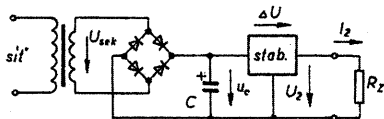
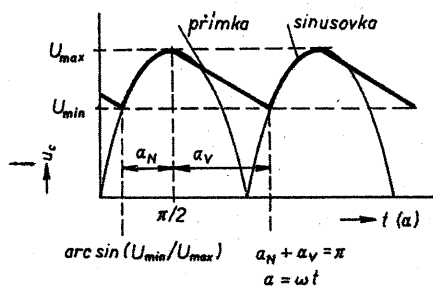


Kapacita filtračního kondenzátoru ve stabilizovaném zdroji

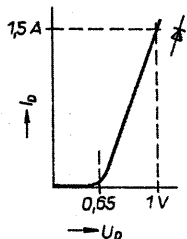
V elektronice se velmi často používá zapojení stabilizovaného napájecího zdroje podle obr. 1. Filtrační kondenzátor C hromadí elektrickou energii jako náboj Q . Při poklesu vstupního usměrněného napětí dodává energii zpět do obvodu. Kapacita filtračního kondenzátoru C se většinou jen odhadne a často je zvolena buď příliš malá (zdroj brumí) nebo zbytečně velká. Přesný návrh kapacity kondenzátoru je obtížný, proto zpočátku zanedbáme vnitřní odpor zdroje napětí a budeme předpokládat „tvrdý“ transformátor. Při nabíjení bude tedy napětí na kondenzátoru sledovat sinusovku vstupního napětí. Vybíjení kondenzátoru je lineární, předpokládáme-li konstantní zátěž R_z :



Obr. 1. Zjednodušené zapojení stabilizovaného zdroje



Obr. 2. Průběh napětí na filtračním kondenzátoru C



Obr. 3. Úbytek na diodě v propustném směru

$$I_2 = \frac{U_2}{R_z}$$

Proud I_2 je konstantní, protože napětí U_2 je stabilizováno. Vlastní odběr stabilizátoru přitom zanedbáme. Pro konstantní proud platí:

$$Q = I \cdot t = C \cdot U$$

Pro lineární nabíjení kondenzátoru tedy platí

$$u_c = \frac{I}{C} \cdot t$$

a obdobně pro vybíjení

$$u_c = U_{\max} - \frac{I}{C} \cdot t$$

Kondenzátor se vybíjí po dobu t_v odpovídající úhlu α_v (viz obr. 2). Minimální napětí na kondenzátoru je pak

$$U_{\min} = U_{\max} - \frac{I}{C} \cdot t_v$$

a úhel α_v

$$\alpha_v = \omega \cdot t_v = \frac{\omega \cdot C}{I} (U_{\max} - U_{\min})$$

Pro nabíjení lze napsat

$$\alpha_n = \frac{\pi}{2} - \arcsin(U_{\min} - U_{\max})$$

Je zřejmé, že celý cyklus (nabíjení a vybíjení) probíhá u zdroje s dvoucestným usměrňovačem právě polovinu periody. Pak

$$\alpha_n + \alpha_v = \pi$$

a dosadíme

$$\frac{\pi}{2} - \arcsin\left(\frac{U_{\min}}{U_{\max}}\right) + \frac{\omega \cdot C}{I} (U_{\max} - U_{\min}) = \pi$$

vztah zjednodušíme dosazením

$$\frac{\pi}{2} + \arcsin x = \arccos(-x),$$

a vyjádříme kapacitu

$$C \geq \frac{I \cdot \arccos\left(-\frac{U_{\min}}{U_{\max}}\right)}{2\pi \cdot f \cdot (U_{\max} - U_{\min})}$$

$$U_{\max} = 0,9 \cdot \sqrt{2} \cdot U_{\text{sek}} - 2U_d - R_f \cdot I$$

$$U_{\min} = U_2 + \Delta U$$

Za maximální napětí na kondenzátoru považujeme amplitudu sekundárního napětí zmenšenou o 10 % (kolísání sítě), o úbytky na diodách a případně o úbytek na vnitřním odporu transformátoru ($R_f \cdot I$).

Příklad návrhu

Jako příklad si uvedeme výpočet pro stabilizovaný zdroj 2 až 24 V/1,5 A s LM317T podle AR A4/94, str. 19. Zadány jsou tyto údaje:

$$U_{\text{sek}} = 24 \text{ V}, \Delta U = 3 \text{ V (LM317T)},$$

$$I_{\max} = 1,5 \text{ A}, U_2 = 24 \text{ V}.$$

Zanedbáme-li vnitřní odpor transformátoru, lze dosadit do výše uvedených vzorců:

$$U_{\max} = 0,9 \sqrt{2} \cdot 24 - 2 \cdot 1 = 28,55 \text{ V}$$

$$U_{\min} = 24 + 3 = 27 \text{ V}$$

$$C \geq \frac{1,5 \cdot \arccos\left(-\frac{27}{28,55}\right)}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot (28,55 - 27)} = 8,7 \text{ mF}$$

Zvolíme nejbližší větší kapacitu filtračního kondenzátoru, tj. 10 mF. Kdybychom neuvažovali kolísání sítě, stačila by kapacita 2,5 mF. Je-li to možné, nevolíme kapacitu příliš velkou, neboť se pak zmenšuje účinnost zdroje.

Podobným způsobem lze vyřešit i zdroj bez stabilizátoru, tj. s exponenciálním vybíjením kondenzátoru.

$$C \geq \frac{\arccos\left(-\frac{U_{\min}}{U_{\max}}\right)}{2\pi \cdot f \cdot R_z \cdot \ln\left(\frac{U_{\max}}{U_{\min}}\right)}$$

nebo zavedeme-li činitel zvlnění Φ

$$\Phi = \frac{\Delta U}{U_{\text{stf}}}$$

$$C \geq \frac{\arccos\left(\frac{\Phi - 1}{\Phi + 1}\right)}{2\pi \cdot f \cdot R_z \cdot \ln\left(\frac{1 + \Phi}{1 - \Phi}\right)}$$

Nezapomeňte, že při dosazování do vztahů je nutno počítat v radiánech.

Ing. Robert Láníček

▷ v bodě A se postupně zmenšuje až k nule, napětí v bodě B dosáhne -150 V. V opačné půlperiodě se otevírá T4, „přizemňuje“ se záporný pól plovoucího zdroje a kladné napětí se zvětší na 150 V. Úbytkem napětí na rezistorech R7 a R8 v odporových dělicích, určujících pracovní režim koncových tranzistorů, se tranzistory střídavě otevírají a v bodě D, k němuž je připojena zátěž, dostáváme požadovaný rozkmit. Výkonový stupeň pracuje ve třídě B, což pro daný účel nevadí, neboť vzniklé přechodové zkreslení je dokonale maskováno užitečnou informací, tj. i při malé hlasitosti je na výstupu poměrně velké napětí. Cívka, představující indukčnost

na výstupu, je navinuta drátem o průměru 0,8 mm CuL na tělisku rezistoru R14. Podotýkám, že komerční využití tohoto zapojení je možné jen s mým souhlasem (Otto Holčák, Nad studánkou 880/5, 140 00 Praha - Nusle).

Seznam součástek

R1, R4	47 kΩ
R2, R13	1 kΩ
R3	470 Ω
R5, R6	470 až 680 Ω
R7, R8	47 Ω
R9, R10	1,8 kΩ / 2 W
R11, R12	1,2 kΩ / 1 W
R14	10 Ω / 2 W
R15, R16	4,7 Ω / 2 W
C1	39 nF

C2	6,8 nF
C3	10 μF / 25 V, bipolární
C4	100 pF
C5	330 nF
C6, C9	10 nF
C7, C8	2,2 μF / 200 V
C10	2 x 1 mF / 200 V
C11, C12	100 nF / 160 V
C13	39 μF / 160 V
L	viz text
T1	BC550
T2	BC560
T3, T5	BDX53F
T4, T6	BDX54F
IO1	MAC356
D1	červená LED
D2	1N4144 (KA261) apod.
DB	4 x KY132/1000 nebo diodový blok