



Технически Университет – София

Токохранващи Устройства

Курсов Проект

Тема: Източник на постоянно напрежение
с ис 723

Разработил: Диан Милчев Илиев

Фак.№ 101207035 ФЕТТ гр.46

Дата: 4.2.2010г.
Гр. София

Ръководител:.....
(Доц. Д-р. П. Карамански)

Съдържание

Глава		Страница
1	Задание	3
2	Блокова схема	4
3	Принципна схема	5
4	Обяснителни записки и изчисления	6
4.1	Общи положения	6
4.2	Стабилизатор	6
4.3	Токоизправител и филтър	12
4.4	Трансформатор	15
5	Спецификация на елементите	19
6	Използвана литература	20
7	Печатна платка	20

Технически Университет – София

Факултет – ФЕТТ

Катедра „Силова Електроника”

Специалност: Електроника

Задание за курсов проект:

На Диан Милчев Илиев

Тема: Източник на постоянно напрежение

Изходни данни:

Изходно напрежение : $U_{\text{изх}} = 5\text{V}$

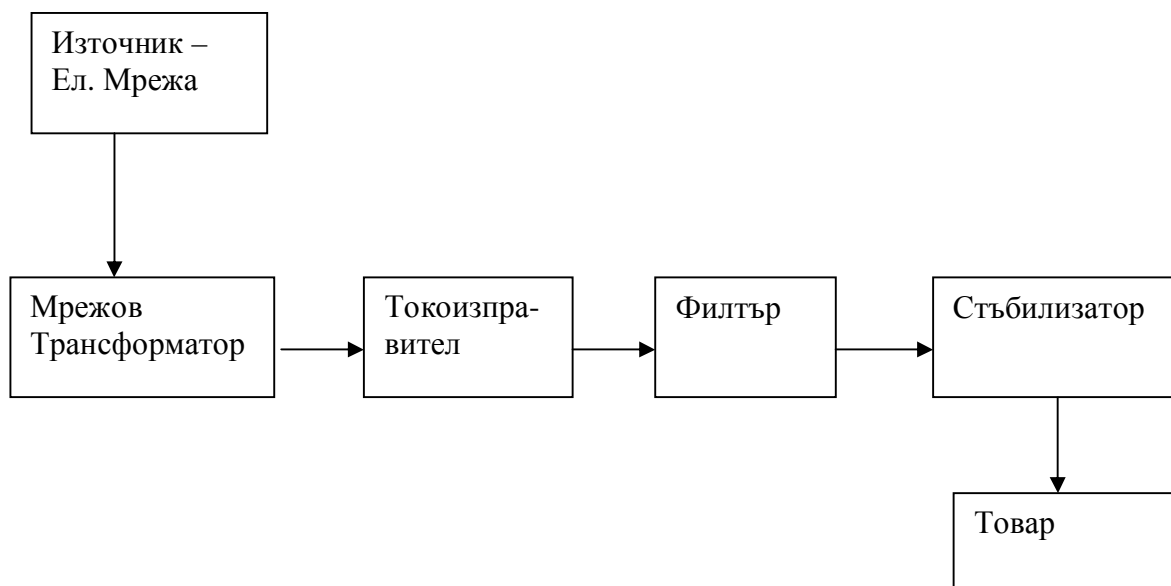
Товарен ток : $I_{\text{T}} = 1,5\text{A}$

Пулсации на $U_{\text{изх}}$: 10mV

Максимален Товарен ток : $I_{\text{Tmax}} = 2,4\text{A}$

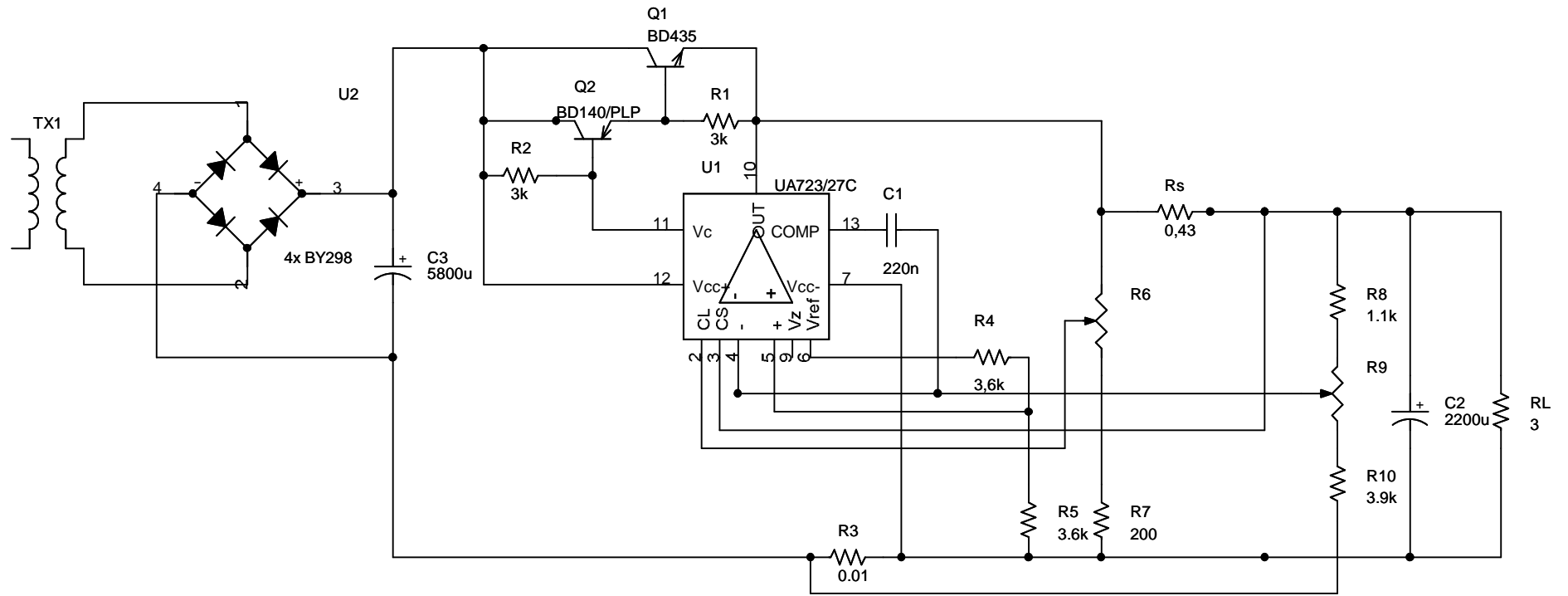
Захранващо напрежение : $230\text{V} / 50\text{Hz} \pm 10\%$

2. Блокова Схема:



Схемата на източника на постоянно напрежение е изградена от четири основни структурни блока:

1. Мрежов трансформатор – Разделя галванично мрежата от веригата на изправеното напрежение и трансформира мрежовото напрежение до необходимата за веригата група стойност.
2. Токоизправител – изправя трансформаторното напрежение.
3. Филтър – филтрира пулсациите на изправеното напрежение.
4. Стъбилизатор – поддържа неизменна стойността на изходното напрежение.



Title		
Voltage rectifier		
Size	Document Number	Rev
A	Rv 11 002 TTL	<RevCode>
Date:	Thursday, February 04, 2010	Sheet 1 of 1

4. Обяснителни записки и изчисления

4.1 Общи положения:

Задачата за изграждане на източник на постоянно напрежение може да бъде изпълнена по няколко начина. Първият е използването на набор от подходящо свързани галванични елементи. Изпълнението е значително лесно, но недостатък е че така оформената батерия не може да работи стабилно неограничено дълго време. С увеличаване времето на използване, батерията се изтощава и променя характеристиките си.

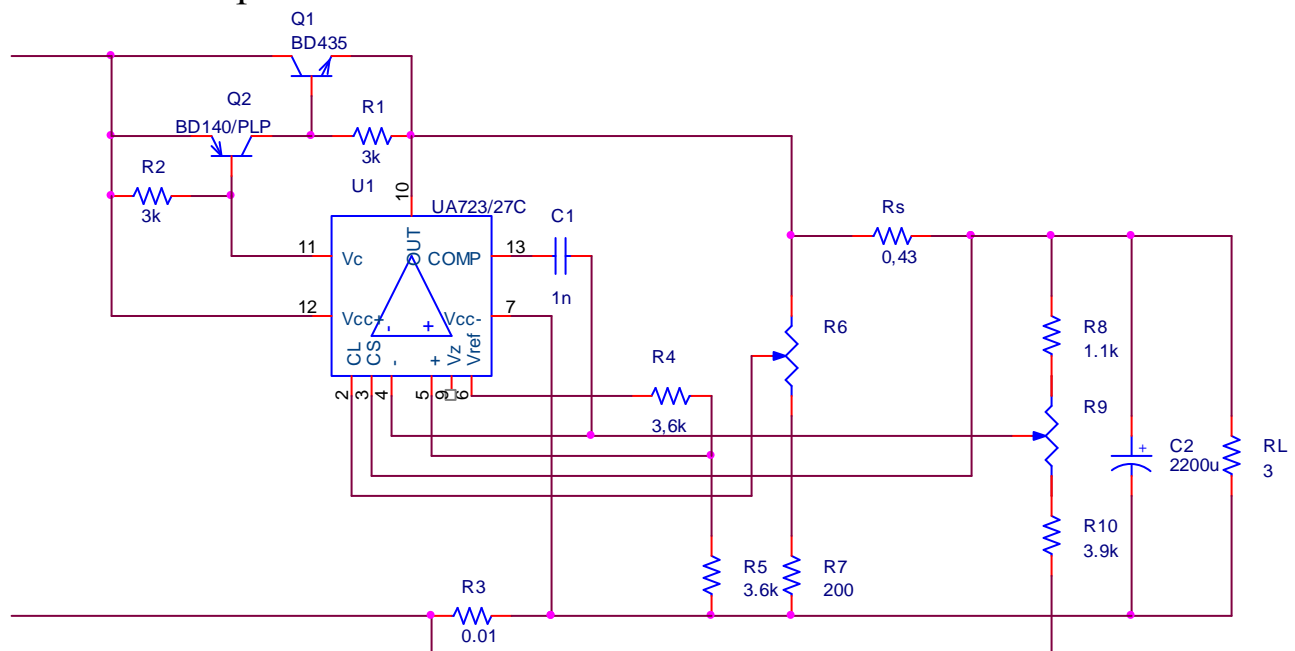
Вторият начин е чрез преобразуване на мрежовото напрежение. Това от своя страна също може да стане по няколко начина. Първият и по-простичък начин е чрез използването на системата - мрежов трансформатор, изправител, филтър и стабилизатор. Тази система е подходяща за малки мощности, тъй като с увеличаването на мощността пропорционално растат и размерите на мрежовия трансформатор, а от там и цената. Освен това коефициента на полезно действие на тази система е по-нисък от това на импулсните захранвания.

Друг начин за изграждане на източник на постоянно напрежение, както вече споменах, е чрез проектиране на т.нар. импулсни захранвания. Тяхното проектиране е значително по-трудоемко, но качествата им са значително по-добри. По-високият К.П.Д и по-малките размери спрямо еквивалента им в изпълнение с мрежови трансформатори, ги правят предпочитани при изграждане на по-мощни захранвания.

Тъй като от заданието виждаме че необходимата изходна мощност не е голяма, за изграждането на текущото захранване ще използваме структурата с мрежови трансформатор.

Проектирането разбира се разбива на части, както е показано на блоковата схема по-горе.

4.2 Стабилизатор



Стабилизатора е изграден на базата на интегрална схема с общо предназначение $\mu A723$, като е добавена верига за разширяване обхвата по ток. Тъй като необходимия ток е много над възможностите на интегралната схема, се избира схема със съставен транзистор, която да осигури голям коефициент на усилване по ток – това е схемата изградена от двата транзистора Q1 и Q2. Избраната схема е с компенсация на вътрешното съпротивление. Това се постига благодарение на положителната обратна връзка изградена с резистор R3. Кондензатора C1 осигурява високочестотна отрицателна обратна връзка против самовъзбуждане на схемата. Изходното напрежение се фиксира посредством настройване на тример-потенциометъра R9. Защитата от претоварване по ток е

изградена чрез делителя R6-R7 и детектиращия шунтов резистор Rs. Сработването на защитата по ток също може да се регулира посредством тример-потенциометъра R6.

Изчисляване на стабилизатора:

Изисквания:

$$U_o = 5V$$

$$I_o = 1.5A$$

$$I_{o\max} = 2.4A$$

$$\Delta U_o = 10mV$$

$$\Delta U_i = \pm 10\%$$

Изчислява се нужният статичен коефициент на усилване по ток на регулиращият транзистор за постигане на необходимия изходен ток:

изходен ток на ИС μA 723

$$I_{IC} = 10 \text{ mA.}$$

$$h_{21\min} = \frac{I_{T\max}}{I_{IC}} = \frac{2,4}{0,01} = 240$$

При изискването $\Delta U_o = 10mV$, следва:

$$K_{no} = \frac{\Delta U_o}{U_o} = \frac{0.01}{5} = 0.002 = 0.2\%$$

залагаме $K_{ni} = 10\%$, и определяме минималния коефициент на стабилизация който трябва да постигне схемата:

$$K_{CT\min} = \frac{K_{ni}}{K_{no}} = \frac{0,1}{0,002} = 50$$

Изчисляваме минималното входно напрежение:

$$U_{i\min} = \frac{U_o + k(U_{CEsat2} + U_{beT1})}{1 - k_{II}} = \frac{5 + 3(0,5 + 0,6)}{1 - 0,1} = 9,3 \text{ V}$$

Изчислява се номинималното входно напрежение

$$U_i = \frac{U_{i\min}}{1 - \epsilon} = \frac{9,3}{1 - 0,1} = 10,4 \text{ V}$$

където “b” е относителното намаление на входното напрежение, а “a” е относителното му увеличение : $\Delta U_p = +10\% / -10\%$

Изчислява се максималното входно напрежение

$$U_{i\max} = U_i(1 + a) = 10,4(1 + 0,1) = 11,4 \text{ V}$$

Изчислява се токът на късо съединение.

$$I_{KC} = I_{T\max} \left(1 - \frac{U_o}{U_{i\max}} \right) = 2,4 \left(1 - \frac{5}{11,4} \right) = 1,35 \text{ A}$$

Изчислява се отделената от транзистора мощност.

-при режим на късо съединение.

$$P_{C_{KC}} = U_{i_{\max}} \cdot I_{KC} = 11,6 \cdot 2,4 = 15,39 \text{ W}$$

-в нормален работен режим.

$$P_{C_{KC}} = (U_{i_{\max}} - U_o) \cdot I_{T_{\max}} = (11,4 - 5) \cdot 2,4 = 15,36 \text{ W}$$

Чрез изчислените параметри избираме подходящи транзистори.

- Избраният транзистор е тип NPN – BD425 със следните характеристики :

$$U_{CE_{\max}} = 32 \text{ V}$$

$$I_{C_{\max}} = 4 \text{ A}$$

$$P_{C_{\max}} = 36 \text{ W}$$

$$h_{21} \geq 40$$

$$U_{CE_{\text{sat}}} = 0,5 \text{ V}$$

Изчисляваме тока през втория транзистор

$$I_{CT2} = I_{BT1} = I_{T_{\max}} / h_{21} = \frac{2,4}{40} = 0,06 \text{ A}$$

Изчисляваме напрежението на прехода колектор-емитер на втория транзистор

$$U_{CET2_{\max}} > U_{i_{\max}} = 11,4 \text{ V}$$

Изчисляваме отделената от транзистора мощност

$$P = (U_{i_{\max}} - U_o) I_{CE} = 0,06 \cdot 6,4 = 384 \text{ mW}$$

Изчисляваме минималния коефициент на усилване по ток:

$$h_{21T2_{\min}} = \frac{h_{21}}{h_{21T1_{\min}}} = \frac{240}{40} = 6$$

- Избраният транзистор е тип PNP– BD140 със следните характеристики :

$$U_{EC_{\max}} = 100 \text{ V}$$

$$I_{C_{\max}} = 1,5 \text{ A}$$

$$P_{C_{\max}} = 8 \text{ W}$$

$$h_{21} = 25$$

$$U_{CE_{\text{sat}}} = 0,5 \text{ V}$$

Изчисляват се външните елементи:

изчислява се шунтовото съпротивление:

$$R_S = \frac{U_{BET16}}{I_{KC}} = \frac{0,6}{1,35} = 0,444\Omega$$

Стандартен $R_S = 0,43\Omega$

$$P_{R_S} = I_{o\max}^2 R_S = 2,4^2 \cdot 0,43 = 2,5W$$

Избираме стандартна стойност: $R_S = 0,43\Omega \pm 5\% / 5W$

Избирам тока през делителя R6-R7, така че базовия ток на T16 да не оказва влияние.

$I_{67} = 20mA$

Изчисляване на съпротивлението R6:

$$R_6 = \frac{R_S \cdot I_{o\max} - U_{BET16}}{I_{67}} = \frac{0,43 \cdot 1,35 - 0,6}{0,02} = 21,6\Omega$$

Избирам тример потенциометър $R_6 = 47\Omega$

Изчисляване на съпротивлението R7

$$R_7 = \frac{U_o}{I_{67}} - R_6 = \frac{5}{0,02} - 47 = 203\Omega$$

Избираме стандартна стойност $R_7 = 200\Omega \pm 5\% / 0,25W$

Избираме тока през делителя R4- R5, така че да не претоварваме ИЕН – $I_{45} = 1mA$, а опорното напрежение е със стойност $U_{ref} = 7,15V$

Изчисляване на съпротивлението R5

$$R_5 = \frac{0,7 \cdot U_o}{I_{45}} = \frac{0,7 \cdot 5}{0,001} = 3,5k\Omega$$

Избираме стандартен $R_5 = 3,6k\Omega \pm 5\% / 0,25W$

Изчисляване на съпротивлението R4

$$R_4 = \frac{U_{ref}}{I_{45}} - R_5 = \frac{7,15}{0,001} - 3600 = 3550\Omega$$

Избираме стандартен $R_4 = 3,6k\Omega \pm 5\% / 0,25W$

Изчисляваме тока през делителя R8-R9-R10:

$$I_{89} = \frac{U_o}{U_{ref}} \cdot I_{45} = \frac{5}{7,15} \cdot 0,001 = 0,7mA$$

Изчисляваме R10:

$$R_{10} = \frac{0,5 \cdot R_5 \cdot I_{45}}{I_{89}} = \frac{0,5 \cdot 3600 \cdot 0,001}{0,0007} = 4,11k\Omega$$

Избираме стандартен $R_{10}=3,9k\Omega\pm 5\%$ / 0,25W

Изчисляваме R9:

$$R_9 = \frac{0,4 \cdot R_5 \cdot I_{45}}{I_{89}} = \frac{0,4 \cdot 3600 \cdot 0,001}{0,0007} = 2057\Omega$$

Избираме стандартен тример потенциометър $R_9=2,2k\Omega$

Изчисляваме R8:

$$R_8 = \frac{U_o}{I_{89}} - R_9 - R_{10} = \frac{5}{0,0007} - 2200 - 3900 = 1043\Omega$$

Избираме стандартен $R_8=1,1k\Omega\pm 5\%$ / 0,25W

Изчисляваме R1:

$$R_1 \leq \frac{0,5U_{BET1}}{I_{CBOT1}} = \frac{0,5 \cdot 0,6}{0,0001} = 3k\Omega$$

Избираме стандартен $R_1=3k\Omega\pm 5\%$ / 0,25W

Изчисляваме R2:

$$R_2 \leq \frac{0,5U_{BET2}}{I_{CBOT2}} = \frac{0,5 \cdot 0,6}{0,0001} = 3k\Omega$$

Избираме стандартен $R_2=3k\Omega\pm 5\%$ / 0,25W

Изчисляваме средния коефициент на предаване на изходния делител:

$$\sigma = \frac{R_{10} + 0,5 \cdot R_9}{R_8 + R_9 + R_{10}} = \frac{3900 + 0,5 \cdot 2200}{1100 + 2200 + 3900} = 0,694$$

Изчисляваме коефициента на стабилизация:

$$K_{CT} = \frac{U_o}{U_i} \mu_{du} \cdot \sigma = \frac{5}{10,4} \cdot 2000 \cdot 0,694 = 668$$

Полученият коефициент е по-голям от минамалния необходим.

Изчислява се вътрешното съпротивление на стабилизатора.

$$R_i = \frac{U_o}{U_i} \cdot \frac{\frac{h_{11T_{16}}}{k_{CT}} + R_S}{h_{21T_{16}}} = \frac{5}{10,4} \cdot \frac{6 + 0,43}{558} = 4,6m\Omega$$

Изчисляваме R3:

$$R_3 = \frac{R_i}{\frac{1}{\sigma} - 1} = \frac{0,0046}{\frac{1}{0,694} - 1} = 0,01\Omega$$

$$P_{R3} = I_{o_{max}}^2 R_3 = 0,06W$$

Избираме стандартен $R_1=0,01\Omega\pm 5\%$ / 0,25W

Изчислява се капацитетът на кондензатора C_3 .

$$C_3 = \frac{0,5 \cdot I_T}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot 0,01 \cdot U_{ИЗХ}} = \frac{0,5 \cdot 2,4}{2,3,14 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 0,01 \cdot 5} = 1900 \mu F$$

Избира се стандартна стойност $C_2 = 2200 \mu F, \pm 5\% / 6 V$.

Избираме $C_1 = 1 nF, \pm 5\% / 16V$

Изчисляване на необходимия охлаждащ радиатор за транзисторите.

Добре е ИС и транзисторите да са на общ радиатор, за да може температурният им режим да е един и същ. За тази цел обаче елементите трябва да са електрически изолирани от радиатора посредством подложка. Радиатора е изграден от алуминий!

А. Необходимата площ радиатор за T1:

$$P_{C_{\max}} = (U_{i_{\max}} - U_o) I_{o_{\max}} = (11,4 - 5) \cdot 2,4 = 15,36W$$

$$P_{KC} = U_{i_{\max}} I_{KC} = 11,4 \cdot 1,35 = 15,39W$$

$$R_{jc} = 3,5^\circ C / W$$

$$R_{cp} = 1^\circ C / W$$

$$T_j = 150^\circ C$$

$$T_A = 45^\circ C$$

$$S_{PB} = \frac{1200 P_C}{T_j - T_A - P_C (R_{jc} + R_{cp})} = \frac{1200 \cdot 15,39}{150 - 45 - 15,39 \cdot (3,5 + 1)} = 516,7 cm^2$$

Б. Необходимата площ радиатор за T2:

$$P_{C_{\max}} = (U_{i_{\max}} - U_o) I_{CT2_{\max}} = (11,4 - 5) \cdot 0,06 = 0,384W$$

$$P_{KC} = U_{i_{\max}} \frac{I_{KC}}{h_{21T1}} = 11,4 \cdot \frac{1,35}{40} = 0,385W$$

$$R_{jc} = 10^\circ C / W$$

$$R_{cp} = 1^\circ C / W$$

$$T_j = 150^\circ C$$

$$T_A = 45^\circ C$$

$$S_{PC} = \frac{1200 P_C}{T_j - T_A - P_C (R_{jc} + R_{cp})} = \frac{1200 \cdot 0,385}{150 - 45 - 0,385 \cdot (10 + 1)} = 4,65 cm^2$$

В. Сумарна радиаторна площ:

$$S_P = S_{PA} + S_{PB} + S_{PC} = 516,7 + 4,65 = 521,3 \approx 522 cm^2$$

4.3 Токоизправител и филтър

За текущия проект, с оглед на невисоката мощност и старание за по-висок КПД, избираме схема на еднофазен мостов токоизправител с капацитивен товар.

Схемата на токоизправителя е добре известната схема „Грец”, а филтърът е изграден с помощта на филтров кондензатор.

Изграждането на филтърът може да бъде направено и на базата на LC – звено. Тази схема позволява намаляването на капацитета на кондензатора, съответно размери и цена на филтъра, и да се повиши коефициента на изглаждане на филтъра. Но бобината трябва да бъде съобразена с изходния ток и да се внимава самата тя да не излезне по-обемиста и скъпа от по-големия кондензатор.

Тъй като за проекта коефициента на филтрация е със занижени изисквания (заради качествата на стабилизатора), а и изходното напрежение е относително ниско – работното напрежение на кондензатора е ниско, а от там и цената на големите кондензатори спада драстично, избирам схема за филтър изграден на базата на кондензатор.

Проектирането ще извършим по графоаналитичния метод за оразмеряване на токоизправители с капацитивен товар. За целта ще използваме графиките дадени в литературен източник №1.

Изисквания към токоизправителя и филтъра:

$$U_o = 10,4V$$

$$I_o = 2,4A$$

$$K_{no} \leq 10\%$$

1. Определяне на вътрешното съпротивление на токоизправителя и залагане на КПД:

Залагаме $\eta = 80\%$

$$r = \frac{U_o}{I_o} \cdot \frac{1-\eta}{\eta} = \frac{10,4}{2,4} \cdot \frac{1-0,8}{0,8} = 1,08\Omega$$

2. Изчисляваме параметърът А

$$A = \frac{I_o \pi r}{p U_o} = \frac{2,4 \cdot 3,14 \cdot 1,08}{2 \cdot 10,4} = 0,39$$

Тук $p=2$, защото схемата е мостова

3. Определяме ъгъла на отсечка на тока през вентилите:

Отчитаме го от графика

$$\Psi = 53^\circ$$

4. Отчитаме параметъра В от графика

$$B = 1,18$$

5. Изчисляваме ефективната стойност на напрежението във вторичната намотка.

$$E_2 = B U_o = 1,18 \cdot 10,4 = 12,3V$$

6. Максималното обратно напрежение върху диодите е:

$$U_{обп} = E_{2max} = \sqrt{2} E_2 = \sqrt{2} \cdot 12,3 = 17,4V$$

7. Изчисляваме коефициента на трансформация

$$K_{TP} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{230}{12,3} = 18,7$$

8. Определяме графично параметъра F:

$$F=5,6$$

9. Изчисляване амплитудата на тока през вторичната намотка и вентилите:

$$I_{2\max} = F \frac{I_o}{p} = 5,6 \frac{2,4}{2} = 6,72A$$

10. Определяме графично параметърът D:

$$D=2$$

11. Ефективната стойност на тока през вторичната намотка е:

$$I_2 = \sqrt{2} D \frac{I_o}{p} = \sqrt{2} \cdot 2 \frac{2,4}{2} = 3,39A$$

12. Изчисляване на тока в първичната намотка:

$$I_1 = \frac{I_2}{K_{TP}} = \frac{2,4}{18,7} = 0,181A$$

13. Избираме подходящи изправителни диоди по данните:

$$I_{F(AV)} > 0,5 I_o = 1,2A$$

$$U_{R\max} > E_{2m} = 17,4$$

Такива са диодите ВУ298

$$I_F = 2A > 1,2A$$

$$I_{FSM} = 70A > I_{2\max} = 6,72A$$

$$U_R = 400V > 17,4V$$

$$U_F = 0,7V$$

14. Определяме параметъра H от графика:

$$H = 600$$

15. Изчисляване на капацитета на филтровия кондензатор:

$$C1 \geq \frac{H}{K_{no} r} = \frac{600}{0,1 \cdot 1,08} = 5556 \mu F$$

Избираме стандартен $C1=5600\mu F \pm 5\% / 25V$

16. Изчисляване стойността на γ_o за четири стойности на товарния ток, като графично отчитаме стойността за $\cos\psi$.

$$I_{o1} = 1A \Rightarrow \gamma_{o1} = I_0 \frac{r}{pE_{2\max}} = 1 \frac{1,08}{2 \cdot 17,4} = 0,031 \Rightarrow \cos\psi_1 = 0,82$$

$$I_{o2} = 1,5A \Rightarrow \gamma_{o2} = I_0 \frac{r}{pE_{2\max}} = 1,5 \frac{1,08}{2 \cdot 17,4} = 0,0466 \Rightarrow \cos\psi_2 = 0,75$$

$$I_{o3} = 2A \Rightarrow \gamma_{o3} = I_0 \frac{r}{pE_{2\max}} = 2 \frac{1,08}{2 \cdot 17,4} = 0,062 \Rightarrow \cos\psi_3 = 0,66$$

$$I_{o4} = 2,4A \Rightarrow \gamma_{o4} = I_0 \frac{r}{pE_{2\max}} = 2,4 \frac{1,08}{2 \cdot 17,4} = 0,0745 \Rightarrow \cos\psi_4 = 0,61$$

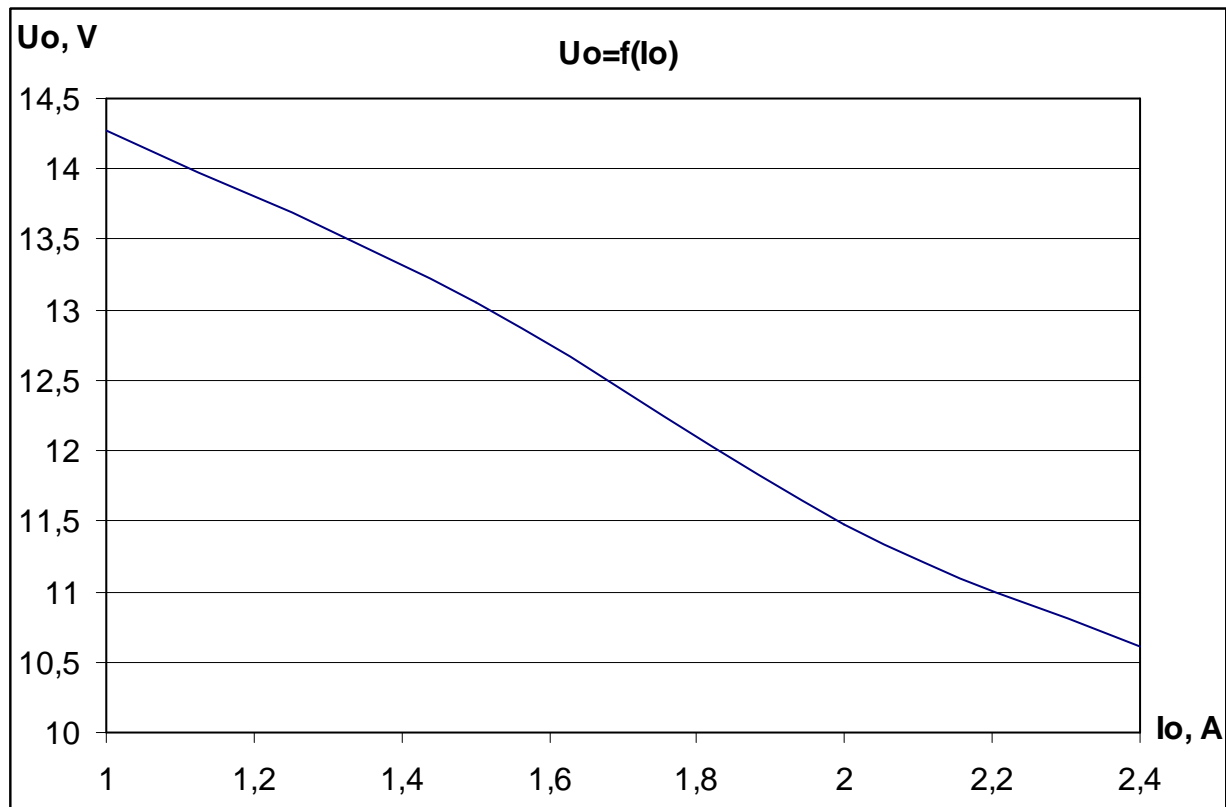
17. Изчисляване на външните характеристики:

$$U_{o1} = E_{2\max} \cos\psi_1 = 17,4 \cdot 0,82 = 14,27V$$

$$U_{o2} = E_{2\max} \cos\psi_2 = 17,4 \cdot 0,75 = 13,05V$$

$$U_{o3} = E_{2\max} \cos\psi_3 = 17,4 \cdot 0,66 = 11,48V$$

$$U_{o4} = E_{2\max} \cos\psi_4 = 17,4 \cdot 0,61 = 10,61V$$



4.4 Трансформатор

Изисквания за трансформатора:

$$E_1=230V$$

$$E_2=12,3V$$

$$I_2=3,4A$$

Задаваме температура на околната среда $t_{\text{amax}}=45^\circ\text{C}$

И максимална температура на прегряване $\Delta t^\circ=50^\circ\text{C}$

1. Изчислителна мощност на трансформатора:

$$P_{\text{и}} = E_2 I_2 = 12,3 \cdot 3,4 = 41,82 \approx 42W$$

2. Магнитопровода е Ш-образен (броневи тип).

3. Магнитната индукция е $B=1,2T$

4. Определяме сечението на магнитопровода:

$$S_{\text{СТ}} = \sqrt{P_{\text{и}}} = \sqrt{42} = 6,48\text{cm}^2$$

5. Изчисляваме максималната и минималната широчина на ламелите:

$$b_{\text{max}} = \sqrt{S_{\text{СТ}}} = \sqrt{6,48} = 2,55\text{cm}$$

$$b_{\text{min}} = \sqrt{\frac{S_{\text{СТ}}}{1,5}} = \sqrt{\frac{6,48}{1,5}} = 2,08\text{cm}$$

6. Избираме подходящ стандартен пакет ламели:

Ш30x30 с размери на прозореца $-hxb = 45x15$ и $S_{\text{СТ}} = 7,92\text{cm}^2$

7. Изчисляваме броя на навивките в намотките:

А. В първичната:

$$\omega_1 = 45 \frac{E_1}{S_{\text{СТ}} B_{\text{max}}} = 45 \frac{230}{7,92 \cdot 1,2} = 1089 \text{ навивки}$$

Б. Във вторичната намотка:

$$\omega_2' = 45 \frac{E_2}{S_{\text{СТ}} B_{\text{max}}} = 45 \frac{12,3}{7,92 \cdot 1,2} = 59 \text{ навивки}$$

За компенсиране пада на напрежение в намотките на трансформатора и във вентилите на токоизправителя увеличаваме броя на навивките на вторичната намотка с 10%:

$$\omega_2 = 1,1 \cdot \omega_2' = 1,1 \cdot 59 = 65 \text{ навивки}$$

8. Изчисляване на тока през първичната намотка:

Поради наличие на загуби в трансформатора, тока в първичната намотка се завишава с 10%

$$I_1 = 1,1 \frac{P_{\text{и}}}{E_1} = 1,1 \frac{42}{230} = 0,2A$$

9. Токът на вторичната намотка е известен: $I_2 = 3,4A$

10. Избираме плътност на тока и изчисляваме диаметъра на проводниците:

А. Взимайки под внимание изчислителната мощност и типа на магнитопровода, подходяща плътност на тока и за двете навивки е:

$$j_1' = j_2' = 2,5 \text{ A/mm}^2$$

Б. Диаметъра на проводниците за първичната намотка:

$$d_1 = 1,13 \sqrt{\frac{I_1}{j_1'}} = 1,13 \sqrt{\frac{0,2}{2,5}} = 0,32 \text{ mm}$$

Избираме стандартен кръгал проводник с $d_1 = 0,33 \text{ mm}$

Действителната плътност на тока е:

$$j_1 = j_1' \frac{d_{1\text{изчислено}}^2}{d_{1\text{избрано}}^2} = 2,5 \frac{0,32^2}{0,33^2} = 2,35 \text{ A/mm}^2$$

В. Диаметъра на проводниците за вторичната намотка:

$$d_2 = 1,13 \sqrt{\frac{I_2}{j_2'}} = 1,13 \sqrt{\frac{3,4}{2,5}} = 1,32 \text{ mm}$$

Избираме стандартен кръгал проводник с $d_2 = 1,35 \text{ mm}$

Действителната плътност на тока е:

$$j_2 = j_2' \frac{d_{2\text{изчислено}}^2}{d_{2\text{избрано}}^2} = 2,5 \frac{1,32^2}{1,35^2} = 2,38 \text{ A/mm}^2$$

11. Изчисляваме общото сечение на проводниците в намотките:

$$S_M = \frac{\pi}{4} (\omega_1 d_1^2 + \omega_2 d_2^2) = \frac{\pi}{4} (1089 \cdot 0,33^2 + 65 \cdot 1,35^2) = 186,2 \text{ mm}^2$$

12. Изчисляваме коефициента на запълване на прозореца на магнитопровода:

$$K_3 = \frac{S_M}{S_{CT}} = \frac{186,2}{45,15} = 0,28$$

Максималният коефициент на запълване за намотки от кръгал проводник с емайлова изолация е:

$$K_3 = 0,35$$

От където следва че пакета ламели е избран добре.

13. Изчисляване масата на медта в трансформатора:

Бобините в трансформатора се навиват върху макара и една върху друга. След което макарата се поставя в средата на магнитопровода. Дебелината на материала от който е изработена макарата оказва влияние върху размера на средната дължина на навивките. Също така кантът на макарата намалява и височината на прозоречния отвор в магнитопровода, а респективно се отразява и на максималния брой навивки на един ред. Трабва да се има в предвид и това, че намотките са с изолационен лак който увеличава диаметъра им.

Приемаме за дебелина на макарата $d_C = 1,5 \text{ mm}$

От размерите на магнитопровода и горните съображения за средна дължина на навивките получаваме:

$$l_{\min 1} = 2(y_1 + 2d_c) + 2(y_2 + 2d_c)$$

$$l_{\min 2} = l_{\max 1}$$

$$l_{\max i} = l_{\min i} + 8 \frac{\omega_i d_i^2}{h - 2d_c}$$

$$l_{cp i} = \frac{l_{\max i} + l_{\min i}}{2}$$

От тези формули намираме стойностите необходими за проекта:

$$l_{\min 1} = 2(y_1 + 2d_c) + 2(y_2 + 2d_c) = 2 \cdot 31,5 + 2 \cdot 31,5 = 126 \text{ mm}$$

$$l_{\max 1} = l_{\min 1} + 8 \frac{\omega_1 d_1^2}{h - 2d_c} = 126 + 8 \frac{1089 \cdot 0,37^2}{45 - 3} = 154 \text{ mm}$$

$$l_{cp 1} = \frac{l_{\max 1} + l_{\min 1}}{2} = \frac{126 + 154}{2} = 140 \text{ mm}$$

$$l_{\min 2} = l_{\max 1} = 154 \text{ mm}$$

$$l_{\max 2} = l_{\min 2} + 8 \frac{\omega_2 d_2^2}{h - 2d_c} = 154 + 8 \frac{65 \cdot 1,43^2}{45 - 3} = 180 \text{ mm}$$

$$l_{cp 2} = \frac{l_{\max 2} + l_{\min 2}}{2} = \frac{154 + 180}{2} = 167 \text{ mm}$$

Изчисляваме масата на медта в трансформатора:

$$G_{M1} = 10^{-5} \gamma_M l_{cp 1} \omega_1 q_1 = 10^{-5} \cdot 8,9 \cdot 14 \cdot 1089 \cdot 0,08553 = 0,116 \text{ kg}$$

$$G_{M2} = 10^{-5} \gamma_M l_{cp 2} \omega_2 q_2 = 10^{-5} \cdot 8,9 \cdot 16,7 \cdot 65 \cdot 1,4314 = 0,138 \text{ kg}$$

14. Изчисляваме загубите на мощност в медния проводник:

$$P_M = 2,4 \cdot (j_1^2 \cdot G_{M1} + j_2^2 \cdot G_{M2}) = 2,4 \cdot (2,35^2 \cdot 0,116 + 2,4^2 \cdot 0,138) = 3,45 \text{ W}$$

15. Изчисляваме масата на магнитопровода:

$$G_{CT} = 10^{-3} \gamma_{CT} V_{CT}$$

$$V_{CT} = (y_2(2b + 2y_3 + y_1)(h + 2y_3)) - 2bhy_2$$

$$G_{CT} = 10^{-3} \gamma_{CT} [(y_2(2b + 2y_3 + y_1)(h + 2y_3)) - 2bhy_2] = 10^{-3} \cdot 7,8 \cdot 162 = 1,26 \text{ kg}$$

16. Изчисляваме загубата на мощност в магнитопровода:

$$P_{CT} = p_{CT} B_{\max}^2 \left(\frac{f}{50} \right)^{1,3} G_{CT} = 2 \cdot 1,2^2 \cdot 1 \cdot 1,26 = 3,63 \text{ W}$$

17. Изчисляване КПД на трансформатора

$$\eta = \frac{P_{II}}{P_{II} + P_M + P_{CT}} = \frac{42}{42 + 3,45 + 3,63} = 0,86$$

18. Изчисляване температурата на повърхността на трансформатора:

Отделената в трансформатора мощност под формата на топлина довежда до загряване на магнитопровода и проводниците. Ако тази мощност е прекалено голяма и трансформатора не може да я разсее, може да доведе до прегряването и увреждането му.

Ето защо е важно да проверим дали охладителната площ на трансформатора е достатъчна за да го охлажда, или се налага да бъдат предприети мерки за допълнителното му охлаждане.

Изчисляваме охлаждащата площ на трансформатора:

$$\begin{aligned} S_{охл} &= 2[(2y_3 + 2b + y_1)(h + 2y_3) - 2bh] + y_2(2y_3 + 2b + y_1) + y_2(h + 2y_3)] = \\ &= 2(5400 - 1350 + 2700 + 2250) = 18000 \text{ mm}^2 = 180 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Температурата на повърхността е :

$$t^\circ = t_a + \frac{P_M + P_{CT}}{\alpha_r S_{охл}} = 45 + \frac{3,45 + 3,63}{1,3 \cdot 10^{-3} \cdot 180} = 75,3^\circ \text{C}$$

Температурата на прегряване е $30,3^\circ \text{C}$.

Температурата в дълбочина е с 15°C по гореща, от където следва че:

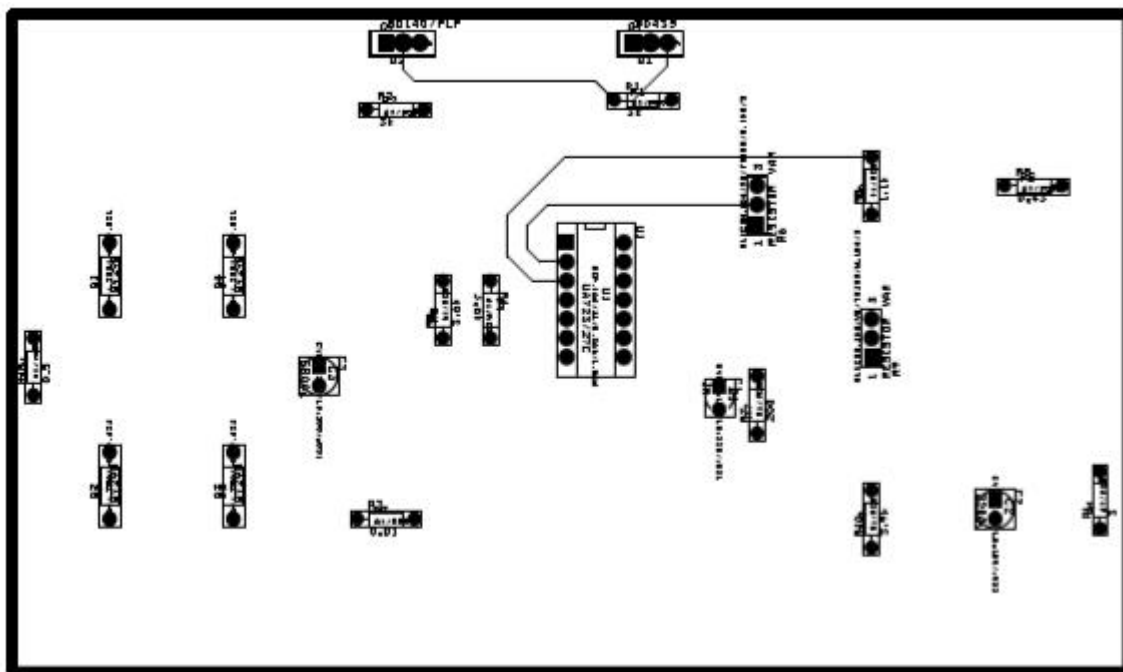
$\Delta t^\circ = 30,3 + 15 = 45,3^\circ \text{C}$ – което е по-малко от заложената температура на прегряване $\Delta t^\circ = 50^\circ \text{C}$

Използвана Литература:

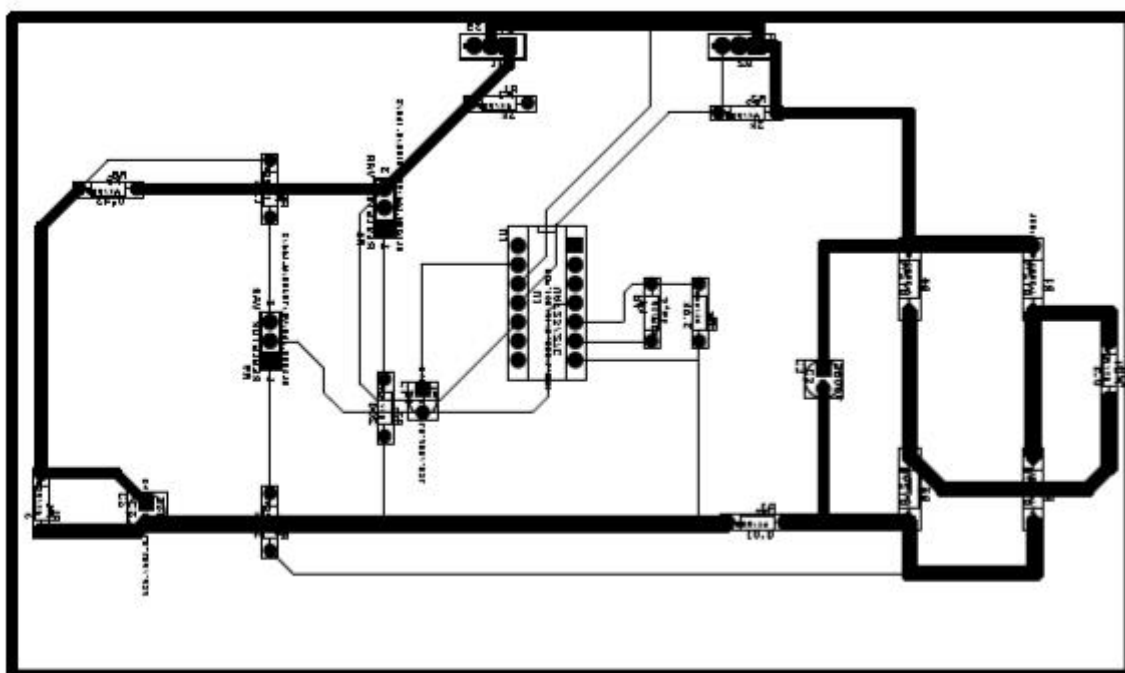
1. Н. Стефанов – Ръководство за проектиране на токозахранващи устройства
2. Н. Стефанов – Токозахранващи Устройства
3. А. Шишков – Транзистори и диоди – кратък справочник
4. Спецификации – www.alldatasheet.com

Печатна платка

Страна Елементи:



Страна спойки:



Precision voltage regulator

μ A723/723C

DESCRIPTION

The μ A723/ μ A723C is a monolithic precision voltage regulator capable of operation in positive or negative supplies as a series, shunt, switching, or floating regulator. The 723 contains a temperature-compensated reference amplifier, error amplifier, series pass transistor, and current limiter, with access to remote shutdown.

FEATURES

- Positive or negative supply operation
- Series, shunt, switching, or floating operation
- 0.01% line and load regulation
- Output voltage adjustable from 2V to 37V
- Output current to 150mA without external pass transistor
- μ A723 MIL-STD-883A, B, C available

PIN CONFIGURATION

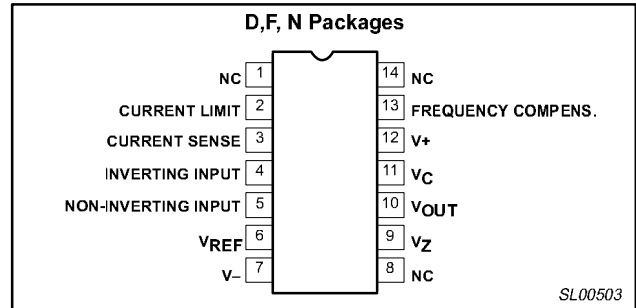


Figure 1. Pin Configuration

ORDERING INFORMATION

DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE	ORDER CODE	DWG #
14-Pin Ceramic Dual In-Line Package (CERDIP)	-55°C to 125°C	μ A723F	0581B
14-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	0 to 70°C	μ A723CN	SOT27-1
14-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	0 to 70°C	μ A723CD	SOT108-1

EQUIVALENT CIRCUIT

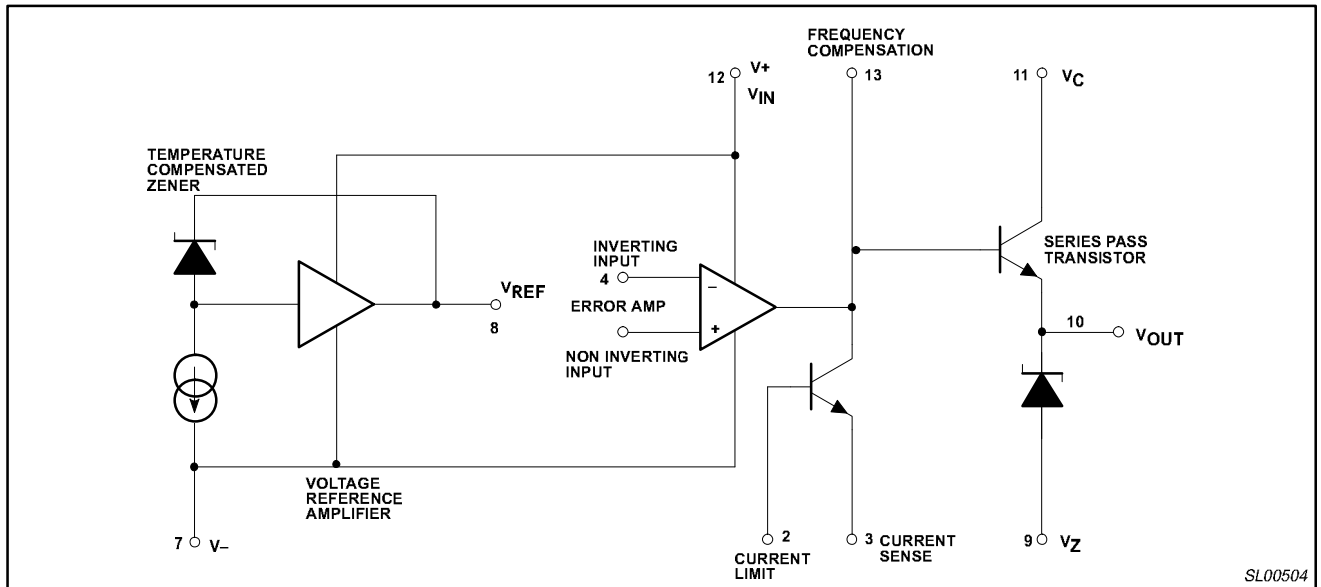


Figure 2. Equivalent Circuit

Precision voltage regulator

 μ A723/723C

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

SYMBOL	PARAMETER	RATING	UNIT
	Pulse voltage from V+ to V- (50ms)	50	V
	Continuous voltage from V+ to V-	40	V
	Input-output voltage differential	40	V
V _{DIFF}	Error amplifier maximum input differential voltage	±5	V
V _{CM}	Error amplifier non-inverting input (Pin 5) to -V (Pin 7)	8	V
I _{OUT}	Maximum output current	150	mA
	Current from V _{REF}	15	mA
	Current from V _Z	25	mA
P _{MAX}	Maximum power dissipation T _A =25°C (still-air) ¹		
	F package	1190	mW
	N package	1420	mW
	D package	1040	mW
T _A	Operating ambient temperature range		
	μ A723	-55 to +125	°C
	μ A723C	0 to 70	°C
T _{STG}	Storage temperature range	-65 to +150	°C
T _{SOLD}	Lead soldering temperature (10sec max)	300	°C

NOTES:

- The following derating factors should be applied above 25°C
 - F package at 9.5mW/°C
 - N package at 11.4mW/°C
 - D package at 8.3mW/°C

Precision voltage regulator

 μ A723/723C

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

 $T_A=25^\circ\text{C}$, unless otherwise specified.¹

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	μ A723			μ A723C			UNITS
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
$V_{R\text{ LINE}}$	Line regulation ²	$V_{IN}=12\text{V}$ to $V_{IN}=15\text{V}$		0.01	0.1		0.01	0.1	% V_{OUT}
		$V_{IN}=12\text{V}$ to $V_{IN}=40\text{V}$		0.02	0.2		0.1	0.5	
$V_{R\text{ LOAD}}$	Load regulation ²	$I_L=1\text{mA}$ to $I_L=50\text{mA}$		0.03	0.15		0.03	0.2	% V_{OUT}
$\Delta V_{IN}/\Delta V_O$	Ripple Rejection	$f=50\text{Hz}$ to 10kHz , $C_{REF}=0$		74			74		dB
		$f=50\text{Hz}$ to 10kHz , $C_{REF}=5\mu\text{F}$		86			86		
I_{OS}	Short-circuit current	$R_{SC}=10\Omega$, $V_{OUT}=0$		65			65		mA
V_{REF}	Reference voltage	$I_{REF}=0.1\text{mA}$	6.95	7.15	7.35	6.80	7.15	7.50	V
$V_{REF\text{ (LOAD)}}$	Reference voltage change with load	$I_{REF}=0.1\text{mA}$ to 5mA			20			20	mV
V_{NOISE}	Output noise voltage	$BW=100\text{Hz}$ to 10kHz , $C_{REF}=0$		20			20		μV_{RMS}
		$BW=100\text{Hz}$ to 10kHz , $C_{REF}=5\mu\text{F}$		2.5			2.5		
S	Long-term stability	$T_j=T_{jmax}$. $T_A=25^\circ\text{C}$ for end point measurement		0.1			0.1		%1000 hrs.
I_{SCD}	Standby current drain	$I_L=0$, $V_{IN}=30\text{V}$		2.3	3.5		2.3	4.0	mA
V_{IN}	Input voltage range		9.5		40	9.5		40	V
V_{OUT}	Output voltage range		2.0		37	2.0		37	V
V_{DIFF}	Input-output voltage differential		3.0		38	3.0		38	V
The following specifications apply over the operating temperature ranges.									
$V_{R\text{ LINE}}$	Line regulation	$V_{IN}=12\text{V}$ to $V_{IN}=15\text{V}$			0.3			0.3	% V_{OUT}
$V_{R\text{ LOAD}}$	Load regulation	$I_L=1\text{mA}$ to $I_L=50\text{mA}$			0.6			0.6	% V_{OUT}
TC	Average temperature coefficient of output voltage			0.002	0.015		0.003	0.015	%/ $^\circ\text{C}$

NOTES:

- $V_{IN}=V_+=V_C=12\text{V}$, $V_-=0\text{V}$, $V_{OUT}=5\text{V}$, $I_L=1\text{mA}$, $R_{SC}=0$, $C_1=100\text{pF}$, $C_{REF}=0$ and divider impedance as seen by error amplifier $\geq 10\text{k}\Omega$.
- The load and line regulation specifications are for constant junction temperature. Temperature drift effects must be taken into account separately when the unit is operating under conditions of high dissipation.

PNP Silicon Transistors

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT

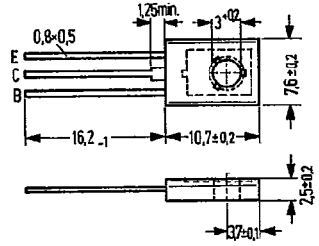
**BD 136
 BD 138
 BD 140**

For AF driver and output stages of medium performance

BD 136, BD 138, and BD 140 are epitaxial PNP silicon planar transistors in TO 126 plastic package (12 A 3 DIN 41869, sheet 4). The collector is electrically connected to the metallic mounting area. Together with BD 135, BD 137, and BD 139 as complementary pairs the transistors BD 136, BD 138, and BD 140 are designed for use in driver stages of high performance AF amplifiers.

Type	Ordering code
BD 136	Q62702-D107
BD 136-6	Q62702-D107-V1
BD 136-10	Q62702-D107-V2
BD 136-16	Q62702-D107-V3
BD 136 paired	Q62702-D107-P
BD 138	Q62702-D109
BD 138-6	Q62702-D109-V1
BD 138-10	Q62702-D109-V2
BD 138 paired	Q62702-D109-P
BD 140	Q62702-D111
BD 140-6	Q62702-D111-V1
BD 140-10	Q62702-D111-V2
BD 140 paired	Q62702-D111-P
BD 136/135 compl. paired	Q62702-D139-S1
BD 138/137 compl. paired	Q62702-D140-S1
BD 140/139 compl. paired	Q62702-D141-S1

Type	Ordering code
Mica washer	Q62902-B62
Spring washer	Q62902-B63
A 3 DIN 137	



Approx. weight 0.5 g Dimensions in mm

Transistor fixing with M 3 screw. Starting torque max 0.8 Nm. Below the screw head, a washer or spring washer should be used.
 1) If a 50 μ mica washer (ungreased) is used, the thermal resistance increases by 8 K/W and in case of a greased one by 4 K/W.

Maximum ratings

	BD 136	BD 138	BD 140	
Collector-emitter voltage ($R_{BE} \leq 1 \text{ k}\Omega$)	-	-	100	V
Collector-base voltage	$-V_{CBO}$ 45	60	-	V
Collector-emitter voltage	$-V_{CEO}$ 45	60	80	V
Emitter-base voltage	$-V_{EBO}$ 5	5	5	V
Collector peak current	$-I_{CM}$ 2.0	2.0	2.0	A
Collector current	$-I_C$ 1.5	1.5	1.5	A
Base current	$-I_B$ 0.2	0.2	0.2	A
Junction temperature	T_j 150	150	150	°C
Storage temperature range	T_{stg} -55 to +125			°C
Total power dissipation ($T_{case} \leq 25^\circ\text{C}$)	P_{tot} 12.5	12.5	12.5	W

Thermal resistance

	R_{thJA}	$R_{thJC}^{1)}$		
Junction to ambient air	≤ 110	≤ 110	≤ 110	K/W
Junction to case bottom	≤ 10	≤ 10	≤ 10	K/W

T-33-17

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT

BD 136
BD 138
BD 140

Static characteristics ($T_{amb} = 25^\circ\text{C}$)

The transistors BD 136, BD 138, and BD 140 are grouped according to the DC current gain h_{FE} and marked by numerals of the German DIN standard.

h_{FE} group	6	10	16	
Type	BD 136 BD 138 BD 140	BD 136 BD 138 BD 140	BD 136 - -	BD 136 BD 138 BD 140
$-I_C$ (mA)	h_{FE} I_C/I_B	h_{FE} I_C/I_B	h_{FE} I_C/I_B	$-V_{BE}$ (V)
5	> 25	> 25	> 25	-
150	63 (40 to 100)	100 (63 to 160)	160 (100 to 250)	-
500	> 25	> 25	> 25	1,2

Static characteristics ($T_{amb} = 25^\circ\text{C}$)

		BD 136	BD 138	BD 140	
Collector-emitter-saturation voltage ($-I_C = 500$ mA; $-I_B = 500$ mA)	$-V_{CEsat}$	< 0.5	> 0.5	< 0.5	V
Collector cutoff current ($-V_{CB} = 30$ V)	$-I_{CBO}$	< 100	< 100	< 100	nA
Collector cutoff current ($-V_{CB} = 30$ V; $T_{amb} = 125^\circ\text{C}$)	$-I_{CBO}$	≤ 10	≤ 10	≤ 10	μA
Emitter cutoff current ($-V_{EB} = 5$ V)	$-I_{EBO}$	≤ 10	≤ 10	≤ 10	μA
Collector-emitter breakdown voltage ($-I_{CEO} = 50$ mA)	$-V_{(BR)CEO}$	> 45	> 60	> 80	V
Condition for matching pairs ($-I_C = 150$ mA; $-V_{CE} = 2$ V)	$\frac{h_{FE1}}{h_{FE2}}$	≤ 1.41	≤ 1.41	≤ 1.41	-
Dynamic characteristics ($T_{amb} = 25^\circ\text{C}$)					
Transition frequency ($-I_C = 50$ mA; $-V_{CE} = 10$ V; $f = 100$ MHz)	f_T	> 75	> 75	> 75	MHz

COMPLEMENTARY SILICON POWER TRANSISTORS

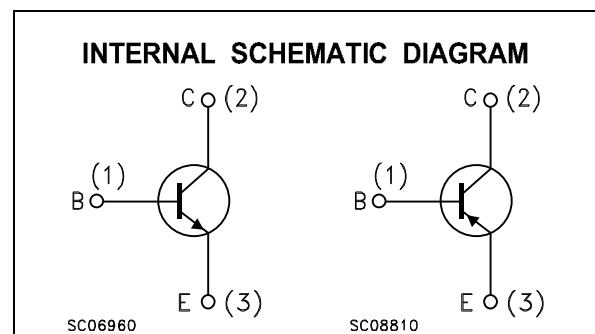
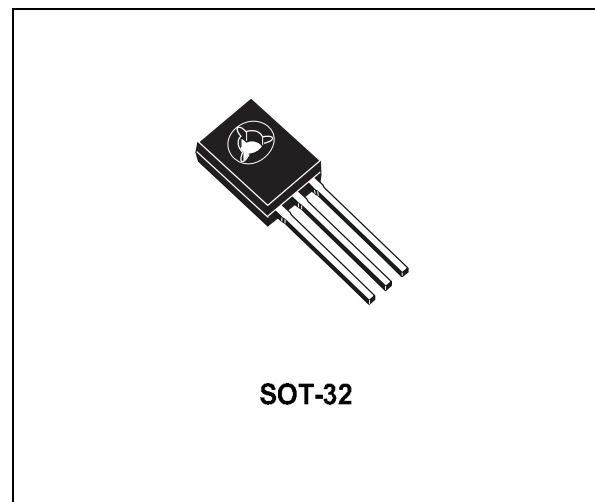
- SGS-THOMSON PREFERRED SALESTYPES
- COMPLEMENTARY PNP - NPN DEVICES

DESCRIPTION

The BD433, BD435, and BD437 are silicon epitaxial-base NPN power transistors in Jedec SOT-32 plastic package, intended for use in medium power linear and switching applications.

The BD433 is especially suitable for use in car-radio output stages.

The complementary PNP types are BD434, BD436, and BD438 respectively.



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value			Unit	
		NPN	BD433	BD435		BD437
		PNP	BD434	BD436		BD438
V_{CBO}	Collector-Base Voltage ($I_E = 0$)		22	32	45	V
V_{CES}	Collector-Emitter Voltage ($V_{BE} = 0$)		22	32	45	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage ($I_B = 0$)		22	32	45	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage ($I_C = 0$)		5			V
I_C	Collector Current		4			A
I_{CM}	Collector Peak Current ($t \leq 10$ ms)		7			A
I_B	Base Current		1			A
P_{tot}	Total Dissipation at $T_c \leq 25$ °C		36			W
T_{stg}	Storage Temperature		-65 to 150			°C
T_j	Max. Operating Junction Temperature		150			°C

For PNP types voltage and current values are negative.

BD433/434/435/436/437/438

THERMAL DATA

R _{thj-case}	Thermal Resistance Junction-case	Max	3.5	°C/W
R _{thj-amb}	Thermal Resistance Junction-ambient	Max	100	°C/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_{case} = 25 °C unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I _{CBO}	Collector Cut-off Current (I _E = 0)	for BD433/434 V _{CB} = 22 V for BD435/436 V _{CB} = 32 V for BD437/438 V _{CB} = 45 V			100 100 100	μA μA μA
I _{CES}	Collector Cut-off Current (V _{BE} = 0)	for BD433/434 V _{CE} = 22 V for BD435/436 V _{CE} = 32 V for BD437/438 V _{CE} = 45 V			100 100 100	μA μA μA
I _{EBO}	Emitter Cut-off Current (I _C = 0)	V _{EB} = 5 V			1	mA
V _{CEO(sus)*}	Collector-Emitter Sustaining Voltage (I _B = 0)	I _C = 100 mA	for BD433/434 22 for BD435/436 32 for BD437/438 45			V V V
V _{CE(sat)*}	Collector-Emitter Saturation Voltage	I _C = 2 A	I _B = 0.2 A for BD433/434 for BD435/436 for BD437/438	0.2 0.2 0.2	0.5 0.5 0.6	V V V
V _{BE*}	Base-Emitter Voltage	I _C = 10 mA I _C = 2 A	V _{CE} = 5 V V _{CE} = 1 V for BD433/434 for BD435/436 for BD437/438	0.58	1.1 1.1 1.2	V V V
h _{FE*}	DC Current Gain	I _C = 10 mA I _C = 500 mA I _C = 2 A	V _{CE} = 5 V for BD433/434 for BD435/436 for BD437/438 V _{CE} = 1 V V _{CE} = 1 V for BD433/434 for BD435/436 for BD437/438	40 40 30 85 50 50 40	130 130 130 140	
h _{FE1} /h _{FE2} *	Matched Pair	I _C = 500 mA	V _{CE} = 1 V		1.4	
f _T	Transition frequency	I _C = 250 mA	V _{CE} = 1 V	3		MHz

* Pulsed: Pulse duration = 300 μs, duty cycle 1.5 %

BY296 THRU BY299

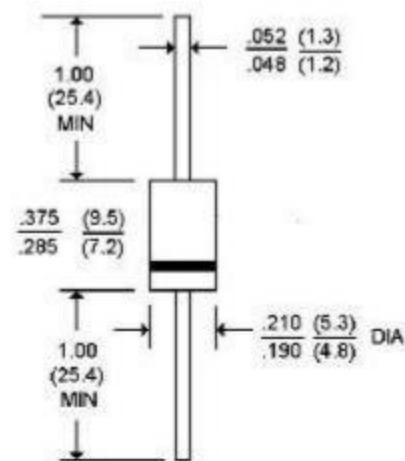
SOFT RECOVERY PLASTIC RECTIFIER

VOLTAGE - 100 to 800 Volts CURRENT - 2.0 Amperes

FEATURES

- High surge current capability
- The plastic package carries Underwriters Laboratory Flammability Classification 94V-O
- Void-free plastic package
- 2.0 Ampere operation at $T_A=55^\circ\text{C}$ with no thermal runaway
- Fast switching for high efficiency
- Exceeds environmental standards of MIL-S-19500/228

DO-201AD



Dimensions in inches and (millimeters)

MECHANICAL DATA

Case: Molded plastic, DO-201AD

Terminals: Axial leads, solderable per MIL-STD-202, Method 208

Polarity: Band denotes end

Mounting Position: Any

Weight: .04 ounce, 1.1gram

MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Ratings at 25°C ambient temperature unless otherwise specified.

Single phase, half wave, 60 Hz, resistive or inductive load.

For capacitive load, derate current by 20%.

	SYMBOLS	BY296	BY297	BY298	BY299	UNITS
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	V_{RRM}	100	200	400	800	Volts
Maximum RMS Voltage	V_{RMS}	70	140	280	560	Volts
Maximum DC Blocking Voltage	V_{DC}	100	200	400	800	Volts
Maximum Average Forward Rectified Current .375"(9.5mm) lead lengths at $T_A=55^\circ\text{C}$	$I_{(AV)}$	2.0				Amps
Peak Forward Surge Current 10ms single half sine-wave superimposed on rated load	I_{FSM}	70.0				Amps
Maximum Repetitive Peak Forward Surge (Note 1)	I_{FRM}	10.0				Amps
Maximum Instantaneous Forward Voltage at 3.0A	V_F	1.3				Volts
Maximum DC Reverse Current $T_A=25^\circ\text{C}$ At Rated DC Blocking Voltage $T_A=100^\circ\text{C}$	I_R	10.0 500				$^\circ\text{C}$ A
Maximum Reverse Recovery Time (Note 3) $T_J=25^\circ\text{C}$	T_{RR}	150				ns
Typical Junction Capacitance (Note 2) $T_J=25^\circ\text{C}$	C_J	28.0				pf
Typical Thermal Resistance (Note 4)	$R_{\theta\text{JA}}$	15.0				$^\circ\text{C}/\text{W}$
Operating Temperature Range	T_J	-50 to +125				$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{STG}	-50 to -150				$^\circ\text{C}$

NOTES:

1. Repetitive Peak Forward Surge Current at $f < 15\text{kHz}$.
2. Measured at 1 MHz. And applied reverse voltage of 4.0 volts.
3. Reverse Recovery Test Conditions; $I_F=0.5\text{A}$, $I_R=1.0\text{A}$, $I_{RR}=0.25\text{A}$.
4. Thermal Resistance from Junction to Ambient at .375"(9.5mm) lead lengths with both leads to heat sink.