

ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕГУЛЯТОР УРОВНЯ

Л. ЛЕВИЦКИЙ, г. Мытищи Московской обл.

Этот относительно простой регулятор уровня сигнала выполнен на дискретных элементах. Его можно рекомендовать радиолюбителям, которые хотят ввести в свою аппаратуру электронные регуляторы, но не могут приобрести соответствующие микросхемы. Данный регулятор, при условии подбора элементов, позволяет получить параметры, необходимые для применения в высококачественной аппаратуре звуковоспроизведения.

Предлагаемый электронный регулятор уровня, в отличие от регулятора громкости, который может быть и тонкомпенсированным, выполнен по схеме сдвоенного дифференциального каскада, в котором звуковой сигнал подается в цепи эмиттеров, а коэффициент передачи изменяется в широких пределах посредством управления по цепи базы транзисторов.

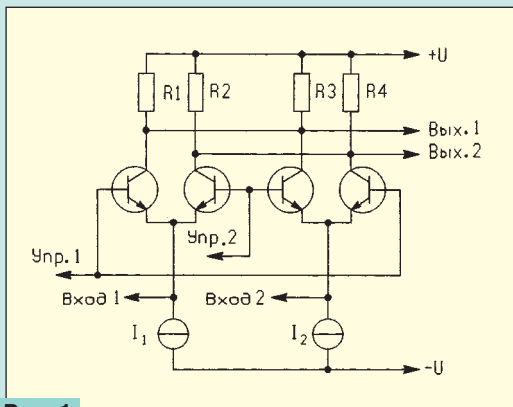


Рис. 1

В микросхемах электронных регуляторов на транзисторах одной структуры (например К525ПС1) коллекторы дифференциальных каскадов нагружены на резисторы, подключенные к шине питания $+U_{пит}$ (рис. 1). Сопротивление резисторов R3 и R4 гораздо ниже динамического сопротивления транзисторов VT1—VT4, поэтому шумы и пульсации с шины питания поступают на выход без ослабления. Вследствие этого требуются источники питания с низким уровнем пульсаций.

Кроме того, такая структура не позволяет получить непосредственно максимальный размах выходного сигнала ± 12 В при напряжении питания ± 15 В, да и коэффициент нелинейных искажений получается значительным. Перечисленные факторы затрудняют применение таких устройств для регуляторов громкости в высококачественной аппаратуре.

Если каскад выполнен по симметричной схеме (рис. 2), то помехи по цепи питания можно значительно уменьшить. Помимо этого, здесь сигнал всегда остается симметричным, т.е. четные гармоники ниже, чем в исходном варианте. Но максимальный уровень выходного сигнала регулятора в таком включении транзисторов ограничен еще больше: он составляет всего около 300 мВ. Чтобы его увеличить, возмож-

но, конечно, «развести» напряжение на базах транзисторов вплоть до величины $\pm(|U_{пит}| - 1 \text{ В})$, но это потребует заметного усложнения устройства.

Проблему можно решить проще — подключением выхода регулятора к инверсному входу охваченного обратной связью ОУ в инвертирующем включении (действующего как преобразователь ток—напряжение). Его выходное напряжение зависит от отношения сопротивления резистора цепи обратной связи к сопротивлению источника сигнала (для ОУ). Максимальная же амплитуда сигнала при этом будет стандартной для конкретного типа ОУ и составит не менее 9 В, практически без повышения уровня гармоник.

В таком варианте регулятора полоса рабочих частот сузится до той, которую способен обеспечить этот ОУ, но для применения в звукотехнических устройствах имеются вполне современные ОУ с отличными параметрами.

Полная схема электронного регулятора (рис. 3) несколько сложнее функциональной. Такой регулятор использован для управления уровнем громкости в составе усилителя аудиокомплекса. Транзисторы VT1—VT4 представляют собственно электронный регулятор. Входной сигнал звуковой частоты через резисторы R4 и R5, преобразующие входное напряжение в ток, подается в точки соединения эмиттеров VT1, VT2 и VT3, VT4 соответственно. Базы транзисторов VT2 и VT3 соединены с общим проводом через резистор R1, а на VT1 и

VT4 подается управляющее напряжение в пределах $-50 \dots +50$ мВ, что приводит к перераспределению тока коллекторов VT1 — VT4 либо на общий провод, либо на инверсный вход ОУ DA1. Последний усиливает его в соотношении $R10 / [(R4 \cdot R5) / (R4 + R5)]$ для максимального коэффициента передачи сигнала.

Для приведенной схемы коэффициент максимального усиления $K_{макс} = 4,4$. Изменением резисторов R4, R5 и R10 его можно сделать практически любым, допускаемым для применяемого ОУ.

При таком построении все транзисторы регулятора работают при практически неизменном напряжении на коллекторах, и поэтому гармонические искажения не возникают. Основным источником искажений остается ОУ, им и определяется качество регулятора в целом.

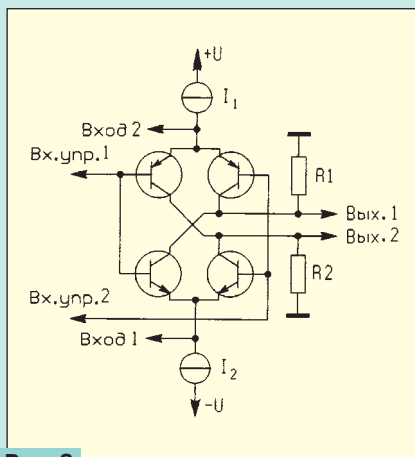


Рис. 2

Примененный ОУ может быть заменен другим, с малым коэффициентом гармоник на звуковых частотах и скорректированный для единичного усиления. В электронном регуляторе некоторые ОУ целесообразно дополнить двумя дополнительными транзисторами VT5, VT6 для снижения переключательных искажений выходного каскада (перевод в режим работы в классе А при снижении выходного тока). Но это вовсе не обязательно.

Транзисторы в регуляторе допустимо применять и другие: например,

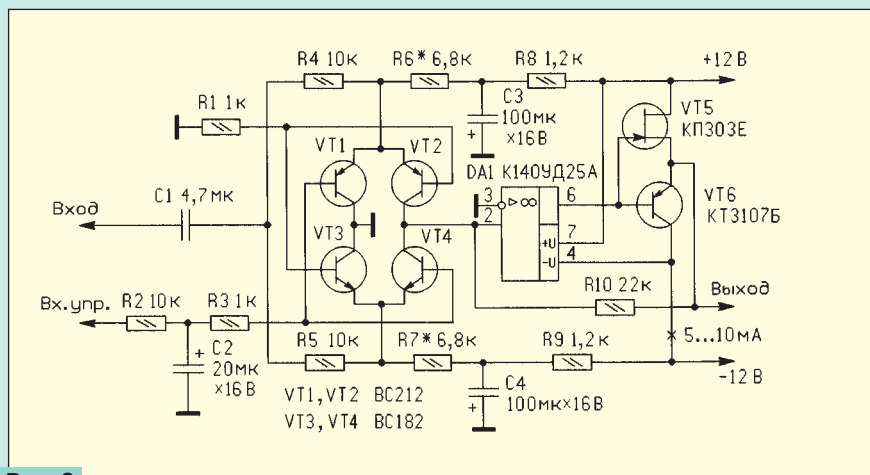


Рис. 3