

сти от свойств системы возможно большое разнообразие форм P . к. от близких к гармоническим до скачкообразных и импульсных.

Электрич. P . к. применяются в измерит. технике, телеуправлении, автоматике и др. разделах электроники. Для их создания существуют разнообразные генераторы P . к., напр. *блокинг-генераторы*, *мультивибраторы*, *генераторы RC*.

Лит.: Андронов А. А., Витт А. А., Хайкин С. Э., Теория колебаний, 2 изд., М., 1981; Меерова Л. А., Зеличенко Л. Г., Импульсная техника, 2 изд., М., 1954; Капцанский И. М., Методы теории колебаний в радиотехнике, М.—Л., 1954.

РЕЛАКСАЦИОННЫЙ ГЕНЕРАТОР (генератор релаксационных колебаний) — генератор электромагнитных колебаний, в пассивные цепи к-рого, или активный нелинейный элемент не обладают резонансными свойствами. В отличие от генераторов, имеющих в своём составе резонаторы, в k -рых за каждый период колебаний имеет место лишь пополнение относительно небольших потерь колебат. энергии, в P . г. энергия, запасаемая в реактивном элементе, в процессе каждого периода колебаний расходуется полностью или почти полностью, а затем возобновляется за счёт источников питания и нелинейных активных элементов (электронных ламп, транзисторов, диодов). Период колебаний при этом определяется временем релаксации (установления равновесия) в цепях генератора (см. *Релаксационные колебания*).

P . г. относятся мультивибраторы разных типов, генераторы пилообразного напряжения, блокинг-генераторы и др. Форма колебаний, генерируемых P . г., может быть различной. Так, если P . г. имеет только одну степень свободы (т. е. его поведение описывается одним дифференц. ур-нием 1-го порядка), то процессы в нём имеют характер *разрывных колебаний*, при k -рых медленные изменения состояний системы чередуются со скачкообразными изменениями переменной величины или направления хода процесса в системе. Скорость этих скачкообразных изменений ограничивается лишь величиной паразитных параметров. P . г., имеющие неск. степеней свободы, могут генерировать разл. типы непрерывных колебаний. Подбором параметров цепи генератора можно создать P . г., в k -ром возбуждаются колебания, близкие к гармоническим (см. *Генератор RC*). Такие генераторы широко используются в качестве источников колебаний звуковых и инфразвуковых частот (от 200 кГц до долей Гц).

Лит.: см. при ст. *Генератор электромагнитных колебаний*. В. В. Мизулин.

РЕЛАКСАЦИЯ (от лат. relaxatio — ослабление, уменьшение) — процесс установления статистич. (а следовательно, и термодинамич.) равновесия в физ. системе, состоящей из большого числа частиц. P . — многоступенчатый процесс, т. к. не все физ. параметры системы (распределение частиц по координатам и импульсам, темп-ра, давление, концентрация вещества в малых объёмах и во всей системе и др.) стремятся к равновесию с одинаковой скоростью. Обычно сначала устанавливается равновесие по к.-л. параметру (частичное равновесие), что также наз. P . Все процессы P . являются неравновесными и необратимыми процессами, при k -рых в системе происходит диссипация энергии, т. е. производится энтропия (в замкнутой системе энтропия возрастает); исследование этих процессов составляет предмет *кинетич. физическ. физики*. В разл. системах P . имеет свои особенности, поэтому процессы P . весьма многообразны. Время τ установления (частичного или полного) равновесия в системе наз. *временем релаксации*. Когда отклонение от равновесия невелико, P . параметра u обычно происходит по закону $u = u_0 \exp(-t/\tau)$, где u_0 — нач. значение параметра u .

В экспериментах P . проявляется косвенно: по затуханию макроскопич. движений, возникающих под действием внеш. сил, и по частотной зависимости *кинетических коэффициентов*. Эфф. уменьшение внеш.

воздействия с ростом частоты ω приводит обычно к немонотонной зависимости от ω поглощённой за период энергии, $Q(\omega) \propto \omega(\tau)(1 + \omega^2\tau^2)^{-1}$. Наличие максимума у величины $Q(\omega)$ при $\omega\tau = 1$ наз. *кинематич. (релаксац.) резонансом*. Наличие неск. максимумов свидетельствует о существовании неск. механизмов P . Если в системе наблюдается резонансное поглощение энергии, то ширина резонансной кривой пропорц. τ^{-1} .

В газах процесс установления равновесия определяется *длиной свободного пробега* l и временем свободного пробега $\tau_{пр}$ (ср. расстояние и ср. время между двумя последовательными столкновениями частиц). Отношение $l/\tau_{пр}$ равно по порядку величины ср. скорости частиц (по абс. значению). Величины l и $\tau_{пр}$ малы по сравнению с макроскопич. масштабами длины и времени. С др. стороны, для газов время свободного пробега значительно больше времени столкновения частиц τ_c ($\tau_{пр} \gg \tau_c$). Только при этом условии P . определяется лишь парными столкновениями частиц (см. также *Кинетическая теория газов*).

В одноатомных газах (без внутр. степеней свободы) P . происходит в два этапа. На первом этапе за короткий промежуток времени, порядка времени столкновения частиц τ_c , начальное (даже сильно неравновесное) состояние хаотизируется так, что становятся несущественными детали нач. состояния и оказывается возможным т. н. «сокращённое» описание неравновесного состояния системы, когда не требуется знания вероятности распределения всех частиц системы по координатам и импульсам, а достаточно знать *одночастичную функцию распределения*. (Все остальные ф-ции распределения более высокого порядка, описывающие распределение по состояниям двух, трёх и т. д. частиц, зависят от времени лишь через одночастичную ф-цию.) Одночастичная ф-ция распределения удовлетворяет *кинетическому уравнению Больцмана*, k -рое описывает процесс её P . Эта стадия P . наз. *кинетической* и является очень быстрым процессом.

На второй стадии P . за время порядка времени свободного пробега частиц $\tau_{пр}$ в результате всего неск. столкновений в макроскопически малых объёмах системы, движущихся с массовой скоростью (ср. скорость переноса массы), устанавливается *локальное термодинамическое равновесие*, ему соответствует *локально-равновесное*, или *квазиравновесное*, распределение, k -рое характеризуется такими же параметрами, как и при полном равновесии системы (темп-рой и хим. потенциалом), но зависящими от пространственных координат и времени. Эти малые объёмы содержат ещё очень много частиц, а поскольку они взаимодействуют с окружающей средой лишь через частицы вблизи своей поверхности, их можно считать приближённо изолированными. Параметры локально-равновесного распределения в процессе P . медленно (по сравнению с кинетич. стадией P .) стремятся к равновесным значениям, а состояние системы мало отличается от равновесного, если градиенты термодинамич. параметров малы. Время P . для локального равновесия $\tau \approx \tau_{пр}$. После установления локального равновесия для описания P . используют ур-ния гидродинамики с учётом неоднородности темп-ры и концентрации (*Навее — Стока уравнение*, ур-ния теплопроводности, диффузии и др.). При этом предполагается, что термодинамич. параметры (плотность, темп-ра и массовая скорость) мало меняются за время $\tau_{пр}$ и на расстоянии l . Эта стадия P . наз. *гидродинамической*. Процесс P . системы к состоянию полного статистич. равновесия происходит медленно, после большого числа столкновений, поэтому процессы теплопроводности, диффузии, вязкости и т. п. являются медленными процессами. Соответственно время P . τ зависит от размеров L системы и велико по сравнению с $\tau_{пр}$: $\tau \approx \tau_{пр}(L/l)^2 \gg \tau_{пр}$, что имеет место при $l \ll L$, т. е. не для сильно разреженных газов.