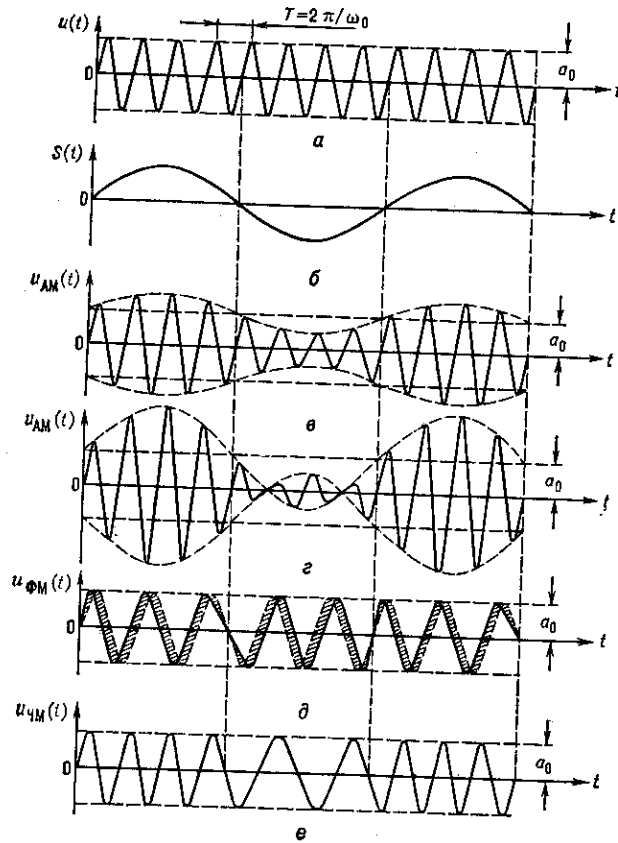


$$u_{\text{ЧМ}}(t) = a_0 \cos[\omega_0 t + K_{\text{ЧМ}} \int_{-\infty}^t s(\tau) d\tau + \psi_0], \quad (6)$$

где $K_{\text{ФМ}}$, $K_{\text{ЧМ}}$ — коэф., характеризующие девиацию фазы $\Delta\phi$ и частоты $\Delta\omega$ (рис., δ , ϵ). В силу соотношения (3) ф-лы (5) и (6) взаимно связаны, что и позволяет считать ЧМК разновидностью ФМК и наоборот.



Модулированные колебания: а — несущее (немодулированное) колебание; б — гармоническое модулирующее колебание; в — амплитудно-модулированное колебание; г — перемодулированное колебание; д — фазо-модулированное колебание; е — частотно-модулированное колебание.

Спектры ФМК и ЧМК (см. Частотная модуляция, Фазовая модуляция) существенно сложнее спектра АМК даже в случае гармонич. модуляции и в значит. мере определяются значением индекса модуляции $m = \Delta\omega/\Omega$, характеризующего отношение девиации частоты к частоте Ω модулирующего сигнала. При $m \gg 1$ (а именно такие значения обычно используют в системах связи) ширина спектра ЧМК равна удвоенной девиации частоты $2\Delta\omega = 2m\Omega$, тогда как спектр АМК занимает полосу ширины 2Ω , т. е. в m раз меньшую. Причём для ЧМК девиация частоты пропорц. амплитуде модулирующего сигнала $\Delta\omega_{\text{ЧМ}}$ и не зависит от частоты Ω , а для ФМК, в силу (3), $\Delta\omega_{\text{ФМ}}$ пропорциональна Ω . Большая «широкополосность» ЧМК и ФМК часто (но не всегда, исключение составляют, напр., случаи оптич. приёма) обуславливают их большую помехоустойчивость по сравнению с АМК.

Др. важными видами М. к., встречающимися в технике и природе, являются колебания, модулированные как по амплитуде, так и по фазе (частоте), а также импульсно-модулированные колебания — последовательности импульсов с ВЧ-заполнением (см. Импульсная модуляция).

Применения М. к. Фактически все сигналы, используемые в технике и возникающие в естеств. условиях, можно считать М. к. В технике связи, напр., модулирующие сигналы являются информационными, т. е. содержащими передаваемую информацию, тогда как несущее колебание, частота к-рого, как правило, много больше ширины спектра информац. сигнала, обеспечивает более эфф. передачу этой информации на расстоянии. При этом огibaющая АМК подвергается случайным изменениям и на трассе распространения, и в приёмопередающей аппаратуре (т. е. обладает слабой помехозащищённостью, в особенности в области НЧ), поэтому применение АМК целесообразно там, где важна простота устройств связи и характер сообщения может не пострадать из-за отсутствия или искажения НЧ-компонент спектра. Так, в телевидении для передачи изображения используют однополосные АМК, а для передачи НЧ-спектра звукового сопровождения применяют более широкие ЧМК. У ЧМК, однако, более широкий спектр по сравнению с АМК, в особенности когда индекс модуляции выбран большим для ослабления действия помех и повышения точности передачи сообщения, что снижает эффективность использования рабочего диапазона частот при ограниченном числе каналов связи.

В радиолокации и радиоастрономии М. к. используют для обнаружения целей и определения их важнейших геом. (размеры, конфигурация) и физ. (температура, плотность, диэлектрич. проницаемость и т. п.) параметров. Для физ. сред характерно появление естеств. модуляции, возникающей при воздействии магн. или электрич. полей на излучающие материальные среды (см. Зеемана эффект, Штарка эффект); при рассеянии света на колебаниях кристаллич. решётки твёрдых тел (Мандельштама — Бриллюэна рассеяние) и т. д. Понятие естеств. модуляции распространяют также на волны. Так, напр., волновой пучок достаточной интенсивности может изменять параметры среды и, как следствие, модулировать свою плотность (см. Самофокусировка света). При распространении волн в нелинейных диспергирующих средах (жидкостях, плазме) возникает явление автомодуляции волн, связанное с разл. видами неустойчивости волн по отношению к НЧ-пространственно-временным возмущениям. Естеств. модуляция находит практич. приложение в радио- и оптич. спектроскопии для диагностики параметров разнообразных сред; в нелинейной оптике для формирования мощных световых потоков; в акустике и др. областях прикладной физики. Способы практич. реализации М. к. связаны, как правило, с нелинейными устройствами, параметры к-рых (в радиотехнике, напр., это ёмкость, сопротивление; в акустике — плотность, и т. п.) можно изменять во времени в соответствии с законом модуляции. Техн. устройства, реализующие М. к., наз. модуляторами.

Лит.: Рытов С. М., Модулированные колебания и волны, «Тр. ФИАН», 1940, т. 2, в. 1; Френкс Л., Теория сигналов, пер. с англ., М., 1974; Баскаков С. И., Радиотехнические цепи и сигналы, М., 1983; Вайнштейн Л. А., Вакуман Д. Е., Разделение частот в теории колебаний и волн, М., 1983. Ю. К. Бозартёрв, М. А. Миллер.

МОДУЛИРОВАННЫЕ СТРУКТУРЫ — твердотельные структуры с естеств. или искусств. модуляцией состава. Период М. с. на 1—2 порядка превышает постоянную кристаллической решётки. Естеств. М. с. возникают при изоморфном распаде твёрдых растворов на две новые фазы, отличные по составу. При определ. отношениях упругих постоянных минимуму упругой энергии, связанной с различием постоянных решёток двух изоморфных твёрдых растворов, соответствует чередование тонких пластин, т. е. образование М. с. вместо хаотич. распределения фаз. Образование М. с. приводит к появлению специфических дифракционных эффектов — спутников рентгеновских линий (см. Рентгеновский структурный анализ) и к изменению ряда физ. свойств.