

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИИ В СИСТЕМЕ ПОСАДКИ ILS

С. О. Майнашева, Э. В. Горбунов, В. М. Мусонов

Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31
E-mail: pnk-sibsau@mail.ru

Рассмотрены основополагающие принципы работы каналов систем посадки ILS, принцип работы канала курсового радиомаяка с «опорным нулем».

Ключевые слова: амплитудная модуляция, система посадки ILS.

THE USE OF AMPLITUDE MODULATION IN THE LANDING SYSTEM ILS

S. O. Maynasheva, E. V. Gorbunov, V. M. Musonov

Reshetnev Siberian State Aerospace University
31, Krasnoyarsky Rabochy Av., Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation. E-mail: pnk-sibsau@mail.ru

The article describes the fundamental principles of operation channel landing system ILS, the principle of operation of the channel localizer with "null reference".

Keywords: amplitude modulation, ILS landing system.

Модуляция – изменение амплитуды, фазы и частоты высокочастотного модулируемого сигнала по определенному закону. Процесс модуляции требует участия по крайней мере двух величин. Одна из них содержит передаваемую информацию и называется модулирующим сигналом, вторая представляет собой высокочастотное несущее колебание, которое модулируется посредством изменения одного или нескольких параметров. В качестве модулирующего сигнала может быть различного рода звуковое сообщение, преобразованное в электрический, навигационный и радиолокационный сигнал [1].

В процессе амплитудной модуляции происходит изменение амплитуды сигнала высокой частоты в соответствии с передаваемым сообщением. Данный сигнал называется несущим, а его частота – несущей, однако спектр передаваемого сообщения находится в более низкочастотной зоне. Рассмотрим самую простую из моделей амплитудной модуляции несущего колебания вида $U_0(t) = U_{m0} \cos \omega_0 t$ низкочастотным сигналом $s(t) = U_{m0} \cos \Omega t$.

При такой модуляции амплитудно-модулированное (АМ) напряжение (рис. 1) принимает вид

$$e(t) = U_{m0}(1 + m \cos \Omega t) \cos \omega_0 t, \quad (1)$$

где $m = U_{\text{нм}}/U_{m0}$ является коэффициентом амплитудной модуляции.

Период модулированного сигнала – $t_0 = 2\pi/\omega$, а модулирующего – $T_0 = 2\pi/\Omega$.

Минимальная и максимальная амплитуды модулированного напряжения:

$$\begin{aligned} U_{\min} &= U_{m0}(1 - m); \\ U_{\max} &= U_{m0}(1 + m). \end{aligned}$$

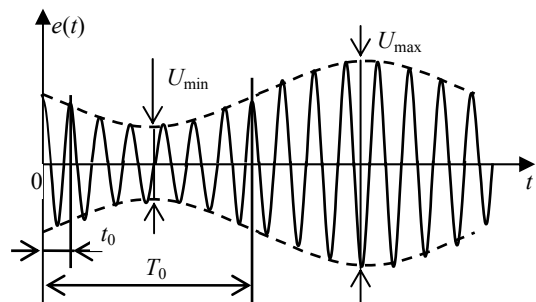


Рис. 1. Колебание, модулированное по амплитуде гармоническим сигналом

Откуда получаем коэффициент амплитудной модуляции, который можно определить по графику как отношение

$$m = (U_{\max} - U_{\min}) / (U_{\max} + U_{\min}). \quad (2)$$

Ранее говорилось, что для модуляции необходимо наличие как минимум двух модулирующих напряжений. Рассмотрим сигнал, модулированный двумя гармоническими колебаниями с частотами Ω_1 и Ω_2 с коэффициентами модуляции m_1 и m_2 . Данные радиосигналы используются в радиомаяках системы посадки ILS [2]:

$$e(t) = U_{m0}(1 + m_1 \cos \Omega_1 t + m_2 \cos \Omega_2 t) \cos \omega_0 t. \quad (3)$$

Проведя преобразование выражения (4), получим колебание, содержащее несущую и две пары боковых составляющих (рис. 2):

$$\begin{aligned} e(t) &= U_{m0}[\cos \omega_0 t + 0,5m_1(\omega_0 + \Omega_1)t + \\ &\quad + 0,5m_2 \cos(\omega_0 + \Omega_2)t + \\ &\quad + 0,5m_2 \cos(\omega_0 - \Omega_1)t + 0,5 \cos(\omega_0 - \Omega_2)t]. \end{aligned} \quad (4)$$

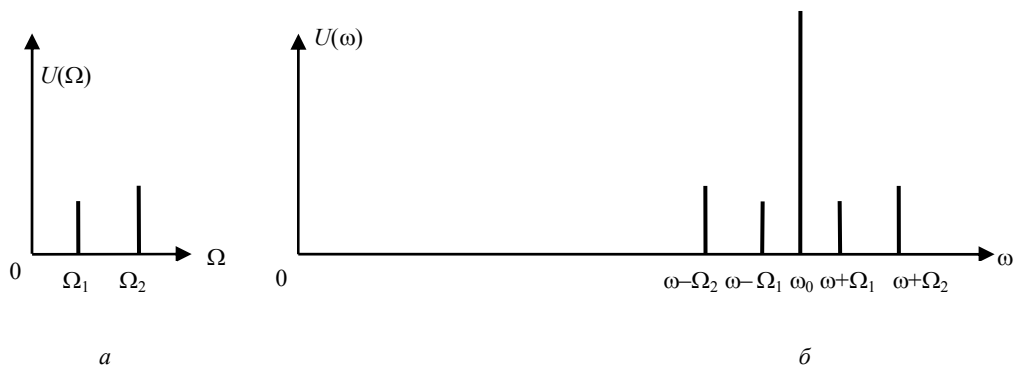


Рис. 2. Спектр модулирующего напряжения (а) и спектр колебания модулированного по амплитуде двумя гармоническими сигналами (б)

Таким образом, при амплитудной модуляции общий коэффициент амплитудной модуляции будет равен сумме коэффициентов амплитудной модуляции каждой из гармоник:

$$m = \sum_{i=1}^n m_i. \quad (5)$$

Радиосигнал, модулированный по амплитуде двумя гармоническими колебаниями с частотами Ω_1 и Ω_2 с коэффициентами модуляции m_1 и m_2 , используется в курсовом и глиссадном радиомаяках ILS. Информативным параметром является разность глубин модуляции РГМ [2].

В данном случае необходимо рассмотреть канал курса с «опорным нулем» системы ILS (рис. 3). В нем используется антенная система, которая в пределах $f_1(\varphi)$ излучает амплитудно-модулированный сигнал АМС с частотами модуляции $F_1 = 90$ Гц; $F_2 = 150$ Гц и АМ напряжением:

$$e_1 = E_{m1} f_1(\varphi) [(1 + m_1 \sin \Omega_1 t) + (1 + m_2 \sin \Omega_2 t)] \sin \omega_0 t.$$

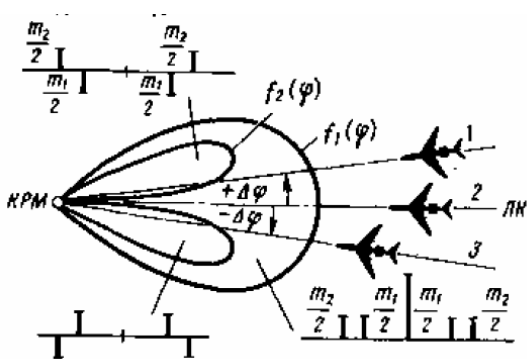


Рис. 3. Диаграммы направленности КРМ с «опорным нулем»

Балансно-модулированный сигнал БМС с теми же частотами модуляции, фазы которых отличаются на 180° :

$$e_2 = E_{m2} f_2(\varphi) [(1 + m_1 \sin \Omega_1 t) - (1 + m_2 \sin \Omega_2 t)] \sin \omega_0 t.$$

Смещение летательного аппарата ЛА относительно заданной траектории ЗТ приводит к нарушению равенства глубин амплитудной модуляции на частотах F_1 и F_2 .

Результирующее поле курсового радиомаяка при $m = m_1 = m_2$ и равенстве фаз тока имеет в дальней зоне амплитуду

$$E_p = 2E_{m1} f_1(\varphi) (1 + M_1 \sin \Omega_1 t + M_2 \sin \Omega_2 t),$$

где

$$M_1 = 0,5m [1 + E_{m2} f_2(\varphi) / E_{m1} f_1(\varphi)];$$

$$M_2 = 0,5m [1 - E_{m2} f_2(\varphi) / E_{m1} f_1(\varphi)]$$

являются коэффициентами глубины пространственной модуляции.

При этом информативный параметр [3]

$$\text{РГМ} = M_1 - M_2.$$

Как видно (рис. 3), значение РГМ равно нулю, когда ВС находится на линии курса.

Библиографические ссылки

1. Сяляков В. А., Красюк В. Н. Системы авиационной радиосвязи : учеб. пособие / под ред. В. А. Сялякова ; СПбГУАП. СПб., 2004. 160 с.
2. Мусонов В. М., Чижиков В. А. Радиоэлектроника и схемотехника : учеб. пособие / под ред. В. М. Мусонова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2010. 296 с.
3. Сосновский А. А., Хаймович И. А., Лутин Э. А., Максимов И. Б. Авиационная радионавигация : справ. / под ред. А. А. Сосновского. М. : Транспорт, 1990. 264 с.

References

1. Silyakov V., Krasnyuk V. *Sistemyi aviatsionnoy radiosvyazi* [aviation radio systems]. SPb, SPbSUAI, 2004. 160 p.
2. Musoni V., Chizhikov V. *Radioelektronika i shemotekhnika* [Electronics and circuitry]. Krasnoyarsk : CPI SibSAU, 2010. 296 p.
3. Sosnovsky A., Haimovich I., Lutin E., Maksimov I. *Aviatsionnaya radionavigatsiya: Spravochnik* [Aeronautical Radio Navigation Handbook]. Moscow, Transport, 1990. 264 p.

© Майнашева С. О., Горбунов Э. В., Мусонов В. М., 2015