

# Napájecí zdroje a stabilizátory ss napětí

## 1. Zadání

A. Na soustavě síťový transformátor - měřkový usměrňovač - filtr proveďte tato měření:

- a) pomocí dvoukanalového osciloskopu zobrazte současně časový průběh střídavé složky výstupního napětí  $u_{vyst}$ , tzv. zvlňnění (kanál A) a časový průběh nabíjecího proudu diodami usměrňovače  $i_D$  (kanál B invertován). Současně změřte stejnosměrnou hodnotu výstupního napětí  $U_{vyst}$  a zatěžovacího proudu  $I_{vyst}$ , zaznamenejte si hodnoty  $R_Z$ ,  $C_N$ .
- b) Z grafu  $i_D = f(t)$  odečtěte úhel otevření diody  $\alpha$  v elektrických stupních
- c) Pro  $U_{vyst} = \dots\dots\dots$  V a  $I_{vyst} = \dots\dots\dots$  mA určete pomocí změřených závislostí hodnotu zvlňnění  $p$

$$p = \frac{u_{vystpp}}{U_{vyst} \cdot 2 \cdot \sqrt{2}} \cdot 100 \quad [\%]$$

a porovnejte ji s hodnotou teoreticky vypočtenou

$$p = \frac{K \cdot I_{vyst}}{U_{vyst} \cdot C_N} [\%; -, mA, V, \mu F]$$

B. Za použití sestavy z bodu A nebo stejnosměrného zdroje proměřte zpětnovazební stabilizátor s operačním zesilovačem a změřte na něm při vstupním napětí stabilizátoru  $U_1 = \dots\dots\dots$  V a zatěžovacím proudem  $I_2 = 0$  až  $\dots\dots\dots$  mA:

- 1) zatěžovací charakteristiku  $U_2 = f(I_2)$
- 2) vnitřní odpor  $R_i$  pro  $U_1 = \dots\dots\dots$  V,  $I_2 = \dots\dots\dots$  mA
- 3) řídicí stabilizace  $S$  pro  $U_1 = \dots\dots\dots$  V,  $I_2 = \dots\dots\dots$  mA
- 4) závislost účinnosti stabilizátoru na zatížení  $\eta = f(I_2)$

## 2. Popis m??ného p?edm?tu

Zde se uvedou schémata zapojení všech prom??ovaných za?ízení v?. p?ípadných po?etních návrh? a dále pak d?ležit? parametry používaných sou?ástek.

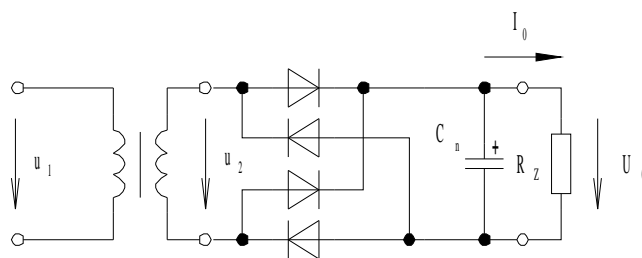
## 3. Teoretický rozbor

a) vlastností m??ného p?edm?tu

### M?stkový usm?r?ova? s filtrem

Úkolem usm?r?ova?e je p?evést vstupní st?ídavé harmonické nap?í na nap?í stejnosm?rné. V p?ípad? reálného usm?r?ova?e však výstupní usm?rn?né nap?í obsahuje krom? žádoucí stejnosm?rné složky ješt? složku st?ídavou (zvln?ní). Její velikost lze snížit následným filtrem a stabilizátorem.

Nejast?ji používaným typem usm?r?ova?e je m?stkový usm?r?ova? s nabíjecím kondenzátorem zatížený rezistorem  $R_Z$ :



Obr. 1

asové pr?b?hy nap?í na výstupu usm?r?ova?e a proudu tekoucího diodami jsou na obr. 2.

Výstupní stejnosm?rné nap?í  $U_0$  (nap?í na nabíjecím kondenzátoru  $C_n$ ) se rovná špičkové hodnot? sekundárního nap?í transformátoru zmenšené o úbytek nap?í na dvou otev?ených diodách:

$$U_0 = \sqrt{2} \cdot U_2 - 2 \cdot U_F$$

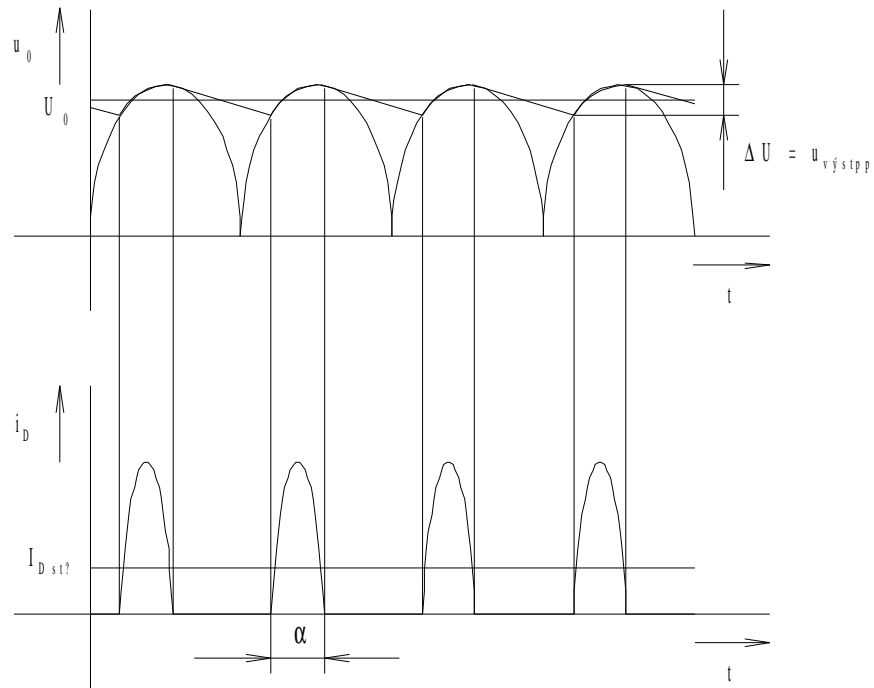
kde  $U_F$  ... nap?í na diod? v propustném sm?ru

Teoretická hodnota **zvln?ní** ss nap?í  $U_0$  na kondenzátoru  $C_n$  je dána vztahem:

$$p = \frac{K \cdot I_0}{U_0 \cdot C_n} [\%; -; mA, V, \mu F]$$

kde  $K$  je konstanta, jejíž velikost závisí na typu usm?r?ova?e (pro m?stkový usm?r?ova?  $K \cong 300$ ).

Z grafu závislosti  $i_D = f(t)$  je možné ode?íst velikost úhlu otev?ení použitých diod  $\alpha$ .



Obr. 2

## Stabilizátory napětí

V elektronice se často vyskytuje požadavek, aby napájecí napětí byla konstantní. V důsledku vnitřního odporu napájecího zdroje se při proměnné zátěži, tj. při proměnném odběru proudu, často více či méně mění (kolísá) napájecí napětí. Tomu je možné zabránit například použitím stabilizátorů napětí.

**Účinnost napájecí stabilizace**  $S_u$  udává, kolikrát se na výstupu stabilizátoru sníží zvládnutí napětí, které bylo přivedeno na jeho vstup

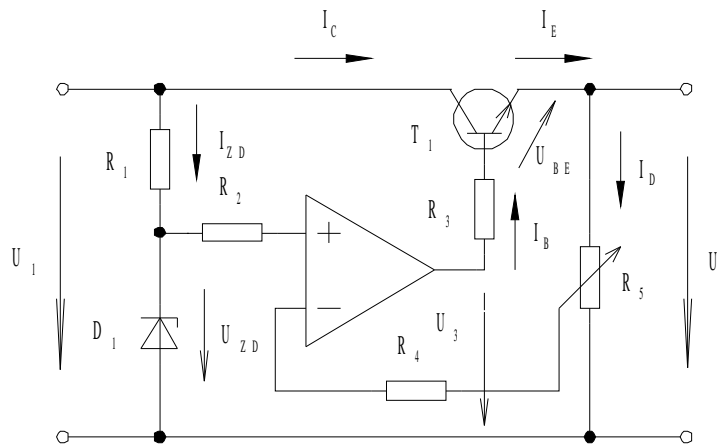
$$S_u = \frac{\frac{\Delta U_1}{U_1}}{\frac{\Delta U_2}{U_2}} = \frac{\Delta U_1}{\Delta U_2} \cdot \frac{U_2}{U_1}$$

**Účinnost stabilizátoru**  $\eta$ :

$$\eta = \frac{U_2 \cdot I_2}{U_1 \cdot I_1}$$

**Výstupní odpor stabilizátoru**  $R_i$  je vnitřní odpor stabilizátoru jako napájecího zdroje a lze ho určit ze zatěžovací charakteristiky stabilizátoru.

## Zpětnovazební stabilizátor s operačním zesilovačem



Obr. 3

Seriový regulační člen (tranzistor) potřebuje pro svoji správnou činnost napětí  $U_{CE}$  okolo 3 V.

$$U_1 = U_2 + U_{CE}$$

Návrh tranzistoru  $T_1$ :

$$P_C = U_{CE} \cdot I_C \quad I_B = \frac{I_C}{h_{21E}}$$

Výstupní napětí operačního zesilovače musí s ohledem na úbytek napětí na ochranném rezistoru  $R_3$  být rovno:

$$U_3 = U_2 + U_{BE} + U_{R3} \quad U_{R3} \text{ volíme}$$

Hodnota odporu rezistoru  $R_3$  je dána úbytkem napětí  $U_{R3}$ , který jsme na něm zvolili a proudem  $I_B$ :

$$R_3 = \frac{U_{R3}}{I_B}$$

Zenerovu diodu volíme s napětím odpovídajícím  $U_2$  a proudem  $I_{ZD}$  v oblasti nad kolenem závěrné charakteristiky.

Pokud používáme nesymetrické napájení OZ volíme Zenerovu diodu obvykle s napětím poloviční hodnoty napětí napájecího, aby vstupy OZ pracovaly přibližně ve středu nesymetrického napájecího napětí. Stejnou hodnotu napětí musíme přivádět i na druhý vstup OZ z výstupního diode, tvořeného trimrem  $R_5$ .

Hodnota odporu  $R_1$ :

$$R_1 = \frac{U_1 - U_{ZD}}{I_{ZD}}$$

Stejnou hodnotu napětí jaké je na neinvertujícím vstupu musíme přivádět i na druhý vstup OZ z výstupního diode, tvořeného odporovým trimrem  $R_5$ . Pro  $I_D \ll I_2$ :

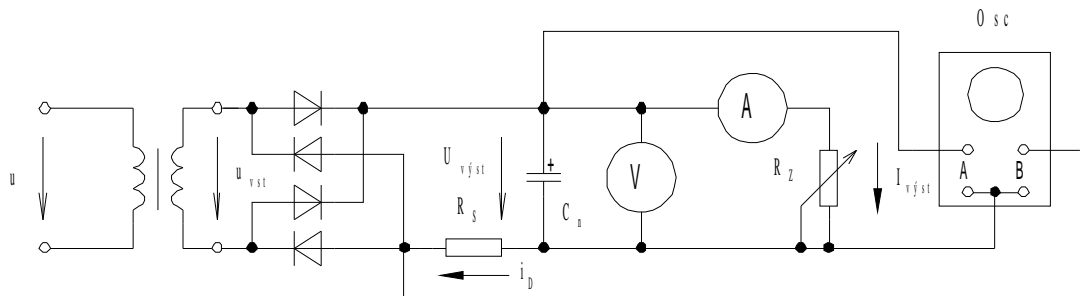
$$R_5 = \frac{U_2}{I_D}$$

Rezistory  $R_2$  a  $R_4$  jsou ochranné, volí se shodné, a tak velké ohmické hodnoty, aby hodnota odporu Zenerovy diody i hodnota  $R_5$  byly proti nim zanedbatelně malé.

Operační zesilovač volíme v podstatě jakéhokoli typu, podstatné je však v případě nesymetrického napájení vždy zkontrolovat v katalogu, zda je schopen pracovat s nesymetrickým napětím dané velikosti. Další postup návrhu je shodný jako v případě symetrického napájení OZ.

## b) měřicí metody

Pro měření na měřtkovém usměrňovači podle bodu A zadání použijeme zapojení dle obr. 4:



Obr. 4

Rezistor  $R_s$  zde slouží pro snímání proudu tekoucího diodami  $i_D$ . Snímáme-li na osciloskopu zvlňní, které je superponováno na stejnosměrném výstupním napětí, zvolíme na vstupu střídavou vazbu. Sonda osciloskopu má přitom svůj „živý“ vodič v jednom uzlu diodového usměrňovacího měřtku, resp. kladném pólu kondenzátoru a zemní vodič na záporném pólu kondenzátoru. Abychom mohli souasně nakreslit průběhy  $u_{vyst} = f(t)$  a  $i_D = f(t)$  musíme provozovat osciloskop v dvoukanálovém režimu. Vstupy A a B mají ale díky konstrukci použitého osciloskopu společnou zem. V obvodu usměrňovače jsme zemní vodič umístili již na záporný pól kondenzátoru. Zemní vodič sondy vstupu B jsme proto nuceni umístit v obvodu usměrňovače do téhož bodu nebo jej nepřipojovat. Na kladný pól vstupu B pak zbývá jen společná svorka rezistoru  $R_s$  a uzlu diodového měřtku. Napětí na rezistoru  $R_s$  má díky tomu opačný smysl oproti napětí sejmutému sondou B, proto na vstupu B volíme inverzi signálu. Kdybychom nerespektovali výše uvedený popis a zapojili „živý“ vodič kanálu B na záporný pól kondenzátoru a zemní vodič kanálu B na společnou svorku rezistoru  $R_s$ , což neznamená nic jiného než jeho zkratování a vyřazení z činnosti.

Pro zobrazení závislosti  $i_D = f(t)$  na kanálu B musíme použít stejnosměrnou vazbu na vstupu osciloskopu. To je dáno impulzním charakterem měřeného signálu s dlouhými časovými úseky s nulovou hodnotou. Změření střídavé vazby na vstupu osciloskopu by způsobilo v uvedeném časovém okamžiku zkreslení (derivaci) proudního signálu.

Při měření na stabilizátorech jde z pohledu použitých měřicích metod o běžná měření stejnosměrných hodnot proudu a napětí, která nevyžadují rozbor. Pozornost je nutno věnovat jen výběru voltmetru pro měření  $U_2$  tak, aby měl dostatečnou rozlišovací schopnost, neboť změny  $U_2$  budou v některých případech velmi malé.

Měření zvlňní na vstupu a výstupu stabilizátoru pro výpočet činitele stabilizace je opět nejvýhodnější provést pomocí dvoukanálového osciloskopu se střídavou vazbou obou kanálů.