

Лекция 6

СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА

Факторы для стабилизации:

(причины, вызывающие изменение напряжения)

- Изменение напряжения питающей сети $U_c \pm \Delta U_c$
- Изменение тока нагрузки $I_n \pm \Delta I_n$
- Изменение температуры окружающей среды $T_{o.c} \pm \Delta T_{o.c}$
- Изменение частоты питающей сети $f_c \pm \Delta f_c$

Нестабильность напряжения %

- Электронная радиоаппаратура допускает до 3 % нестабильности.
- На ИМС : (0,0001 – 0,5)% допускается нестабильность.
- УПТ (усилитель постоянного тока) : 10^{-4} % допускается нестабильность.

КЛАССИФИКАЦИЯ СТАБИЛИЗАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ

- **Параметрического типа**
Используются элементы, у которых с ВАХ практически не зависит от тока
- **Компенсационного типа**
 - **Непрерывного действия**
 - С последовательным соединением регулирующего элемента
 - С параллельным соединением регулирующего элемента
 - **Импульсного действия**
 - Релейного типа
 - С широтно-импульсным модулятором

ПАРАМЕТРЫ СТАБИЛИЗАТОРОВ

- Коэффициент стабилизации:
$$K_{ст} = \frac{\Delta U_{вх}}{U_{вх}} : \frac{\Delta U_{вых}}{U_{вых}}$$
 - Интегральный коэффициент стабилизации $K_{ст}$ – определяется в крайних точках характеристики.
 - Дифференциальный коэффициент стабилизации $K_{ст}$ – определяется в малых точках характеристики: $I_{н ном}$, $U_{н ном}$
- Внутреннее сопротивление, $U_{вх}$ – постоянное.

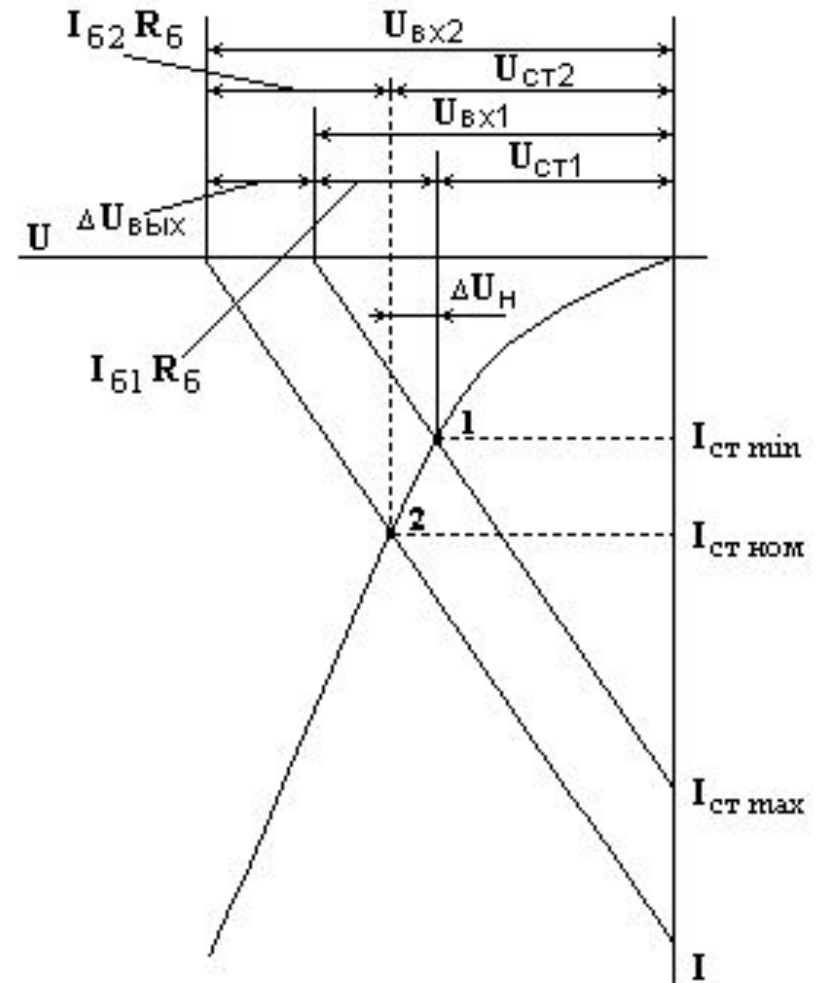
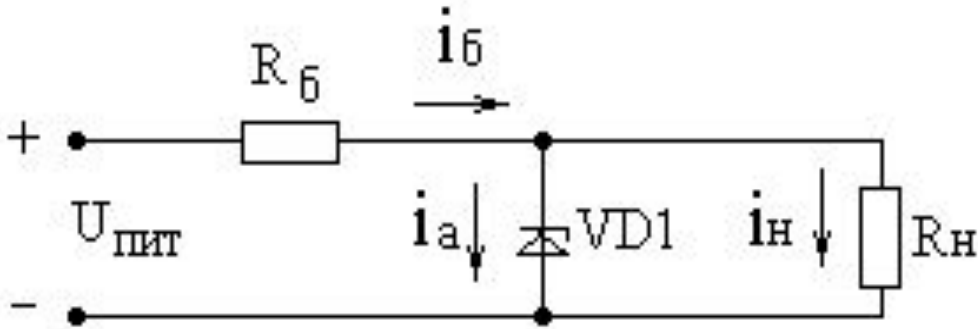
$$R_i = \frac{\Delta U_{вых}}{\Delta I_H}$$

- Дрейф выходного напряжения. Обусловлено изменением температуры окружающей среды, изменением выходного напряжения по параметру.
- Коэффициент полезного действия стабилизатора:

$$\eta = \frac{U_{вых} I_{н max}}{U_{вх} I_{вх max}}$$

- Диапазон стабилизированного тока, напряжения

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ



- Напряжение питания ~~с~~ изменяется:

$$U_{\text{ПИТ}} \pm \Delta U_{\text{ПИТ}}$$

- балластное сопротивление $R_б$ включено последовательно стабилитрону $VD1$.
- Напряжение на нагрузке рассчитывается: $U_н = U_{\text{ПИТ}} - I_б R_б$,
- Ток, проходящий через балластное сопротивление будет $I_б = I_{\text{СТ}} + I_н$

Коэффициент стабилизации параметрического стабилизатора

$$\Delta U_{вх} \rightarrow \Delta U_{н}$$

$$\Delta U_{н} = \frac{\Delta U_{вх} \cdot r_{см}}{(R_{б} + r_{см})} = r_{см} \parallel R_{н}$$

$$r_{см} = \frac{\Delta U_{см}}{\Delta I_{см}}$$

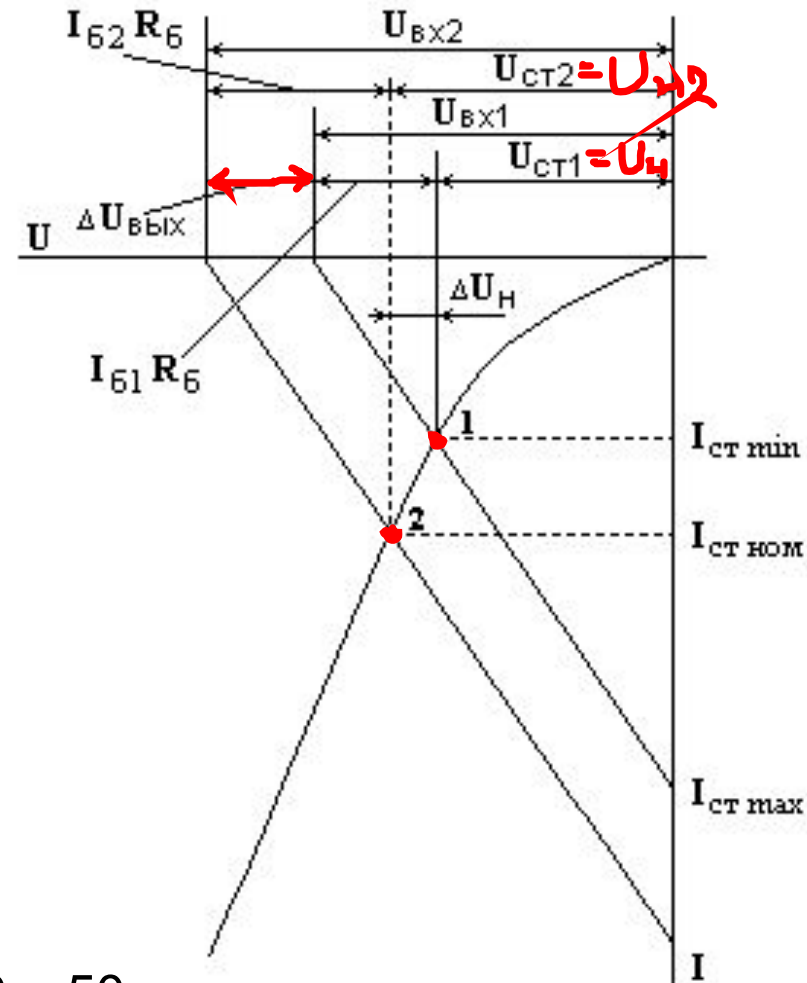
т.к. $r_{см} \ll R_{н}$, $R_{б} \ll r_{см}$

$$\Delta U_{н} = \frac{\Delta U_{вх} \cdot r_{см}}{R_{б}}$$

• Следовательно $K_{см} = \frac{\lambda \cdot R_{б}}{r_{см}}$

где $\lambda = \frac{U_{н}}{U_{вх.ном}}$

• Коэффициент стабилизации $K_{ст} = 20 \div 50$.



Выбор параметров

- Номинальное напряжение стабилитрона

$$U_{\text{ст. ном}} = U_{\text{н ном}}$$

- Балластное сопротивление должно быть как можно больше, но меньше определенного минимального тока стабилизации

$$R_{\text{б}} = \frac{U_{\text{вх min}} - U_{\text{н}}}{I_{\text{ст min}} + I_{\text{н max}}}$$

$$I_{\text{ст max}} \geq \frac{U_{\text{вх max}} - U_{\text{н}}}{R_{\text{б}}} - I_{\text{н min}}$$

Особенности

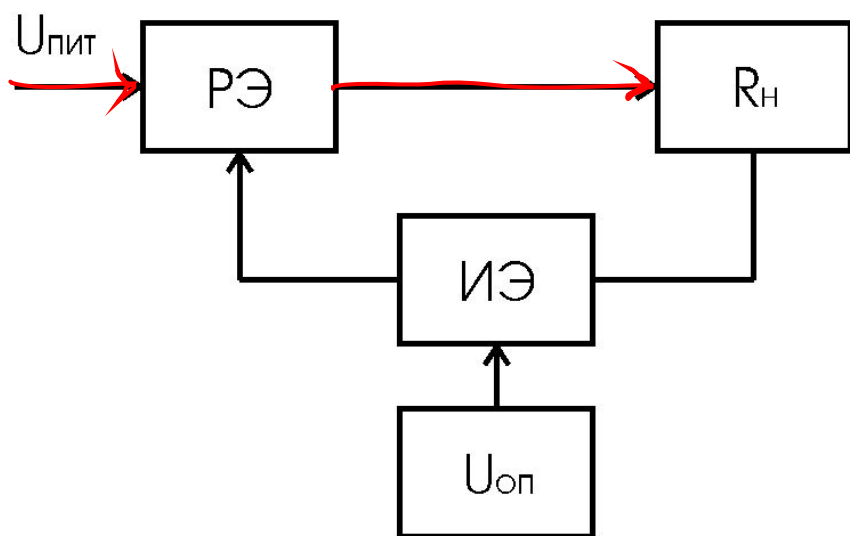
Свойства:

- Параллельно стабилизаторы нельзя соединять, из – за разброса параметров.
- Невозможность регулирования $U_{ст}$
- Если надо $K_{ст} < 50$, $I_{ст} = 1A$

Недостатки параметрического стабилизатора:

- Низкий коэффициент полезного действия.
- Сильная зависимость коэффициента стабилизации от температуры.
- Малый коэффициент стабилизации.

КОМПЕНСАЦИОННЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ



- РЭ – регулирующий элемент

Напряжение на нагрузке будет:

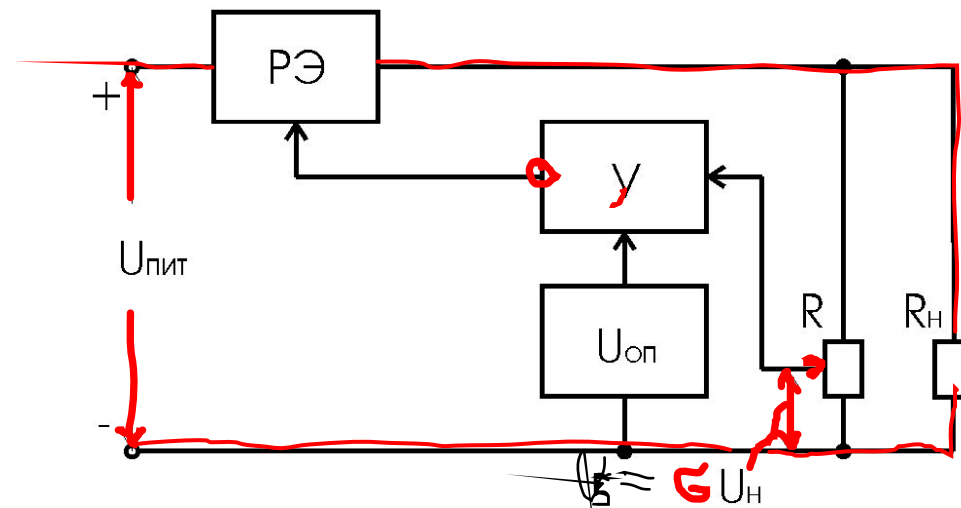
$$U_{н} = U_{пит} - \Delta U_{РЭ} = const$$

- ИЭ – измерительный элемент
- $U_{оп}$ – опорное напряжение (эталонное).

КОМПЕНСАЦИОННЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

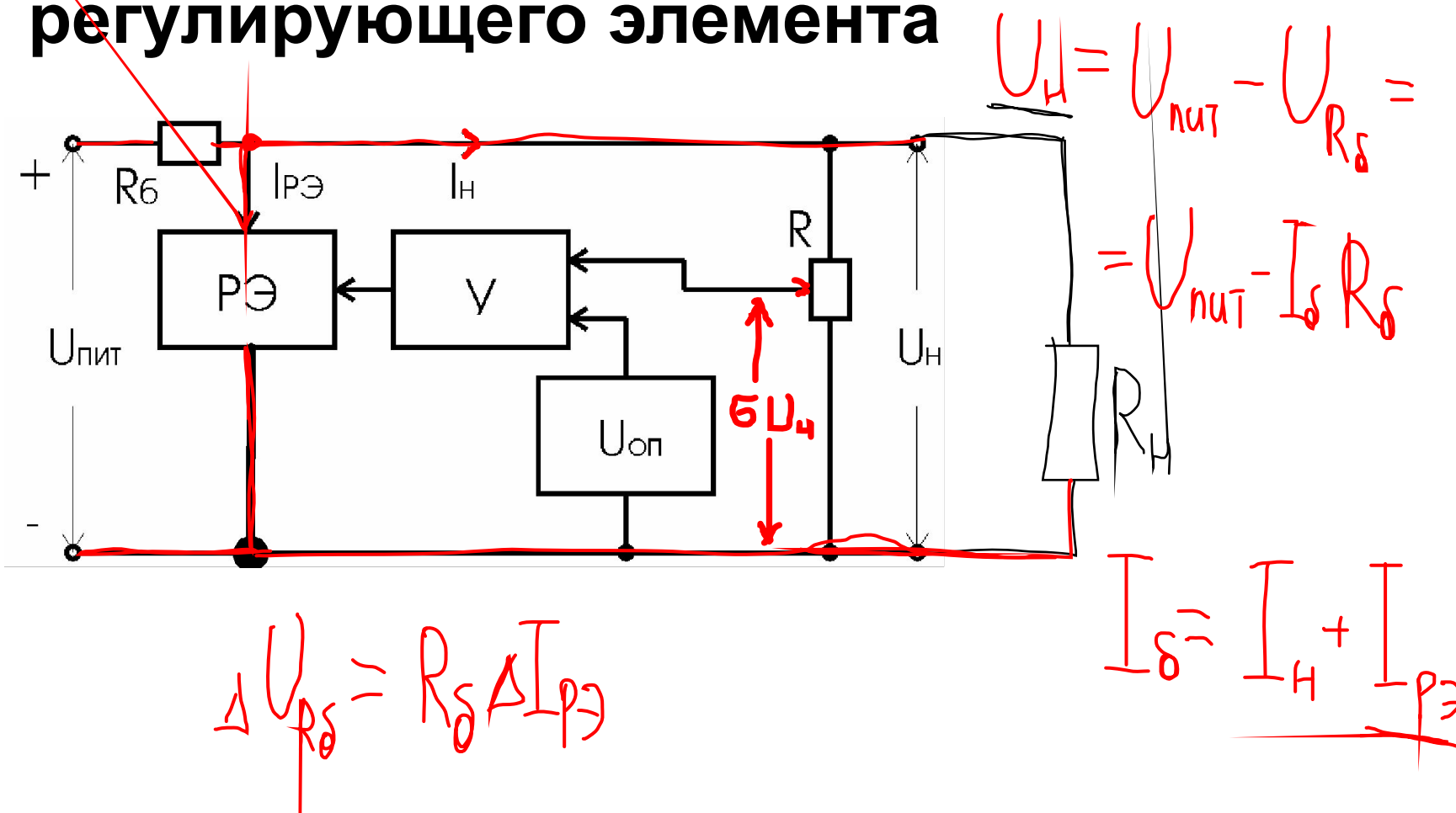
Последовательное соединение регулирующего элемента и нагрузки

- $U_{оп}$ – параметрический стабилизатор напряжения.
- $У$ – усилитель и измерительный элемент, для сравнения U_H с $U_{оп}$ и усилитель (может быть усилитель постоянного тока, операционный усилитель).
- РЭ – мощный транзистор



КОМПЕНСАЦИОННЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

- С параллельным включением регулирующего элемента



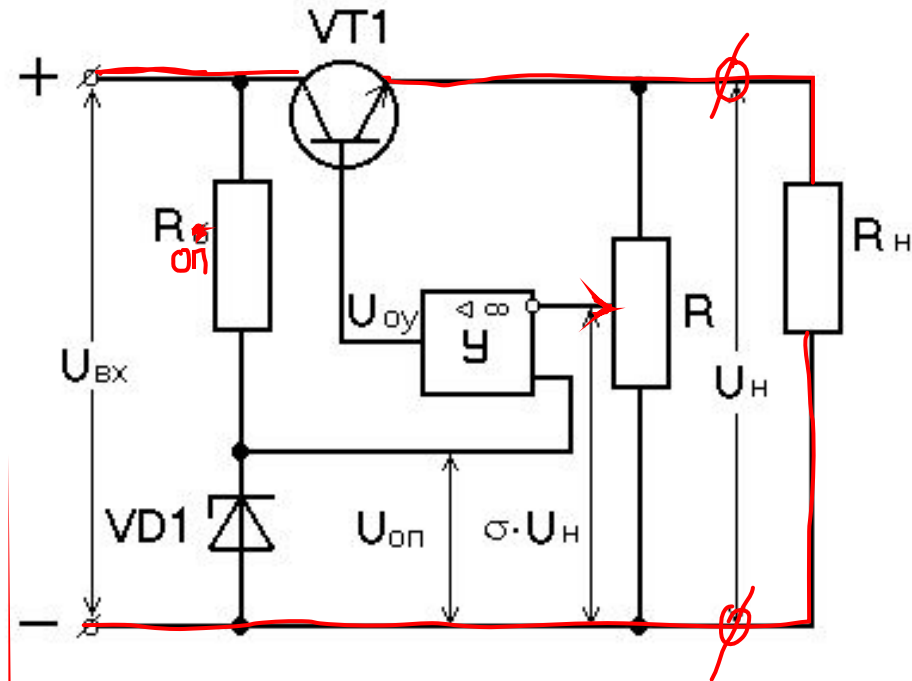
Стабилизатор с последовательным соединением регулирующего элемента

Транзистор VT1 выполняет функцию регулирующего элемента.

Источником опорного напряжения служит стабилизатор параметрического типа с $R_{оп}$ и стабилитроном VD1.

Силовая цепь стабилизатора, включая источник питания, VT1 и R_H представляет собой усилительный каскад на транзисторе VT1, включенный по схеме с общим коллектором, в котором $U_{вх}$ — напряжение питания, $U_{оу}$ — входное напряжение стабилизатора, U_H — выходное напряжение

Стабилизирующее действие схемы обусловлено наличием в ней глубокой отрицательной обратной



операционного усилителя

связи

КОМПЕНСАЦИОННЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Преимущества :

- Мощность выходной нагрузки значительная (силовой транзистор)
- Коэффициент стабилизации $K_{ст}$ зависит от коэффициента усиления усилителя
 $K_{ст} > 1000$
- Безынерционен (практически)
- Низкое выходное сопротивление
($10^{-3} - 10^{-4}$ Ом)

Недостатки:

- Низкий КПД 0,5 – 0,6
- Сложная схема
- Низкая надежность (отн. параметрического) *условно*

Стабилизаторы в интегральном исполнении

Существенные преимущества в отношении массо–габаритных, стоимостных и качественных показателей дает широко используемый в настоящее время интегральный принцип выполнения стабилизаторов, при котором вся маломощная часть схемы стабилизатора унифицируется и представляется в виде микросхемы.

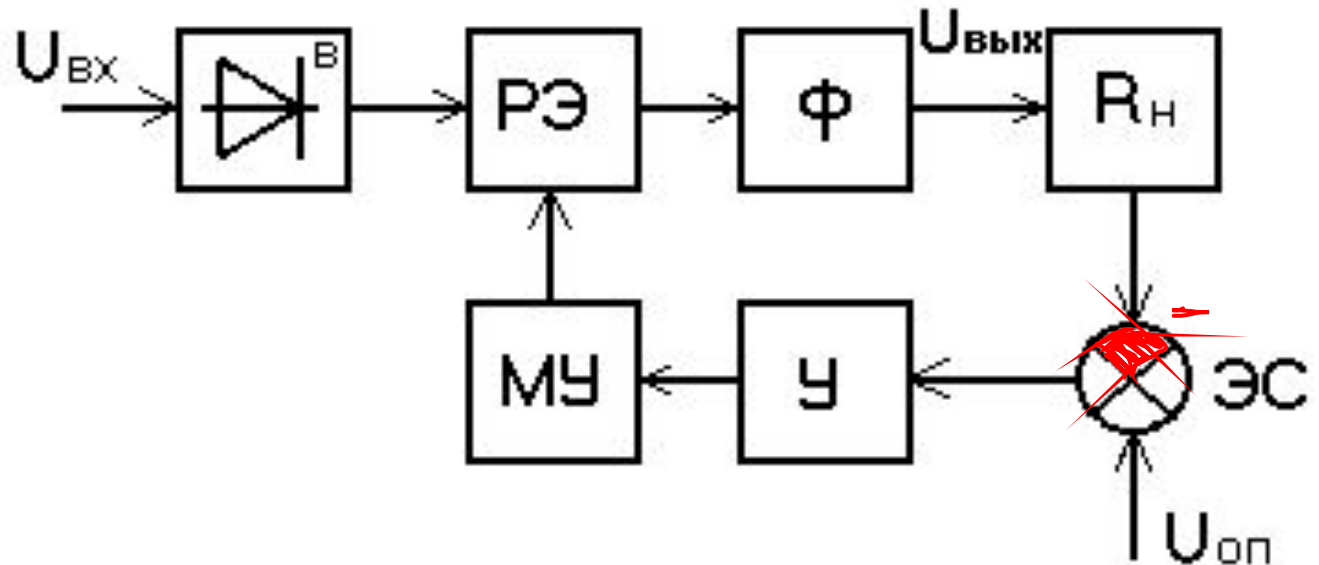
- Отечественной промышленностью выпускаются следующие типы стабилизаторов:
- С регулированием U_n : K142EH1 ... K142EH4
- С фиксированным U_n : K142EH5.
- С двуполярным U_n : K142EH6.

Микросхема	Описание
K142EH1A	Регулируемое $U_{\text{вых}} 3 \div 12 \text{ В}$, $I_{\text{нагрузки}}$ не более 0,15 А.
K142EH1Б	Регулируемое $U_{\text{вых}} 12 \div 30 \text{ В}$, $I_{\text{нагрузки}}$ не более 0,4 А.
K142EH5A	$U_{\text{стабилизации}} 5 \text{ В} \pm 1\%$, $I_{\text{нагрузки}}$ не более 1 А.
K142EH5Б	$U_{\text{стабилизации}} 6 \text{ В} \pm 1\%$, $I_{\text{нагрузки}}$ не более 3 А.
Серия K275	Регулируемое $U_{\text{вых}} 1 \div 24 \text{ В}$.
Серия K181	Регулируемое $U_{\text{вых}} 3 \div 15 \text{ В}$.

Компенсационные стабилизаторы импульсного действия

Стабилизаторы с ШИМ

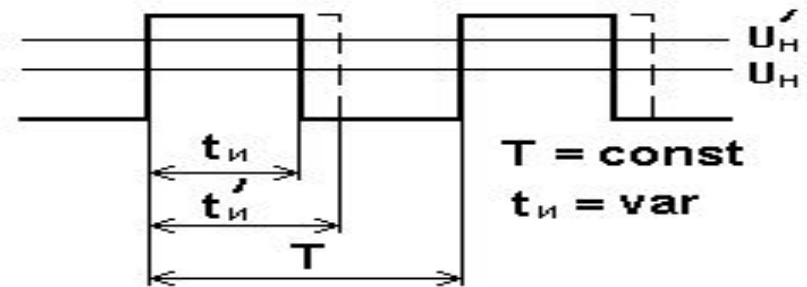
- В – выпрямитель;
- РЕ – регулирующий элемент;
- Ф – фильтр;
- МУ – модулирующее устройство;
- У – усилитель;
- ЭС – элемент сравнения.



Принцип действия

Стабилизация выходного напряжения осуществляется путем изменения соотношения длительностей открытого и закрытого состояния РЭ
($T = \text{const}$, $t_{И} = \text{var}$)

в зависимости от изменения величины выходного напряжения, регистрируемого элементом сравнения (ЭС). Разность ($U_{\text{вых}} - U_{\text{оп}}$) усиливается усилителем ($У$) и передается на МУ. Уменьшение выходного напряжения $U_{\text{вых}}$ относительно опорного $U_{\text{оп}}$ компенсируется подачей более широких управляющих импульсов, и наоборот



$$U_{Н} = U_{\text{вх}} / Q$$

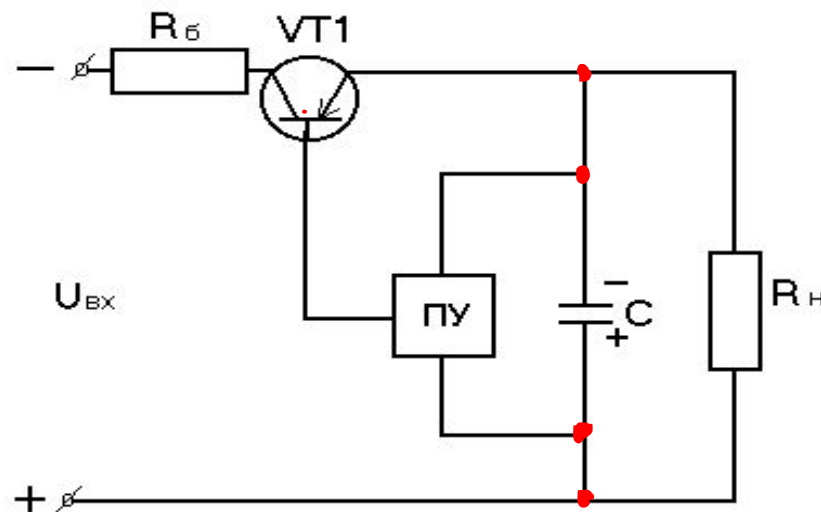
$$Q = T / t_{И}$$

скважность импульса

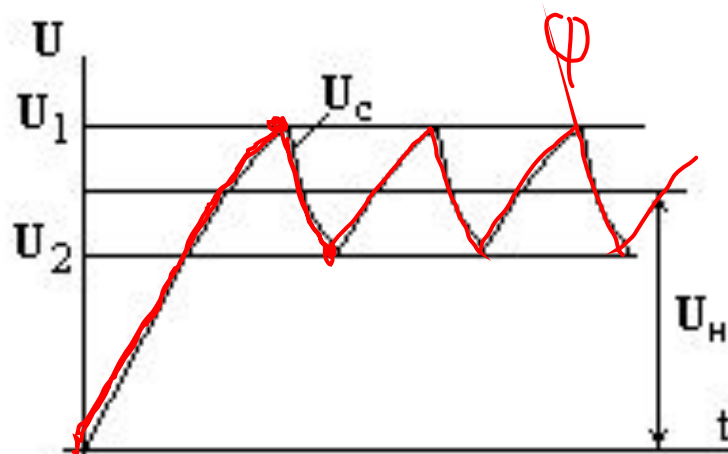
Стабилизатор релейного типа

РЭ

- ПУ – пороговое устройство
- VT1 – работает в режиме ключа.
- Rб – балластное сопротивление.
- С – фильтр.



$$\tau_1 = \frac{1}{RC}$$
$$\tau_2 = \frac{1}{R_н C}$$



Компенсационные стабилизаторы импульсного действия

Достоинства:

- Малочувствительны к изменению температуры.
- КПД выше, чем у стабилизаторов непрерывного действия.

Недостатки:

- Большие пульсации выходного напряжения, необходимость применения громоздких сглаживающих фильтров.
- Инерционность.
- Ухудшение параметров при работе на импульсную нагрузку

Стабилизаторы тока

- Параметрические стабилизаторы тока
 - Используют элементы электроники с характеристикой следующего вида:
 - Такой характеристикой обладают:
 - Вакуумный Бареттер
 - Пентод
 - Эти элементы включаются последовательно с R_H и обеспечивают $\pm 1\%$ изменения тока.
- Компенсационные стабилизаторы тока
 - Построены по тем же схемам, что и стабилизаторы напряжения, но с обратной связью по току

