



Ф4-1к. ИЗУЧЕНИЕ СЛОЖЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ

Требуемое оборудование

Модульно учебные комплексы:

1. Модульный учебный комплекс МУК-ЭМ2;

Приборы:

- | | |
|---|-------|
| 1. Генератор звуковых частот ЗГ1 | 1 шт. |
| 2. Генератор напряжений ГН1 | 1 шт. |
| 3. Осциллограф ОЦЛЗ | 1 шт. |
| 4. Стенд с объектами исследования СЗ-ЭМ01 | 1 шт. |

Краткое теоретическое введение

Сложение однонаправленных колебаний с одинаковыми частотами

Амплитуда U_0 результирующих колебаний равна:

$$U_0 = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + 2U_1U_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)} \quad (1)$$

где U_1, U_2 – амплитуды складываемых колебаний;
 φ_1, φ_2 – начальные фазы складываемых колебаний.

Начальная фаза результирующих колебаний $\varphi_{рез}$ подчиняется соотношению:

$$\operatorname{tg} \varphi_{рез} = \frac{U_1 \sin \varphi_1 + U_2 \sin \varphi_2}{U_1 \cos \varphi_1 + U_2 \cos \varphi_2}. \quad (2)$$

Биения

Амплитуда биений $A(t)$ в момент времени t :

$$A(t) = \left| 2U_0 \cos \left[\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2} \right) t \right] \right|, \quad (3)$$

где U_0 – амплитуда двух складываемых колебаний (предполагается одинаковой);
 ω_1, ω_2 – циклические частоты складываемых колебаний ($\Delta\omega \ll \omega_{1,2}$).

$$T_{\delta} = \frac{1}{\nu_{\delta}} = \frac{1}{\nu_1 - \nu_2}. \quad (4)$$

где ν_{δ} – частота биений;
 ν_1, ν_2 – частоты складываемых колебаний.

Сложение взаимно перпендикулярных колебаний

При сложении взаимно перпендикулярных колебаний с одинаковыми частотами траектория точки описывается уравнением эллипса:

$$\frac{X^2}{U_1^2} + \frac{Y^2}{U_2^2} - \frac{2XY}{U_1U_2} \cos \Delta\varphi = \sin^2 \Delta\varphi, \tag{5}$$

где X, Y – координаты точки;
 U_1, U_2 – амплитуды колебаний точки по оси OX и OY ;
 $\Delta\varphi$ – разность фаз складываемых колебаний.

При сложении взаимно перпендикулярных колебаний с разными частотами устойчивую во картину колебаний можно наблюдать только при кратных частотах.

Отношение частот ν_X и ν_Y складываемых взаимно перпендикулярных колебаний, определяемых с помощью фигур Лиссажу, соответствует формуле:

$$\frac{\nu_X}{\nu_Y} = \frac{n_Y}{n_X}, \tag{6}$$

где n_X, n_Y – количество пересечений линии, образующей фигуру Лиссажу, с осями координат OX и OY . Причем, если ось проходит через точку пересечения ветвей фигуры Лиссажу, то эту точку считают дважды.

Методика эксперимента

Для изучения сложения двух одинаково направленных гармонических колебаний с равными частотами собирают схему, показанную на рис.1. Схема состоит из звукового генератора (блок ЗГ1) и RC-цепи или RL-цепи (стенд СЗ-ЭМ01). Вход канала I осциллографа подключен к точкам 1

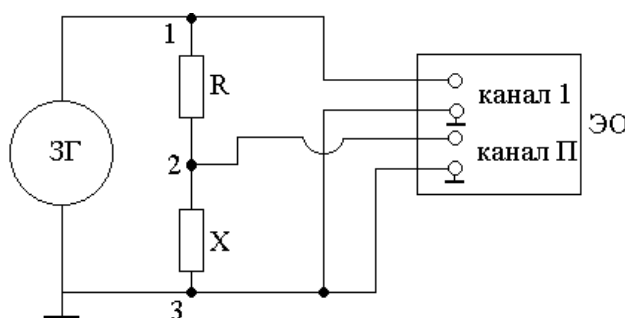


Рис.1

и 3 и, следовательно, измеряет сигнал непосредственно с ЗГ. Вход канала II подключен к точкам 2 и 3 и на него подается напряжение с реактивного сопротивления X. Режим работы осциллографа – суммирование каналов I и II.

Колебания напряжения на реактивном сопротивлении X являются вынужденными, они определяются колебаниями звукового генератора ЗГ, частота которых ν . Следовательно, на каналы I и II осциллографа подаются гармонические колебания с равными частотами. Поскольку между вынужденными колебаниями напряжения на реактивном сопротивлении X в последовательной R-X цепочке и колебаниями генератора ЗГ может возникать сдвиг по фазе, величина которого зависит от частоты вынужденных колебаний ν и численных значений

сопротивлений R и X , то при помощи осциллографа можно проводить исследования сложения однонаправленных колебаний с одинаковыми частотами, но разными амплитудами и начальными фазами

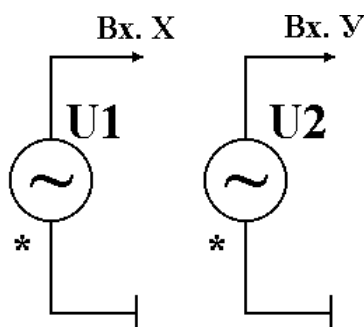


Рис.2

Для изучения сложения двух одинаково направленных гармонических колебаний с близкими частотами собирают схему, показанную на рис.2. При этом сигналы берутся от разных источников (блок генератора напряжений ГН1 и ЗГ1). Режим работы осциллографа – суммирование каналов I и II.

Для изучения сложения двух взаимно перпендикулярных гармонических колебаний с одинаковыми и разными частотами используется схема рис.2. Режим работы осциллографа – функциональное отображение зависимости X-Y.

Рекомендуемое задание к работе

Сложение однонаправленных колебаний с одинаковыми частотами.

1. Соберите схему рис.1. В качестве реактивных сопротивлений можно использовать конденсаторы C_1, C_2, C_3 или катушку L . В качестве активного сопротивления можно использовать R_3, R_4 . Работать рекомендуется в диапазоне частот 20...10000 Гц.

2. Получите на экране осциллографа одновременно два гармонических сигнала (режим I,II). Изменяя частоту ЗГ, проследите за изменением разности фаз между колебаниями. Для произвольной частоты найдите амплитуды колебаний и их разность фаз (амплитуды измерьте в делениях прибора). Рассчитайте теоретически, пользуясь формулой 1 амплитуду результирующего колебания.

3. Переведите осциллограф в режим I+II. Измерьте результирующую амплитуду. Сравните ее с полученной в п.2

Фигуры Лиссажу

1. Соберите схему рис.2. Установите на ГН1 один из диапазонов с известной частотой (0-3). Меняя частоту ЗГ добейтесь получения на экране устойчивой во времени фигуры Лиссажу. По формуле 6 рассчитайте частоту ГН1 и сравните ее с частотой, указанной на передней панели прибора.

2. Проградуируйте, получая фигуры Лиссажу, диапазоны с неизвестными частотами(4-7).

Биения

1. Соберите схему рис.2. Установите на ЗГ1 и ГН1 близкие частоты в диапазоне от 1000 до 2500 Гц. Переведите осциллограф в режим I+II. Вращая ручку частоты блока ЗГ1 добейтесь биений на экране осциллографа. Измерьте период биений T_6 и сравните его с вычисленным по формуле 4.