного сигнала (в данном случае - получилось что-то около **2.23 В**), по сдвигу максимума “красной” относительно ближайших максимумов ”зелёной” и ”синей синусоид” - сдвиг по фазе.

Для определения сдвига по фазе надо сравнить этот сдвиг с периодом. Период - который в данном случае 1 сек - это  $360^\circ$ .

Сдвиг между красным и зелёным по времени составляет около **0.18 сек**, что даёт сдвиг по фазе  $(0.18 \text{ сек} / 1 \text{ сек}) \times 360^\circ = 64.8^\circ$

Сдвиг между красным и синим по времени составляет около **0.08 сек**, что даёт сдвиг по фазе  $(0.08 \text{ сек} / 1 \text{ сек}) \times 360^\circ = 28.8^\circ$ .

Конечно, можно делать и так. Но есть способ проще - *по варианту №2 - с использованием векторных диаграмм.*

Этот способ иллюстрируется рис. 3.

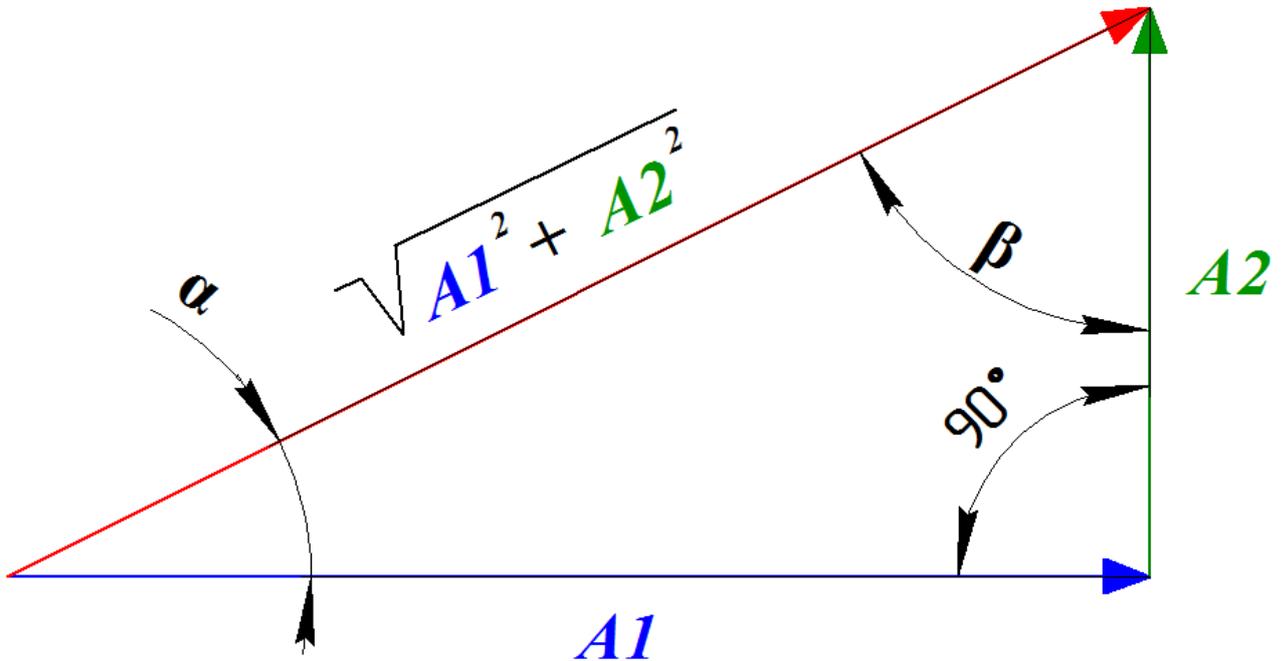


Рис. 3

Мы знаем, что сигналы сдвинуты друг относительно друга на  $90^\circ$ , а значит, являются катетами прямоугольного треугольника. Искомый суммарный сигнал - гипотенузой.

Поэтому, амплитуда искомого "красного" сигнала - это корень квадратный из суммы квадратов амплитуд  $\sqrt{(1 \times 1) + (2 \times 2)} \approx 2.2361 \text{ В}$ .

А фазы - опять же по правилам прямоугольного треугольника.

Известно, что катеты связаны между собой таким уравнением

$$\text{"Синий"} \times \operatorname{tg} \alpha = \text{"Зелёный"}$$

- Следовательно,  $\operatorname{tg} \alpha = \text{"Зелёный"} / \text{"Синий"} = 0.5$ .

- А для определения значения  $\alpha$  следует взять арктангенс (есть на любом калькуляторе) от 0.5

$$\alpha = \operatorname{arctg}(0.5) = 26.563 \text{ (это сдвиг между красным и синим)}$$

Для определения значения  $\beta$  (это сдвиг между **красным** и **зелёным**) можно воспользоваться другим правилом из ”жизни” прямоугольного треугольника

**”Красный”**  $\times \cos \beta =$  **”Зелёный”** (умножение гипотенузы на косинус прилежащего угла)

- Следовательно,  $\cos \beta =$  **”Зелёный”/”Красный”** = 0.447207191.

- А для определения значения  $\beta$  следует взять арккосинус (есть на любом калькуляторе) от 0.447207191.

$\alpha = \arccos(0.447207191) = 63.43535$  (это сдвиг между **красным** и **зелёным**)

Правильность расчётов можно проверить сложить два полученных угла и  $90^\circ$  - должно получиться  $180^\circ$  (сумма углов треугольника всегда равна  $180^\circ$ ).

Проверяем:  $26.563^\circ + 63.43535^\circ + 90^\circ = 179.998^\circ$

Кстати говоря,  $\beta$  можно было определить без всяких арккосинусов – достаточно было от  $90^\circ$  отнять значение  $\alpha$ .

Так же рекомендую обратить внимание, что сумма углов, определённых на глаз по графику:  $28.8 + 64.8 + 90 = 183.6^\circ$  даёт большую погрешность.

### Предлагаемые задания:

**№1** - определить амплитуды и фазовые сдвиги суммарного сигнала из 2-х гармоник:

-  $A_1 = 4B \times \sin(360^\circ \times 4\Gamma_{\text{ц}} \times t)$  и  $A_2 = 1B \times \sin(360^\circ \times 4\Gamma_{\text{ц}} \times t - 90^\circ)$