

резонаторов и активную среду, преобразующую энергию источника питания (энергию «накачки») в энергию эл.-магн. колебаний.

Возбуждение автоколебаний в Г. э. к. начинается с возникновения нач. колебаний в к.-л. элементе при включении источника питания, замыкания цепей, вследствие электрич. флуктуаций и т. д. Благодаря цепи обратной связи энергия этого колебания полностью или частично поступает в активный элемент и усиливается в нём (рис. 1). Параметры цепи обратной связи подобраны т. о., чтобы усиленное колебание складывалось в фазе с начальным (положит. обратная связь,

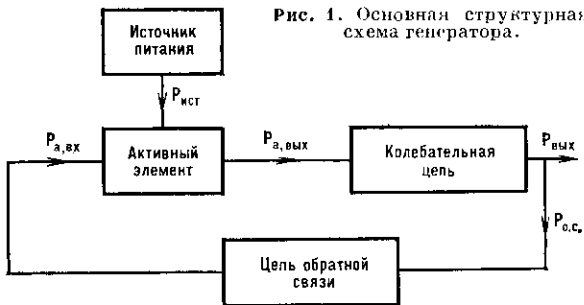
баний в стационарном режиме, поскольку в общем случае амплитудная характеристика, набега фазы в пассивных цепях $\varphi_{\text{пасс}}$ и фазово-амплитудная характеристика активного элемента $\varphi_{\text{акт}}$ зависят от частоты. Помимо баланса амплитуд и фаз необходимым условием существования стационарного режима является его устойчивость. Если при малом возмущении стационарного значения амплитуды мощность потерь в системе растёт или убывает быстрее, чем мощность, поступающая от активного элемента, то колебания устойчивы, амплитуда возвращается к стационарному значению.

Возникновение в колебат. цепи незатухающих колебаний можно рассматривать как результат внесения в неё «отрицат.» сопротивления, компенсирующего положит. сопротивление цепи. В отрицат. дифференц. сопротивлении увеличение тока соответствует уменьшению падения напряжения, $R_{\text{дифф}} = \Delta U / \Delta I < 0$, на нём выделяется мощность $P_{\text{акт}}$, компенсирующая потери, поэтому активный элемент Г. э. к. вместе с управляющей им цепью обратной связи эквивалентен нек-рому $R_{\text{дифф}} < 0$. Вместе с тем $R_{\text{дифф}} < 0$ возникает в ряде приборов, вольт-амперная характеристика к-рых имеет падающий участок (рис. 3) при изменении U и I в пределах этого участка. Эти приборы применяют в Г. э. к. без использования спец. цепи обратной связи, включая их в состав колебат. цепи и выбирая пост. напряжение смещения $U_{\text{см}}$ т. о., чтобы рабочая точка лежала в пределах падающего участка вольт-амперной характеристики. К таким приборам относятся, напр., тушительные диоды. При электрич. разряде в газах вольт-амперная характеристика также имеет падающий участок.

Вид возбуждаемых колебаний, их частотный спектр существенно зависят от частотных свойств пассивных цепей и активного элемента Г. э. к., в большинстве случаев обладающих резонансными свойствами и имеющих конечные рабочие полосы частот $\Delta\omega_{\text{пасс}} = \omega_{\text{пасс}}^{\text{макс}} - \omega_{\text{пасс}}^{\text{мин}}$, $\Delta\omega_{\text{акт}} = \omega_{\text{акт}}^{\text{макс}} - \omega_{\text{акт}}^{\text{мин}}$. Если в пассивных цепях ярко выражены колебат. (резонансные) свойства (напр., в колебат. контуре или объёмном резонаторе), так что $\Delta\omega_{\text{пасс}} \ll \Delta\omega_{\text{акт}}$, то частота и форма генерируемых колебаний определяются свойствами собств. колебаний цепи. В этом случае роль активного элемента сводится к подкачке энергии в колебат. цепь для компенсации потерь в ней (включая отбор энергии в нагрузку). При малых потерях (высокой добротности колебат. системы) форма колебаний близка к синусоидальной, соответствующие Г. э. к. наз. генераторами гармонич. колебаний.

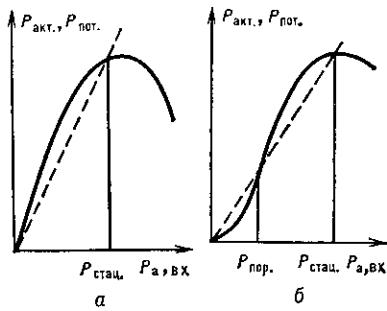
Если пассивная цепь не обладает заметными резонансными свойствами (контур или резонатор с низкой добротностью, согласов. отрезок волновода или замедляющей системы и др.), так что $\Delta\omega_{\text{пасс}} \gg \Delta\omega_{\text{акт}}$, то генерация гармонич. колебаний возможна за счёт избират. свойств активного элемента, управляемого цепью обратной связи и передающего энергию в колебат. цепь лишь на определ. частотах (напр., в лампе обратной волны на частоте, при к-рой фазовая скорость обратной волны замедляющей системы близка к скорости электронов). В ряде генераторов гармонич. колебаний резонансными свойствами обладают и пассивная цепь, и активный элемент, к-рые имеют примерно одинаковые, небольшие по ширине рабочие полосы частот $\Delta\omega_{\text{пасс}} \approx \Delta\omega_{\text{акт}} \ll \omega$; поэтому необходима точная настройка их собств. частот $\omega_{\text{пасс}} \approx \omega_{\text{акт}} \approx \omega$. Так, в магнетроне частота одного из собств. колебаний объёмного резонатора близка к частоте, на к-рой электронный поток интенсивно передаёт энергию эл.-магн. полю при совпадении дрейфовой скорости электронов с фазовой скоростью волны поля.

Рис. 1. Основная структурная схема генератора.



фазовый баланс). Колебания в Г. э. к. нарастают, т. е. происходит самовозбуждение генератора, если мощность $P_{\text{акт}} = P_{\text{а, вых}} - P_{\text{а, вх}}$, передаваемая колебаниям активным элементом от источника питания, больше мощности потерь $P_{\text{пот}}$ во всех элементах Г. э. к. (включая мощность $P_{\text{вых}}$, отдаваемую в нагрузку); в противном случае происходит затухание колебаний. Активный элемент имеет, как правило, нелинейную амплитудную характеристику, поэтому зависимость $P_{\text{акт}}$ от мощности колебаний (напр., от $P_{\text{а, вх}}$) нелинейна; наоборот, мощность потерь в большинстве случаев линейно зависит от мощности колебаний (рис. 2). При выпуклой амплитудной характеристике возбуждение

Рис. 2. Зависимость мощности потерь $P_{\text{пот}}$ (пунктир) и мощности $P_{\text{акт}}$, передаваемой колебаниям активным элементом, от мощности колебаний на входе (сплошная кривая) для генераторов: а — с мягким самовозбуждением, б — с жёстким возбуждением.



($P_{\text{акт}} > P_{\text{пот}}$) возможно при сколь угодно малой нач. амплитуде и мощности колебаний — это генераторы с мягким самовозбуждением (рис. 2, а). Если же амплитудная характеристика на нач. участке вогнута, то реализуется жёсткий режим самовозбуждения, когда нарастание колебаний ($P_{\text{акт}} > P_{\text{пот}}$) возможно только при конечных значениях нач. амплитуды и мощности, превышающих нек-рое пороговое значение ($P_{\text{а, вх}} > P_{\text{пор}}$ на рис. 2, б). С ростом амплитуды колебаний их усиление в нелинейном активном элементе уменьшается, происходит переход к стационарному режиму Г. э. к., к-рому соответствует энергетич. равновесие в системе ($P_{\text{акт}} = P_{\text{пот}}$, амплитудный баланс). Условие баланса амплитуд записывают относительно амплитуды или мощности колебаний в выбранной точке генератора, напр. относительно $P_{\text{а, вх}} : P_{\text{а, вых}}(\omega, P_{\text{а, вх}}) - P_{\text{а, вх}} = \alpha(\omega) P_{\text{а, вых}}(\omega, P_{\text{а, вх}})$, где коэф. α характеризует потери мощности, включая мощность, передаваемую в нагрузку, ω — частота. Вместе с условием баланса фаз $\varphi_{\text{акт}}(\omega, P_{\text{а, вх}}) + \varphi_{\text{пасс}}(\omega) = 2\pi n$, $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ оно определяет мощность и частоту коле-

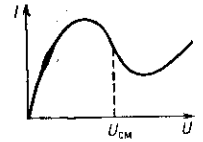


Рис. 3. Вольт-амперная характеристика с падающим участком.