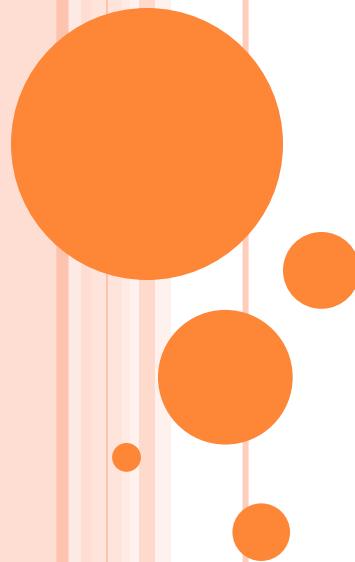


Компенсационные стабилизаторы напряжения



Компенсационные стабилизаторы (КС)-
представляют собой замкнутые системы автоматического регулирования, в которых с высокой степенью точности независимо от:

- изменения напряжения сети
- тока нагрузки
- температуры окружающей среды
- частоты сети

поддерживается
постоянное выходное
напряжение
(выходной ток)

Регулирующим элементом (РЭ) в КС является транзистор. В зависимости от схемы включения РЭ различают компенсационные стабилизаторы:

- последовательного
- параллельного типа.

В линейных стабилизаторах РЭ работает в непрерывном режиме, а в импульсных — включевом.

Схема построения компенсационного стабилизатора последовательного типа

Выходное напряжение (U_h) стабилизатора через делитель напряжения (ДН) поступает на один из входов усилителя сигнала ошибки, в качестве которого используется усилитель постоянного тока (УПТ), а на второй его вход подается эталонное напряжение от источника опорного напряжения (ИОН). В УПТ эти два напряжения сравниваются.

На выходе усилителя появляется усиленный сигнал их разности, который поступает на вход РЭ, вызывает изменение его сопротивления, а следовательно, и падение напряжения на нем, в результате $U_{\text{вых}}$ возвращается к своему первоначальному значению с определенной степенью точности.

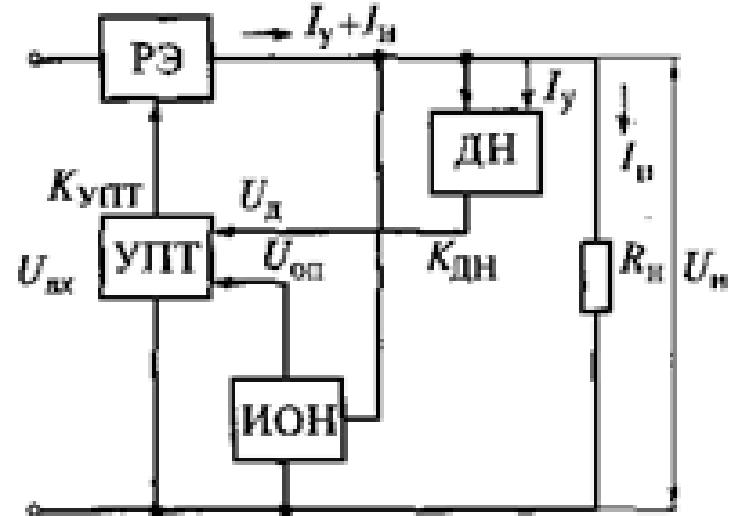
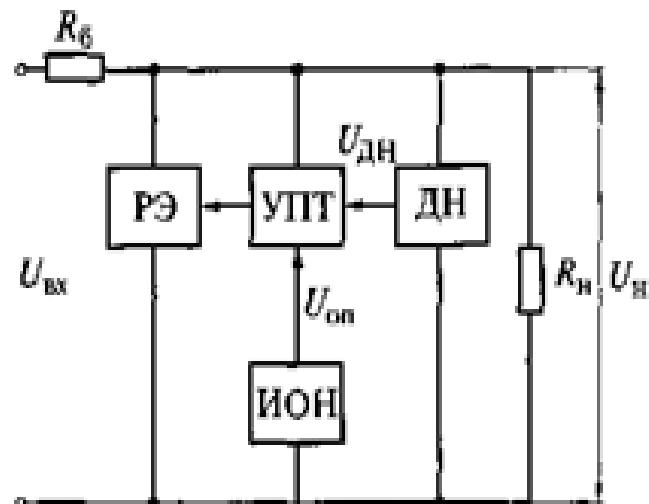


Схема построения компенсационного стабилизатора параллельного типа

Схема состоит из тех же узлов, что и схема последовательного типа, но РЭ включен в ней параллельно нагрузке, а последовательно включен балластный резистор R_6 .

При изменении U_H на выходе ДН появляется сигнал, который усиливается УПТ и воздействует на РЭ до изменения его тока. Изменение тока РЭ вызывает изменение тока, проходящего через балластный резистор, что приводит к изменению падения напряжения на нем, в результате чего с определенной степенью точности компенсируется изменение U_H .

Компенсационные стабилизаторы параллельного типа имеют высокую надежность при перегрузках.



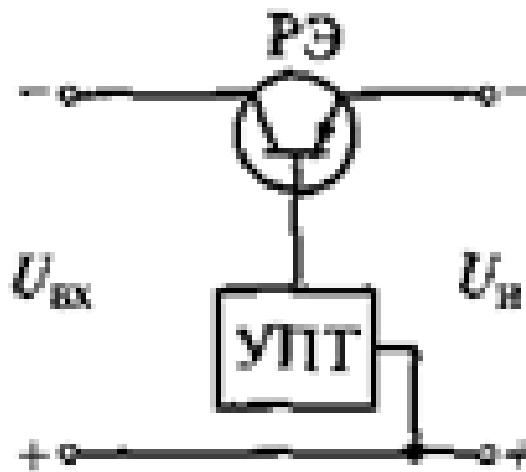
Широкое использование компенсационного стабилизатора линейного типа определяется следующими их основными свойствами:

- высокая точность стабилизации U_H ;
- очень малое динамическое внутреннее сопротивление;
- сравнительно низкий КПД ($n = 0,5 \dots 0,7$) вследствие потерь мощности на РЭ и балластном резисторе, а также невысокие мас-согабаритные параметры.

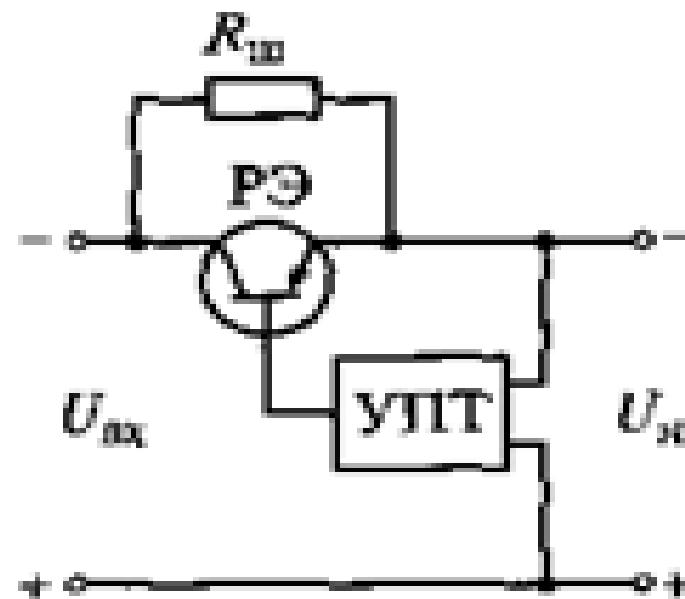


Регулирующий элемент (РЭ) — это транзистор, обеспечивающий регулирование тока I_h при большом усилении по мощности.

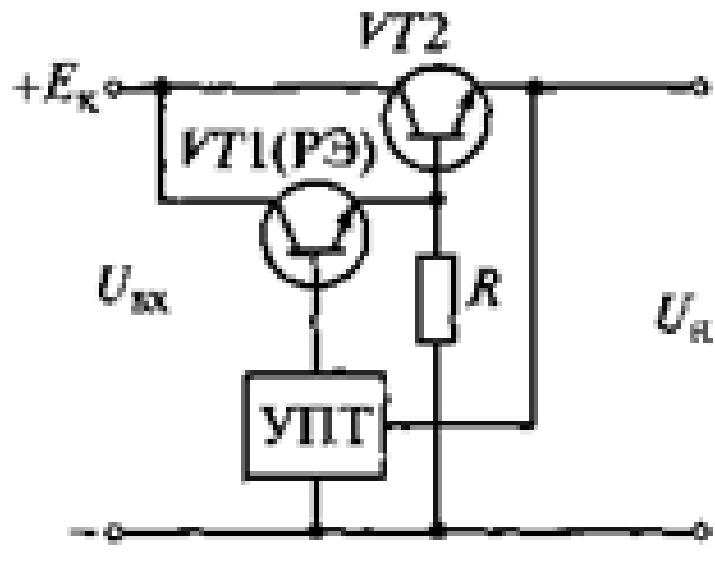
РЭ должен иметь максимально допустимое напряжение $U_{k-э}$, позволяющее обеспечивать необходимое падение напряжения на переходе коллектор — эмиттер без опасности пробоя.



Чтобы уменьшить мощность рассеяния РЭ при постоянном токе нагрузки ,можно с помощью резистивного шунта $R_{\text{Ш}}$

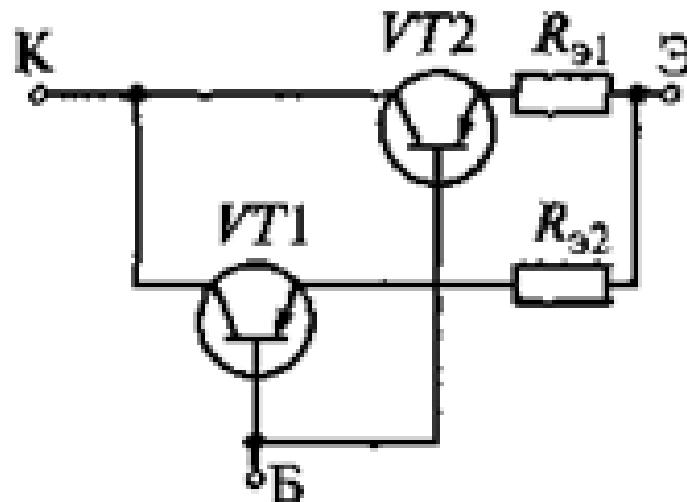


Для уменьшения тока управления РЭ выполняется на составном (два, три и более) транзисторе. Это позволяет улучшить согласование мощного транзистора РЭ с маломощным УПТ и увеличивает коэффициент усиления по току (т.к. чем выше $h_{21\beta}$, тем больше K_{CT}), который может достигать десятков тысяч. Такая схема соединения транзисторов называется схемой Дарлингтона.



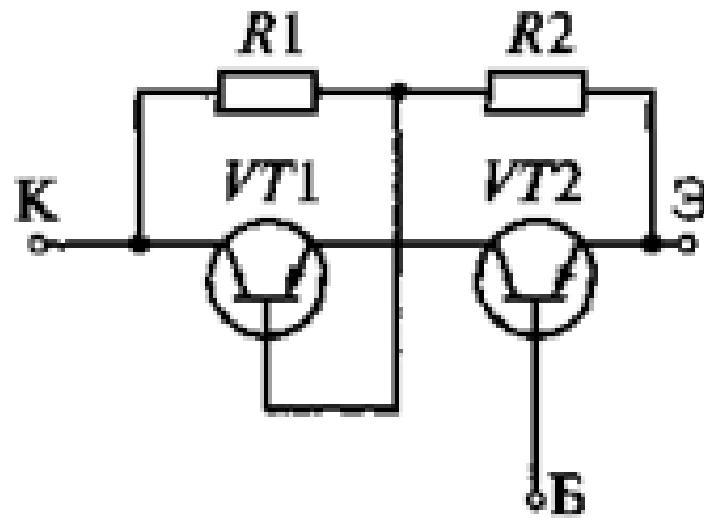
При параллельном соединении из-за разброса параметра $U_{б-э}$ последовательно с эмиттером каждого транзистора включают резистор небольшого номинала.

Эти резисторы приблизительно выравнивают ток, проходящий через транзисторы. Значение R_3 выбирают таким образом, чтобы падение напряжения на нем составляло приблизительно 0,2 В при максимальном значении выходного тока.



Последовательное соединение транзисторов применяется в стабилизаторах с широким диапазоном регулировки U_H и большой разностью между $U_{ВХ}$ и U_H (когда допустимого значения $U_{К-Э}$ одного транзистора не достаточно).

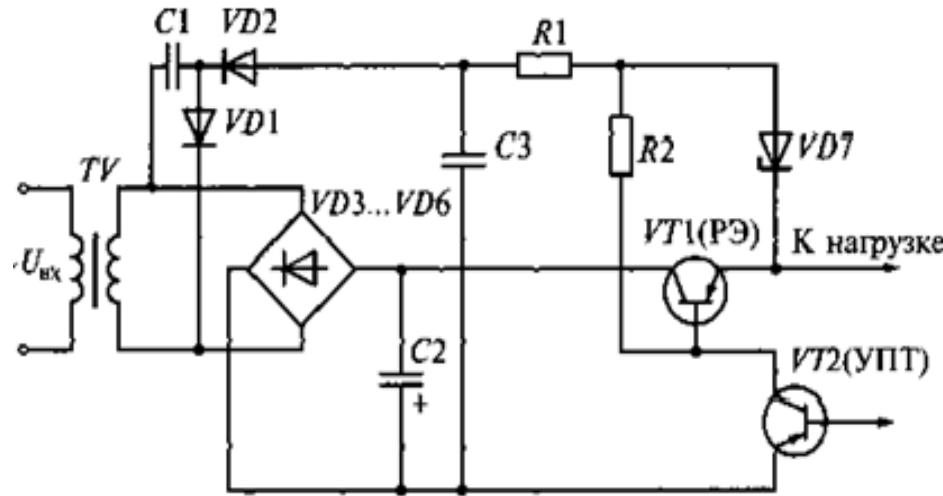
Источники опорного напряжения — это обычно параметрические стабилизаторы на стабилитронах.



В представленной схеме, на элементах C1, VD1, VD2 и C3 реализован выпрямитель с удвоением напряжения. Конденсатор C2 выполняет функцию сглаживающего фильтра, VD1 и R\ составляют параметрический стабилизатор, обеспечивающий постоянство напряжения коллекторного питания транзистора VT2.

Нагрузка включается в цепь эмиттера транзистора VT1 (регулирующего элемента), и образовавшийся в результате каскад представляет собой эмиттерный повторитель.

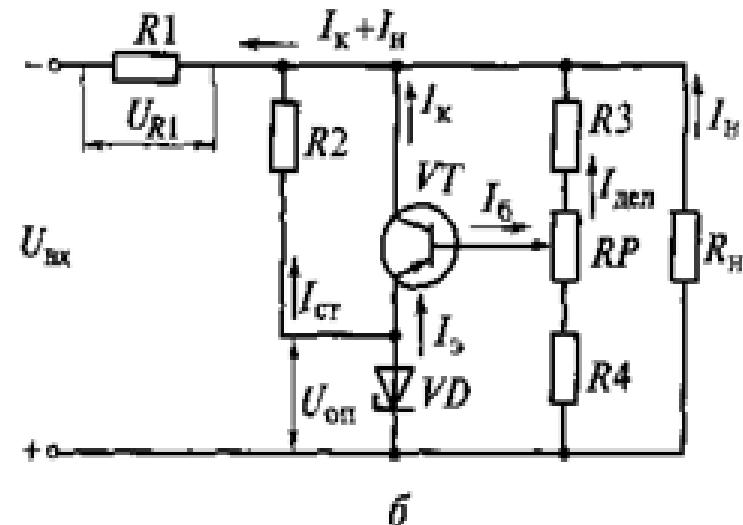
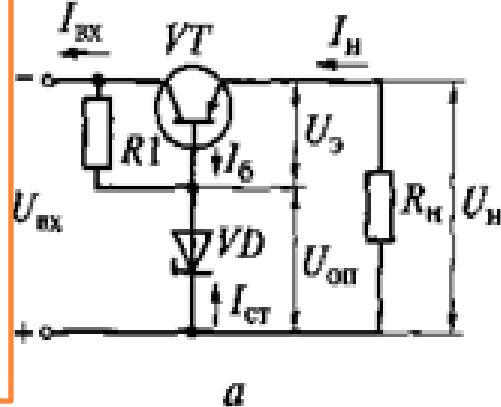
Схема подачи коллекторного питания на УПТ



Представлены схемы простейших СН последовательного и параллельного типа с источником опорного напряжения.

Стабилитрон VD в схеме на (рис. 9.15, а) поддерживает на постоянном уровне потенциал базы. Поскольку при прямом смещении потенциал эмиттера отслеживает потенциал базы, оставаясь всегда ниже последнего на 0,6 В (для кремниевого транзистора), то $U_{\text{вых}}$ стабилизатора также сохраняет свой постоянный уровень.

Схемы последовательного (а) и параллельного (б) стабилизаторов напряжения



Рассмотрим работу последовательного стабилизатора. Допустим, что входное напряжение возросло и, следовательно, возросло напряжение на нагрузке:

$$U_H = U_{OP} + U_E,$$

т. е. выходное напряжение определяется значением опорного напряжения. При этом потенциал базы транзистора V_T относительно эмиттера уменьшается:

$$U_{b-E} = U_b - U_E - U_{OP} - U_E$$

Транзистор подзапирается, его сопротивление R_{K-E} увеличивается, а падение напряжения на нем возрастает, вследствие чего напряжение на нагрузке остается постоянным.

Если пренебречь базовым током транзистора, то $I_{bx} = I_H$. Следовательно, увеличение тока нагрузки влечет такое же увеличение коллекторного тока, а значит, увеличение мощности, рассеиваемой в транзисторе.



Короткое замыкание на выходе стабилизатора недопустимо, так как приводит к перегрузке транзистора.

Выходное сопротивление рассматриваемого стабилизатора, как и эмиттерного повторителя, — маленькое, но оно растет с уменьшением тока, и по мере приближения к режиму холостого хода может достигать неприемлемых значений.

Чтобы уменьшить зависимость $R_{\text{вых}}$ стабилизатора от I_h , можно включить параллельно R_h (до выходных зажимов) постоянный шунт.

Этот шунт обеспечит некоторый остаточный эмиттерный ток даже при холостом ходе ($I_h = 0$).



Рассмотрим работу простейшего параллельного компенсационного стабилизатора.

На вход регулирующего транзистора VT, подключенного параллельно нагрузке, подается разность двух напряжений: опорного, снимаемого со стабилитрона VD, и выходного, снимаемого с элементов RP и RA делителя.

При увеличении выходного напряжения (U_H) возрастает ток делителя, состоящего из R3, RP, R4, и увеличивается напряжение, поступающее на базу транзистора VT, что вызывает увеличение напряжения между его базой и эмиттером. Возрастают коллекторный ток и ток резистора R1 $I_{R1}=I_K+I_H$,

что определяет увеличение падения напряжения U_m , а напряжение на нагрузке (на выходе) уменьшается:

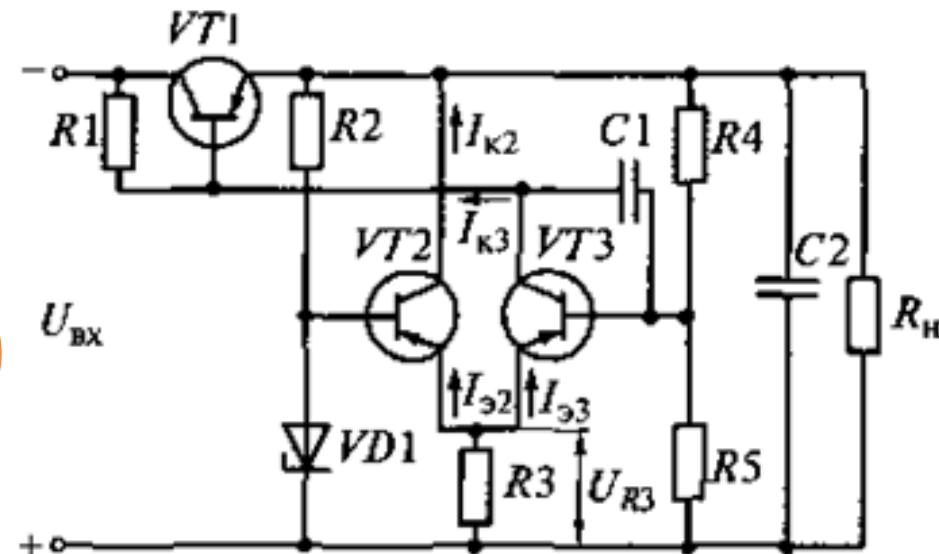
$$U_{\text{ш}}=U_{\text{вх}}-U_m$$

При уменьшении выходного напряжения происходят обратные процессы: напряжение на базе транзистора VT уменьшается, что вызывает его подзапирание и уменьшение I_K , поэтому суммарный ток, протекающий через R1, также уменьшается, а это вызовет увеличение $U_{\text{вых}}$.

В КС напряжения постоянного тока применяют также дифференциальные УПТ, у которых коэффициент стабилизации выше.

В дифференциальном УПТ при условии неизменного напряжения на базе эмиттерного повторителя на транзисторе VT2, обеспечиваемого параметрическим стабилизатором на резисторе R2 и диоде VD1, с повышением температуры окружающей среды увеличиваются токи I_{k2} и I_{k3} , $I_{\vartheta 2}$, $I_{\vartheta 3}$, а также падение напряжения на резисторе R1.

При этом базы транзисторов VT2 и VT3 становятся более положительными по отношению к положительной шине питания, что приводит к уменьшению токов I_{k2} и $I_{\vartheta 2}$ вследствие выполнения автоматической стабилизации положения рабочей точки.



Принципиальная
схема КС с
дифференциальн
ым УПТ

На транзисторе VT3 в схеме реализован обычный УПТ. Опорное напряжение на эмиттер транзистора VT3 подается не со стабилитрона, а с эмиттерного повторителя, в эмиттерную цепь которого включен нагрузочный резистор R_1 . Падение напряжения на R_1 является опорным для данного УПТ.

Преимуществом КС с дифференциальным УПТ является компенсация температурного дрейфа напряжения на базах транзисторов VT2, VT3 и больший коэффициент стабилизации $KC1=200$.

Дальнейшее улучшение характеристик КС (повышение коэффициента стабилизации, надежности и других параметров) возможно за счет применения многокаскадных УПТ на операционных усилителях, т. е. интегральных стабилизаторов.