

Стабилизаторы

Назначение и основные характеристики стабилизаторов напряжения

Для стабилизации постоянного напряжения на нагрузке, при колебаниях сетевого напряжения и при изменении потребляемой нагрузкой тока, между выпрямителем с фильтром и нагрузкой (потребителем) ставят стабилизаторы постоянного напряжения.

Основные параметры стабилизаторов напряжения следующие:

КПД=отношению мощности выделяемой нагрузке к входной мощности

$$\eta = P_n/P_{вх} = U_n I_n / U_{вх} I_{вх}$$

2. Кс, определяемый как отношение относительного приращения на входе стабилизатора, к относительному приращению напряжения на нагрузке, при постоянной нагрузке.

$$1. \Delta U_{вх}/U_{вх}; 2. \Delta U_n/U_n.$$

3. Выходное сопротивление, показывающее во сколько раз изменяется выходное напряжение стабилизатора (ΔU_n) при изменении тока нагрузки (ΔI_n).

$$R_{вых} = \Delta U_n / \Delta I_n; U_{вх} = \text{const}$$

Стабилизаторы 2х типов:

- параметрические;
- компенсационные.

Параметрическими называются стабилизаторы, у которых регулирующий элемент воздействует на стабилизируемую величину так, чтобы приблизить ее к требуемой, без оценки их разности.

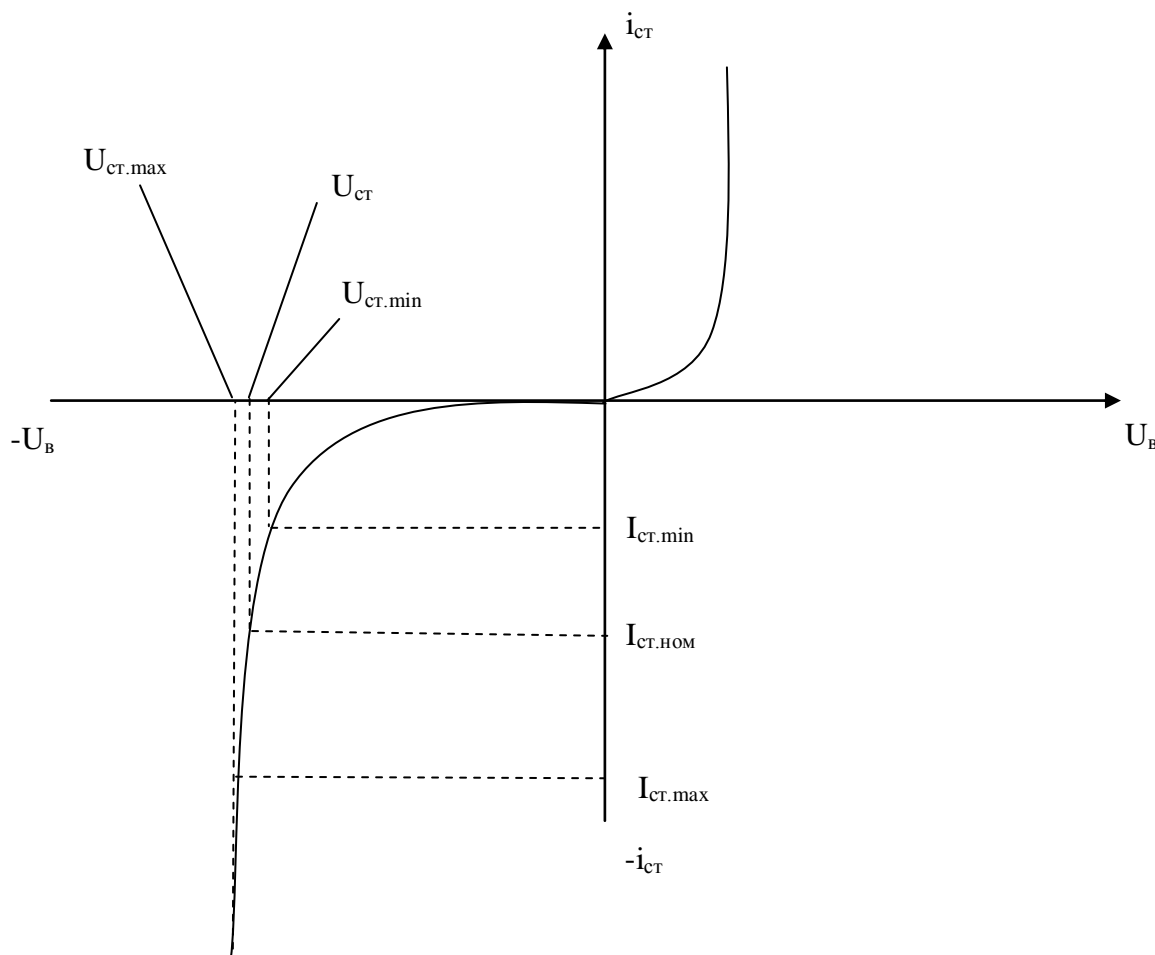
В стабилизаторах компенсационного типа напряжение на нагрузке сравнивается с заданным (эталонным, опорным) значением напряжения и в зависимости от их разности производится воздействие на стабилизируемую величину так, чтобы уменьшить эту разность до допустимых значений.

Компенсационные стабилизаторы имеют более высокие качественные показатели по сравнению с параметрическими, однако параметрические – более простые и надежные.

Стабилитроны

Работа параметрических стабилизаторов основана на использовании элемента с нелинейной характеристикой (чаще всего стабилитрона).

Стабилитроном называется полупроводниковый диод, предназначенный для стабилизации напряжения. В стабилизаторах используется свойство стабилитрона на определенном участке его ВАХ. При незначительном изменении напряжения значительно изменять проводимость и соответственно ток (обратимый пробой).



В прямом направлении ВАХ стабилитрона практически не отличаются от прямой ветви любого кремниевого диода. Обратная ветвь характеристики имеет вид прямой линии, проходящей почти параллельно оси токов, поэтому при изменении в широких пределах тока через стабилитрон, падение напряжения на нем не изменяется. Основными параметрами кремниевого стабилитрона являются:

1. Минимальный ток стабилизации $I_{ст.мин}$

Такое значение тока через стабилитрон, при котором возникает устойчивый пробой.

2. Максимальный ток стабилизации $I_{ст.мах}$.

Наибольшее значение тока через стабилитрон, при котором мощность рассеивания на стабилитроне не превышает допустимого значения.

1. Номинальный ток стабилизации

$$I_{ст.ном.} = I_{ст.мин} + I_{ст.мах.}/2$$

2. Напряжение стабилизации $U_{ст.}$ – падение напряжения на стабилитроне, области стабилитроне, при номинальном значении тока $U_{ст.}$.

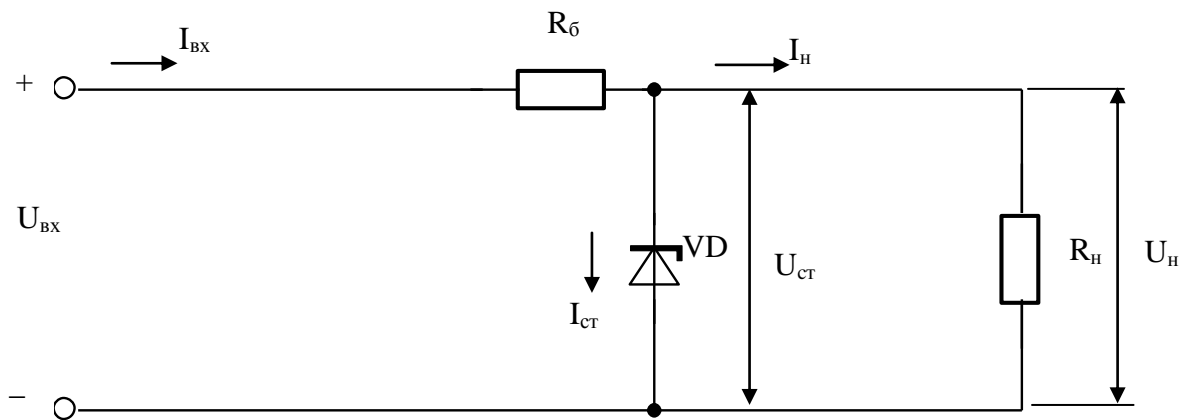
3. Дифференциальное сопротивление стабилитрона – отношение приращения напряжения на стабилитроне к приращению тока в режиме стабилизации

$$R_d = \Delta U_{ст.} / \Delta I_{ст.}$$

Величина R_d характеризует степени стабильности напряжения стабилизации при изменении тока пробоя.

Максимальная мощность ($P_{макс.}$) - наибольшая мощность, выделяемая в p-n-переходе, при которой не возникает тепловой пробой в з-n – переходе.

Параметрический стабилизатор



Свойство параметрического стабилизатора определяется свойствами стабилитрона.

При увеличении напряжения $U_{вх}$ начинает увеличиваться падение напряжения на нагрузке и стабилитроне, что приводит к увеличению проводимости стабилитрона и восстановлению напряжения на стабилитроне. При уменьшении сопротивления нагрузки начнет уменьшаться напряжение на нагрузке и стабилитроне, что приведет к уменьшению проводимости стабилитрона (уменьшению тока через стабилитрон) и восстановлению напряжения на стабилитроне и нагрузке.

Входное напряжение стабилитрона должно быть больше напряжения стабилизации стабилитрона $U_{ст}$. Для ограничения тока через стабилитрон устанавливается балластный резистор $R_б$. Выходное напряжение снимается со стабилитрона. Часть входного напряжения $U_{вх}$ теряется на резисторе $R_б$. Оставшаяся часть приложена к нагрузке. Наибольший ток через стабилитрон $I_{макс}$ протекает при $U_{вх} = U_{вх.макс}$ и $R_н = \infty$.

Наименьший ток через стабилитрон $I_{мин}$ протекает при $U_{вх} = U_{вх.мин}$ и $R_н = R_{н.мин}$. Если обеспечиваются условия $I_{мин} > I_{ст.мин}$, где $I_{ст.мин}$ и $I_{ст.макс}$ – токи стабилитрона ограничивающие участок стабилизации. Напряжение на нагрузке стабильно и $= U_{ст}$.

Главным при расчете стабилитрона являются выбор типа стабилитрона на напряжение нагрузки $U_{ст} = U_н$ и обеспечение условий его работы, при которых изменяющийся в процессе работы ток стабилизации $I_{ст}$ не выходит за пределы рабочего участка, т.е. не был бы меньше $I_{ст.мин}$ и больше $I_{ст.макс}$.

Величина балластного сопротивления $R_б$ определяется:

$$R_б = \frac{U_{вх.мин} - U_н}{I_{ст.мин}} + \left(\frac{U_н}{R_{н.мин}} \right)$$

При условии, что дифференциальное сопротивление $R_д \ll R_н$ и $R_д \ll R_б$.

Коэффициент стабилизации для такого стабилизатора определяется

$$K_{ст} = \frac{U_н R_б}{U_{вх} R_д}$$

Т.к. выходным напряжением стабилизатора является напряжение на стабилитроне

$$U_H = U_{ст.}$$

А изменение тока нагрузки = изменению тока через стабилитрон, то выходное сопротивление параметрического стабилизатора определяется дифференциальным сопротивлением стабилизатора R_d на рабочем участке

$$R_{вых.} = R_d = \Delta U_{ст.} / \Delta I_{ст.} = (U_{ст. макс.} - U_{ст. мин.}) / (I_{ст. макс.} - I_{ст. мин.})$$

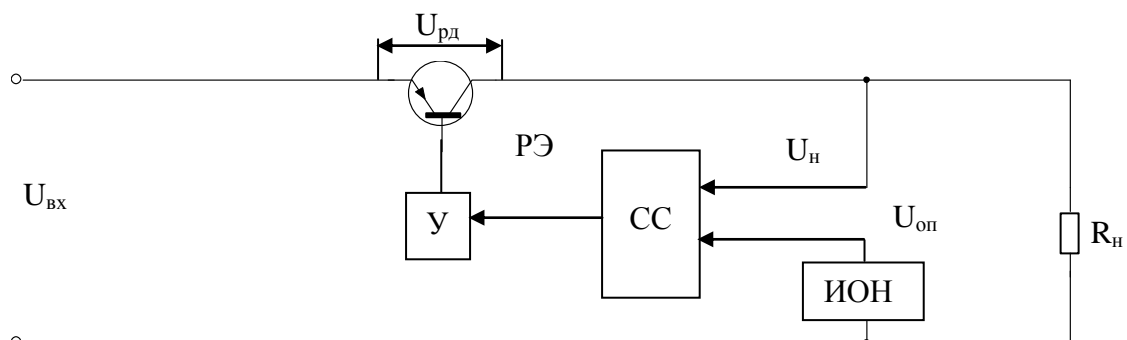
Параметрические стабилизаторы напряжения простые и надежные, однако имеют недостатки: невозможность регулирования выходного напряжения, а так же малый коэффициент стабилизации – не более 50. Для повышения значения коэффициента стабилизации можно применять последовательное включение стабилизаторов.

Компенсационные стабилизаторы

В компенсационных стабилизаторах фактическое значение выходного напряжения сравнивается с заданным эталонным (опорным напряжением). Возникающий при этом сигнал рассогласования усиливается и воздействует на регулирующий элемент таким образом, чтобы выходное напряжение старалось вернуться к заданному значению. В качестве источника опорного напряжения используют параметрический стабилизатор, работающий с малыми токами нагрузки, реже гальванические батареи. Компенсационный стабилизатор напряжения обладает более высоким коэффициентом стабилизации (достигает нескольких тысяч) и меньшим выходным сопротивлением (несколько Ом и долей Ом).

Такие стабилизаторы позволяют плавно регулировать выходное напряжение и осуществлять замыкание. Их принцип работы основан на том, что изменение напряжения на нагрузке (под действием изменения входного напряжения $U_{вх}$ или изменения тока нагрузки I_H) передается на специальную вводимую схему регулирующий элемент РЭ, препятствующую изменению напряжения нагрузки U_H . РЭ (чаще транзистор) может быть включен либо параллельно, либо последовательно с ней. В зависимости от этого различают стабилизаторы параллельного и последовательного типа ,

В схеме последовательного типа РЭ включен последовательно с нагрузкой и играет роль управляемого балластного сопротивления.



У – Усилитель.

СС – схема сравнения.

ИОН – источник опорного напряжения.

Разностные сигналы рассогласования $U_n - U_{оп}$ формируемые схемой сравнения СС поступает на вход усилителя постоянного тока У, который воздействует на регулирующий элемент РЭ. При положительном сигнале рассогласования ($U_n - U_{оп} > 0$) возрастает сопротивление РЭ и падение напряжения на нем увеличивается. Так как РЭ и нагрузка включены последовательно, то при увеличении $U_{рэ}$ выходное напряжение уменьшается, стремясь к значению $U_{н. ном.}$. При отрицательном сигнале рассогласования ($U_n - U_{оп} < 0$) наоборот, внутреннее сопротивление РЭ и падение напряжения на нем уменьшаются, что приводит к возрастанию выходного напряжения.

В настоящее время такие стабилизаторы выполняются на основе интегральных микросхем. Они имеют высокую стабильность выходного напряжения за счет запаса коэффициента усиления, который легко реализовать в полупроводниковых интегральных микросхемах.