

79. Стабилизаторы напряжения. Характеристики стабилизаторов.

Стабилизаторы напряжения – это устройства, предназначенные для поддержания стабильного напряжения на нагрузке при изменении питающего напряжения. Основными показателями стабилизатора напряжения являются: а) коэффициент стабилизации; б) выходное сопротивление; в) коэффициент полезного действия.

а) Коэффициент стабилизации – это отношение относительного приращения напряжения на входе к относительному приращению напряжения на выходе: $k_{ст} = dU_{вх}/U_{вх} : dU_{вых}/U_{вых}$.

б) Выходное сопротивление стабилизатора - отношение абсолютного приращения напряжения на выходе к абсолютному приращению тока нагрузки. $R_{вых} = dU_{вых}/dI_{нагр}$.

в) КПД стабилизатора – это отношение мощности в нагрузке к входной мощности стабилизатора. $\eta = U_{вых}I_{нагр}/U_{вх}I_{вх}$.

Стабилизаторы напряжения делятся на параметрические и компенсационные.

Параметрические:

Параметрический стабилизатор напряжения - это устройство, в котором стабилизация выходного напряжения достигается за счет сильной нелинейности вольт-амперной характеристики электронных компонентов, использованных для построения стабилизатора (т.е. за счет внутренних свойств электронных компонентов, без построения специальной системы регулирования напряжения).

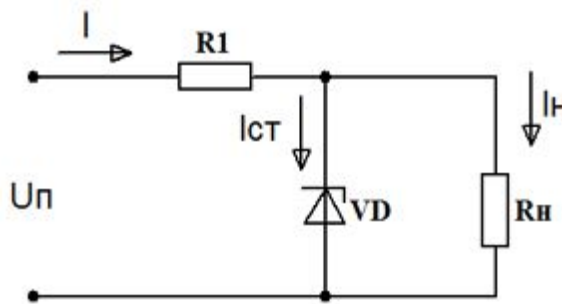


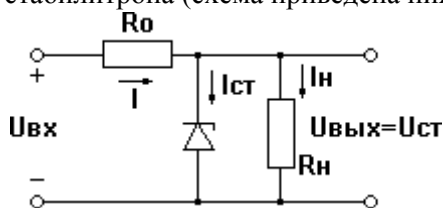
Схема параметрического стабилизатора напряжения

Для построения параметрических стабилизаторов напряжения обычно используются стабилитроны, стабилиторы и транзисторы.

Из-за низкого КПД такие стабилизаторы находят применение в основном в слаботочных схемах (с нагрузками до нескольких десятков миллиампер). Наиболее часто они используются как источники опорного напряжения (например, в схемах компенсационных стабилизаторов напряжения).

Параметрические стабилизаторы напряжения бывают однокаскадными, многокаскадными и мостовыми.

Рассмотрим простейший параметрический стабилизатор напряжения, построенный на основе стабилитрона (схема приведена ниже):



$I_{ст}$ - ток через стабилитрон

$I_{н}$ - ток нагрузки

$U_{вых} = U_{ст}$ - выходное стабилизированное напряжение

$U_{вх}$ - входное нестабилизированное напряжение

R_0 - балластный (ограничительный, гасящий) резистор

Работа стабилизатора основана на том свойстве стабилитрона, что на рабочем участке вольт-амперной характеристики (от $I_{ст\ min}$ до $I_{ст\ max}$) напряжение на стабилитроне практически

не изменяется (на самом деле конечно изменяется от $U_{ст \min}$ до $U_{ст \max}$, но можно считать, что $U_{ст \min} = U_{ст \max} = U_{ст}$).

В приведенной схеме, при изменении входного напряжения или тока нагрузки - напряжение на нагрузке практически не меняется (оно остаётся таким же, как и на стабилитроне), вместо этого изменяется ток через стабилитрон (в случае изменения входного напряжения и ток через балластный резистор тоже). То есть, излишки входного напряжения гасятся балластным резистором, величина падения напряжения на этом резисторе зависит от тока через него, а ток через него зависит в том числе от тока через стабилитрон, и таким образом, получается, что изменение тока через стабилитрон регулирует величину падения напряжения на балластном резисторе.

Уравнения, описывающие работу данной схемы:

$U_{вх} = U_{ст} + IR_0$, учитывая, что $I = I_{ст} + I_n$, получим

$$U_{вх} = U_{ст} + (I_n + I_{ст})R_0 \quad (1)$$

Для нормальной работы стабилизатора (чтобы напряжение на нагрузке всегда было в пределах от $U_{ст \min}$ до $U_{ст \max}$) необходимо, чтобы ток через стабилитрон всегда был в пределах от $I_{ст \min}$ до $I_{ст \max}$. Минимальный ток через стабилитрон будет течь при минимальном входном напряжении и максимальном токе нагрузки. Зная это, найдём сопротивление балластного резистора:

$$R_0 = (U_{вх \min} - U_{ст \min}) / (I_n \max + I_{ст \min}) \quad (2)$$

Уравнение, описывающее область нормальной работы стабилизатора, примет следующий вид:

$$\Delta U_{вх} = \Delta I_{ст} R_0 - \Delta I_n R_0 \quad (3)$$

Из этой формулы сразу виден один из недостатков такого параметрического стабилизатора - мы не можем сильно менять ток нагрузки, поскольку это сужает диапазон входного напряжения схемы, более того, можно увидеть, что диапазон изменения тока нагрузки не может быть больше, чем диапазон изменения тока стабилизации стабилитрона (поскольку в этом случае правая часть уравнения вообще становится отрицательной)

Если ток нагрузки постоянен или изменяется незначительно, тогда формула для определения области нормальной работы становится совсем элементарной:

$$\Delta U_{вх} = \Delta I_{ст} R_0 \quad (4)$$

Чем больше разница между входным и выходным напряжением, а также чем больше ток через стабилитрон - тем хуже КПД.

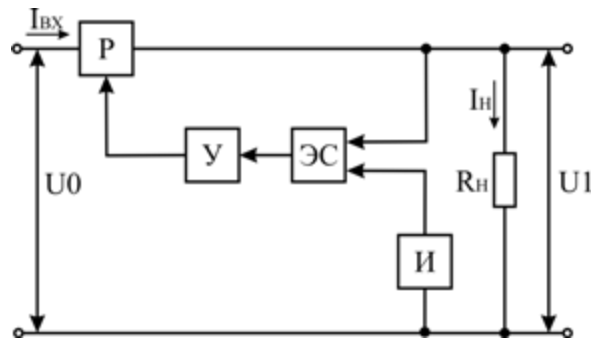
Итак, единственный плюс такого стабилизатора - это его простота, тем не менее, как я уже говорил, такие стабилизаторы вполне себе существуют и даже находят активное применение в качестве источников опорного напряжения для более сложных схем.

Для увеличения коэффициента стабилизации необходимо увеличивать величину балластного сопротивления и уменьшать динамическое сопротивление стабилитрона.

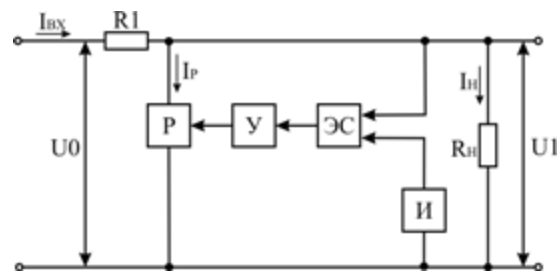
Компенсационные:

В компенсационных стабилизаторах производится сравнение фактической величины $U_{вых}$ с заданной величиной и в зависимости от величины и знака рассогласования между ними автоматически осуществляется корректирующее воздействие на элементы стабилизатора, направленное на уменьшение этого рассогласования.

Они делятся на стабилизаторы параллельного и последовательного типа. Основными элементами таких стабилизаторов являются: источник эталонного напряжения (Э), сравнивающий и усилительный элемент (СУ), регулирующий элемент (Р).



Компенсационный стабилизатор напряжения последовательного типа



Компенсационный стабилизатор напряжения параллельного типа

В стабилизаторах последовательного типа P включен последовательно с источником вх. напряжения $U_{вх}$ и нагрузкой R_n . Если $U_{вых}$ отклонится от номинального значения, то разность эталонного и выходного напряжений изменяются, усиливаются и воздействуют на P . При этом сопротивление P автоматически меняется и напряжение $U_{вх}$ распределяется между P и R_n т.о., чтобы компенсировать произошедшие изменения на нагрузке.

В стабилизаторах параллельного типа при отклонении напряжения на выходе от номинального выделяется сигнал, равный разности эталонного и выходного напряжений, усиливается элементом $СУ$ и воздействует на P , включенный параллельно нагрузке. Ток регулирующего элемента I_P изменяется, поэтому на болатном сопротивлении $R_б$, включенном последовательно с R_n , изменяется падение напряжения, а напряжение на выходе $U_{вых} = U_{вх} - I_{вх}R_б$ остается стабильным.

Для компенсаторного стабилизатора последовательного типа $U_{вых} = U_{ст} - 0.6V$. Максимальный допустимый ток данного стабилизатора равен максимальному допустимому току транзистора.