

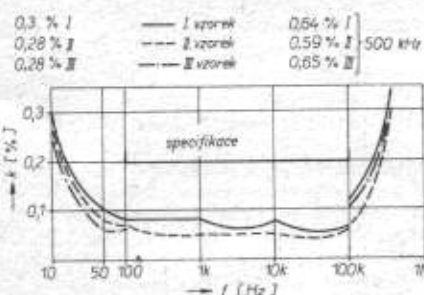
### Ustálení generátoru po zapnutí

Specifikovaná doba náběhu je 10 minut. Vlastnosti signálu po zapnutí se však mění jen velmi málo, pouze se nepatrně zmenšuje nelineární zkreslení.

Doba provozu [minut]	$U_{\text{výst}} [V]$	$f [kHz]$	Zkreslení [%]
1	1,22	0,980	0,089
3	1,25	0,980	0,088
5	1,24	0,980	0,087
10	1,24	0,980	0,085
60	1,24	0,980	0,082

### Kmitočtová závislost výstupního napětí

Výstupní napětí při přeladení v rámci rozsahu kolísá v rozmezí několika %, na rozsahu 100 kHz až 1 MHz se nastavuje změnou zpětné vazby oddělovacího stupně  $T_4$ ,  $T_5$ . Nelineární zkreslení závisí na nastavení zpětné vazby trimrem  $R_{15}$ . Příklady změn závislosti pro tři vzorky generátoru jsou na obr. 7.



Obr. 7. Příklad závislosti nelineárního zkreslení na nastaveném kmitočtu pro vzorky BK 124 ukazuje prakticky shodné vlastnosti na nízkých a na vysokých kmitočtech a velkou rezervu ve specifikované oblasti

Nelineární zkreslení na nejnižším kmitočtu 10 Hz je asi 0,3 %. Je určeno vlastnostmi žárovky  $Z_1$ . Se zvyšujícím se kmitočtem se rychle snižuje a pro kmitočty 50 Hz je již menší než 0,1 %. V oblasti kmitočtů 100 Hz až 100 kHz je mezi 0,04 až 0,09 % (to je čtvrtina až polovina za specifikované velikosti 0,2 %). Na rozsahu 100 kHz až 1 MHz se znovu zvětšuje vlivem vlastností použitých zesilovačů. Pro 100 kHz je kolem 0,1 %, pro 500 kHz kolem 0,6 %. Výstupní odpor generátoru je 600  $\Omega$ . Na nejvyšších kmitočtech se zmenšuje o méně než 20 %. Chyba zesilovače, specifikovaná 2 dB, bývá ve skutečnosti menší než 0,5 dB. Plynující zeslabení (20 dB) lze nastavit s rezervou, regulace pracuje asi do 30 dB.

Stabilita kmitočtu je specifikována  $\pm 2 \cdot 10^{-3} / 10$  minut. Naměřené vlastnosti v referenčních podmínkách ( $U_s = 220 V$ ,  $t_0 = 23^\circ C$ , při  $U_{\text{max}}$  na zátěži 600  $\Omega$ ) byly za 60 minut (měřeno po 10 minutách) na rozsahu: do 100 Hz  $+3 \cdot 10^{-4}$ , do 1 kHz  $2 \cdot 10 \cdot 10^{-4}$ , do 10 kHz  $10 \cdot 10^{-4}$ , do 100 kHz  $3 \cdot 10^{-4}$  a do 1 MHz  $4 \cdot 10^{-4}$ .

Snižením teploty okolí na  $5^\circ C$  nebo zvýšením na  $43^\circ C$  se změnilo výstupní napětí i nelineární zkreslení zanedbatelně. Změna kmitočtu je menší než opakovatelnost nastavení (chyba čtení stupnice). Na rozsahu 100 kHz až 1 MHz se zvýšil kmitočtet asi o 1 % při snížení teploty z 23 na  $5^\circ C$ .

Uvedené vlastnosti dokazují, že generátor má optimální vlastnosti pro běžné používání při jednoduchém a osvědčeném obvodovém řešení, z něhož by měla plynout i velká spolehlivost přístroje.

## Školní stabilizované zdroje BK 125 (126)

Jsou univerzální zdroje pevných napětí  $\pm 5 V$  a symetrických napětí  $\pm 15 V$  (12 V). Přístroje jsou určeny především k napájení zařízení s operačními zesilovači a číslicovými obvody. Trvale je možno odebrat proudy 1 A z výstupu  $+5 V$  a 0,3 A (0,4 A) z výstupů  $\pm 15 V$  (12 V), špičkové proudy minimálně o 25 % větší. Zdroje jsou vybaveny indikací přetížení, tj. překročení jmenovitého maximálního povoleného odběru jednotlivých zdrojů, nebo zmenšení výstupního napětí při vypnutí elektronické pojistky.

Oba typy přístrojů mají shodné konstrukční i obvodové řešení, liší se jen velikostí symetrických napětí a povoleným odebíraným proudem. Stabilizované zdroje BK 125 a BK 126 splňují požadavky na zdroj bezpečného napětí podle ČSN 35 1560. Vnější vzhled můžeme posoudit z obr. 8.

Obr. 8. Školní stabilizované zdroje BK 125 a BK 126 (na 4. straně obálky)

### Základní technické údaje

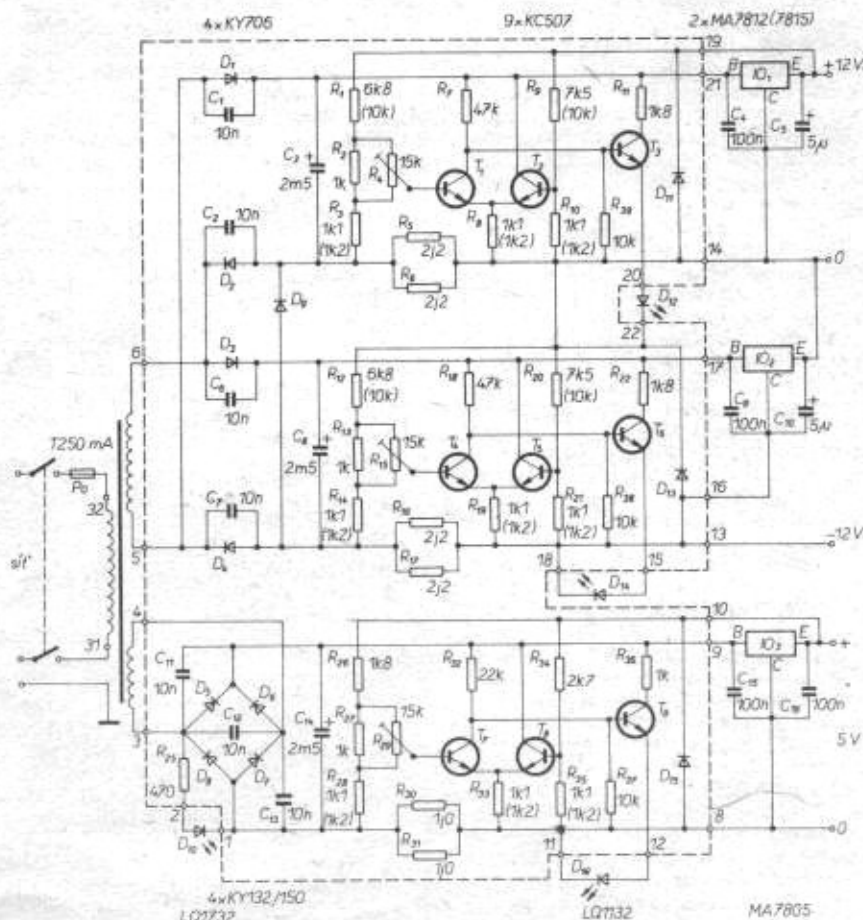
	BK 125	BK 126
Výstupní napětí I:	$+5 V \pm 5 \%$	
Maximální výstupní proud:	1 A	
Omezení proudu elektronickou pojistkou:	asi 2 A	
Stabilita výstupního napětí se změnou sítě $\pm 10 \%$ :	lepší než $3 \cdot 10^{-3}$	
Zvlnění (mezivrcholová velikost):	menší než 10 mV	
Indikace přetížení při odběru:	větší než 1 A	
Výstupní napětí II:	$\pm 15 V$ , $\pm 12 V$	
Maximální výstupní proud:	0,3 A, 0,4 A	

Omezení výstupního proudu elektronickou pojistkou:  
Stabilita výstupního napětí se změnou sítě  $\pm 10 \%$ :  
Zvlnění (mezivrcholová velikost):  
Indikace přetížení při odběru větším než:  
Pracovní teplota okolí:  
Napájecí napětí:  
Příkon:

asi 2 A.  
lepší než  $3 \cdot 10^{-3}$ ,  
menší než 10 mV.  
0,3 A, 0,4 A.  
 $+5^\circ C$  až  $+40^\circ C$ .  
 $220 V \pm 10 \%$ .  
max. 60 VA.

### Koncepce řešení

vychází z uvážení potřeb uživatelů. Podobně jako tomu bylo při vývoji elektronek, kdy se sjednotoval rozsah anodových a žhavicích napětí, sledujeme dnes trend sjednocování napájecích napětí u obvodů s aktivními polovodičovými prvky. U lineárních integrovaných obvodů převládá napájecí napětí  $\pm 15 V$ , u obvodů číslicové techniky převážně  $+5 V$ ,  $\pm 12 V$ , (příp.  $-5 V$ ). Často se vyskytne případ, že potřebujeme současně napětí  $+5 V$  (pro TTL obvody) i  $\pm 15 V$  nebo  $\pm 12 V$  pro diskrétní prvky (operační zesilovače, převodníky...). Jde-li o nenáročná zařízení a experimentální zapojení, je nevhodné používat nepřiměřeně drahé, složité, pro obsluhu málo přehledné kombinované napájecí zdroje proměnných napětí s možností odběru proudů jednotek ampérů. Ani „skládat“ několik jednoduchých zdrojů (např. typu BK 127) není nejvhodnějším řešením, jak z hlediska ekonomického, tak uživatelského – uvažme např. požadavek současně zapnout tři napájecí zdroje. (Postupné zapínání může mít někdy nepříznivý vliv na napájené obvody.) V těchto případech plně vyhoví malý jednoduchý napájecí zdroj, který má několik pevných výstupních napětí.



Obr. 9. Úplné schéma stabilizovaných zdrojů BK 125 a BK 126

Na vlastnosti takového zdroje nemáme příliš velké nároky. Požadujeme výstupní napětí v toleranci do 5 %, proudy v rozsahu stovky mA až jeden A, indikaci provozního a mimoprovozního stavu. Velké nároky máme ovšem na splnění požadavků bezpečnosti.

Výsledkem řešení zdrojů této koncepce jsou přístroje BK 125 a BK 126. Vyznačují se jednoduchým zapojením, použitím monolitických integrovaných stabilizátorů, malými rozměry a relativně nízkými pořizovacími náklady. Výstup +5 V s povoleným odběrem do 1 A vyhoví pro napájení několika desítek pouzder integrovaných obvodů TTL, pro běžné aplikace plně vyhoví max. povolený proud 0,3 A větvi ±15 V u BK 125 a 0,4 A výstupů ±12 V u BK 126.

### Popis zapojení

Celkové schéma přístroje je na obr. 9. Každá ze tří větví obsahuje monolitický integrovaný stabilizátor a obvod indikace překročení povoleného proudu. Obě větve zdroje symetrického napětí jsou napájeny z jediného vinutí síťového transformátoru. Usměrňovače s diodami  $D_1$ ,  $D_2$  a  $D_3$ ,  $D_4$  oddělují galvanicky vstupní obvody obou větví, avšak usměrňují střídavá napětí jednocestně. K potlačení rušení velkými proudovými impulsy jsou diody přemostěny kondenzátory.

Větev zdroje 5 V je napájena ze samostatného vinutí transformátoru. Kondenzátory  $C_{11}$  až  $C_{13}$  omezují rušení vznikající v můstkovém usměrňovači  $D_5$  až  $D_6$ .

Funkce obvodu indikace překročení max. proudu (příklad pro zdroj +5 V): při povoleném odběru vytváří proud na rezistorech  $R_{30}$  a  $R_{31}$  malý úbytek napětí, tranzistor  $T_7$  (v rozdílovém zesilovači) je otevřený,  $T_8$  zavřený. Tranzistor  $T_9$  proto nevede, dioda  $D_{16}$  nesvítí. Zvětší-li se odebraný proud, nastane stav, kdy vlivem úbytku napětí na  $R_{30}$ ,  $R_{31}$  se zmenší napětí báze tranzistoru  $T_7$  pod úroveň napětí báze tranzistoru  $T_8$ . Tranzistor  $T_7$  se uzavře, proudem protékajícím přes rezistor  $R_{32}$  do báze je tranzistor  $T_9$  otevřen a dioda  $D_{16}$  se rozsvítí.

Zvětšením proudu protékajícího přes snímací rezistory  $R_{30}$ ,  $R_{31}$  o proud svítivou diodou je dosaženo mírné hystereze obvodu. Přeš rezistor  $R_{32}$  je tranzistor  $T_9$  otevřen i tehdy, vypne-li elektronická pojistka integrovaného obvodu  $IO_3$  a zmenší-li se výstupní napětí. Rozdílové zapojení tranzistorů  $T_7$  a  $T_8$  zajišťuje dobré teplotní vlastnosti obvodu. Integrovaný stabilizátor  $IO_3$  má na svorky připojeny výrobce doporučené kondenzátory  $C_{15}$ ,  $C_{16}$ . Dioda  $D_{15}$  jej chrání proti poškození proudem vnučeným do výstupních svorek. Činnost obvodů v ostatních větvích je shodná.

### Splnění bezpečnostních požadavků

Síťový transformátor je navržen s izolací vyhovující střídavému zkušebnímu napětí 4 kV mezi primárním a sekundárním vinutím a napětí 2 kV všech vinutí proti jádru. Vůči kostře přístroje musí takovému napětí vyhovět obvody všech zdrojů, tedy včetně izolace integrovaných obvodů od chladičů, řešené zvláštní konstrukcí. Při poruchových stavech (zkrat na usměrňovacích diodách a vyhlazovacích kondenzátorech) se vždy buď přeruší tavná pojistka v primárním obvodu, nebo je

proud sekundárním obvodem tak malý, že se transformátor nadměrně neotepluje. Zvláštní funkci má dioda  $D_9$ . Bez ní by při zkratu diody  $D_1$  proud protékající přes  $R_{16}$ ,  $R_{17}$ ,  $D_{13}$ ,  $R_5$ ,  $R_6$ ,  $D_2$  způsobil přehřátí transformátoru, aniž by se přerušila pojistka Po. V zapojení s diodou však bude proud protékat jen přes  $D_9$  a  $D_2$ , jeho velikost proto postačuje k přerušení pojistky v primárním obvodu.

Vypínací proudy elektronické pojistky integrovaných obvodů řady MA7800 jsou větší než jmenovité max. hodnoty povoleného odběru proudu z výstupů přístroje a proto je možné odebírat ve špičkách i větší proud než je specifikovaný.

Obvody zdrojů symetrického napětí, které jsou napájeny ze společného vinutí transformátoru, můžeme při malém odběru z jedné větve zatížit v druhé větvi i větším proudem, než je povoleno, bude-li splněno, že:

- součet proudů obou zdrojů nebude větší než součet proudů specifikovaných,
- v „zatíženější“ větvi se nesmí ještě zvětšovat zvlnění, které svědčí o nedostatečném napětí na vstupu stabilizátoru (kontrolujeme osciloskopem). Záleží na skutečné velikosti napětí sítě.

### Nastavovací prvky

Odporové trimry  $R_4$ ,  $R_{15}$ ,  $R_{29}$  slouží k nastavení prahu indikace překročení příslušného max. povoleného proudu. Jiné prvky se nenastavují.

### Vlastnosti zdrojů BK 125, BK 126

Parametry, uvedené v technických údajích, charakterizují pouze základní vlastnosti přístrojů. Musí být při výrobě splněny,

ny, v souladu s GOST 22261-80, nejméně s 20% rezervou. Skutečné parametry jsou lepší. Příklady některých konkrétně dosažených vlastností si ukážeme dále.

### Stabilizační vlastnosti

Zdroj obvykle provozujeme při napájení síťovým napětím v místnosti, kde teplota kolísá maximálně asi od 18 do 28 °C. Jak se zdroje BK 125 a BK 126 chovají v širším rozmezí napájecího napětí a teploty, je zřejmé z tabulky.

Z tabulky plyne, jak značná rezerva je ve specifikaci přístroje. Specifikace zaručuje parametry pro síťové napětí 220 V ±10 %. Dále je zřejmé, že při zvětšení napájecího napětí o 20 % se parametry prakticky nemění. Zmenšení napětí sítě o 10 % se neprojeví, 20 % se projeví pouze zvětšením zvlnění. Zvlnění a šum výstupního napětí je o řád menší, než je specifikováno (spec. 10 mV). Teplotní závislost výstupního napětí je malá. V tabulce se můžeme přesvědčit, že všechny větve stabilizátorů nemají větší teplotní závislost než -0,02 %/°C.

Velikost vnitřního odporu je specifikována jako menší než 200 mΩ. U všech větví zdrojů je skutečná velikost v celém rozmezí teplot menší než 50 mΩ. Změnu zátěže z nuly na maximálně povolený proud zdroje vyrovná během několika desítek mikrosekund se zákmity několik stovek milivoltů.

Stabilita výstupního napětí se změnou napětí sítě ±10 % je definována menší než  $3 \cdot 10^{-3}$ . Ve všech větvích zdroje je změněná stabilita lepší než  $1 \cdot 10^{-3}$  ( $0,15 \cdot 10^{-3}$  až  $0,8 \cdot 10^{-3}$ ). Časová stabilita je lepší než  $1 \cdot 10^{-3}$  za hodinu (specifikace  $5 \cdot 10^{-3}$  za hodinu).

$U_{\text{vst}} [V]$	[°C]	160	180	200	220	242	Poznámka	
+5 V $U_{\text{vst}} [V]$	23	4,324	4,869	4,956	4,956	4,955	BK 125 zdroj +5 V $I = 1 \text{ A}$	
	5	4,548	4,960	4,966	4,966	4,966		
	45	4,486	4,944	4,949	4,949	4,949		
	Zvlnění $U_{\text{mv}} [mV]$	23	1 200	400	1	1		1
		5	1 400	600	1	1		1
		45	1 100	180	1	1		1
+15 V $U_{\text{vst}} [V]$	23	13,822	15,044	15,044	15,044	15,044	zdroj +15 V $I = 0,3 \text{ A}$	
	5	14,222	15,070	15,071	15,072	15,072		
	45	14,466	15,024	15,014	15,014	15,014		
	Zvlnění $U_{\text{mv}} [mV]$	23	1 400	1	1	1		1
		5	1 600	1	1	1		1
		45	1 300	1	1	1		1
-15 V $U_{\text{vst}} [V]$	23	14,012	-15,302	-15,303	-15,303	-15,306	zdroj -15 V $I = 0,3 \text{ A}$	
	5	14,431	-15,341	-15,344	-15,344	-15,344		
	45	14,339	-15,326	-15,326	-15,326	-15,326		
	Zvlnění $U_{\text{mv}} [mV]$	23	1 600	4	1	1		1
		5	1 600	1	1	1		1
		45	1 500	2	1	1		1
+12 V $U_{\text{vst}} [V]$	23	12,110	12,285	12,279	12,271	12,266	BK 126 zdroj +12 V $I = 0,3 \text{ A}$	
	5	12,091	13,310	12,304	12,304	12,304		
	45	12,166	12,249	12,245	12,245	12,247		
	Zvlnění $U_{\text{mv}} [mV]$	23	800	2	1	1		1
		5	500	1	1	1		1
		45	500	1	1	1		1
-12 V $U_{\text{vst}} [V]$	23	-11,963	-12,103	-12,099	-12,091	-12,082	zdroj -12 V $I = 0,3 \text{ A}$	
	5	-12,082	-12,157	-12,154	-12,150	-12,142		
	45	-11,975	-12,102	-12,094	-12,088	-12,079		
	Zvlnění $U_{\text{mv}} [mV]$	23	600	2	1	1		1
		5	400	1	1	1		1
		45	600	2	1	1		1