

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Ústav automobilovej mechaniky

Oddelenie elektroniky, mikroočítačov a PLC systémov (OAEM)

Elektronické systémy automobilov (ELSA)

Úloha:

Vyjadrite závislosť straty na R_S

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

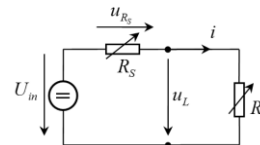
Pre obr. platí:

$$P_Z = U_{in} * i$$

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

$$P_L = u_L * i$$

$$P_Z = P_S + P_L$$



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

1

2

Úloha:

Vyjadrite závislosť straty na R_S

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

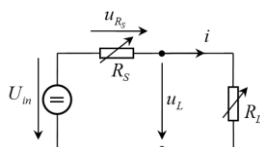
Pre obr. platí:

$$P_Z = U_{in} * i$$

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

$$P_L = u_L * i$$

$$P_Z = P_S + P_L$$



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

Úloha:

Vyjadrite závislosť straty na R_S

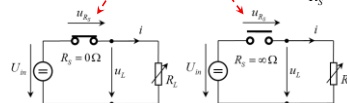
$$P_S = f(R_S, R_L)$$

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

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

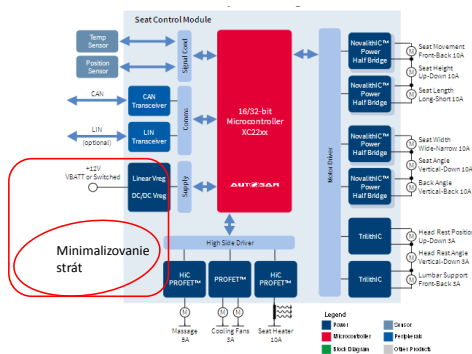
Odpoveď: Áno !!!, pretože

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



4

Riadenie sedadla



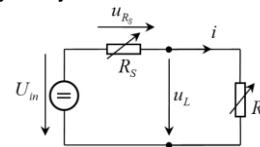
5

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

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



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

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

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.

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

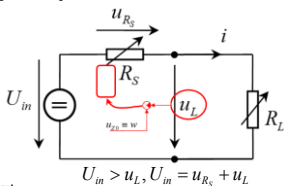
$$P_S = u_{R_s} \cdot i = (R_s \cdot i) \cdot i = R_s \frac{U_{in}^2}{(R_s + R_L)^2}$$

Lineárny zdroj mení R_s v rozsahu $R_{s \min}$ až $R_{s \max}$.

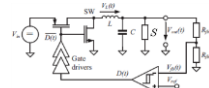
Spínaný zdroj prepína R_s z hodnoty $R_s = 0 \Omega$ na $R_s = \infty \Omega$.

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

R_s je nahradené polovodičovým spínačom. V zopnutom stave má veľmi malý odpor a v stave rozopnutom veľmi veľký. Medzi záťaž a spínač je zapojený dolnoprostupný filter, ktorý vyhladí napätie na záťaži.



DC-DC menič
Zjednodušený pohľad na syntézu



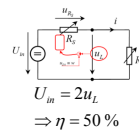
Nevhodou lineárnych stabilizátorov napätia, je ich nízka účinnosť. DC-DC meniče, spínané napájacie zdroje dosahujú vyššiu účinnosť. Spínaný zdroj je regulačný obvod na konštantnú hodnotu.

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.



$U_{in} = 2u_L \Rightarrow \eta = 50\%$



"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 tmenená 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

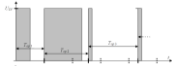
Zvlnenie

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

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

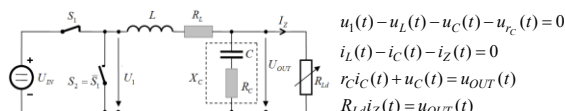
Potlačenie zvlnenia

- 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 premenlivý aj – plnenie
- aj frekvencia opakovania.



<http://www.electronics-tutorials.ws/blog/pulse-width-modulation.html>

Popis systému

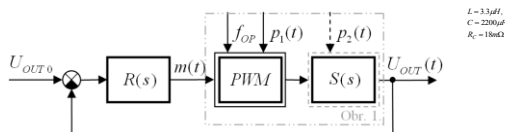


$u_i(t) - u_L(t) - u_C(t) - u_{R_C}(t) = 0$

$i_L(t) - i_C(t) - i_Z(t) = 0$

$r_C i_C(t) + u_C(t) = u_{OUT}(t)$

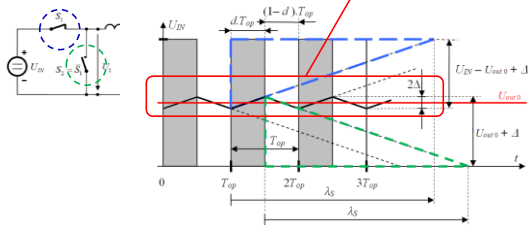
$R_L i_Z(t) = u_{OUT}(t)$



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

VÝPOČET FREKVENCIE OPAKOVANIA

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



VÝPOČET FREKVENCIE OPAKOVANIA

Výpočet zvlnenia:

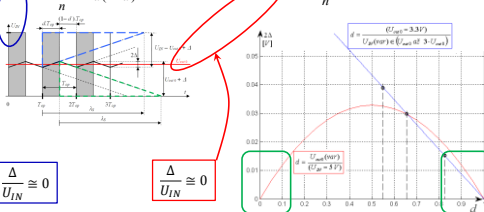
Predpokladáme: $\lambda_S = n \cdot T_{op}$; n (napr.) = $38 \gg 0$

$U_{IN}(\text{var})$:

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

$U_{OUT0}(\text{var})$:

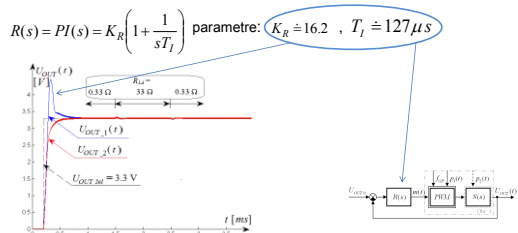
$2\Delta = \frac{U_{OUT0}(\text{var})}{n} (1-d)$



$\frac{\Delta}{U_{IN}} \cong 0$

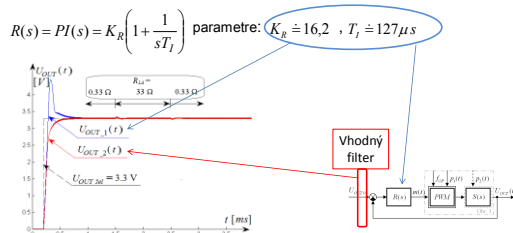
$\frac{\Delta}{U_{IN}} \cong 0$

PARAMETRE A ŠTRUKTÚRA PI REGULÁTORA



13

PARAMETRE A ŠTRUKTÚRA PI REGULÁTORA

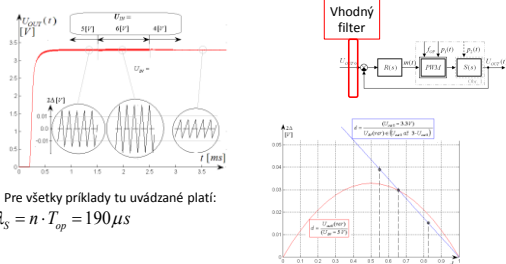


Preléblemom je návrh filtra D zložky regulátora:

14

Zvlnienie ako funkcia U_{IN}

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



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

15

SYNTÉZA PID REGULÁTORA

Nominálna záťaž: $S(s) = \frac{1+s\tau_c}{s^2(T_1^2 + \tau_{ld}\tau_c) + s(\tau_{ld} + \tau_c) + 1}$ $T = \sqrt{LC} \approx 85 \mu s$, $\tau_c = CR_c \approx 40 \mu s$
 Komplexné korene $\tau_{ld} = \frac{L}{(R_{ld} + 0,33\Omega)} \approx 10 \mu s$

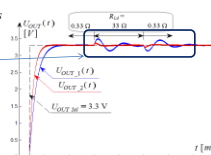
Požadujeme: $F(s) = \frac{1+s\tau_c}{s^2(T_1^2 + \tau_{ld}\tau_c) + s(2T_1) + 1}$
 Reálne korene

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

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

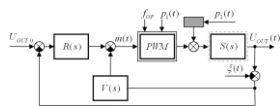
Odozva na zmenu záťaže:

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



16

F REGULAČNÁ SCHÉMA



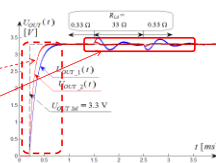
Opäť nominálna záťaž:

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

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

Postačuje PI regulátor:

$K_R \approx 2,38$ $T_I = 2\tau_c = 80 \mu s$



Odozva na zmenu riadenia:

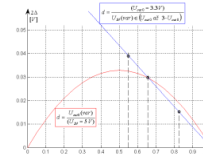
$F(s) = (2s\tau_c + 1)^{-1}$

Odozva na zmenu záťaže:

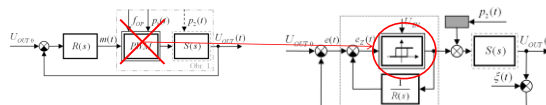
$\approx (1-F(s))C_M(s)$

17

POTLAČENIE ZVLNENIA



NÁHRADA PWM BLOKU POMOCOU RELÉ



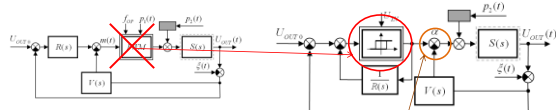
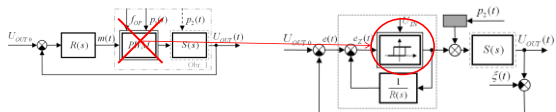
PWM blok sa používa vo funkcii (LACNÉHO D/A prevodníka), alebo LACNÉHO spojitú pracujúceho akčného člena.

Správna funkcia obvodu je podmienená vznikom skúzkového režimu Cypkin, Ja.Z.:
 Relejnýje automatickejšie systémy

18

NÁHRADA PWM BLOKU POMOCOU RELÉ

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

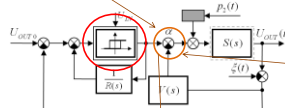


Toto by v praxi nefungovalo

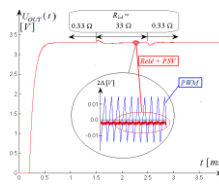
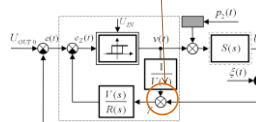
19

NÁHRADA PWM BLOKU POMOCOU RELÉ

Súčtový člen α treba premiestniť



Toto by v praxi nefungovalo



20