Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalá skou práci se pln vztahuje zákon . 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na v domí, že TUL má právo na uzav ení licen ní smlouvy o užití mé bakalá ské práce a prohlašuji, že souhlasim sp (padným užitím mé bakalá ské práce (prodej, zap j ení apod.).

Jsem si v dom(a) toho, že užít své bakalá ské práce i poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat p im ený p ísp vek na úhradu náklad, vynaložených univerzitou na vytvo ení díla (až do jejich skute né výše).

Bakalá skou práci jsem vypracoval(a) samostatn s použitím uvedené literatury a na základ konzultací s vedoucím bakalá ské práce a konzultantem.

SOLID

FRTER PDF

Datum

Podpis

Pod kování

Tímto bych cht l pod kovat Ing. Pavlovi Mokrému, Ph.D. za trp livost a skv lé vedení p i mé bakalá ské práci a rovn ž bych cht l pod kovat i svým rodi m za jejich psychickou podporu po dobu mého studia.

SOLID CONVERTER PDF

Anotace

Cílem této BC práce je navržení a realizace obvodu se zápornou kapacitou , který nebude omezen maximálním vstupním nap tím na opera ním zesilova i , jako je tomu nyní u stávajících obvod se zápornou kapacitou, ale bude použitelný na v tší nap tí, které je pot ebné nap . k napájení ohybových aktuátor z PZT keramiky. Dále je zde podrobn popsán zp sob napájení obvodu se zápornou kapacitou a s ním i související návrh transformátoru a stabilizovaného synchronního zdroje.

Solid

PDF

Annotation

Tendency of these work it's proposition and realize circuit with negative capacities, that won't be restricted maximum input voltage on the operational amplifier, like is it now with existing circuit with negative capacities, but he will be applicable to much bigger voltage, that is necessary for power supply in flexural PZT structure. Next, it's here described detail style power supply in circuit with negative capacities and with he also **contextual** transformer design and stabilization synchronous source.

SOLID

ERTER PDF

Obsah:	
Seznam použitých symbol	8
Úvod	11
1 Teoretická ást	12
1.1 Problematika systému pro potla ování vibrací	12
1.2 Možné ešení problému	13
1.3 Obvod pro zesílení výstupního nap tí	13
1.4 Význam obvodu se zápornou kapacitou	14
1.4.1 Výpo et kapacity	15
1.5 Obvod záporné kapacity s rozší eným rozkmitem u výstupního nap tí:	15
1.5.1 Zjednodušené schéma	16
1.5.2 Náhradní schéma a rovnice:	17
1.5.4 Grafy:	19
1.6 Zdroj	21
1.6.1 Návrh a výpo et transformátoru	21
1.6.2 Stabilizovaní symetrický zdroj	25
1.7 Piezoelektrické materiály	26
1.7.1 Historie	26
1.7.2 P ímí piezoelektrický jev	26
1.7.3 Inverzní piezoelektrický jev	26
1.7.4 Piezoelektrické materiály používané v systémech potla ení vibrac	í 27
1.8 Kompozitní ohybové struktury	28
1.9 ízení Youngova modulu v piezoelektrických materiálech	29
2 Praktická ást	30
2.1 Napájení	30
2.2 Výb r jednotlivých sou ástek	30
2.2.1 Opera ní zesilova	30
2.2.2 Odpory v obvodu	31
2.2.3 Diody	31
2.2.4 Tranzistory	31
2.2.5 Kalkulace:	32

SOLID CONVERTER PDF

G

EDE

2.3 Podoba zrealizovaného DPS 1:1	33
2.4 Zobrazení DPS 1:1 po úprav	34
2.5 Krabi ka:	35
2.6 Mechanické úpravy:	36
2.7 Zobrazení pr b h	37
Záv r	40
Použitá literatura	41
Tišt né p ílohy v bakalá ské práci:	42
P ílohy p iložené k bakalá ské práci	43

SOLID CONVERTER PDF

Seznam použitých symbol

Α	úprava ke zjednodušení výpo tu
a	zrychlení
Au	zesílení opera ního zesilova e
В	úprava ke zjednodušení výpo tu
С	kapacita elektronického zp tnovazebního obvodu
<i>C0</i>	kondenzátor ve zp tné vazb obvodu záporné kapacity
C_S	kapacita piezoelektrického aktuátoru
<i>C</i> *	kapacita obvodu se zápornou kapacitou v p ípad reálné impedance ve
	zp tné vazb
D	Dimenzování vodi (pr m r)
D_k	elektrickou indukcí
d_{ijk}	piezoelektrický modul
Ek	intenzita elektrického pole
E_j	elektrickým polem
f	kmito et
F_b	budící síla
Ft	tlumící síla
Fv	vratná síla
G	zesílení opera ního zesilova e
h	Výška sloupce
<i>k</i> _i	koeficient elektromechanické vazby
k	tuhost
L	volná délka bimorfu
l	vzdálenost od volitelného konce bimorfu ke stínítku
l_g	je vzdálenost p sobišt zatížení bimorfu závažím o hmotnosti m
I_{IN}	vstupní proud zp tnovazebního obvodu
I_1	proud na primárním vinutí Max. zatížení
$I_{2,3}$	proud na sekundárním vinutí
$I_{4,5}$	proud na sekundárním vinutí

I_Z	proud Zenerovy diody
т	hmotnost
N_C	celkový po et závit na volt
N_V	po et závit na volt
n_i	po et závit na jednu adu
OZ	opera ní zesilova
PZT	piezoelektrická keramika na bázi tuhých roztok oxid olova (Pb), zirkonu
(Zr) a titanu	(Ti)
Q	náboj
Q	initel jakosti
Rb	odpor p ipojený paraleln nebo sériov k piezoelektrickému vzorku
R_0	odpor kondenzátoru ve zp tné vazb
R1 –R6	odpory v obvodu se zápornou kapacitou
Ra	úprava ke zjednodušení výpo tu
Rb	úprava ke zjednodušení výpo tu
Rx	úprava ke zjednodušení výpo tu
S_{fe}	istý obsah jádra
S'_{fe}	obsah jádra
S_1	P íkon max. zatížitelnosti jádra
Sij	mechanická deformace (tenzor 2. ádu)
sijkl	elastický koeficient (tenzor 4. ádu)
Т	p enos vibrací
t	as
T_{ij}	tenzorem mechanického nap tí
T_{kl}	tenzor mechanického nap tí
U	vnit ní energie systému
U_{max}	Nap tí na elektrolytu po usm rn ní
Ud	rozdílové diferen ní nap tí mezi vstupy opera ního zesilova e
Uin	vstupní nap tí opera ního zesilova e
Uout	výstupní nap tí opera ního zesilova e
Us	napájecí nap tí opera ního zesilova e

SOLID CONVERTER PDF EDE

UR1, UR2	nap tí na odporu R1, resp. R2 ve zp tné vazb v obvodu "S"
U1, U2	amplituda vibrací
U_1	Nap tí na primárním vinutí trafa 230V
$U_{2,3}$	Nap tí na sekundárním vinutí trafa 15V
$U_{4,5}$	Nap tí na sekundárním vinutí trafa 100V
V_t	Pln ní trafa
x	vzdálenost stopy odraženého paprsku od roviny upnutí bimorfu
x_i	celkový po et ad na jedno vinutí
x_0	výška laserového paprsku nad upnutím bimo rfu
Y	efektivní Young v modul piezoelektrického vzorku
YO	Young v modul piezoelektrického materiálu
Z_{IN}	vstupní impedance obvodu "S"
Z_0	impedance ve zp tné vazb obvodu "S"
	pom r kapacity zp tnovazebního obvodu ku kapacit piezoelektrického
vzorku	

SOLID CONVERTER PDF

= 0,71

ij	permitivita p i konstan	ntní deformaci
0	permitivita vakua 12	$0 = 8,854 . 10^{-12} F/m$

= 0,85

 $H_{fc} = 1, 1$

т

fázový posuv	
úhlová rychlost	
mechanická rezonan	ní úhlová rychlost
tlumení	

Úvod

V dnešní dob žijeme ve sv t neustálých technologických zm n což sebou p ináší mnoho výhod. Tyto výhody se p edevším týkají uleh ení a zp íjemn ní života lov ka. Ale jsou tu i negativní vlivy vznikající sou asn s tímto technologickým rozvojem. A to jsou **hluk a vibrace**. Mám na mysli vibrace a hluk co opravdu škodí lidskému organismu. V sou asnosti na jejich potla ení hodn používáme **pasivní systémy tlumení vibrací**, což jsou nap íklad pružiny, pryže nebo tlumi e izolující nežádoucí vibrace mechanicky. Nepoužívají se jen proto, že by byly tak moc kvalitní, ale jde o jejich dostupnost a to p edevším cenovou. Ale i p esto, že mají mnoho nevýhod jako velkou hmotnost a je pro n obtížné tlumit hluk a vibrace o nízkých frekvencí, tak v n kterých oblastech neznáme nic jiného co by šlo použít na místo pasivního tlumení.

Za ínají se více používat i aktivní systémy tlumení (viz obrázek 1 - 1 a 1 - 2).



v sou asnosti používaný systém aktivního potla ení vibrací

This document was created using



Jejich základní funkce je založena na snímání vibrací pomocí senzor a generování vibrací na aktuátoru s opa nou fází a stejnou amplitudou p sobící proti zdroji vibrací (Viz obrázek 1 - 1). Avšak toto ešení je náro né na spot ebu energie a má malou ú innost p i potla ování nízkých frekvencí.

P i použití piezoelektrického materiálu docílíme zjednodušení, jelikož ho lze použít zárove jako senzor i jako aktuátor. A proto tyto systémy mají mnoho výhod : jsou jednoduché, nemají velkou hmotnost, je u nich rychlá odezva a pracují s vysokou efektivitou a p esností.

1 Teoretická ást

1.1 Problematika systému pro potla ování vibrací

Dnes se dost asto setkáváme s r znými druhy ešícími problém hluku a nežádoucích vibrací, ale doposud za nejefektivn jší jsou považovány systémy aktivního potla ování vibrací využívající piezoelektrické materiály. Ale i p es mnoho pozitivních vlastností, jako je nízká spot eba energie a potla ování nízkých frekvencí. Se u t chto obvod m žeme setkat s p ípady, kdy jsou jejich vlastnosti nedosta ující.

Je jasné, že v systému potla ování vibrací je nejd ležit jší ástí opera ní zesilova, který ur uje vlastnosti celého obvodu, p edevším maximální vstupní nap tí na které lze obvod použít. Což je 10V p i napájení ±15V. A tady nastává problém pokud do obvodu p ichází nap tí do 10V vše je v naprostém po ádku a dojde k potla ení v plném rozsahu. Ale pokud je k obvodu p ipojen signál s v tším rozsahem nap tí než 10V tak dojde k limitaci výstupního nap tí a obvod nebude fungovat.

1.2 Možné ešení problému

Abychom se vyvarovali limitace výstupního nap tí musíme obvod ošet it. Pro naše ú ely zkombinujeme obvod, který slouží jako zesílení rozkmitu výstupního nap tí a obvod se zápornou kapacitou. A za pomoci n kolika d li nap tí zabráníme vstupu p íliš velkého nap tí do opera ního zesilova e. A tím dosáhneme požadovaného rozsahu a zárove se tak zbavíme i rizika, že p ekro íme max. vstupní nap tí opera ního zesilova e. Jednotlivé ásti jsou dále rozebrány v následujících kapitolách.

1.3 Obvod pro zesílení výstupního nap tí



Obvod zde zobrazen m žete nalézt v literatu e [2].

(obrázek 1 - 3)

viz. [2] Zapojení je ud láno tak, aby opera ní zesilova v pom ru 1:10 (pomocí R1=10k a R2=100k) izoloval zp tnou vazbu invertujícího vstupu od velkého výstupního nap tí obvodu tvo eného tranzistory tak, že i p i 100V na výstupu nejde na opera ní zesilova více jak 10V. Tranzistory T1 a T3 signál neinvertují a jsou zapojeny se spole nou bází. A Tranzistory T2 a T4 zde fungují jako invertující zesilova což zp sobí zám nu invertujícího vstupu za neinvertující vstup. Kondenzátory C1 a C2 zajiš ují frekven ní stabilitu a Diody D1 a D2 jso u zde aby se nep et žovali p echody B-E na T1 a T3. Takže výstupní nap tí Uo je roveno pom ru R2 / R1 násobenému –Ui vstupním invertujícím nap tím.

Vzorec pro výstupní nap tí:

$$Uo = -Ui * \frac{R2}{R1} = -10 * Ui$$
 viz.[2]

Tento obvod je dále upraven, aby pracoval jako obvod se zápornou kapacitou viz.(kapitola 1.5).

1.4 Význam obvodu se zápornou kapacitou

Pokud je použit kondenzátor se zápornou hodnotou, lze tak docílit ízení elastických vlastností piezoelektrického materiálu. Byly navrženy dva typy aktivního zp tnovazebního obvodu Dr. Munehiro Datem a to typy "H" (Hardering) a "S" (Softening) (viz obrázek 1-10 a obrázek 1-11) P i použití obvodu "H" lze dosáhnout zv tšení Youngova modulu a naopak obvodem "S" jeho snížení. Oba tyto obvody lze vyjád it vztahem:

$$C = -C_0 \frac{R_2}{R_1} \tag{1.6-1}$$



(obrázek 1 - 4) Obvod se zápornou kapacitou typu "S"



(obrázek 1 - 5) Obvod se zápornou kapacitou typu "H

1.4.1 Výpo et kapacity

Celková kapacita C je:

$$C = \frac{dQ}{dU_{IN}} = -C_0 \frac{R_2}{R_1}$$
(1.4.1 - 1)

Tento výraz (1.4.1 - 1) je celková kapacita obvodu, a protože jde o zápornou hodnotu je nazvána **negativní kapacita**.

"

Tento vztah je platný pro oba obvody záporné kapacity zobrazené na obrázcích (1-4 a 1-5). Které lze dále uplatnit i pro inovaci systému. Je dobré v d t, že pro opera ní zesilova e platí vztah $U_{OUT} = Au(U_{IN}^+ - U_{IN}^-)$ (1.4.1-2)

kde, Au je zesílení OZ a U_{IN}^+ , U_{IN}^- jsou neinvertující a invertující vstupy opera ního zesilova e. Pro výpo ty uvažujeme opera ní zesilova za ideální a nap tí mezi vstupy $U_{IN}^+ - U_{IN}^- = 0$. podrobn ji viz. [3]

1.5 Obvod záporné kapacity s rozší eným rozkmitem u výstupního nap tí:

Jelikož dosavadní systémy pro potla ování vibrací jsou omezeny maximálním vstupním nap tím opera ního zesilova e. Což má rovn ž za následek omezení maximální amplitudy vibrací, které je systém schopen utlumit . Proto zde ešíme obvod záporné kapacity se zv tšenou amplitudou výstupního nap tí, které nám m že umožnit odstran ní tohoto nedostatku.

SOLID

1.5.1 Zjednodušené schéma

V obvod je zvýrazn no zjednodušení pro zvýšení rozkmitu které m žete nalézt na(obrázku 1 - 3) v kapitole (1.3), kde je rovn ž zvýrazn no. Odpory R1,R2 a R3,R4,R5 zde slouží jako ochrana proti p ekro ení maximálního nap tí invertujícího a neinvertujícího vstupu opera ního zesilova e u zp tné vazby i u vstupu. Dále pak odpory R1 a R2 pracují jako zesílení výstupního signálu systému. Zesílení lze pop ípad doladit pomocí (trimru R2), ale je nutné, aby jejich pom r 1:10 byl zachováván. Úplné schéma je zobrazeno v p íloze (schéma .1).



(obrázek 1 - 6)

Zjednodušené schéma zapojení záporné kapacity (typu "H") s rozší eným rozkmitem výstupního nap tí.

1.5.2 Náhradní schéma a rovnice:

Pro samotný výpo et je zapot ebí ur it v obvod všechny vztahy, které nám pomohou odstranit všechny neznámé veli iny. Nejjednodušším zp sobem je použití Kirchhoffových zákon na náhradním schématu.



(obrázek 1 - 7)

Náhradní schéma zapojení záporné kapacity (typu "H") s rozší eným rozkmitem výstupního nap tí.

Solid

Proudové uzly:

 $I_B = I_C + I_D$ (1.5.2 - 1)

Nap ové smy ky:

1:	$0 = -\mathbf{U_{out}} + \mathbf{I_C}\mathbf{Z_C} + \mathbf{I_D}\mathbf{R_3}$	(1.5.2 – 2)
2:	$0 = -\mathbf{U}_{out} + \mathbf{I}_{A}(\mathbf{R}_{2} + \mathbf{R}_{1})$	(1.5.2 – 3)
3:	$0 = -\mathbf{U}_{\mathbf{IN}} + \mathbf{I}_{\mathbf{B}}\mathbf{R}_{5} + \mathbf{I}_{\mathbf{D}}\mathbf{R}_{3}$	(1.5.2 – 4)
4:	$0 = R_2 I_A + Z_C I_C$	(1.5.2 – 5)
5:	$0 = I_A R_1 - I_D R_3$	(1.5.2 – 6)

Další rovnice:

 $U_{IN} - U_{out} = Z_C I_C + I_B R_5$ (1.5.2 - 7)

To remove this message, purchase the

product at www.SolidPDF.com

$\mathbf{Z}\mathbf{c} = \mathbf{R}_4 + 1 / (\mathbf{j} \ \mathbf{C}_0)$	(1.5.2 – 8)	
$\mathbf{U}_{\mathbf{IN}} = \mathbf{I}_{\mathrm{B}} \mathbf{Z}_{\mathrm{IN}}$	(1.5.2 – 9)	
$\mathbf{Z_{IN}} = 1/(j \ C_{IN})$	(1.5.2 – 10)	R_4 C_0
$\mathbf{C}_{\mathbf{IN}} = \mathbf{Q} / \mathbf{U}_{\mathbf{IN}}$	(1.5.2 – 11)	
$\mathbf{C}_{0} = \mathbf{Q} / \mathbf{U}_{\mathbf{C}}$	(1.5.2 – 12)	
$U_C = Z_C I_C$	(1.5.2 – 13)	

Celková kapacita obvodu tedy je:

$$C_{\rm IN} = \frac{R_1 - jC_0(R_2R_3 - R_1R_4)\omega}{\omega(C_0R_2R_3R_5\omega + R_1(R_3 + R_5)(j - C_0R_4\omega))}$$

Reálná a imaginární složka kapacity obvodu:

$$C_{\rm IN} = \frac{C_0 \omega(R_2 R_3)}{\omega(C_0 R_2 R_3 R_5 \omega + R_1 (R_3 + R_5)(-1 - C_0 R_4 \omega))}$$

+
$$\frac{j(R_1 - C_0^2 R_4 \omega^2 (R_2 R_3 - R_1 R_4))}{\omega(C_0 R_2 R_3 R_5 \omega + R_1 (R_3 + R_5)(-1 - C_0 R_4 \omega))}$$

Imaginární a reálná složka impedance obvodu:

$$Z_{IN} = \frac{-j\omega(C_0R_2R_3R_5\omega + R_1(R_3 + R_5)(-1 - C_0R_4\omega))}{C_0\omega^2(R_2R_3)}$$

$$-\frac{\omega(C_0R_2R_3R_5\omega+R_1(R_3+R_5)(-1-C_0R_4\omega))}{\omega(R_1-C_0^2R_4\omega^2(R_2R_3-R_1R_4))}$$

PDF

1.5.4 Grafy:



(obrázek 1 - 8)

Reálná ást kapacity v závislosti na Frekvenci vstupní nap tí je shodné s výstupním nap tím v rozsahu od 10Hz do 1KHz.



(obrázek 1 - 9)

Imaginární ást kapacity v závislosti na Frekvenci vstupní nap tí je shodné s výstupním nap tím v rozsahu od 10Hz do 1KHz



(obrázek 1 - 10)

Imaginární impedance v závislosti na frekvenci



(obrázek 1 - 11)

Reálná impedance v závislosti na frekvenci

SOLID Converter

PDF

1.6 Zdroj

Je velmi obtížné testovat obvod aktivního potla ení vibrací v plném rozsahu pokud není dostate n napájen. A to v obou jeho hlavních ástech ze kterých je sestaven. V p ípad , že je napájen menším nap tím, než bylo stanoveno (na ± 100 V v ásti pro zesílení rozkmitu) jsou jeho vlastnosti u zesílení rozkmitu omezeny nap tím, kterým je práv napájen. A proto byl navržen zdroj pro dostate né napájení celého obvodu. Avšak nebyl realizován.

1.6.1 Návrh a výpo et transformátoru

Každý zdroj i tento pot ebuje transformátor a pokud se nedá zakoupit nezbývá nic jiného než jej navrhnout podle vlastních specifikací.

Primární cívka napájena b žn ze sít nap tím U 1=230V

V sekundární ásti je nutné docílit t chto nap tí a proud :

$U_2 = 18V$	$U_3 = 18V$	$U_4=100V$	$U_5 = 100V$
$I_2 = 20mA$	$I_3 = 20mA$	$I_4 = 400 mA$	$I_5 = 400 mA$

Konstanty

 $= 0,71 \qquad K_p = 1,07 \qquad = 0,85 \qquad H_{fc} = 1,1 \qquad T = 4A/m^2$

Jádro plech. EL 40x32

P íkon max. zatížitelnosti jádra S₁:

$$S'_{fe} = 4*3, 2 = \underline{12, 8cm^2}$$
 (1.6.1 - 1)

$$S_{fe} = S'_{fe} / K_p = 12.8 / 1.07 = \underline{11.96 \text{ cm}^2} (1.6.1 - 2)$$

$$S_1 = (S_{fe} / H_{fc})^2 = (11,96 / 1,1)^2 = \underline{118.3VA} (1.6.1 - 3)$$

Max. zatížení primárního vinutí I₁:

$$I_1 = S_1 / U_1 = 118,3 / 230 = 0.52A$$
 (1.6.1 - 4)

Solid

Celkový po et závit na volt:

$$N_{C} = \frac{32}{S_{fe} * \beta} = \frac{32}{11,96*0,71} = \underline{3,77} \qquad (1.6.1 - 5)$$

Po et závit na volt:

$$N_V = U * N_C \tag{1.6.1 - 6}$$

Po et závit v primární cívce:

$$N_1 = 230 * 3,77 = 867 (1.6.1 - 7)$$

Po et závit na všech ty ech sekundárních cívkách:

$$N_{2,3} = 18 * 3,77 = 68$$

 $N_{4,5} = 100 * 3,77 = 377$ (1.6.1 - 8)

Dimenzování vodi :

Vzorec:

$$D = 1,13 * \sqrt{\frac{I}{T}} \qquad (1.6.1 - 9)$$

Primární vinutí

$$D_1 = 1.13 * \sqrt{\frac{0.52}{4}} = 0.4mm$$
 (1.6.1 - 10)

Sekundární vinutí

$$D_{2,3} = 1,13 * \sqrt{\frac{0,02}{4}} = 0,079mm$$

$$D_{4,5} = 1,13 * \sqrt{\frac{0,4}{4}} = 0,36mm$$
(1.6.1 - 11)

Pro $D_{2,3}$ je vhodn jší použít ší ku drátu 0,1mm podle tabulky a u $D_{1,4,5}$ je vhodn jší použít ší ku drátu 0,5mm namísto 0,45 podle tabulky.

PDF

To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

Tabulka průřezů vodičů podle zatížení

Průměr drátu v mm	Maximálni zatiženi na vinutí v Ampérech pro měď(Cu)	Maximálni zatiženi na vinutí v Ampérech pro hliník(Al)
0,04	0,003	0,002
0,06	0,005	0,004
0,08	0,013	0,009
0,10	0,020	0,013
0,12	0,029	0,019
0,15	0,044	0,031
0,18	0,064	0,043
0,20	0,079	0,053
0,25	0,125	0,083
0,30	0,178	0,120
0,35	0,241	0,164
0,40	0,315	0,214
0,45	0,400	0,272
0,50	0,493	0,335
0,60	0,708	0,481
0,70	0,960	0,653
0,80	1,261	0,860
0,90	1,590	1,160
1,00	1,963	1,330
1.20	2,825	1,920
1,40	3,850	2,618
1,50	4,425	3,000
1,60	5,025	3,417
1,80	6,375	4,335
2,00	7,850	5,350

Okno trafa EL 40x32 podle tabulky 60x20mm

istá ší e = 1,5*typ-v le-2*materiál

istá ší e =1,5*4-0,5-5*0,2

=<u>5,1cm</u>

Po et závit na jednu adu:

$$n_i = \frac{ist \acute{a} \acute{s} \acute{l} e}{D} \qquad (1.6.1 - 13)$$

primární cívky

$$n_1 = \frac{5.1}{0.5} = 102 \qquad (1.6.1 - 14)$$

sekundárních cívek

$$n_{2,3} = \frac{5.1}{0.1} = 510$$

 $n_{4,5} = \frac{5.1}{0.5} = 102$ (1.6.1 - 15)

SOLID CONVERTER PDF To remove this message, purchase the

product at www.SolidPDF.com

Celkový po et ad pro každé vinutí:

Vzorec:

$$x_i = \frac{N}{n}$$
 (1.6.1 - 16)

primární vinutí

$$x_1 = \frac{N_1}{n_1} = \frac{867}{102} = 8,5 \doteq 9 \tag{1.6.1 - 17}$$

sekundární vinutí

$$x_{2,3} = \frac{2*68}{510} = 0,26 \doteq 1$$

$$x_{4,5} = \frac{2*377}{102} = 7,4 \doteq 8$$
(1.6.1 - 18)

Výška sloupce:

Vzorec:

$$L = x * D$$
 (1.6.1 - 19)

 $L_{1,2,3,4,5} = 4,5+0,1+4 = 8,6mm$

Izolace mezi vinutím :

$$Izolace = 4*0,25+0,15 = 1,15mm \qquad (1.6.1 - 20)$$

Pln ní trafa:

$$V_{t} = L + izolace + 2*v le \qquad (1.6.1 - 21)$$
$$V_{t} = 8,6+1,15+2*0,5 = 10,75mm$$
$$\frac{V_{t}}{V}*100 = \frac{10,75*100}{20} = \underline{53,75mm}$$

SOLID CONVERTER PDF PDF

To remove this message, purchase the

product at www.SolidPDF.com

1.6.2 Stabilizovaní symetrický zdroj

Ale pouhý návrh transformátoru nesta í, nap tí které dostáváme ze sekundárního vinutí je pot eba usm rnit a stabilizovat ehož lze dosáhnou t n kolika zp soby.

Sériový stabilizátor bez zp tné vazby princip:



K návrhu Stabilizovaného symetrického synchronního zdroje na ±100V pot ebného pro napájení ásti zesilující rozkmit byl použit Sériový stabilizátor bez zp tné vazby,. který je zobrazen na obrázku (1-12). Kone ná podoba tohoto zapojení je zobrazena na (schématu .2).

Výpo ty:

This document was created using

 $U_{vst} = 100V \quad Iz = 10mA \quad \text{pot ebujeme } U_{vyst} = 100V$ Úbytek na Grec. M stku $U_{grec} = 1,5V$ Na elektrolitu $U_{max} = (100-1,5)*\sqrt{2} = 98,5*\sqrt{2} = 139,3V$ $R_{1,2} = \frac{U_{max} - U_{vyst}}{I_z} = \frac{139,3 - 100}{0,01} = 3930$ Zvolíme nejbližší v ad a to je 3k9 P idaná zát ž $R_{3,4}$:

Je zde navíc použita malá zát ž na výstupu 2,2K 5W, aby zdroj neb žel naprázdno.

Ale také pot ebujeme napájet opera ní zesilova symetrickým stabilizovaným zdrojem s nap tím ±15V. Pro tento ú el, byl použit již existující návrh zdroje s n kolika drobnými úpravami, který je zobrazen na (schématu .3) viz.[8]

1.7 Piezoelektrické materiály

1.7.1 Historie

Piezoelekt ina byla objevena v roce 1880 Pierrem a Jacquesem Curieovýmy na turmalínových krystalech a poté na krystalech k emene. Byl pozorován jev p i kterém se na plochách krystalu tvo il elektrický náboj zp so bený mechanickým namáháním. A po zjišt ní linearity mezi tlakem a nábojem byl tento jev nazván **p ímí piezoelektrický jev**. Postupem asu se piezoelektrické materiály za ali používat pr myslov i v optice a v medicín . Dnes jej využíváme ke snímání neelektrických veli in (tlaku, tahu, síly, zrychlení také i zvuk a vibrací).

1.7.2 P ímí piezoelektrický jev

Jak už bylo výše uvedeno, tak p i piezoelektrickém jevu se na elektrodách dvou protilehlých stran krystalu p i jeho mechanickém namáhání tvo í náboj.

Matematické vyjád ení lineární stavové rovnice:

 $\mathbf{D}_{k}=\mathbf{d}_{nk}*\mathbf{T}_{ij}+_{kj}*\mathbf{E}_{j}$ kde i,j = 1,2,3 (1.3.2 - 1)

Tato rovnice vyjad uje vztah mezi elektrickou indukcí D_k , tenzorem mechanického nap tí T_{ij} a elektrickým polem E_i .

1.7.3 Inverzní piezoelektrický jev

Podobný ale zcela opa ný jev, který m ní elektrické nap tí na mechanickou deformaci na **aktuátorech** (piezoelektrických materiálech) se nazývá **elekrostrikce**, je to **obrácený** (**inverzní**) **piezoelektrický jev**.

Matematické vyjád ení lineární stavové rovnice:

$$S_{ij} = s_{ijkl} * T_{kl} + d_{ijk} * E_k$$
 kde k,l = 1,2,3 (1.3.3 - 1)

 S_{ij} je tnzor elastické deformace, T_{kl} tenzor mechanického nap tí, s_{ijkl} je tenzor elastických poddajností.

Velice užite nou veli inou, která u piezoelektrického vzorku defin uje efektivnost p em ny elektrické energie na mechanickou a naopak, je koeficient elektromechanické

vazby
$$\mathbf{k}_{i}$$
: $k_{i\lambda}^{2} = \frac{e_{i\lambda}^{2}}{\varepsilon_{ii}^{S} \cdot c_{\lambda\lambda}^{E}}$ (1.3.3 – 2)

1.7.4 Piezoelektrické materiály používané v systémech potla ení vibrací

Nejrozší en jším materiálem je feroelektrická keramika PZT s chemickým vzorcem $Pb(Zr_x Ti_{1-x})O_3$. Výhodou PZT je jeho velký koeficient elektromechanické vazby *k* a snadné zp tnovazební ízení. Nevýhodou je jeho k ehkost. Pro úpravu vlastností PZT keramiky se používají p ím si jiných druh materiál jako je železo, niob, wolfram, s tímto obohacením PZT keramiky m žeme dosáhnout mnohem lepších vlastností, než jaké má istý materiál. Použitelnost této keramiky je p edevším tam, kde je zapot ebí p esného posunutí, vysok é generující síly a rychlé asové odezvy.

Krom PZT keramiky používané k aktivnímu tlumení, také existuje PVDF polymer, chemický název je (polyvinyldifluorid). Tento polymer se používá k tlumení hluku má sice nižší piezoelektrické koeficienty než PZT kerami ka, ale jeho výhodou je tvárnost a lze s ním levn pokrývat velké plochy (nap . okna).

SOLID

1.8 Kompozitní ohybové struktury

Struktury jako unimorfy, bimorfy a polymorfy lze použít k p evodu elektrického nap tí na (sílu, moment síly a tlak) a naopak. Proto jsou použitelné u aktivních systém pro potla ování vibrací.

Aby dosáhly velké koncové výchylky je za pot ebí veliké generující síly, což nás p ivádí k použití systému pro potla ování vibrací s rozší eným rozkmitem výstupního nap tí.

Druhy kompozitních ohybových struktur:

Polymorfy – mají více než dv vrstvy PZT keramiky a stejný výkon p i nižším nap tí.

Bimorfy – používají se jako aktuátory, jsou to kovové plátky pokryté z obou stran PZT.

Lze je d lit viz.(obrázek 1 – 13) na:

a),b) sériovéc) paralelníd) unimorfy



(obrázek 1 - 13)

Unimorfy – nej ast ji používané na bzu áky, jsou to kovové desti ky pokryté PZT keramikou.

SOLID

1.9 ízení Youngova modulu v piezoelektrických materiálech

Young v modul pružnosti. Tento koeficient je závislý na vlastnosti materiálu, *spojuje velikost elastické deformace úm rné p iloženému mechanickému nap tí*. Vyšší hodnoty Youngova modulu pružnosti odpovídají mén poddajným materiál m.

V našem p ípad docílíme potla ování vibrací ízením elastické tuhosti piezoelektrických materiál pomocí elektrického pole, kd e využíváme obou piezoelektrických jev p ímého i nep ímého a proto lze piezoelektrický vzorek používat sou asn jako ak ní len i detektor.

Elastické ízení tuhosti lze vyjád it za pomocí *komplexního Youngova modulu* (Y=Y[']+ jY^{''}) [10]

Princip:

P i p sobení mechanického nap tí na piezoelektrický materiál se na elektrodách objeví náboj Q ten je pak p eveden na paraleln p ipojenou externí kapacitu (viz obrázek 1-14).



(obrázek 1 - 14)

Princip aktivního ízení elastických koeficient, pomocí externí kapacity C pipojenému k piezoelektrickému aktuátoru Cs

Po nabití kondenzátoru nábojem Q se mezi elektrodami vytvo í elektrické nap tí

$$U = -\frac{Q}{C} \tag{1.9-1}$$

A toto nap tí je zp t p ivedeno na elektrody vzorku což vyvolá opa nou mechanickou deformaci vzorku. To znamená, že mechanická deformace a deformace vzniklá nap tí za pomocí kondenzátoru se se tou a pokud je vzniklé nap tí dostate n fázov posunuté dojde k potla ení deformace mechanické .

2 Praktická ást

Tato kapitola je zam ena na volbu reálných sou ástek použitých v obvod aktivního potla ení vibrací (viz kapitola 2.2), mechanické úpravy a montáž p ípravku, a testování obvodu v laboratorním prost edí.

2.1 Napájení

Jako všechny elektronické za ízení i toto zapojení pot ebuje napájení. A to pro dv hlavní ásti. První ástí je myšlen opera ní zesilova LM301A, který pevn napájíme duálním stejnosm rným nap tím ±15V. A druhá ást, kterou pot ebujeme napájet, je ást pro zvýšení rozkmitu, lze ji napájet od ±15V do ±100V, ale ±100V je nejvhodn jší, jelikož to bylo zam ýšleno.

2.2 Výb r jednotlivých sou ástek

Funk nost tohoto obvodu lze výrazn ovlivnit výb rem jednotlivých sou ástek .

2.2.1 Opera ní zesilova

Ve zp tnovazebním obvodu systému pro potla ování vibrací je nejd ležit jší sou ástkou opera ní zesilova . A proto k výb ru opera ního zesilova e pro obvod systému potla ení vibrací je d ležité splnit následující vlastnosti: Dostate n velké nap ové zesílení (*Au*), velké frekven ní pásmo (Bandwith), zdroj opera ního zesilova e musí mít duální napájení od ±5 do ±15V a také cenovou dostupnost.. Jako opera ní zesilova byl zvolen typ LM301AN, protože je cenov dostupný má duální napájení od ±5 do ± 15V a má velké zesílení (*Au*=10⁵).

2.2.2 Odpory v obvodu

Odpory použité v obvodu mají hodnoty 1k, 10k a 100k , pro zp tnovazební zesílení a dolad ní obvodu byly zvoleny 25-ti otá kové fermetové trimry (64w nastavitelný ze shora o hodnot 100k).



2.2.3 Diody

V realizovaném obvod byli použity tyto diody. Diody typu UF4007 s parametry do 1000V / 1A jsou použity v ásti na zvýšení rozkmitu a diody typu 1N4007 s parametry do 1000V / 1A na vstupech opera ního zesilova e jako ochrana proti nap ovému p etížení U_{IDmax}.

2.2.4 Tranzistory

V obvod jsou použity 4 tranzistory a z toho dva jsou tipu PNP a dva tipu NPN. Jako NPN tranzistor byl zvolen typ MPSA42 s pouzdrem TO92 a s parametry do 300V / 0.5A / 0.6W

A jako PNP tranzistor byl zvolen typ MPSA92 s pouzdrem TO92 a s parametry do 300V / 0.5A / 0.6W

Tyto tranzistory byli zvoleny, jelikož je zapot ebí tu ást obvodu pro rozší ení rozkmitu napájet do ± 100 V. Sta ilo by si zvolit tranzistor do 200V, ale je d ležité ponechat rezervu pro p ípadné p ekro ení stanoveného napájecího nap tí.

2.2.5 Kalkulace:

Celkové náklady na realizaci zapojení za materiál, sou ástky a dopravu. Zakoupeno v GES - Elektronics

1 ks ... Trimr 64 w -100k 20.45 K bez DPH 24.34K s DPH Zakoupeno NEDIS KERR

2 ks Rezistor ¹ / ₄ W 1k 0.84 K bez DPH 1.00 K s DPH
4 ks Rezistor ¹ / ₄ W 10k 1.68 K bez DPH 2.00 K s DPH
2 ks Rezistor ¹ / ₄ W 100k 0.84 K bez DPH 1.00 K s DPH
1 ks Patice IO-DIL8 1.68 K bez DPH 2.00 K s DPH
1 ks IO LM301A 21.01 K bez DPH 25.00 K s DPH
2 ks Kondenzátor 1pF 4.20 K bez DPH 5.00 K s DPH
3 ks Kondenzátor 100pF 12.60 K bez DPH 15.00 K s DPH
2 ks Dioda 1N4007 1.68 K bez DPH 2.00 K s DPH
2 ks Dioda UF4007 4.20 K bez DPH 5.00 K s DPH
2 ks Tranzistor MPSA92 2.52 K bez DPH 3.00 K s DPH
2 ks Tranzistor MPSA42 2.52 K bez DPH 3.00 K s DPH
10 ks zdí ek na banánky16.80 K bez DPH 20.00 K s DPH
1 ks vypína sí ový16,51 K bez DPH 20.38 K s DPH

Zakoupeno na objednávku

1 ks Krabi k	a KP49	36.00 K	bez DPH	42.84 K	s DPH
+ EXPEDI	NÍ náklady	. 74.00 K	bez DPH	88.06 K	s DPH

SOLID CONVERTER

PDF

2.3 Podoba zrealizovaného DPS 1:1

Toto je podoba DPS a rozvržení sou ástek na DPS, podle kterého byl zhotoven použitý tiš ák. P eškrtnuté sou ástky jsou chybné. Dva ozna ené rezistory byly nahrazeny kondenzátory, dv diody propojkou a trimr (P1) byl odstran n, jelikož p i zm n umíst ní vstupního signálu se stal nadbyte ným . A také zde nejsou ozna eny vstupy. Jelikož zhotovení nového DPS je asov i fin an n nákladné byl použit tento.

Tyto zm ny byly nutné, protože toto p vodní zapojení napracovalo jako zapojení negativní kapacita se zesílením rozkmitu, ale pouze jako invertující zesilova s rozší eným rozkmitem.



(obrázek 2 - 1) Rozmíst ní sou ástek



(obrázek 2 - 2) Spoje na DPS

2.4 Zobrazení DPS 1:1 po úprav

Zde jsou odstran ny p edcházející chyby. Zdrojová data jsou v p íloze eagel.



2.5 Krabi ka:



(obrázek 2 - 8)

Název produktu: KP 17 Rozm r A (výška): 38 mm Rozm r B (ší ka): 119 mm Rozm r C (hloubka): 143 mm Popis:

Krabi ka se skládá ze dvou díl, které sestavíme a sešroubujeme ty mi vruty. Standardn se dodává v barv erné, v ochranném balení spole n se ty mi plastovými noži kami typu NO1 a ty mi vruty. Krabi ka má mírný sklon ke kratší stran, ale lze ji složit i do roviny.

Materiál:

Krabi ka je standardn vyrobena z materiálu polystyrénu. Tento materiál je vhodný pro výrobky s použitím nap tí do maximáln 50V (nap . je výrobek napájen pomocí vn jšího sí ového adaptéru nebo je napájen pomocí baterií). V p ípad požadovaného vyššího nap tí je nutno materiál zm nit na ABS UL94-V0 spl ující SN. [9]

2.6 Mechanické úpravy:

Usazení DPS do krabi ky. Byly zhotoveny dva samostatné samolepící štítky 10,1 x 10,42 na horní a dolní ást krabi ky pro jednoduché ozna ení vrtaných d r na zdí ky (horní štítek), vypína e a také pro ozna ení d r k uchycení DPS (dolní štítek) (viz. P íloha štítky).

Po správném nalepení štítk na krabi ku lze okamžit vrtat. Ší ku vrtáku volíme podle použité zdí ky. Po vyvrtání odstraníme štítek a m žeme umístit zdí ky pro konektory na svá místa (v tomto p ípade banánkové konektory) a do vnit ní ásti za použití distan ních sloupk lze uchytit v p edem p ipravených dírách naše DPS.





(obrázek 2 - 10) horní ást kone ná podoba



 $(obrázek \ 2-9) \ Spodní \ \ ást$



(obrázek 2 – 11) vnit ní ást

2.7 Zobrazení pr b h

Pro znázorn ní funk nosti zapojení v celém rozsahu nap tí byl obvod nasimulován v programu Electronics Workbench Multisim 7.0 jelikož nebylo možn v laboratorních podmínkách sehnat dostate n velký zdroj a funk ní generátor . Symulovaný pr b h na (Obrázeku 2 – 13) je tém podobný s reálným na (Obrázeku 2–14).





(Obrázek 2 – 12) Simulace Electronics Workbench Multisim fázový posunu p i 40V 900Hz na vstupu v s napájením ±100V na zesílení rozkmitu a ±15V na OZ



(Obrázek 2 – 13) Simulace Electronics Workbench Multisim : fázový posunu p i 10V 900Hz na vstupu v s napájením ±100V na zesílení rozkmitu a ±15V na OZ



(Obrázek 2 – 14) Reálné zobrazení prbhu obvod je napájen $\pm 15V$ v $obou<math display="inline">% \pm 10V$ a frekven ce300Hz.



(Obrázek 2 – 15) Reálné zobrazení pr b hu obvod je napájen ± 15 V v obou ástech, vstupní nap tí je 10V a frekvence 900Hz.

SOLID CONVERTER PDF PDF

Záv r

U tohoto systém potla ování vibrací byly použity takové sou ástky, aby vyhovovali hlavn cenové dostupnosti. A jak se ukázalo tak obvod v této podob není vhodný pro použít u frekvencí vyšších 1KHz. A proto není dobré použít nejlevn jší sou ástky, aspo co se tý e opera ního zesilova e, protože pak obvod nemusí mít dostate n velkou frekven ní ší ku.

Byly rozebrány dosavadní výsledky výzkumu systému potla ování vibrací využívajícím metodu elektrického ízení elastických vlastností piezoelektrického aktuátor. A bylo navrženo zlepšení pro zv tšení rozkmitu umož ující tlumit vibrace ve v tším nap ovém rozsahu než doposud. Ale tento obvod nebyl testován v plném rozsahu jeho možností, jelikož není dostupný dostate n velký zdroj ani signál z funk ního generátoru. M ením bylo sice prokázáno, že se obvod chová jako kapacita, ale nebyl použit u piezo elektrického vzorku a proto se s jistotou nedá íct zda je schopen tlumení i nikoli. Pokud by se vycházelo jen z fázového posunu zobrazeného v kapitole 2.7 tak by k tlumení na vzorku nedošlo, ale naopak ješt by to vibrace posílilo. A v tom p ípad bych tento obvod nemohl pro tlumení v ibrací doporu it.

Cílem této práce bylo sice pouze navržení metody aktivního potla ení p enosu vibrací pro mikropolohovací systém, ale bez její realizace by nebylo možn provést žádná m ení . A když by vše z stalo jen na teoretické úrovni další pokusy s tímto obvodem do budoucna by nebyly možné, tedy pokud by se n kdo nerozhodl jej sestavit.

Solid

FRTER PDF

Použitá literatura

[1] DOSTÁL, J., Opera ní zesilova e, Praha, SNTL – Nakladatelství technické literatury, n.p., 1981

[2] PUN OCHÁ, J., *Opera ní zesilova e v elektronice*, 5.vydání, Praha, BEN – technická literatura, 2002, 496s, ISBN 80-7300-059-8

[3] L. Raulímová: Návrh a realizace obvodu se zápornou kapacitou pro systém aktivního

potla ení vibrací pomocí piezoelektrickýc h materiál, Diplomová práce, TU v Liberci 2006

- [4] P. P lpán, J. Erhart: Parametry piezoelektrických bimorf, Elektro 3, 4-7 (2002)
- [5] P. P lpán: Studium parametr piezoelektrických prvk , Diplomová práce, TUL 2002

[6] P. Neuman, J. Uhlí : Elektronické obvody, Vydavatelství VUT, 1996

[7]http://hw.cz/Teorie-a-praxe/Dokumentace/ART1858-Stejnosmerne-zdroje-napeti.html

- [8]http://hw.cz/Teorie-a-praxe/Konstrukce/ART1707-Kvalitni-symetricky-napajeci-zdroj-smoznosti-volby-napeti.html
- [9] <u>http://www.krabicky.cz</u>
- [10]DATE, M., KUTANI, M., SAKAI, S., *Electrically controlled elasticity utilizing piezoelectric coupling*, Journal of Applied Physics, 15.1.2000
- [11] FUKADA, E., DATE, M., KIMURA, K., OKUBO, T., KODAMA, H., MOKRÝ,P., YAMAMOTO,K., Sound isolation by piezoelectric polymer films commected with negative capacitance circuits,

[12] MOKRÝ, P. FUKADA, E., YAMAMOTO, K., *Noise shielding system utilizing a thin piezoelectric membrane and elsticity control, Journal of applied physics, 28.4.2003*

[13] P. Mokrý (soukromé sd lení)

[14] KODAMA, H., OKUBO, T., DATE, M., Sound Reflectionand Absolution by Piezoelectric Polymer Films, 2002

[15] FUKADA,E., DATE, M., KODAMA, H., *Recent Trend on Application of Piezoactive Polymers* to Acoustics – Low Frequency Sound Barrier, Kobayasi Institute of Physical Research, Tokyo, Japan

[17] MOKRÝ, P. Habilita ní práce, Liberec

[18] HORÁK, Z., KUPKA. F., Fyzika – P íru ka pro vysoké školy technického sm ru, Praha, SNTL

Solid

RTER PDF

– Nakladatelství technické literatury, 1981, 1136s

Tišt né p ílohy v bakalá ské práci:

1 Schéma zrealizovaného zapojení	43
2 Schéma symetrického Stabilizovaného zdroje ±100V	44
3 Schéma symetrického stabilizovaného zdroje na nap tí ±15V	45
4 Štítky	46
a) Horní štítek	
b) Dolní štítek	

SOLID CONVERTER PDF

- b) Donn Stitek
- c) Štítky na konektorech

P ílohy p iložené k bakalá ské práci:

1 Deska se zp tnovazebním obvodem umíst ná do krabi ky 2 CD

Na CD:

P íloha . 1: Datasheet 1N5408.pdf

- **P** íloha . 2: Datasheet 1N4007.pdf
- P íloha . 3: Datasheet zener1N746-759.pdf
- P íloha . 4: Datasheet MPSA42.pdf
- P íloha . 5: Datasheet MPSA92.pdf
- P íloha . 6: Datasheet Rezistory a trimry.pdf
- P íloha . 7: Datasheet UF4007.pdf
- P íloha . 8: Datasheet LM 301 AN.pdf
- **P** íloha . 9: Datasheet bzx85c.pdf
- P íloha . 10: Datasheet elko 1000UF 200v.pdf
- P íloha . 11: Datasheet elko 4700UF 40v.pdf
- P íloha . 12: Datasheet KA7815.pdf
- P íloha . 13: Datasheet KA7915.pdf
- P íloha . 14: Datasheet SFT1240.pdf
- P íloha . 15: Schéma zdroje (eagle soubor zdroj / untitled.sch)

Solid

- P íloha . 16: Schéma realizovaného obvodu (eagle soubor obvod / untitled.sch)
- P íloha . 17: Schéma realizovaného obvodu (eagle soubor obvod / untitled.brd)

P íloha . 18: Schéma realizovaného obvodu (eagle soubor obvod oprava / *untitled.sch*)

P íloha . 19: Schéma realizovaného obvodu (eagle soubor obvod oprava / *untitled.brd*)

ERTER PDF

P íloha . 20: Štítky

Schéma zrealizovaného zapojení:



SOLID CONVERTER

(schéma .1)

PDF

PDF

Seznam so	ou aste	ĸ	
R1,R6		100k	
R2,R3		10k	
R4,R5		10k	
R8,R9		1k	
P2	100k	25otá	kový trimr
T1,T3		MPSA4	42
T2,T4		MPSA	92
D1,D2		1N4007	7
D3,D4		UF400	7
C1,C4,C5	100pF		
C2,C3		1pF	

.



Schéma symetrického Stabilizovaného zdroje ±100V

C-1,2 vstup 100V ~ ze sekundárního vinutí trafa U4 viz. kapitola

D-1,2 vstup 100V ~ ze sekundárního vinutí trafa U5 viz. Kapi tola

Seznam sou ástek:

D13-D20	diody tipu 1N5408
CE5,CE6	elektrolyt 1000uF \setminus 200V
ZD1,ZD2	Zenerova dioda 100 V 1,3W Iz=10mA
T1	tranzistor tipu NPN MPSA42
T2	tranzistor tipu PNP MPSA92
R1,R2	rezistor 3,9K 1W
R3,R4	rezistor 2,2K 5W
F1,F2	tavná pojistka 400mA

DF



Schéma symetrického stabilizovaného zdroje na nap tí ±15V

A-1,2 vstup 18V ~ ze sekundárního vinutí trafa U2 viz. kapitola

B-1,2 vstup 18V ~ ze sekundárního vinutí trafa U3 viz. Kapitola

Seznam sou ástek:

R7-R10,R13-R16	rezistory 1,8
R11,R17	rezistory 2,2K
R12,R18	rezistory 1K
D1-D12	diody tipu 1N5408
C1-C4,C7-C10	keramické kondenzátory $47nF \setminus 50V$
C5,C6,C11,C12	keramické kondenzátory 100nF $\backslash50V$
CE1,CE3	elektrolyt 4700uF \setminus 40V
CE2,CE4	elektrolyt 10uF \setminus 100V
L1,L2	tlumivka SFT1240
IC2	pozitivní stabilizátor nap tí KA7815
IC3	negativní stabilizátor nap tí KA7915
F3,F4	tavná pojistka 20mA

PDF



(Obrázek 2-3) Dolní štítek jen k ozna ení d r na distan ní sloupky

דטי