

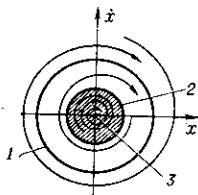
тич. значения; при этом на фазовом портрете (рис. 5) нач. точка должна лежать вне заштрихованной области, т. е. изображающая точка должна быть выведена за пределы области притяжения устойчивого состояния равновесия, границей к-рого служит неустойчивый предельный цикл.

В системах, даже незначительно более сложных, чем генератор на рис. 2, а, напр. в системах с полутора степенями свободы, возможны не только периодич. и квазипериодич. А. (с несколькими несоизмеримыми частотами), но и А., ничем неотличимые от случайных — т. н. стохастические А. Примером такой автоколебат. системы — генератора шума, в к-ром хаотич. колебания (колебания со сплошным спектром) совершаются в диссипативной системе за счёт энергии регулярных источников, может служить генератор на рис. 2, б, если в контур последовательно с индуктивностью добавлен нелинейный элемент с неважно однозначной вольт-амперной характеристикой (рис. 6). Таким элементом является, напр., *туннельный диод*. Матем. модель или соответствующая такому генератору *динамическая система* может быть представлена в виде системы 3-го порядка:

$$\left. \begin{aligned} \dot{x} &= 2hx + y - gz, \\ \dot{y} &= -x, \\ \dot{z} &= \dot{x} - f(z). \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Здесь x, y, z — соответственно безразмерные токи в контуре, напряжение на ёмкости и напряжение на

Рис. 5. Фазовый портрет, отвечающий жёсткому возбуждению автоколебаний: 1 — устойчивый предельный цикл; 2 — неустойчивый предельный цикл; 3 — устойчивое состояние равновесия.



туннельном диоде, h — инкремент нарастания колебаний в контуре в отсутствие диода, g характеризует степень влияния диода на процессы в контуре, $\varepsilon \ll 1$ — малый параметр, пропорциональный ёмкости туннельного диода, $f(z)$ — его нормированная характеристика. Фазовое пространство системы (2) трёхмерно. При определ. параметрах в этом фазовом пространстве все траектории будут входить в ограниченную область, внутри к-рой нет ни устойчивых состояний равновесия, ни устойчивых предельных циклов. Внутри этой области содержится притягивающее множество траекторий, каждая из к-рых неустойчива, — это т. н. *странный аттрактор*. Подобно тому, как предельный цикл является образом периодич. А., образом стохастич. А. служит странный аттрактор.

Для автоколебат. систем с неск. степенями свободы характерны такие явления, как синхронизация и конкуренция колебаний. Разделяют внеш. синхронизацию А., или захватывание частоты генератора, и взаимную синхронизацию. При захватывании частоты устанавливаются А. с частотой и фазой, соответствующими частоте и фазе внеш. периодич. воздействия, а при взаимной синхронизации — периодич. сфазированные колебания в ансамбле подсистем, к-рые в независимом режиме работы характеризуются разл. частотами. Захватывание частоты широко используется для управления и стабилизации частоты мощных малостабильных генераторов с помощью высокостабильных маломощных (напр., в лазерах). Полоса захва-

тывания — область расстройек между частотами собств. колебаний и внеш. сигналом, внутри к-рой устанавливается режим синхронизации, — расширяется при увеличении амплитуды внеш. воздействия. Вне гра-

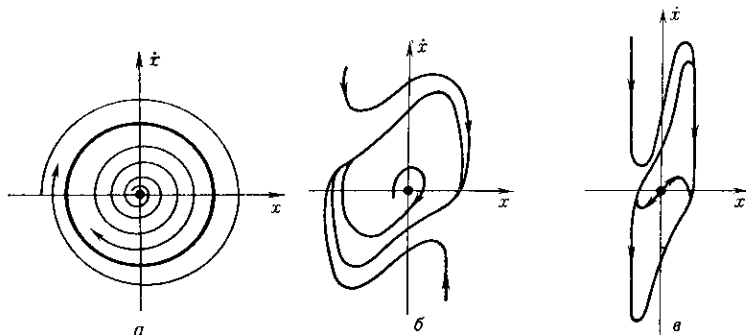


Рис. 4. Фазовые портреты системы (1): а — при $\mu \ll 1$; б — при $\mu = 1$; в — при $\mu \gg 1$.

ницы захватывания устойчивый режим генерации периодич. колебаний сменяется режимом биений — режимом квазипериодич. колебаний либо стохастич. режимом. Взаимная синхронизация подсистем или различных элементарных колебаний (мод) используется при работе неск. генераторов на общую нагрузку, для получения коротких импульсов в многомодовых генераторах (напр., лазерах) и т. д.

Конкуренция мод — подавление одних мод другими в автоколебат. системах — связана с тем, что конкурирующие моды черпают энергию на покрытие диссипативных расходов из общего источника. В результате одни моды создают дополнит. нелинейное затухание для других. Благодаря эффектам конкуренции и взаимной синхронизации колебаний в автоколебат. системах с большим числом степеней свободы (или даже бесконечным числом — в случае распределённых систем) возможно установление из нач. шума (нарастающих в результате развития линейных неустойчивостей флуктуаций на разл. частотах) режима регулярных периодич. А. Эффекты конкуренции и синхронизации оказываются принципиальными и для появления высокоорганизованных структур в нелинейных неравновесных средах.

В распределённых системах характер А. существенно зависит, помимо вида нелинейности, ещё и от особенностей дисперсии среды и граничных условий, в частности наличия резонатора. В некоторых случаях спектр возбуждения мод и особенности их нелинейного взаимодействия таковы, что при анализе А. в распределённой системе с бесконечным числом степеней свободы возможно ограничиться т. н. одномодовым описанием. Для примера рассмотрим А. в

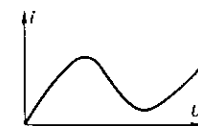
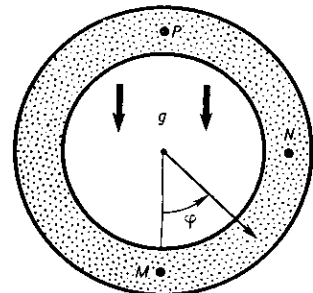


Рис. 6. Вольт-амперная характеристика туннельного диода.

Рис. 7. Кольцевая труба, заполненная жидкостью, — конвективная петля; g — ускорение силы тяжести, T_H — темп-ра в точке М, T_B — темп-ра в точке Р.



кольцевом резонаторе — расположенной в вертикальной плоскости замкнутой трубе, заполненной вязкой жидкостью (рис. 7). При подогреве кольца снизу в системе устанавливается режим конвекции: более лёгкая, нагретая в основании кольца часть жидкости всплывает, заставляя охлаждённую жидкость опускаться