

Използвани източници

- ❑ Лекции на д-р Фогелман, Университет – Карлсруе
- ❑ Лекции на д-р Клос, Университет – Карлсруе
- ❑ Лекции на д-р Крокол, Университет – Карлсруе
- ❑ Halbleiter Schaltungstechnik, Tietze u., Schenk Th.
- ❑ <http://www.elektronik-kompodium.de/sites>

Използвани означения

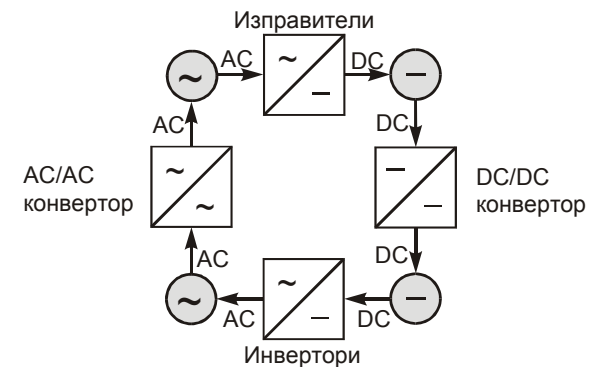
- ❑ Тема, която се среща за първи път
- ❑ **Тема, която вече е позната**

Силова електроника

Цел разглеждането:

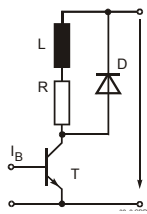
- ❑ да може да отговаряте на тези или подобни въпроси:
 - Какво се разбира под комутация?
 - Какви типове преобразуватели съществуват?
 - Как работят изправителите?
 - Какви са основните функции на стабилизаторите на напрежение?

Основни понятия



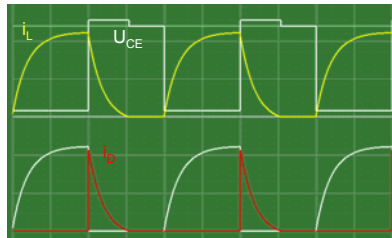
Комутация

Предаването на тока от един токов кръг на друг кръг, като за времето на комутация и двата кръга може да провеждат ток.



T Ключ (транзистор)
R,L Товар (напр. намотка на реле)
D Диод

След запущването на транзистора токът през товара продължава да тече в същата посока. Възможността е да протече през диода и затихва по експонента

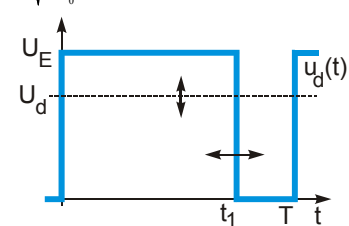
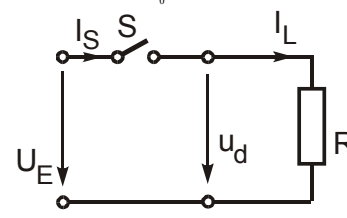


Широчинно-импулсна модулация

С помощта на ключ за време t_1 входното напрежение се подава към изхода. След това за време $T-t_1$ ключът се отваря.

$$\bar{u}_d = U_{d\text{eff}} = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T u_d dt = \frac{t_1}{T} \cdot U_E$$

$$U_{d(\text{eff})} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T u_d^2 dt} = \sqrt{\frac{t_1}{T}} \cdot U_E$$



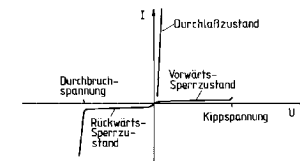
Силова електроника

□ Изправители

- Неуправляеми изправители
- Стабилизатори на напрежение
- Управляеми изправители

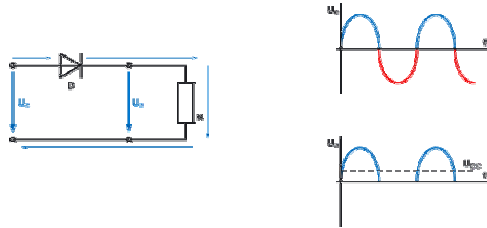
Изправители

- Еднопътен (еднофазен) изправител
- Двупътен (двуфазен) изправител със средна точка
- Мостов изправител
- Неуправляем изправител (диод)
- Управляем изправител (тиристор)



Неуправляем изправител

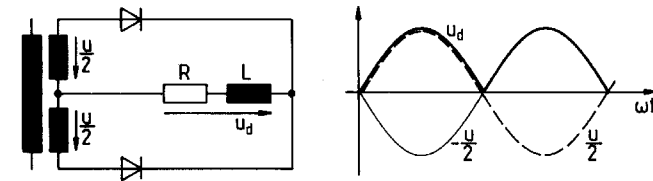
Еднопътен изправител със съпротивителен товар



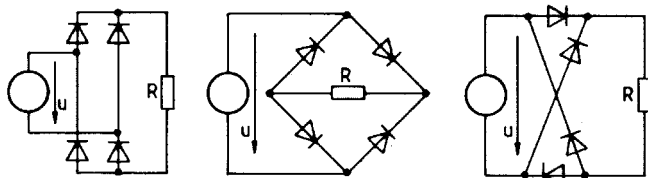
Неуправляем изправител

За малки мощности
За ниски напрежения

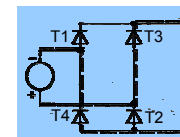
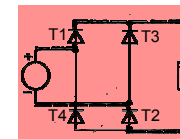
Схема със средна точка



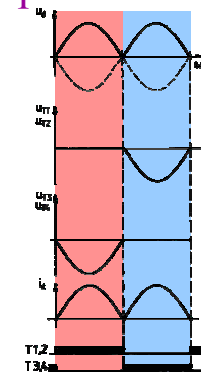
Неуправляем мостов изправител



Неуправляем мостов изправител

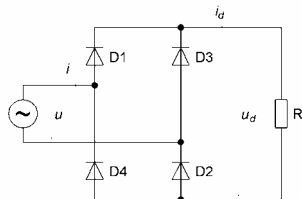


Съпротивителен товар



Неуправляем мостов изправител

Средна стойност на изходното напрежение при съпротивителен товар

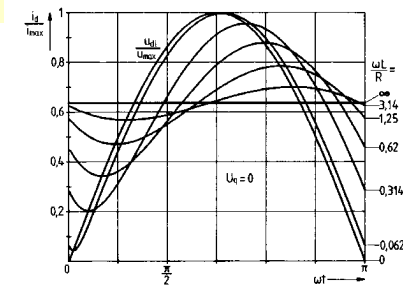
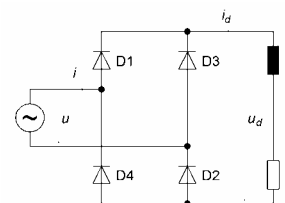


$$\begin{aligned}
 u_n(t) &= \sqrt{2} \cdot U \cdot \sin(\omega t) \\
 U_d = \overline{u_d} &= \frac{1}{T} \cdot \int_0^T u_d(t) dt = \frac{2}{T} \cdot \int_0^{T/2} u_n(t) dt = \\
 &= \frac{2\sqrt{2} \cdot U}{T} \cdot \int_0^{T/2} \sin(\omega t) dt = \\
 &= \frac{2\sqrt{2} \cdot U}{\omega T} \cdot [-\cos(\omega t)]_0^{T/2} = \\
 &= \frac{2\sqrt{2} \cdot U}{2\pi} \cdot 2 = \frac{2\sqrt{2} \cdot U}{\pi} = 0,9 \cdot U
 \end{aligned}$$

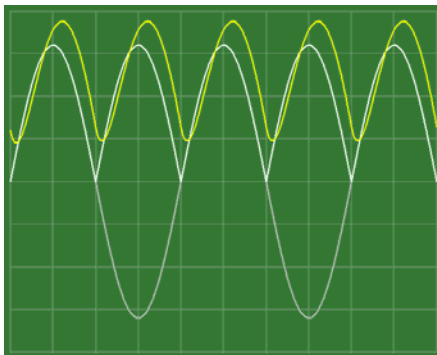
Идеално постоянно напрежение

Неуправляем мостов изправител

Съпротивително-индуктивен товар

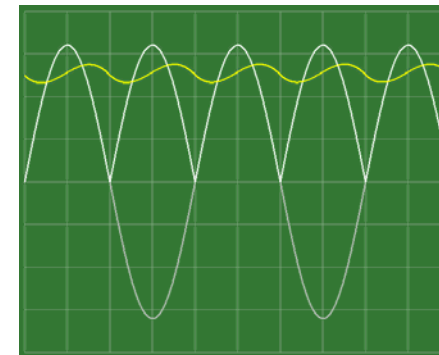


Неуправляем мостов изправител



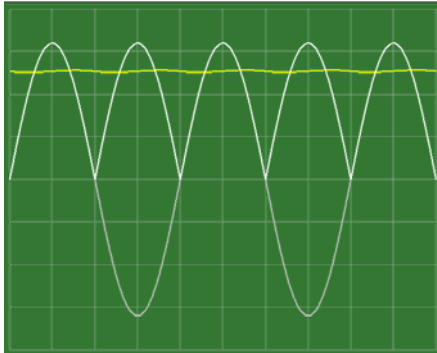
L = 1 mH
R = 10 Ω

Неуправляем мостов изправител



L = 10 mH
R = 10 Ω

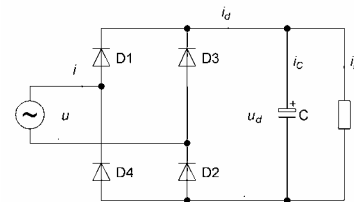
Неуправляем мостов изправител



$L = 100 \text{ mH}$
 $R = 10 \Omega$

Неуправляем мостов изправител

Съпротивителен товар и кондензатор



Силова електроника

□ Изправители

- Неуправляем изправител
- Стабилизатори на напрежение
- Управляеми изправители

Стабилизатори на напрежение

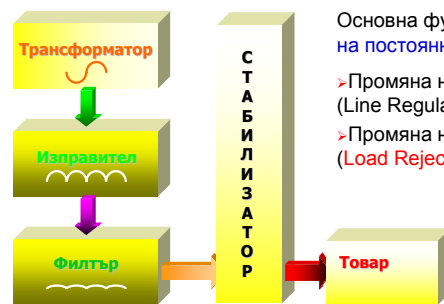
□ Основни параметри:

- Изходно напрежение и толеранс
- Мах. изходен ток и ток на късо съединение
- Min. спадане на напрежението (**Dropout Voltage**)

□ Основни видове:

- Линейни стабилизатори
- Ключови стабилизатори

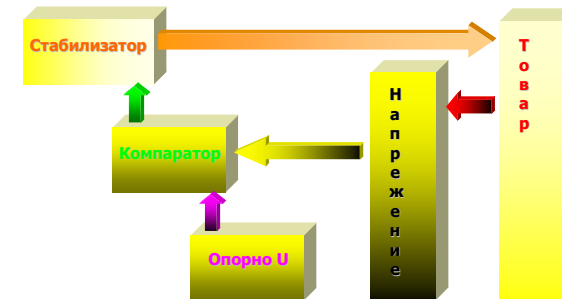
Стабилизатори на напрежение



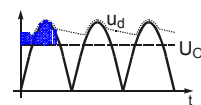
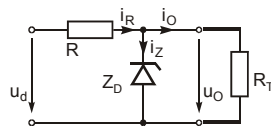
Основна функция: **поддържане на постоянно напрежение при:**

- Промяна на входното напрежение (Line Regulation)
- Промяна на товара (Load Rejection)

Линейни стабилизатори



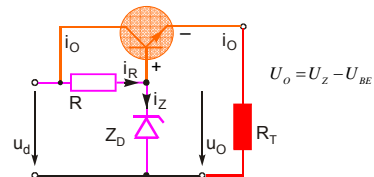
Линейни стабилизатори



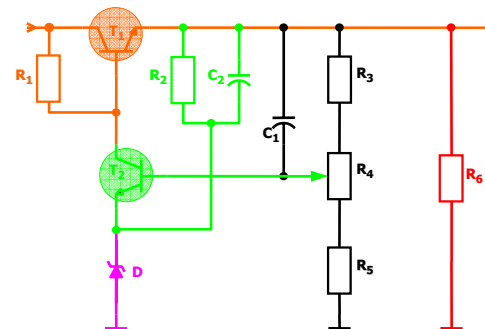
$$U_o = U_z$$

$$U_d = U_z + I_R \cdot R$$

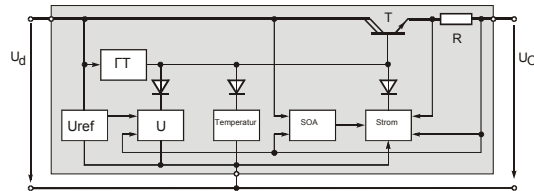
$$U_d = U_z + (I_z + I_o) \cdot R$$



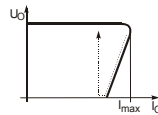
Линейни стабилизатори



Интегрален стабилизатор ($U_O = \text{const.}$)



(Линеен стабилизатор)



Fold-Back характеристика

Интегрален стабилизатор

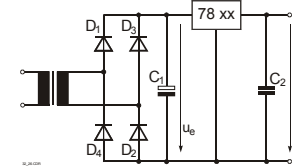
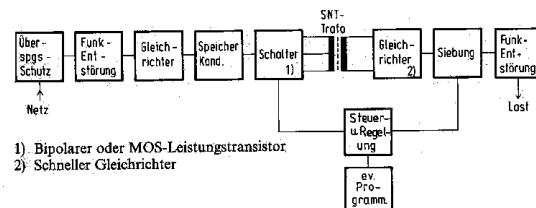


Схема на захранващо устройство

Принцип на ключово захранване



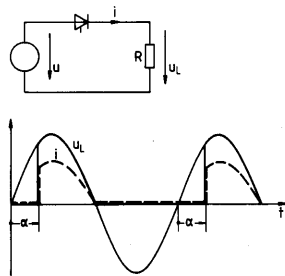
Силова електроника

□ Изправители

- Неуправляеми изправители
- Стабилизатори на напрежение
- Управляеми изправители

Управляем изправител

Еднопътен изправител със съпротивителен товар



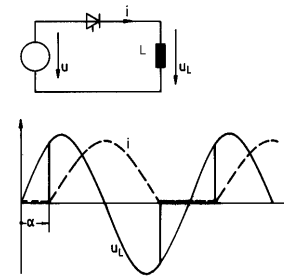
$$u(t) = \sqrt{2}U \sin(\omega t)$$

$$\bar{u}_L = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T u_L dt = \frac{\sqrt{2}U}{T} \cdot \int_{\alpha/\omega}^{T/2} \sin(\omega t) dt =$$

$$= \frac{\sqrt{2}U}{\omega T} [-\cos(\omega t)]_{\alpha/\omega}^{T/2} = \frac{\sqrt{2}U}{2\pi} (1 + \cos \alpha)$$

Управляем изправител

Еднопътен изправител с индуктивен товар



$$u(t) = \sqrt{2} \cdot U \cdot \sin(\omega t); \quad u_L = L \cdot \frac{di}{dt}; \quad u_L = u(t) \text{ für } t > \alpha / \omega$$

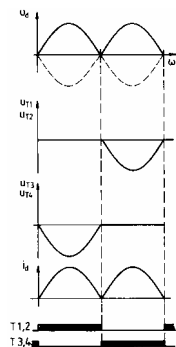
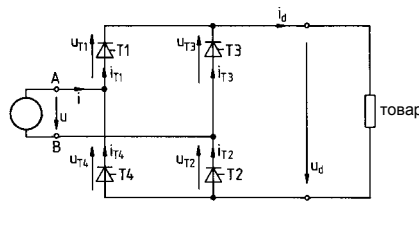
$$i(t) = \frac{1}{L} \cdot \int_{\alpha/\omega}^t u(\tau) \cdot d\tau = \frac{\sqrt{2} \cdot U}{\omega \cdot L} \cdot \int_{\alpha/\omega}^t \sin(\omega \tau) \cdot d\tau =$$

$$= \frac{\sqrt{2} \cdot U}{\omega \cdot L} \cdot [-\cos(\omega \tau)]_{\alpha/\omega}^t = \frac{\sqrt{2} \cdot U}{\omega \cdot L} (\cos(\alpha) - \cos(\omega t))$$

Ток протича от точката на запалване до достигане до нулата. Тогава тиристорът се запушва.

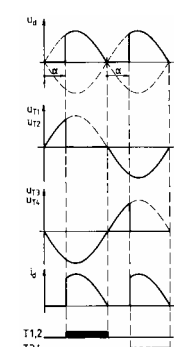
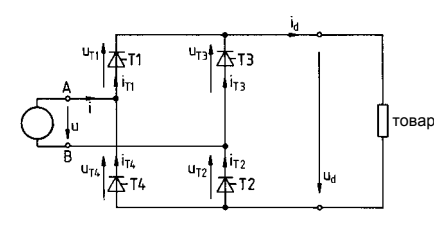
Управляем мостов изправител

Съпротивителен товар при ъгъл на управление = 0



Управляем мостов изправител

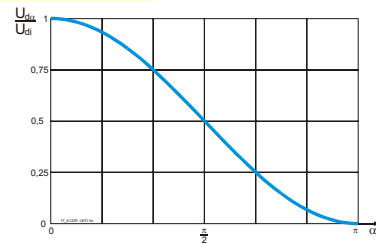
Съпротивителен товар при ъгъл на управление > 0



Управляем мостов изправител

Характеристика на управление при съпротивителен товар

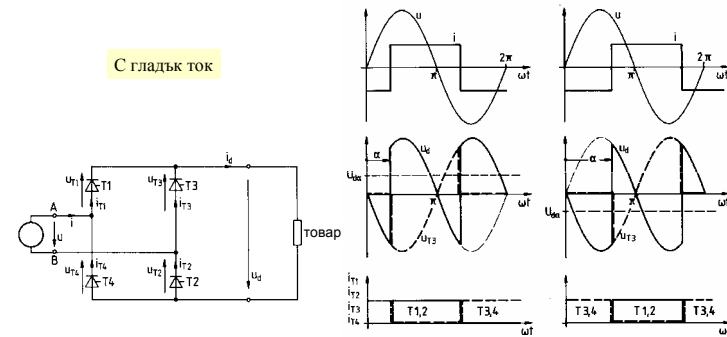
$$\begin{aligned}
 u_n(t) &= \sqrt{2} \cdot U \cdot \sin(\omega t) \\
 U_{da} &= u_{da} = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T u_{da} dt = \frac{2}{T} \cdot \int_{\alpha/\omega}^{T/2} u_n dt = \\
 &= \frac{2\sqrt{2} \cdot U}{T} \cdot \int_{\alpha/\omega}^{T/2} \sin(\omega t) dt = \\
 &= \frac{2\sqrt{2} \cdot U}{\omega T} \cdot [-\cos(\omega t)]_{\alpha/\omega}^{T/2} = \\
 &= \frac{2\sqrt{2} \cdot U}{2\pi} \cdot [1 + \cos(\alpha)] \\
 U_{da} &= U_{di} \cdot \frac{1 + \cos(\alpha)}{2} = U_{di} \cdot \cos^2\left(\frac{\alpha}{2}\right)
 \end{aligned}$$



Нормализирана характеристика на управление

Управляем мостов изправител

С гладък ток



Управляем мостов изправител

Изходно напрежение при изменение на ъгъла между 0 и 150 градуса

