

Úloha:

Vyjadrite závislosť straty na R_S

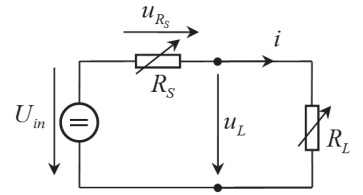
$$P_S = f(R_S, R_L)$$

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

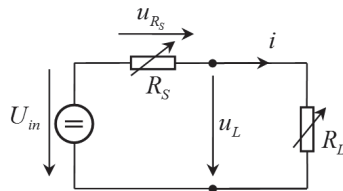
$$P_S = f(R_S, R_L)$$

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

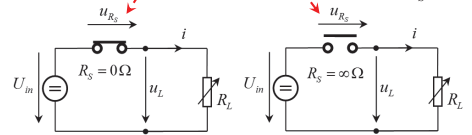
$$P_S = f(R_S, R_L)$$

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

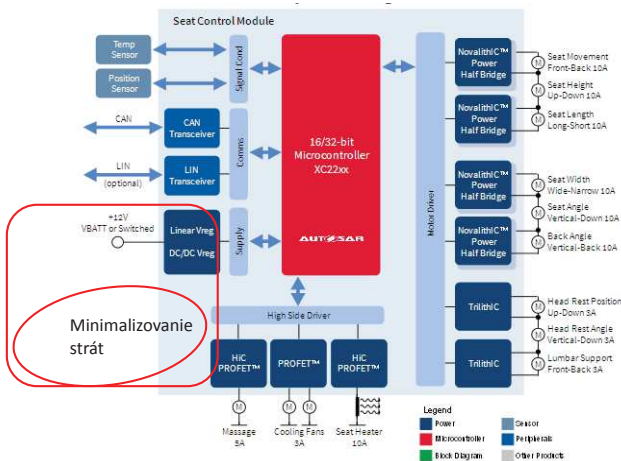
$$P_S = 0 \quad ???!??$$

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

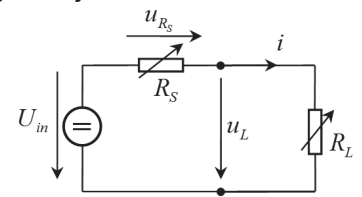


DC - DC menič

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

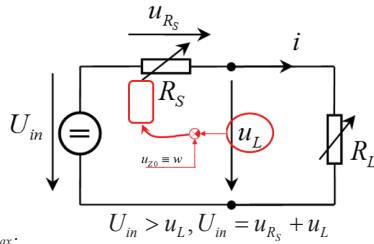
$$P_S = u_{R_s} * i = (R_s * i) * i = R_s \frac{U_{in}^2}{(R_s + R_L)^2}$$

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 $P_S(R_s = 0) = 0W$, $P_S(R_s = \infty) = 0W$

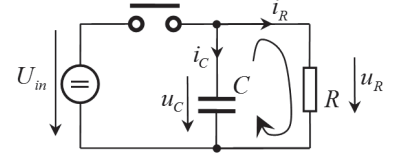
R_s je nahradené polovodičovým spínacím prvkom. V zopnutom stave má veľmi malý odpor a v stave rozopnutom veľmi veľký. Medzi záťaž a spínací prvok je zapojený dolnopriepustný filter, ktorý vyhladí napätie na záťaži.



Výpočet kapacity filtračného kondenzátora

Uvažujeme zapojenie podľa obr.:

Kondenzátor nabijeme $u_C(\infty) = U_{in}$ a odpojíme zdroj. Kondenzátor sa začne vybíjať. úlohou je určiť čas, za ktorý poklesne napätie u_C napr. na polovicu.



Pre RC člen platí: $u_C(t) = u_R(t)$; $i_C(t) = -i_R(t)$ $i_C(t) = C \frac{du_C(t)}{dt}$

Použijeme vetu o derivovaní funkcie: $L[f'(t)] \hat{=} sF(s) - f(0)$

$$\Rightarrow I_C(s) = C[sU_C(s) - U_C(0)] = \frac{U_C(s)}{R}$$

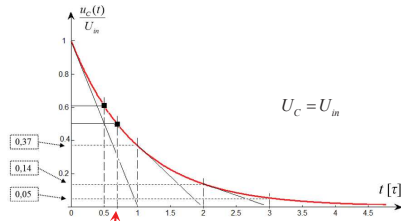
Upravme: $U_C(s) = \frac{RC}{RCs + 1} U_C(0) = \frac{\tau}{\tau s + 1} U_C(0)$

Výpočet kapacity filtračného kondenzátora

Proces vybíjania v časovej oblasti:

$$L^{-1}[U_C(s)] = u_C(t) = U_{in} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\xi_{in}^* e^{-\frac{t_{0,5}}{\tau}} = \frac{\xi_{in}^*}{2} / \ln$$



Napätie na kondenzátore klesne na $\frac{U_{in}}{2}$ za čas $t_{0,5}$

$$-\frac{t_{0,5}}{\tau} = \ln(0,5) \hat{=} -0,69 \Rightarrow t_{0,5} \hat{=} 0,69 \tau$$

$$t_{0,5} \hat{=} 0,69 \tau$$

Iný spôsob výpočtu (pokles napätia na $0,5U_C$)

Náboj na kondenzátore: $Q = CU [As; Ss; V]$; $Q = It [As; A, s]$

Ak poklesne napätie na kondenzátore na polovicu, z kondenzátora ubudne náboj: $\Delta Q = C \Delta U = C \frac{U_C}{2}$

Na začiatku klesá napätie na kondenzátore skoro lineárne. Stredná hodnota prúdu je:

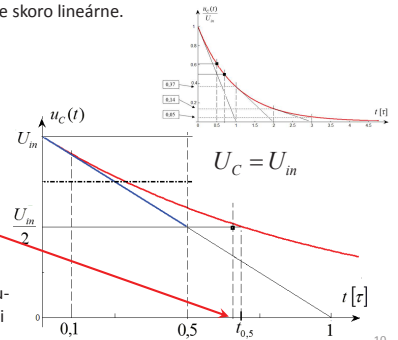
$$I_s = \frac{U_C - \frac{U_C}{2}}{R} = \frac{3U_C}{4R} = 0,75 \frac{U_C}{R}$$

$$Q = CU \hat{=} Q = I t$$

$$C \frac{U_C}{2} \hat{=} 0,75 \frac{U_C}{R} t_{0,5}^*$$

$$t_{0,5}^* = RC \frac{2}{3} = 0,66 \tau$$

Voči predchádzajúcemu výpočtu sme sa dopustili malej chyby. Exponentiálu sme nahradili priamkou ($0,6666 < 0,69$).



Iný spôsob výpočtu (pokles napätia na $0,9U_C$)

Ak poklesne napätie na kondenzátore o 10 %, z kondenzátora ubudne náboj: $\Delta Q = C \Delta U = C * 0,1U_C$

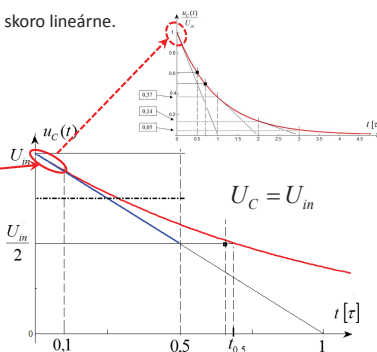
Na začiatku klesá napätie na kondenzátore skoro lineárne.

„Exponenciála“
 $t_{0,9}^* = |\ln 0,9| \tau \hat{=} 0,1054 \tau$

„Priamka“
 $t_{0,9}^* = \frac{0,1}{0,95} \tau \hat{=} 0,1053 \tau$

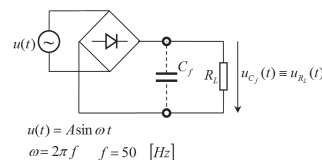
Ak v čase $t_{0,9}^*$ začneme dobíjať kondenzátor, zvlínenie napätia bude $\pm 5\%$ voči strednej hodnote $0,95U_C$. Atď...

Toto je základ „spínaných zdrojov“.



Výpočet filtračného kondenzátora dvojcestného usmerňovača

Priebehy bez filtračného kondenzátora:



$$u(t) = A \sin \omega t$$

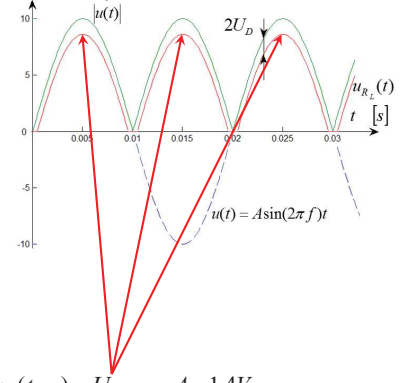
$$\omega = 2\pi f \quad f = 50 \text{ [Hz]}$$

Úloha: Navrhnuť C_f tak, aby zvlínenie napätia nebolo väčšie ako $\pm 5\%$ pri

nominálnom prúde $I_N = \frac{U_{C_f \text{ stredné}}}{R_L}$

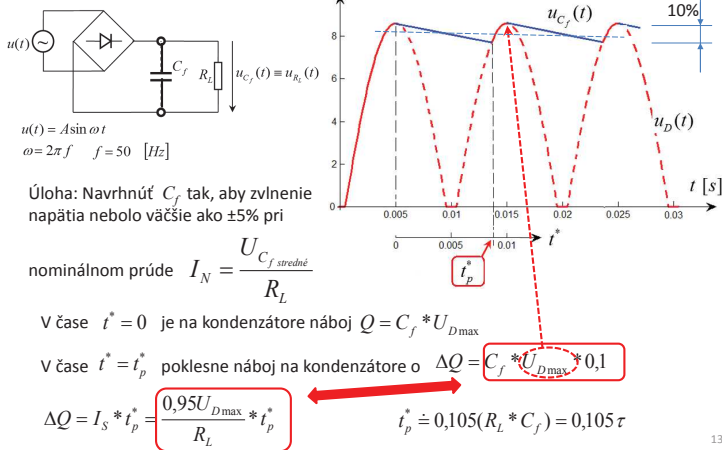
Kondenzátor sa začne vybíjať, keď $u_D(t_{\max}) = U_{D \max} = A - 1,4V$

Kondenzátor sa začne nabíjať, keď $u_D(t) > u_{C_f}(t)$



Výpočet filtračného kondenzátora dvojcestného usmerňovača

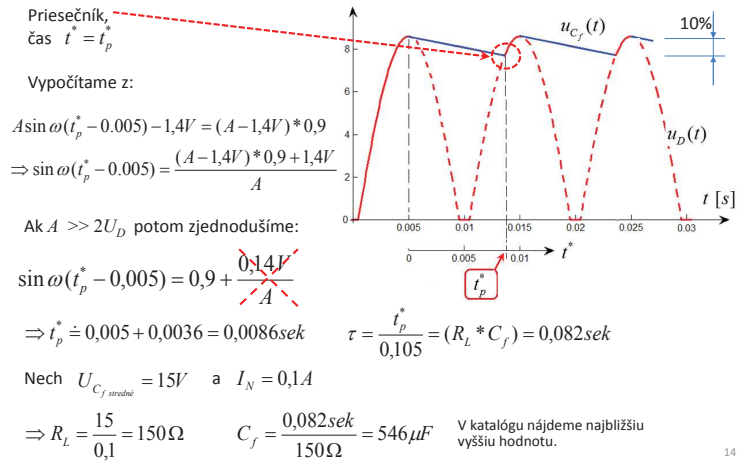
Priebehy s filtračným kondenzátorom:



13

Výpočet filtračného kondenzátora dvojcestného usmerňovača

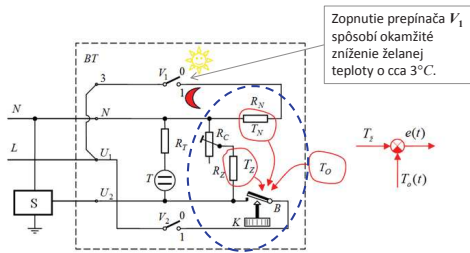
Priebehy s filtračným kondenzátorom:



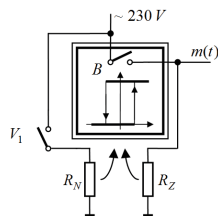
14

Analýza releového regulátora - termostat

S – regulovaný systém
 T_o – regulovaná teplota
 K – predpätie bimetalového kontaktu
 R_Z – Pružná SV

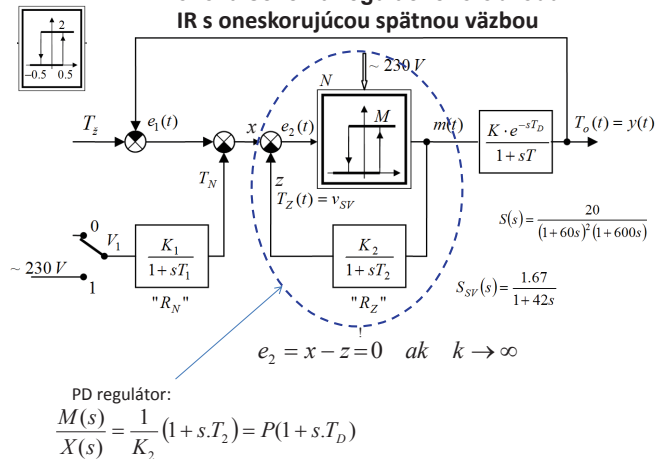


Na riadenie statických sústav s dopravným oneskorením sa používa PD regulátor. Cieľom tohto príspevku je – ukázať, že bytový termostat sa správa, za určitých predpokladov, ako ideálny PD regulátor, a na viac, že je blízky príbuzným časovo optimálnych systémov.



15

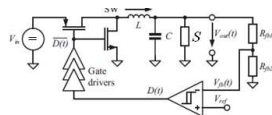
Bloková schéma regulačného obvodu IR s oneskorujúcou spätnou väzbou



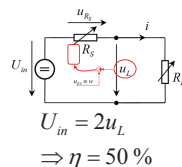
16

DC- DC menič

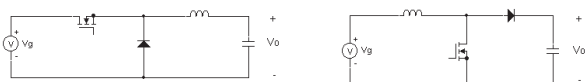
Zjednodušený pohľad na syntézu



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. Zvlnienie regulovaného napätia patrí medzi kvalitatívne parametre spínaného zdroja.



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



“Buck” konfigurácia
 $V_o/V_g = pl$

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

14

Úvod

DC–DC menič – z pohľadu TR je to nelineárna tímená 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

Zvlnienie

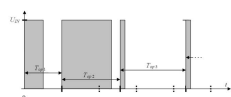
Navrhujeme parametre PWM bloku tak, aby sme dosiahli požadované zvlnienie. (niektoré vlastnosti obvodu „potlačáme“, aby bol zrejmy vplyv iných)

Parametre PID regulátora: K_r , T_i , T_d a T_f počítame

Potlačenie zvlnienia

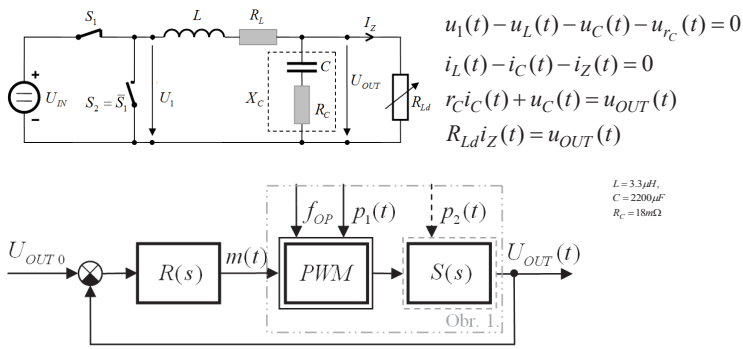
- Plnenie PWM signálu je dané vzťahom PWM signál $pl = T_r/T_{op}$ kde T_{op} sa nemení.

- Veľkosť zvlnienia sa podstatne zredukuje, ak bude premenlivé aj – plnenie – aj frekvencia opakovania.



18

Popis systému

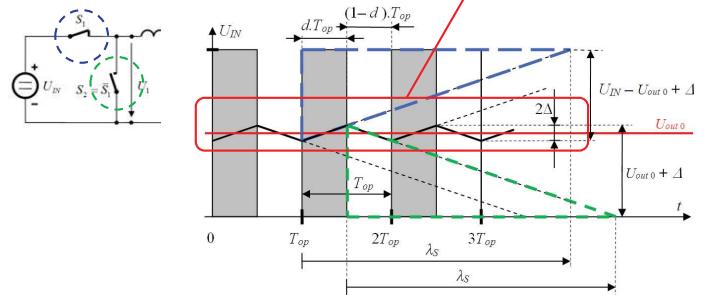


ELSA Pr. 07

19

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**



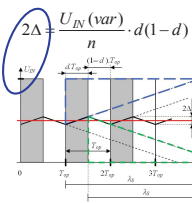
20

VÝPOČET FREKVENCIE OPAKOVANIA

Výpočet zvlnenia:

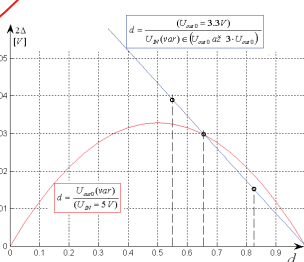
Predpokladáme: $\lambda_S = n \cdot T_{op}$; $n(napr.) = 38 \gg 0$

U_{IN} (var):



U_{out0} (var):

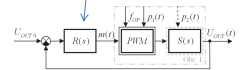
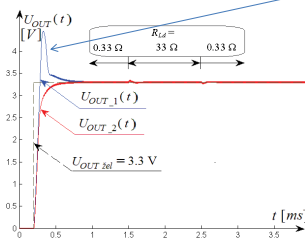
$$2\Delta = \frac{U_{out0}(var)}{n} (1-d)$$



21

PARAMETRE A ŠTRUKTÚRA PI REGULÁTORA

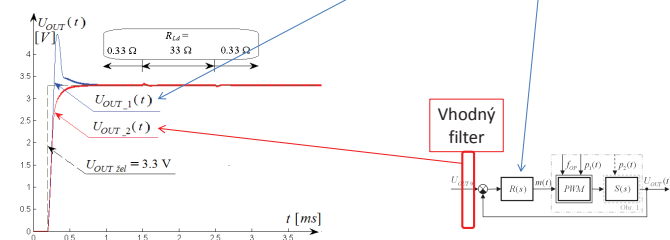
$$R(s) = PI(s) = K_R \left(1 + \frac{1}{sT_I} \right) \text{ parametre: } K_R \doteq 16.2, T_I \doteq 127 \mu s$$



22

PARAMETRE A ŠTRUKTÚRA PI REGULÁTORA

$$R(s) = PI(s) = K_R \left(1 + \frac{1}{sT_I} \right) \text{ parametre: } K_R \doteq 16.2, T_I \doteq 127 \mu s$$



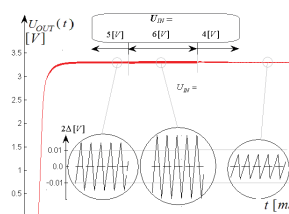
Problémom je návrh filtra D zložky regulátora:

23

Zvlnenie ako funkcia U_{IN}

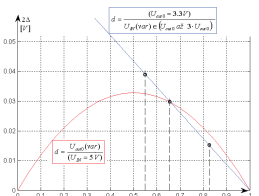
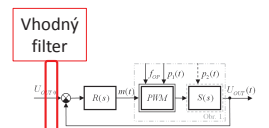
Pôvodný PI + filter „riadenia“ $K_R \doteq 16.2, T_I \doteq 127 \mu s$

Meníme U_{IN}



Pre všetky príklady tu uvádzané platí:

$$\lambda_S = n \cdot T_{op} = 190 \mu s$$



24

SYNTÉZA PID REGULÁTORA

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

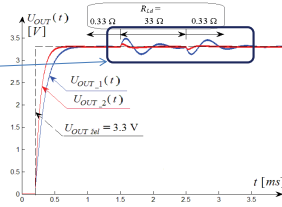
Požadujeme: $F(s) = \frac{1+s\tau_c}{s^2(T^2 + \tau_{Ld}\tau_c) + s(2T\tau_c) + 1}$
 Reálne korene

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

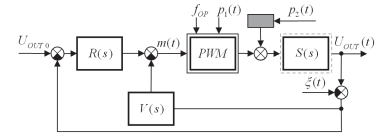
$K_R \approx 0,37$ $T_I \approx 50 \mu s$ $T_D \approx 153 \mu s$ $T_f \approx 57 \mu s$

Odozva na zmenu záťaže:

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



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: $V(s) = \frac{v_1 s + v_0}{1+s\tau_c} = \frac{(3\beta\tau_c - \tau_c)s + \beta - 1}{1+s\tau_c}$ $v_1 = 246 \mu s$ $v_0 = 1.38$ Výsledkom riešenia je opäť aj „ T_f “

Postačuje PI regulátor:

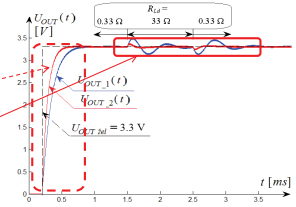
$K_R \approx 2,38$ $T_I = 2\tau_c \approx 80 \mu s$

Odozva na zmenu riadenia:

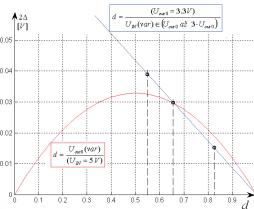
$$F(s) = (2s\tau_c + 1)^{-1}$$

Odozva na zmenu záťaže:

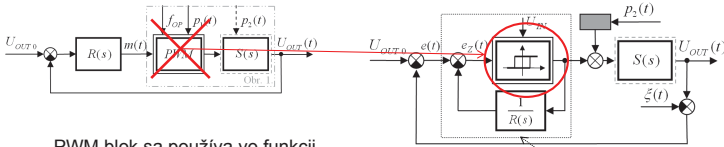
$$\approx (1-F(s))C_M(s)$$



POTLAČENIE ZVLNENIA



NÁHRADA PWM BLOKU POMOCOU RELÉ



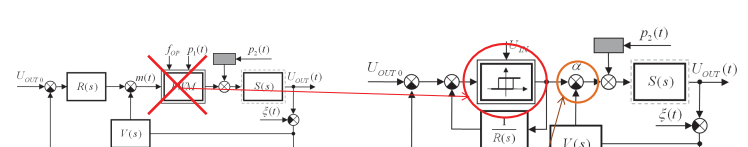
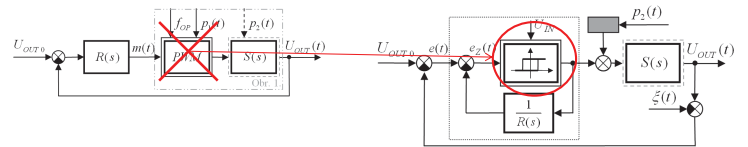
PWM blok sa používa vo funkcii (LACNÉHO D/A prevodníka), alebo LACNÉHO spojito pracujúceho akčného člena.

Správna funkcia obvodu je podmienená vznikom skľuzového režimu Cypkin, Ja.Z.: Relejnije avtomatičeskije sistemy

27

NÁHRADA PWM BLOKU POMOCOU RELÉ

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

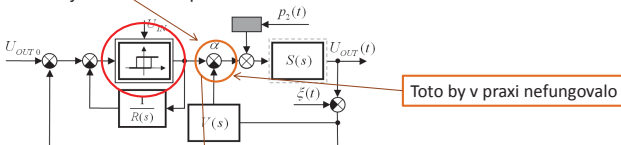


Toto by v praxi nefungovalo

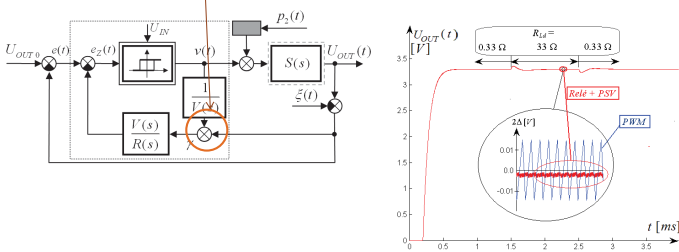
28

NÁHRADA PWM BLOKU POMOCOU RELÉ

Súčtový člen α treba premiestniť



Toto by v praxi nefungovalo



29