

## 9.2. СПЕКТРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ

При воздействии на радиоэлектронное устройство (фильтр, усилитель, линию задержки и др.) синусоидального тока или напряжения результат воздействия, т. е. закон изменения электрической величины на выходе устройства, можно определить с помощью комплексного метода решения уравнений Кирхгофа. Импульс и последовательность импульсов не являются синусоидальными электрическими колебаниями. Однако известно, что любое несинусоидальное периодическое колебание  $u(t)$  можно разложить в бесконечный тригонометрический ряд (ряд Фурье), состоящий из постоянной и синусоидальных составляющих (гармоник), имеющих различные амплитуды, частоты и фазы. Такую совокупность гармоник называют спектром. При этом различают спектр амплитуд и спектр фаз.

*Спектр амплитуд* периодической последовательности прямоугольных импульсов показан на рис. 9.5, а. Каждая

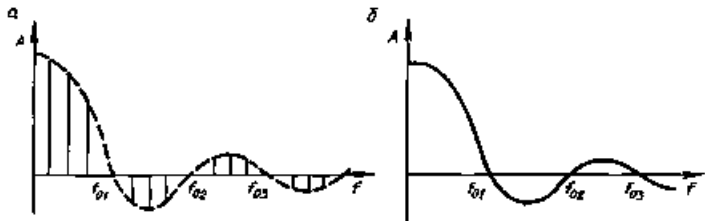


Рис. 9.5. Частотные спектры периодической последовательности прямоугольных импульсов (а) и одиночного прямоугольного импульса (б)

гармоники отображаются отдельной линией, длина которой пропорциональна амплитуде этой гармоники, а расположение относительно оси частот определяется ее фазой. Такой спектр называют линейчатый. Огибающая линейчатого спектра амплитуд изменяется по закону  $\sin x/x$ . Частоты  $f_{01}, f_{02}, \dots$  зависят от длительности импульсов и определяются выражением  $f_{0m} = m/T_n$  ( $m = 1, 2, 3, \dots$ ). Число гармоник, заключенных между частотами 0,  $f_{01}, f_{02}, \dots$  равно скважности импульсов. Поэтому при увеличении периода повторения  $T$  амплитудный спектр становится более «густым», а при  $T \rightarrow \infty$  превращается в сплошной (рис. 9.5, б).

Спектр фаз, или фазочастотный спектр, называют совокупность фаз гармонических составляющих. С учетом начальных фаз амплитуды гармоник могут быть как положительными, так и отрицательными, что и учтено на рис. 9.5, а. В ряде случаев интересуются лишь амплитудным (амплитудно-частотным) спектром без учета фаз. В таком случае амплитудно-частотный спектр (рис. 9.5, а) будет выглядеть так, как показано на рис. 9.6.

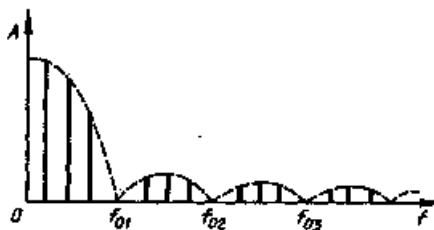


Рис. 9.6. Амплитудно-частотный спектр периодической последовательности прямоугольных импульсов

Чтобы форма выходных импульсов при прохождении через электрическую цепь (или устройство) не отличалась от формы входных импульсов, необходимо, чтобы эта цепь пропускала все гармоники, сохраняя их начальные фазы. Количество гармоник, пропускаемых электрической цепью (или устройством), определяет ее полосу пропускания  $\Delta F$ . Следовательно, в идеальном случае полоса пропускания должна быть бесконечно большой. Рассматривая рис. 9.6, можно заметить, что гармоники с наибольшими амплитудами сосредоточены в полосе частот  $0 \dots f_{01}$ . Поэтому форма импульсов в наибольшей степени определяется гармониками именно этого диапазона. Для пропускания этих гармоник полоса пропускания электриче-

ской цепи (устройства) должна быть равной  $\Delta F = f_0 =$   
 $= 1/t_n$ . Для повышения крутизны фронта и среза импуль-  
сов полосу пропускания увеличивают до значения  $\Delta F =$   
 $= (2..3)/t_n$ .