

Úloha:

Vyjadrite závislosť straty na  $R_S$

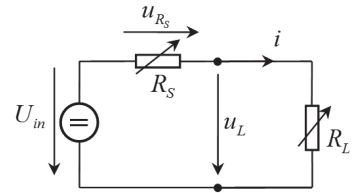
$$P_S = f(R_S, R_L)$$

Pre obr. platí:  $P_Z = U_{in} * i$

$$P_S = u_{R_S} * i$$

$$P_L = u_L * i$$

$$P_Z = P_S + P_L$$



Ak  $P_L > 0$  môže, čo i len teoreticky platí:  $P_S = 0$  ???!

1

2

Úloha:

Vyjadrite závislosť straty na  $R_S$

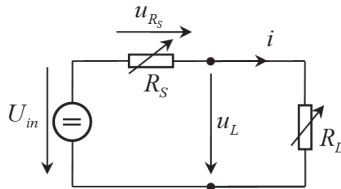
$$P_S = f(R_S, R_L)$$

Pre obr. platí:  $P_Z = U_{in} * i$

$$P_S = u_{R_S} * i = R_S * i^2$$

$$P_L = u_L * i$$

$$P_Z = P_S + P_L$$



Ak  $P_L > 0$  môže, čo i len teoreticky platí:  $P_S = 0$  ???!

Odpoveď: Áno !!!, pretože

$$P_S = \frac{(U_{in})^2 R_S}{R_S^2 + 2R_S R_L + R_L^2} = \frac{(U_{in})^2}{R_S + 2R_L + \frac{R_L^2}{R_S}}$$

3

4

Úloha:

Vyjadrite závislosť straty na  $R_S$

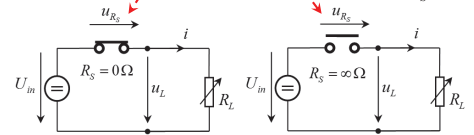
$$P_S = f(R_S, R_L)$$

Ak  $P_L > 0$  môže, čo i len teoreticky platí:

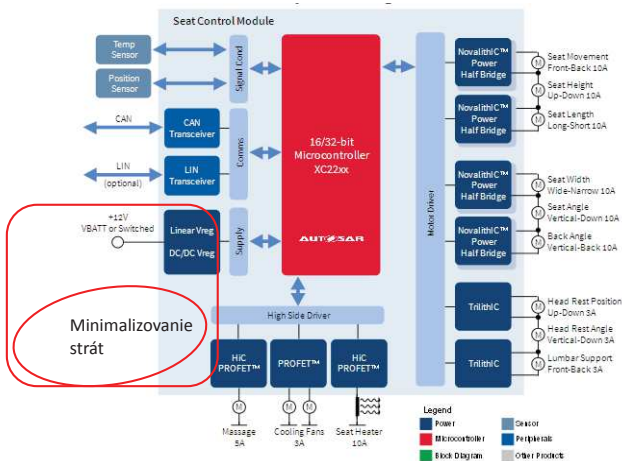
$$P_S = 0 \quad ???!$$

Odpoveď: Áno !!!, pretože

$$P_S = \frac{(U_{in})^2 * (R_S = 0)}{R_S^2 + 2R_S R_L + R_L^2} = \frac{(U_{in})^2}{(R_S = \infty) + 2R_L + \frac{R_L^2}{R_S}}$$



Riadenie sedadla

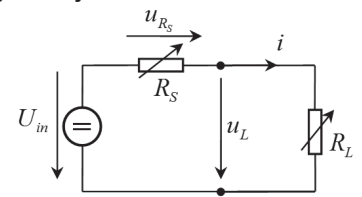


DC - DC menič

Prečo sú spínané zdroje výhodnejšie ako lineárne?

Cieľom je regulovať výstupné napätie, napätie na záťaži  $u_L$  zmenou sériového odporu  $R_x$ . Straty sú dané vzťahom

$$P_S = u_{R_S} * i = (R_S * i) * i = R_S \frac{U_{in}^2}{(R_S + R_L)^2}$$



$$U_{in} > u_L, U_{in} = u_{R_S} + u_L$$

Lineárny zdroj mení  $R_S$  v rozsahu  $R_{Smin}$  až  $R_{Smax}$ .

Spínaný zdroj prepína  $R_S$  z hodnoty  $R_S = 0 \Omega$  na  $R_S = \infty \Omega$ .

Týmito hodnotám odpovedá strata  $P_S(R_S = 0) = 0W$ ,  $P_S(R_S = \infty) = 0W$

$R_S$  je nahradené polovodičovým spínacím prvkom. V zopnutom stave má veľmi malý odpor a v stave rozopnutom veľmi veľký. Medzi záťaž a spínací prvok je zapojený dolnopriepustný filter, ktorý vyhladí napätie na záťaži.

5

6

## DC - DC menič

### Prečo sú spínané zdroje výhodnejšie ako lineárne?

Cieľom je regulovať výstupné napätie, napätie na záťaži  $u_L$  zmenou sériového odporu  $R_S$ . Straty sú dané vzťahom

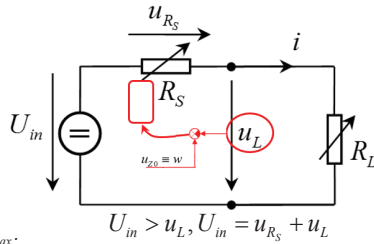
$$P_S = u_{R_S} \cdot i = (R_S \cdot i) \cdot i = R_S \frac{U_{in}^2}{(R_S + R_L)^2}$$

Lineárny zdroj mení  $R_S$  v rozsahu  $R_{S \min}$  až  $R_{S \max}$ .

Spínaný zdroj prepína  $R_S$  z hodnoty  $R_S = 0 \Omega$  na  $R_S = \infty \Omega$ .

Týmto hodnotám odpovedá strata  $P_S(R_S = 0) = 0W$ ,  $P_S(R_S = \infty) = 0W$

$R_S$  je nahradené polovodičovým spínacím prvkom. V zopnutom stave má veľmi malý odpor a v stave rozopnutom veľmi veľký. Medzi záťaž a spínací prvok je zapojený dolnopriepustný filter, ktorý vyhladí napätie na záťaži.

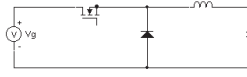


## DC- DC menič

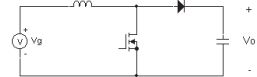
### Zjednodušený pohľad na syntézu

Nevýhodou lineárnych stabilizátorov napätia, je ich nízka účinnosť. DC- DC meniče, spínané napájacie zdroje dosahujú vyššiu účinnosť. Spínaný zdroj je regulačný obvod na konštantnú hodnotu. Odber z meniča, záťaž, kolísanie napájacieho napätia, ... sú poruchové veličiny, ktorých vplyv treba minimalizovať. Zvlnenie regulovaného napätia patrí medzi kvalitatívne parametre spínaného zdroja.

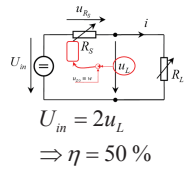
Spínané zdroje sú rôzneho prevedenia: Plnenie  $pl$  (d,D, DC) je bezrozmerné číslo z intervalu 0 až 1



"Buck" konfigurácia  
 $V_o/V_g = pl$



"Boost" konfigurácia  
 $V_o/V_g = 1/(1-pl)$



## Úvod

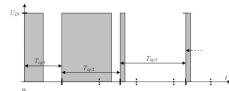
DC-DC menič – z pohľadu TR je to nelineárna tlmená vlastná sústava druhého rádu (filter) s nelineárnym akčným členom – PWM.

**Predpokladáme,** že poznáme popis systému v pracovnom bode (nominálna záťaž). Poruchy:  $U_{IN}$ ,  $I_Z$

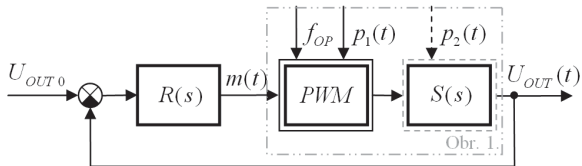
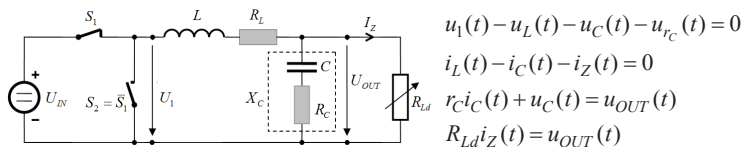
**Zvlnenie**  
Navrhujeme parametre PWM bloku tak, aby sme dosiahli požadované zvlnenie. (niektoré vlastnosti obvodu „potláčame“, aby bol zrejmy vplyv iných)

**Parametre PID regulátora:**  $K_p$ ,  $T_p$ ,  $T_d$  a  $T_i$  počítame

**Potlačenie zvlnenia**  
- Plnenie PWM signálu je dané vzťahom PWM signál  $pl = T_1/T_{op}$ , kde  $T_{op}$  sa nemení.  
- Veľkosť zvlnenia sa podstatne zredukuje, ak bude premenlivé aj  
- **plnenie**  
- aj **frekvencia opakovania**.



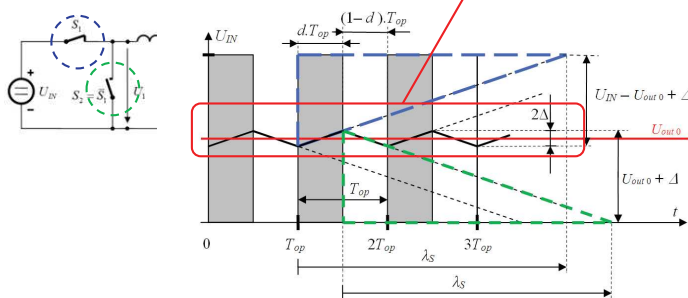
## Popis systému



$L = 3.3 \mu H$   
 $C = 2200 \mu F$   
 $R_C = 18 m\Omega$

## VÝPOČET FREKVENCIE OPAKOVANIA

- $f_{op} \approx 1/10$  až  $1/5$  pásma priepustnosti
- $f_{op}$  je niekde na „začiatku“ **z a d a n é**
- vypočítame tak, aby sme dosiahli predpísané **zvlnenie**



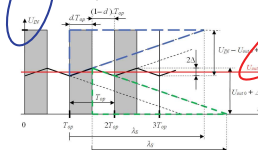
## VÝPOČET FREKVENCIE OPAKOVANIA

Výpočet zvlnenia:

**Predpokladáme:**  $\lambda_S = n \cdot T_{op}$ ;  $n$  (napr.) =  $38 \gg 0$

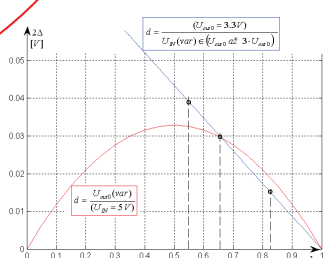
$U_{IN}$  (var):

$$2\Delta = \frac{U_{IN}(var)}{n} \cdot d(1-d)$$



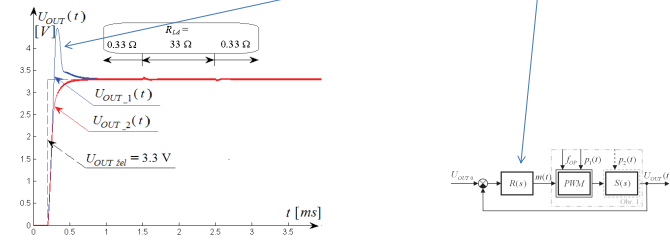
$U_{out0}$  (var):

$$2\Delta = \frac{U_{out0}(var)}{n} (1-d)$$



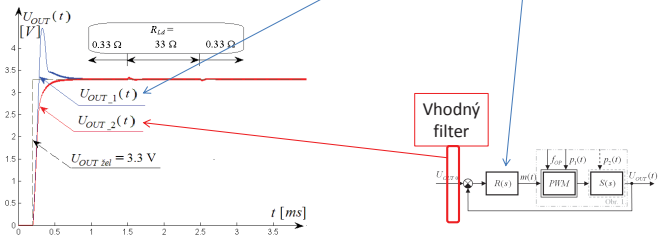
## PARAMETRE A ŠTRUKTÚRA PI REGULÁTORA

$$R(s) = PI(s) = K_R \left( 1 + \frac{1}{sT_I} \right) \quad \text{parametre: } K_R \doteq 16,2, T_I \doteq 127 \mu s$$



## PARAMETRE A ŠTRUKTÚRA PI REGULÁTORA

$$R(s) = PI(s) = K_R \left( 1 + \frac{1}{sT_I} \right) \quad \text{parametre: } K_R \doteq 16,2, T_I \doteq 127 \mu s$$



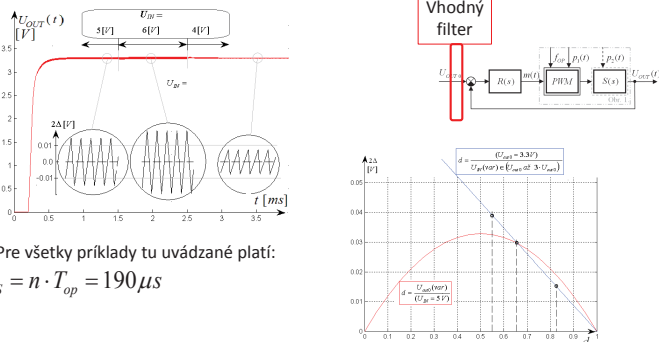
Problémom je návrh filtra D zložky regulátora:

13

14

### Zvlnenie ako funkcia $U_{IN}$

Pôvodný PI + filter „riadenia“  $K_R \doteq 16,2, T_I \doteq 127 \mu s$   
Meníme  $U_{IN}$



Pre všetky príklady tu uvádzané platí:  
 $\lambda_S = n \cdot T_{op} = 190 \mu s$

15

### SYNTÉZA PID REGULÁTORA

Nominálna záťaž:  $S(s) = \frac{1+s\tau_C}{s^2(T^2 + \tau_{Ld}\tau_C) + s(\tau_{Ld} + \tau_C) + 1}$   $T = \sqrt{LC} \doteq 85 \mu s, \tau_C = CR_C \doteq 40 \mu s$   
Komplexné korene  $\tau_{Ld} = \frac{L}{(R_{Ld} = 0,33 \Omega)} \doteq 10 \mu s$

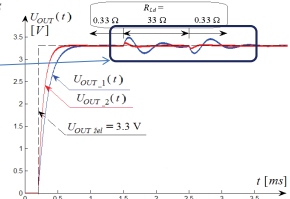
Požadujeme:  $F(s) = \frac{1+s\tau_C}{s^2(T^2 + \tau_{Ld}\tau_C) + s(2T_v) + 1}$   
Reálne korene

a:  $PID(s) = \frac{K_R}{1+sT_f} \left( 1 + \frac{1}{sT_I} + sT_D \right)$  Výsledkom syntézy je aj  $T_f$

$K_R \doteq 0,37, T_f \doteq 50 \mu s, T_D \doteq 153 \mu s, T_f \doteq 57 \mu s$

Odozva na zmenu záťaže:

$\approx (1-F(s))S(s)$



16

### F REGULAČNÁ SCHÉMA

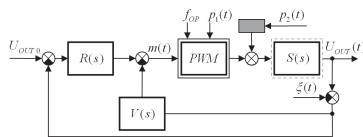
Opäť nominálna záťaž:

1. požadujeme:  $C_M(s) = \frac{1+s\tau_C}{\beta(2s\tau_C)^2 + 3s\tau_C + 1}$  ;

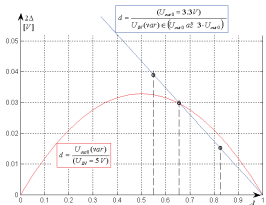
tomu odpovedá:  $V(s) = \frac{v_1s + v_0}{1+s\tau_C} = \frac{(3\beta\tau_C - \tau_C)s + \beta - 1}{1+s\tau_C}$   $v_1 = 246 \mu s$  Výsledkom riešenia je opäť aj „ $T_f$ “  
 $v_0 = 1,38$

Postačuje PI regulátor:

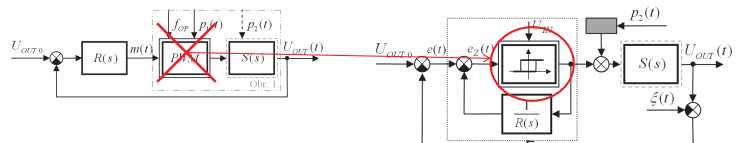
$K_R \doteq 2,38, T_I = 2\tau_C \doteq 80 \mu s$



### POTLAČENIE ZVLNENIA



### NÁHRADA PWM BLOKU POMOCOU RELÉ



PWM blok sa používa vo funkcii (LACNÉHO D/A prevodníka), alebo LACNÉHO spojito pracujúceho akčného člena.

Správna funkcia obvodu je podmienená vznikom šklzového režimu Cypkin, Ja.Z.: Relejnýje automatizáciejsysteme

17

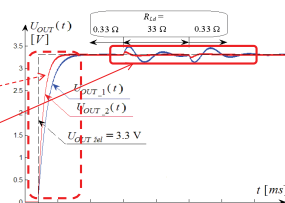
18

Odozva na zmenu riadenia:

$F(s) = (2s\tau_C + 1)^{-1}$

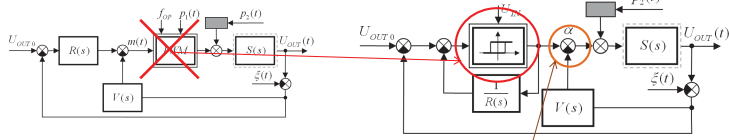
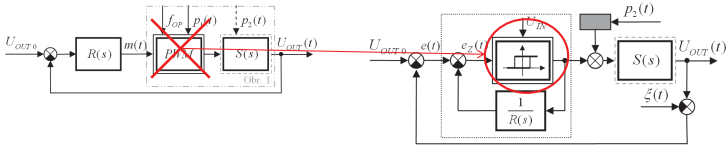
Odozva na zmenu záťaže:

$\approx (1-F(s))C_M(s)$



## NÁHRADA PWM BLOKU POMOCOU RELÉ

PWM blok sa používa vo funkcii LACNÉHO D/A prevodníka.

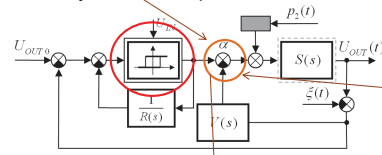


Toto by v praxi nefungovalo

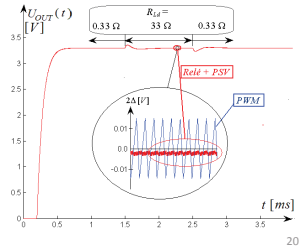
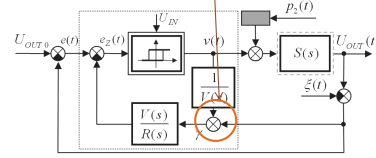
19

## NÁHRADA PWM BLOKU POMOCOU RELÉ

Súčtový člen  $\alpha$  treba premiestniť



Toto by v praxi nefungovalo



20