

РЕЗОНАНС

Авторы: В. В. Клиньшов, В. И. Некоркин

РЕЗОНАНС (франц. *resonance*, от лат. *resono* – откликаться), избирательный отклик колебат. системы на внешнее периодич. воздействие определённой частоты. Явление Р. происходит при приближении частоты внешнего воздействия ω к частоте собств. колебаний системы ω_0 и заключается в резком возрастании амплитуды её вынужденных колебаний. В этом случае частота воздействия называется резонансной (ω_p). Её величина определяется свойствами колебат. системы. Впервые Р. описан Г. *Галилеем* для механич. систем. От Р. при внешнем воздействии следует отличать *параметрический резонанс*, возникающий при периодич. изменении параметров колебат. системы.

Суть эффекта Р. можно понять на примере раскачивания качелей путём их периодич. подталкивания. Для эффективного раскачивания качелей частота внешнего подталкивания должна совпадать с частотой их собств. колебаний. В этом случае каждый толчок происходит в одной и той же фазе движения качелей, способствуя увеличению размаха колебаний. При неправильно выбранной частоте подталкивания толчки происходят в разных фазах движения, то ускоряя, то замедляя качели, и существенной раскачки колебаний не происходит.

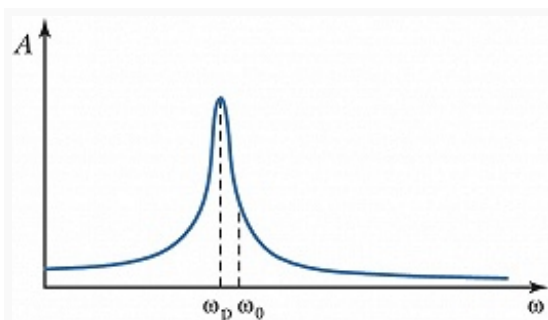
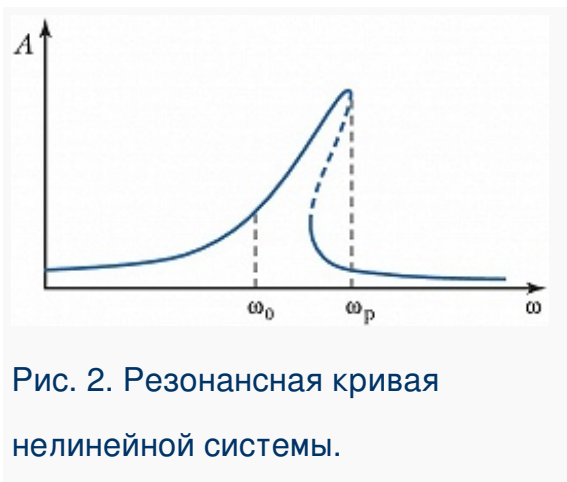


Рис. 1. Резонансная кривая линейной системы.

Осн. свойства Р. можно наблюдать при воздействии внешнего гармонич. сигнала на линейную систему с одной степенью свободы, такую как колебат. контур или математич. маятник. Зависимость амплитуды A вынужденных колебаний такой системы от частоты внешнего сигнала ω (резонансная кривая) имеет чётко выраженный максимум на

резонансной частоте ω_p (рис. 1). Для описания резонансных свойств линейной колебат. системы часто используют понятие добротности, характеризующее степень затухания колебаний в системе. Величина добротности определяет форму резонансной кривой: чем больше добротность, тем меньше ширина пика резонансной кривой, т. е. тем более избирательной является колебат. система. С ростом добротности увеличивается высота пика и уменьшается разница между резонансной и собств. частотами.



В нелинейных системах P имеет существенные особенности по сравнению с линейными. Во-первых, резонансная частота нелинейной системы зависит от амплитуды внешнего воздействия. Во-вторых, при достаточно сильных воздействиях исчезает однозначное соответствие амплитуды вынужденных колебаний параметрам внешнего сигнала. При одной и той же частоте внешней силы

возможны режимы колебаний с разл. амплитудами (рис. 2). Штриховой кривой на рисунке показана ветвь, соответствующая неустойчивому режиму колебаний. Переключение между разл. режимами при перестройке частоты происходит в виде скачков амплитуды и имеет гистерезисный характер.

Для линейных систем с несколькими степенями свободы и для распределённых систем, в которых собств. колебания могут происходить на разных частотах, P наблюдается при приближении частоты внешнего сигнала к одной из этих частот. В этом случае резонансная кривая характеризуется наличием нескольких максимумов, и внешнее воздействие распределяется по отд. координатам системы.

P играет важную роль в природе, науке и технике. В некоторых случаях он является нежелательным, т. к. приводит к негативным последствиям. Напр., при совпадении частоты набегающих на корабль волн с собств. частотой килевой качки возникает резкое увеличение амплитуды колебаний корабля, при которых его нос «зарывается» в волну. P может вызывать сильные колебания и последующие разрушения при

работе вибрирующих станков, машин, двигателей внутр. сгорания. Известны случаи разрушения мостов под действием ритмич. толчков от проходящих по ним войск. С др. стороны, на явлении Р. основана работа мн. приборов и устройств. Напр., настройка частоты колебат. контура радиоприёмника на частоту электромагнитного сигнала позволяет осуществлять его приём. Явление Р. лежит в основе принципа действия СВЧ электронных приборов, напр. [КЛИСТРОНОВ](#), использующих высокочастотные объёмные резонаторы для усиления СВЧ-сигналов.

Литература

Лит.: Рабинович М. И., Трубецков Д. И. Введение в теорию колебаний и волн. 3-е изд. М.; Ижевск, 2000; Горелик Г. С. Колебания и волны. 3-е изд. М., 2008; Некоркин В. И. Лекции по основам теории колебаний. Н. Новгород, 2012.