

ры усиливаемых колебаний сравнительно медленно изменяются во времени. Характеристики таких У. э. к. определяют путём подачи на вход одного или неск. гармонич. колебаний с изменяемыми частотами, фазами и амплитудами. Этот класс включает усилители систем радиовещания, записи и воспроизведения звука, телефонные и др. В импульсных У. э. к. уровень усиливаемых колебаний меняется настолько быстро, что продолжительность переходного процесса оказывает существенное влияние на форму колебаний на выходе. Свойства таких усилителей оценивают по характеру переходного процесса при подаче на вход скачкообразного напряжения. К этому классу относятся телевизионные, телеграфные, радиолокационные и др. У. э. к.

По схемотехн. принципу У. э. к. можно разделить на два класса. К первому, наиб. обширному относятся У. э. к., в той или иной мере обладающие свойствами *независимых элементов* и не охваченные положит. обратной связью: усиливаемые колебания подводятся к управляющим электродам усилит. элемента или другой усилит. структуры, а усиленные отводятся по цепям выходного электрода. В др. классе — регенеративных У. э. к. — в тракте усиливаемых колебаний вносится *отрицательное дифференциальное сопротивление*, обусловленное теми или иными физ. эффектами или являющееся следствием введения положит. обратной связи (при независимых усилит. элементах) и частично компенсирующее потери в тракте. Первый из указанных принципов построения У. э. к. применяется при любых частотах усиливаемых колебаний, второй — преим. на СВЧ.

Частота усиливаемых колебаний и требуемая ширина полосы пропускания  $\Delta f$  решающим образом влияют на используемые физ. принципы работы, схемотехнику, конструкцию и достижимые параметры и характеристики У. э. к. По этому признаку У. э. к. делятся прежде всего на усилители постоянного тока (УПТ) и усилители переменного тока. Коэф. усиления УПТ не изменяется при уменьшении частоты до нулевого значения ( $f_n = 0$ ), т. е. они могут пользоваться как У. э. к. инфранизких частот (колебаний с частотами  $\sim$  доли Гц). Усилители перем. тока усиливают колебания в полосе  $\Delta f = f_n - f_n$ , причём  $f_n > 0$ ; в зависимости от абс. значений  $f_n$ ,  $f_n$ ,  $\Delta f$  и отношения  $f_n/f_n$  такие У. э. к. делятся на ряд групп. Значения  $\Delta f$  и  $f_n/f_n$  определяются гл. обр. наличием или отсутствием частотно-избират. цепей, а также частотными зависимостями физ. явлений, используемых для усиления: У. э. к. без частотно-избират. цепей наз. аperiodическими, при наличии таких цепей — избирательными.

У. э. к. звуковых частот (УЗЧ) пропускают полосу частот от  $f_n = 20 \div 200$  Гц до  $f_n = 10 \div 20$  кГц, усилители видеочастот работают в полосе от  $f_n = 50$  Гц до  $f_n = 6$  МГц. У. э. к. с  $f_n/f_n$  до  $10^6$  относятся к классу широкополосных и, как правило, бывают аperiodическими. У. э. к. высокой частоты (УВЧ) являются избират. усилителями, для к-рых характерно отношение  $f_n/f_n \approx 1$ , а значения усиливаемых частот выше звуковых; используются в *радиопередаточных устройствах* и *радиоприёмных устройствах* в качестве усилителей радиочастоты (УРЧ) и усилителей промежуточной частоты (УПЧ). Такие У. э. к. бывают резонансными, в т. ч. узкополосными (с полосой пропускания  $\sim$  неск. Гц), или полосовыми — со сравнительно равномерным ср. участком и резко ограниченными краями АЧХ.

Поскольку на практике усиления, обеспечиваемого одним усилит. элементом, часто оказывается недостаточно, У. э. к., как правило, делают многокаскадными. Общий коэф. усиления  $N$ -каскадного У. э. к., простейшая струк-

турная схема к-рого показана на рис. 1,  $K = \prod_{j=1}^N K_j$ , где

$K_j$  — коэф. усиления  $j$ -го каскада. Наиб. мощным каскадом У. э. к. является оконечный (выходной)  $N$ -й каскад, обеспечивающий необходимые напряжение и ток в нагрузке  $Z_H$ ; ему предшествует ряд каскадов предварит. усиления. Экономичность оконечного каскада в осн. определяет энергетич. эффективность всего У. э. к., этот же каскад является

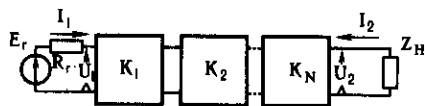


Рис. 1. Структурная схема простейшего  $N$ -каскадного усилителя электрических колебаний.

осн. источником нелинейных искажений, поэтому, как правило, охватывается отрицат. обратной связью, позволяющей значительно уменьшить эти искажения. Такая же обратная связь часто вводится и в др. каскадах для улучшения их показателей.

УПТ широко используются в аналоговой вычислит. технике, для усиления слабых сигналов от разнообразных датчиков при измерениях в биологии, медицине, ядерной физике, геофизике, астрономии и др. У. э. к. этого класса существуют двух типов: без преобразования сигнала (усилители прямого усиления) и с преобразованием сигнала. В УПТ прямого усиления, реализуемых на транзисторах, интегральных схемах (ИС), электронных лампах, каскады соединяются непосредственно (гальванически) или, реже, с помощью оптоэлектронных приборов — оптопар. Использование непосредственной межкаскадной связи создаёт проблему обеспечения режима питания усилит. элемента по пост. току и, что существеннее, проблему дрейфа нуля — самопроизвольного изменения выходного напряжения (тока) при неизменном или равном нулю входном напряжении (токе). Первая решается разл. методами согласования каскадов, а для уменьшения дрейфа нуля широко применяются балансные схемы, используют температурно-зависимые линейные и нелинейные пассивные или активные элементы. Среди балансных У. э. к. различают разностные и дифференциальные. К разностным относятся каскады на транзисторах или электронных лампах с эмиттерной, истоковой или катодной связями. Значительно большее распространение получили дифференц. каскады, представляющие собой симметричные У. э. к. параллельного баланса, к-рые при реализации на дискретных элементах позволяют уменьшить дрейф нуля и подавить синфазные помехи в десятки раз, а в усилителях на ИС, где они широко используются в сочетании с генераторами стабильного тока (рис. 2) типа токоотводов или источников тока, достигнуть ещё лучших показателей. Др. способ снижения дрейфа нуля в УПТ прямого усиления — применение для межкаскадной развязки резисторных, диодных или транзисторных оптопар: полупроводниковых приборов, состоящих из

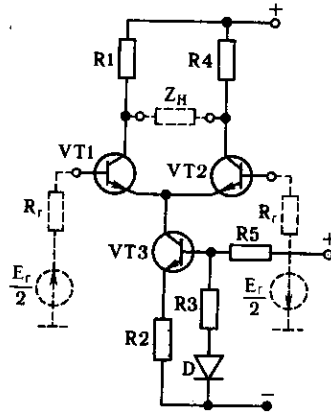


Рис. 2. Схема дифференциального каскада на биполярных транзисторах  $VT_1$ ,  $VT_2$  с генератором стабильного тока ( $VT_3$ ).

электрически изолированных друг от друга излучающего и фотоприёмного элементов, между к-рыми имеется оптич. связь (см. *Оптоэлектроника*).

В УПТ с преобразованием (модуляцией) изменяющийся ток (напряжение) сначала преобразуется в пропорциональный по амплитуде сигнал перем. тока, к-рый затем усиливается практически бездрейфовым усилителем перем. тока. Такие УПТ реализуются по схемам с модулятором или с генератором и прерывателем, причём для значит. снижения дрейфа нуля к соответствующим схемным узлам предъявляются жёсткие требования.