



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ**

**ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

## **MĚNIČ NAPĚTÍ 12 V / 230 V PRO POUŽITÍ V AUTOMOBILECH**

DC-AC CONVERTER 12 V / 230 V FOR CAR APPLICATIONS

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**MARTIN JEZERČÁK**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

prof. Ing. LUBOMÍR BRANČÍK, CSc.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor  
**Elektronika a sdělovací technika**

**Student:** Martin Jezerčák

**ID:** 74903

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2012/2013

## NÁZEV TÉMATU:

**Měnič napětí 12 V / 230 V pro použití v automobilech**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte koncepci, schéma zapojení, desku plošného spoje a mechanickou konstrukci měniče napětí na 230 V pro automobily s pasivním chlazením. Měnič má být schopen napájet běžná elektronická zařízení středního příkonu (notebook, svítidla, nabíječe). Vybrané části návrhu ověřte počítačovou simulací v PSpice.

Navržený měnič napětí realizujte a ověřte jeho vlastnosti měřeními, především se soustředte na kvalitu výstupního napětí a účinnost měniče.

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] KREJČIŘÍK, A. Moderní spínané zdroje, 1. vydání. Praha: BEN - technická literatura, 1999.

[2] BASSO, CH. P. Switch-Mode Power Supplies - Spice Simulations and Practical Designs. New York: McGraw-Hill Professional, 2008.

**Termín zadání:** 11.2.2013

**Termín odevzdání:** 31.5.2013

**Vedoucí práce:** prof. Ing. Lubomír Brančík, CSc.

**Konzultanti bakalářské práce:**

**prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida**

*Předseda oborové rady*

## UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## Abstrakt

Hlavným cieľom bakalárskej práce je navrhnuť menič napätia 12 V / 230 V pre použitie v automobiloch. Práca je rozdelená na dve časti teoretickú a praktickú. Skladá sa celkovo z troch kapitol. V prvej kapitole som rozpracoval menič napätia, jeho rozdelenie, rozdelenie podľa funkcií, použitie a jeho jednotlivé pripojenia. Návrhom meniča s integrovaným obvodom IR2153 sa zaoberám v druhej kapitole. V tretej kapitole som spracoval namerané hodnoty a znázornili grafické závislosti vyrobeného a kúpeného meniča.

## Kľúčové slová

menič napätia, zvyšujúci menič, DC/AC menič, napájanie v aute, napájací zdroj

## Abstract

This work deals with a proposal for increasing DC/AC inverter for use in cars to power electronic devices on 230 V.

This work is divided into two parts, theoretical and practical. It consists of three chapters. In the first chapter I developed a voltage converter, its breakdown, a breakdown by function, and the usage of individual connections. The proposal converter with the integrated circuit IR2153 is described in the second chapter. In the third chapter I processed readings and I visualized graphical dependencies of converter that was produced and purchased.

## Keywords

voltage converter, increasing transducer, DC/AC converter, power in the car, power supply unit

JEZERČÁK, M. *Měnič napětí 12 V / 230 V pro použití v automobilech*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 36 s. Vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Lubomír Brančík, CSc..

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „**Měnič napětí 12 V / 230 V pro použití v automobilech.**“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne .....

.....  
podpis autora

## Pod'akovanie

Ďakujem vedúcemu bakalárskej práce prof. Ing. Lubomírovi Brančíkovi, CSc. za účinnú metodickú, pedagogickú a odbornú pomoc a ďalšie cenné rady pri spracovaní mojej bakalárskej práce.

V Brne dňa .....

.....  
podpis autora

## Obsah

Úvod.....	9
<b>Teoretická časť</b> .....	10
1 Meniče napätia .....	10
1.1 Rozdelenie meničov napätia .....	11
1.1.1 AC/AC meniče .....	11
1.1.2 AC/DC meniče .....	11
1.1.3 DC/AC meniče .....	12
1.1.4 DC/DC meniče .....	12
1.2 Meniče napätia rozdelenie podľa funkcie .....	12
1.3 Použitie DC/AC meničov napätia .....	16
1.4 Voľba parametrov meniča.....	16
1.5 Priebehy striedavého napätia meniča .....	17
1.6 Menič a jeho pripojenie.....	18
<b>Praktická časť</b> .....	20
2 Návrh meniča s integrovaným obvodom IR2153 .....	20
2.1 Popis integrovaného obvodu IR2153 .....	20
2.2 Voľba tranzistoru .....	22
2.3 Návrh transformátoru .....	24
2.4 Schéma zapojenia.....	26
2.5 Doska plošného spoja .....	27
2.6 Tabuľka použitých súčiastok .....	29
2.7 Menič k porovnaniu .....	29
3 Namerané hodnoty.....	31
3.1 Grafická závislosť V- A charakteristiky výrobku .....	31
3.2 Grafická závislosť V- A charakteristiky kúpeného meniča .....	32
<b>Záver</b> .....	33
Literatúra.....	35
Zoznam symbolov, skratiek a veličín.....	36

## Zoznam obrázkov

Obr. 1 Bloková schéma obecného meniča .....	10
Obr. 2 Znižujúci menič.....	12
Obr. 3 Zvyšujúci menič .....	13
Obr. 4 Invertujúci menič .....	13
Obr. 5 Zdvojovač napätia .....	14
Obr. 6 Spínaný zdroj .....	15
Obr. 7 Grafická závislosť modifikovaného priebehu .....	18
Obr. 8 Grafická závislosť sínusového signálu.....	18
Obr. 9 Zapojenie pinov na puzdre IR2153 .....	21
Obr. 10 Bloková schéma integrovaného obvodu IR2153 .....	21
Obr. 11 Časový diagram.....	22
Obr. 12 Technické parametre tranzistoru N-Mosfetu RFP50N06.....	22
Obr. 13 Saturačná charakteristika tranzistoru RFP50N06 .....	23
Obr. 14 Schéma zapojenia.....	26
Obr. 15 Doska plošného spoja.....	27
Obr. 16 Osadzovací výkres.....	27
Obr. 17 Obrázok osadených súčiastok na DPS pripravený k meraniu .....	28
Obr. 18 Zakúpený menič napätia 12 V / 230 V 150 W .....	30
Obr. 19 Vyrobený menič napätia 12 V / 230 V 150 W .....	30
Obr. 20 Grafická závislosť V-A charakteristiky pre vyrobený menič napätia 12 V / 230 V ...	31
Obr. 21 Grafická závislosť V-A charakteristiky pre kúpený menič napätia 12 V / 230 V.....	32

## **Zoznam tabuliek**

Tab. 1 Tabuľka korekcie preneseného výkonu vplyvom teploty okolia .....	24
Tab. 2 Tabuľka hodnôt pre výpočet transformátora .....	24
Tab. 3 Zoznam súčiastok pre zostavenie dosky plošného spoja .....	29



# Úvod

Doba je rýchla. Všetko rýchlo napreduje. Trh nám ponúka široký sortiment výrobkov, tovarov a materiálov pre náš život. V dnešnej dobe si môžeme kúpiť takmer všetko, čo uspokojí naše primárne potreby, ale aj nadštandardné požiadavky. Avšak stále sa nájdu ľudia, ktorí uprednostnia domáce výrobky pred výrobkami zakúpenými v obchodoch.

Pri výbere témy bakalárskej práce ma ovplyvnila možnosť navrhnuť menič napätia DC/AC z 12 V / 230 V, ktorý bude schopný napájať bežné elektronické zariadenia stredného výkonu (notebook, TV, nabíjačky, svetla...) pre použitie v automobiloch. Autá sú mojim veľkým koníčkom. Keďže ma zaujíma ich vnútorné vybavenie, nielen dizajnové, ale aj technické, rozhodol som sa navrhnuť tento menič, ktorý vodičom pomôže, ale hlavne spríjemní každý kilometer na cestách.

Hlavným cieľom bakalárskej práce je menič napätia z 12 V /230 V. Zaujímalo ma, či je možné navrhnuť a vyhotoviť takýto menič. Preto som sa rozhodol navrhnuť tento menič pomocou integrovaného obvodu IR 2153. Spracoval som návrh pre jeho zhotovenie, vypočítal som si vhodný transformátor, navrhol schému a porovnal s iným meničom.

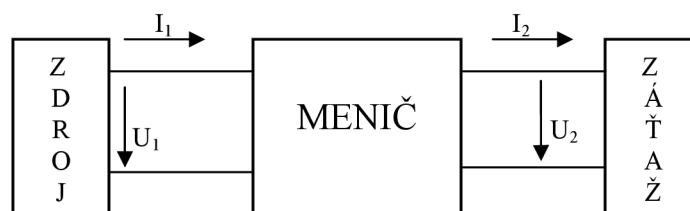
Návrhom a zhotovením meniča chcem zistiť, či je možné požadovaný menič vyhotoviť. Keďže technika napreduje strašne rýchlo a v obchodoch si môžeme kúpiť takmer všetko, je dôležité zamyslieť sa na otázku, či sa v dnešnej dobe oplatí zhotovovať vlastný menič napätia.

## Teoretická časť

# 1 Meniče napätia

Menič v elektrotechnike je zariadenie slúžiace k zmene parametrov elektrickej energie obr. 1. Základnými parametrami elektrickej energie sú veľkosť elektrického napätia, prúdu, u striedavých napájacích systémov taktiež frekvencia. Z fyzikálnej podstaty vyplýva, že účinnosť premeny energie je vždy menší než 100%, každý menič má teda straty. Meniče elektrickej energie väčšinou pracujú s veľmi dobrou účinnosťou. Straty v okolí pracovného bodu sú okolo 5%. Pokiaľ je však zariadenie nezaťažené, relatívne straty bývajú vyššie.

Najpoužívanejším typom meniča je transformátor, čo je zariadenie umožňujúce meniť veľkosť striedavého napätia. Veľkou výhodou transformátora je možnosť galvanického oddelenia primárneho a sekundárneho obvodu, ktoré je u mnoho zariadení nevyhnutné pre splnenie požiadaviek na bezpečné fungovanie zariadenia. To je často dôvodom jeho použitia i v iných meničoch, kde by z čisto fyzikálneho hľadiska nebolo použitie transformátora nevyhnutné. Pre zmenu veľkosti jednosmerného napätia sa kedysi používali elektromechanické rotačné meniče, ktoré boli zostavené z jednosmerného elektromotoru a dynama na spoločnej hriadieli [9].



Obr. 1 Bloková schéma obecného meniča

Účinnosť klasických zdrojov nie je veľmi veľká. Ide o veľké a ťažké zariadenia s mohutným transformátorom a veľkým chladičom. Moderná technika ich preto nahrádza meničmi a spínanými zdrojmi. Tie majú účinnosť asi 80% a ďaleko menšie rozmery.

Meniče slúžia k premene jednosmerného napätia na inú hodnotu. Môžeme ich použiť v kombinácii s klasickým stabilizátorom k vytvoreniu napájacieho zdroja. Tiež ich využívame v zariadeniach, ktoré sú napájané z batérii, v ktorých je dôležitá maximálna účinnosť.

Z jedného zdroja v nich často potrebujeme vytvoriť rôzne napätie [5].

V týchto obvodoch používame integrované obvody, ktoré riadia spínacie výkonové prvky S (tranzistory MOS). Tieto obvody obsahujú zdroj referenčného napätia zosilňovač odchýlky a ďalšie pomocné obvody. Činnosť týchto obvodov sa odohráva na kmitočtoch vyšších ako 20 kHz (aby nebolo počuť pískanie). Kmitočet, v ktorom najčastejšie pracujú je 100 až 200 kHz. Potrebujeme tu rýchle Schottkyho diódy, kvalitné filtračné kondenzátory (malý sériový odpor) a feritové tlmivky.

Pre lepšie pochopenie ich funkcií sa zaoberáme vlastnosťami cievok, kondenzátorov a súčiastok, ktoré sú schopné akumulovať elektrickú energiu. Napätie na kondenzátore a prúd tečúci cievkou má vždy spojitý priebeh. Po prerušení prúdu v obvode s indukčnosťou na nej vzniká napätie opačnej polaroty. Prúd, ktorý tečie cievkou nemôže ihneď zaniknúť [5].

## **1.1 Rozdelenie meničov napätia**

Meniče napätia sú obvody, ktoré menia napätie podľa potreby napájanej aplikácie. Tieto meniče sa rozdeľujú do štyroch základných skupín.

### **1.1.1 AC/AC meniče**

Menia striedavé napätie na striedavé napätie s inými parametrami napr: výstupne napätie má inú amplitúdu, frekvenciu. Najčastejšími komponentmi v týchto meničoch sú transformátory alebo zložité obvody riadene mikroprocesormi pre frekvenčné meniče.

### **1.1.2 AC/DC meniče**

Inak nazývané usmerňovače, majú za úlohu usmerniť striedavý prúd pre napájanie aplikácii, ktoré potrebujú jednosmerný prúd a napätie.

### 1.1.3 DC/AC meniče

Striedače, v nich je potrebné použiť integrovaný obvod, ktorý rozkmitá vstupné napätie, aby mohlo byť ďalej upravené, napríklad cez transformátor na požadované výstupné napätie.

### 1.1.4 DC/DC meniče

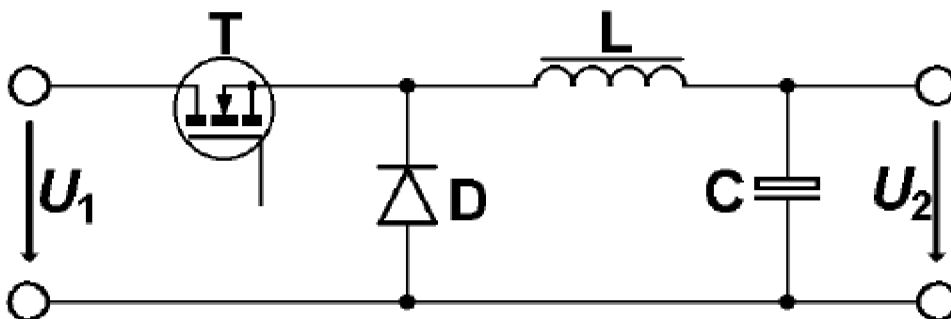
Meniče menia jednosmerné napätie na iné jednosmerné napätie, ktoré je potrebné pre napájanie konkrétnej aplikácie [4].

## 1.2 Meniče napätia rozdelenie podľa funkcie

### a) Znižujúci menič

Pri zapnutí spínača sa nabíja kondenzátor a rastie prúd tečúci cievkou. Keď napätie dosiahne potrebnú výstupnú úroveň, spínač sa vypne. Prúd tečúci cievkou sa začne uzatvárať cez rekuperačnú diódu. Prúd cievkou klesá, kondenzátor sa vybíja do záťaže. Keď výstupné napätie klesne, riadiaca logika opäť zapne spínač a celý cyklus sa opakuje. Oproti vyššie popísanému stabilizátoru má tento obvod výrazne menšie straty. Na spínacom prvku sú vždy omnoho menšie straty než na odporu.

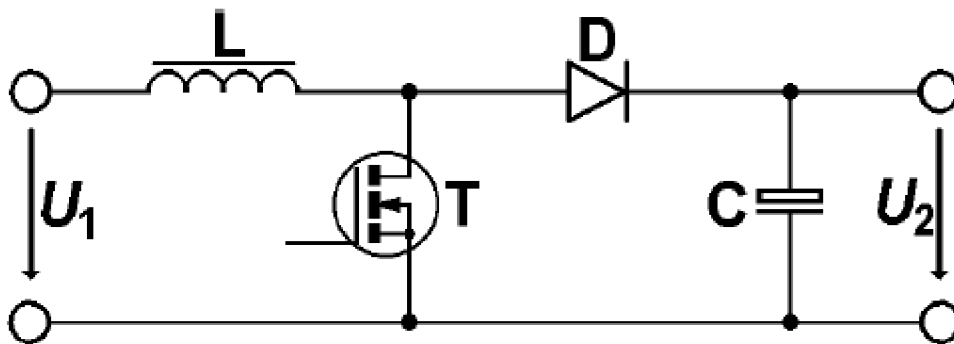
Jednoducho povedané, princíp riadiaceho obvodu je komparátor, ktorý výkonový prvok zapína a vypína. Doba, kedy je spínač zapnutý, je tým väčšia, čím väčší je odber záťaže. Tento spôsob regulácie sa nazýva pulzne šírková modulácia (PWM) [5].



Obr. 2 Znižujúci menič [5]

### b) Zvyšujúci menič

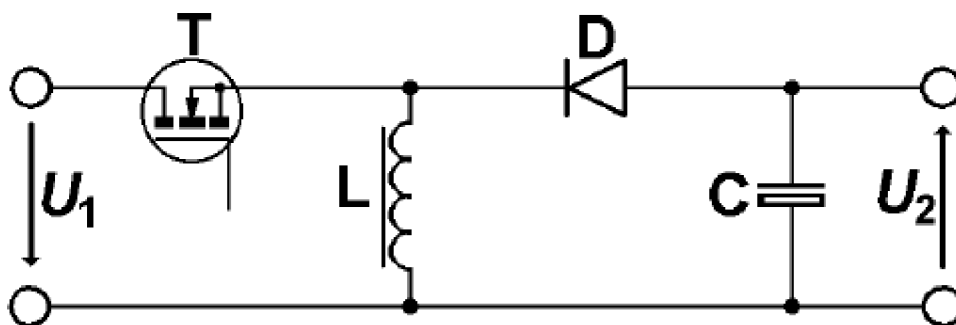
Najprv sa kondenzátor pri vypnutom spínači nabije na napätie  $U_1$ . Pri zapnutom spínači rastie prúd pretekajúci cievkou. Po určitej dobe, aby sa cievka nepresýtila, sa spínač vypne. Na cievke sa indukuje napätie, ktoré sa pričíta k vstupnému napätiu  $U_1$ . Prúd tečúci cievkou potom musí tiecť cez diódu, nabíja kondenzátor a tečie do záťaže. Prúd cievkou postupne klesá, kondenzátor sa vybíja do záťaže. Až napätie klesne pod vopred nastavenú hodnotu, riadiaca logika opäť zapne spínač a celý cyklus sa opakuje [5].



Obr. 3 Zvyšujúci menič [5]

### c) Invertujúci menič

Pri zapnutí spínača rastie prúd tečúci cievkou. Potom sa spínač vypne. Na cievke sa indukuje napätie opačnej polarity. Prúd tečúci cievkou sa začne uzatvárať cez rekuperačnú diódu. Kondenzátor sa nabije záporným napätím. Účinnosť tohto meniča je maximálne 60% [5].

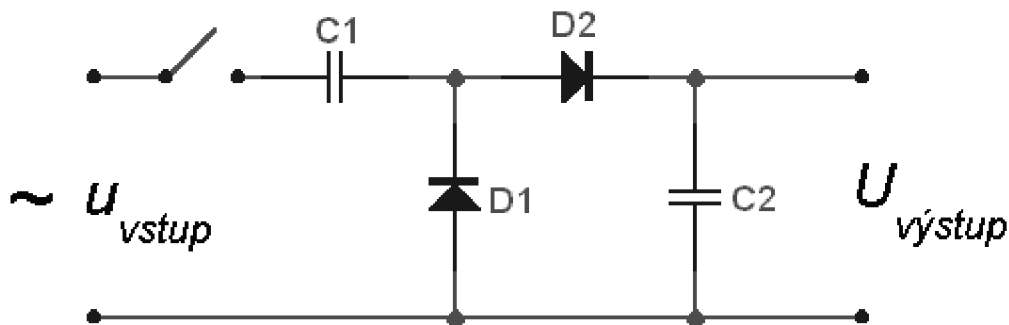


Obr. 4 Invertujúci menič [5]

#### d) Zdvojovač napätia

Pre malý odber prúdu (do 20 mA) sa dá použiť zdvojovač napätia bez cievok. Kondenzátor C1 sa uzemní a cez diódu D1 sa nabije na napätie  $U$ . Prepnutím spínača do hornej polohy sa jeho napätie zdvojnásobí. Cez diódu D2 sa nabije kondenzátor C2. Ako spínací obvod často používame astabilný multivibrátor s obvodom NE 555.

Prepínaním spínača vzniká na kondenzátore C1 záporne napätie, ktorým sa nabíja kondenzátor C2. Výstupné napätie všetkých hore uvedených obvodov je mierne zvlnené. Pre náročnejšie aplikácie ho musíme filtrovať pomocou LC filtrov. Vzhľadom k vysokému kmitočtu spínania sú indukčnosť, kapacita i rozmery týchto filtrov veľmi malé [5].



Obr. 5 Zdvojovač napätia [5]

#### e) Spínaný zdroj

Rozmery a hmotnosť transformátora sú tým menšie, čím väčší je pracovný kmitočet. Zvýši sa napr. z 50 Hz tisíckrát, rozmery transformátora je možné zmenšiť tridsaťkrát. Sieťové napätie preto najskôr usmerníme mostíkovým usmerňovačom, filtrujeme kondenzátorom a potom pomocou spínacieho obvodu prevedieme na kmitočet 100 až 200 kHz. Malým transformátorom s feritovým jadrom ju transformujeme, rýchlymi Schottkyho diódami usmerníme a kvalitným kondenzátorom alebo LC filtrom vyhladíme [5]. Veľkosť výstupného napätia môžeme riadiť striedaním impulzov, ktoré spínajú spínač. Vzťah medzi napätím a počtom závitov primárneho a sekundárneho vinutia transformátora platí v trochu upravenej podobe:

$$U_2/U_1 = (N_2/N_1) \cdot (t_a/t_b),$$

**ta** je doba, kedy spínací prvok je zapnutý

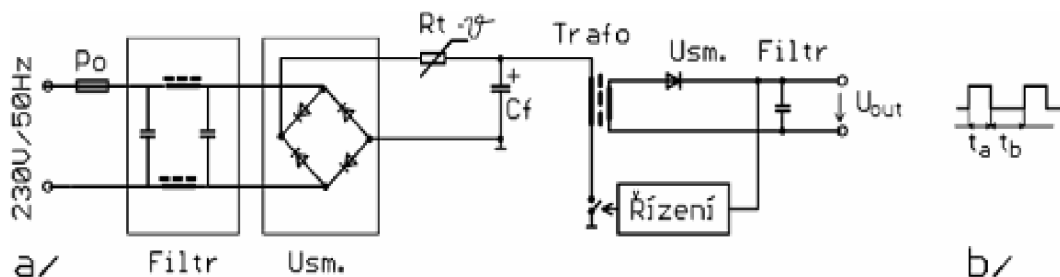
**tb** doba, kedy spínací prvok je vypnutý (viď obr. 6) [6].

Keď je výstupné napätie príliš malé, riadiaci obvod predĺži dobu **ta**. Pri väčšom napätí na výstupe ju naopak skráti. Tento spôsob riadenia výstupného napätia je bez strát tepla. Stabilizátor pracuje s veľkým rozsahom vstupných napätí, nevadí mu prepätie ani podpätie v sieti. Obvod riadenia zaisťuje galvanické oddelenie výstupného napätia od siete. Musí obsahovať buď pomocný transformátor alebo optický väzbový člen. Ďalej obsahuje ochranu proti skratu na výstupe. V takomto prípade sa spínanie zastaví. Takýto zdroj obvykle píska v akustickom pásme, obvod sa stále pokúša naštartovať. Ďalšie obvody zaisťujú pomalý nábeh pri zapnutí. V spínaných zdrojoch je veľké množstvo železa (trafoplechy), medi (vinutie trafa) a hliníka (chladič) nahradené modernými integrovanými obvodmi. Pre ich vysokú účinnosť a malé rozmery ich takmer vo všetkých aplikáciách nahradili klasické zdroje. Dokladom toho sú napr. nabíjačky k mobilným telefónom, na ktorých tento trend názorne vidíme.

Ich výrobná cena je pri veľkých sériách priaznivá, ich vývoj je ale náročný, neodporúča sa pre amatérske konštrukcie. Zatiaľ čo postaviť klasický zdroj zvládne i začiatočník.

Pokiaľ potrebujeme tento zdroj opraviť, odporúča sa najprv skontrolovať jeho sieťovú časť. 90% chýb tvorí prepálená sieťová poistka, zničený usmerňovač, spínací tranzistor alebo termistor. Ten zachytáva prúdovú špičku pri zapnutí, kedy sa filtračný kondenzátor nabíja (odpor termistoru je veľký za studena, pri jeho zahriatí sa zmenší a termistor sa už v obvode neuplatní). Pokiaľ nie je chyba tu, odporúčam zdroj vymeniť za nový alebo ho nechať odborne opraviť. Pokus o nájdení chyby v sekundárnej časti obvodu je časovo veľmi náročný.

Rýchle spínanie na vysokých kmitočtoch by mohlo byť zdrojom rušenia. Každý spínaný zdroj musí byť preto dobre odrušený. V jeho sieťovom prívode je zapojený LC filter [6].



Obr. 6 Spínaný zdroj [6]

## 1.3 Použitie DC/AC meničov napätia

Menič má väčšinou pevne dané hodnoty vstupného a výstupného napätia, ale existujú aj meniče s nastaviteľným výstupným napätím. V praxi sa meniče používajú napríklad v automobiloch, na lodiach, v domácich elektrárnach alebo ako súčasť záložných zdrojov elektrickej energie.

Príklady použitia meničov:

- a) vo vozidle s napätím 12 V alebo 24 V potrebujeme používať bežný domáci spotrebič s napätím 230 V
- b) vo vozidle s palubným napätím 24 V (nákladné vozidlo) chceme používať spotrebič 12 V (autorádio, nabíjačku telefónu). Tieto meniče sú celkom bežné a väčšinou sú určené pre pevnú a trvalú montáž
- c) spotrebič pre napätie 12 V potrebujeme používať v bežnej elektrickej sieti 230 V (autochladnička). Tento typ meniča je dostupný, môžeme použiť i laboratórny zdroj.
- d) máme akumulátor 12 V alebo 24 V dobíjaný napríklad zo solárnych článkov. Potrebujeme získať napätie bežnej siete 230 V (chaty na samote alebo iné miesta bez el. energie). Tu použijeme rovnaký menič ako vo vozidle (bod „a“)
- e) chceme vytvoriť domáci záložný zdroj 230 V. Jedna cesta ako vyrobiť záložný zdroj, napríklad pre kotol alebo akvárium, je kúpenie akumulátora, nabíjačky, meniča a podľa vlastností týchto komponentov previesť zapojenie cez relé (túto variantu neodporúčam, je zložitejšia a nie je oveľa lacnejšia ako druhá možnosť). Druhá možnosť, ako vytvoriť záložný zdroj, je kúpenie akumulátora a meniča s UPS a nabíjačkou, v tomto prípade len zapojíme menič a akumulátor. Menič sa potom stará o akumulátor a automaticky sa prepne (začne premieňať napätie akumulátora na sieťové napätie) pri výpade napätia v sieti [8].

## 1.4 Voľba parametrov meniča

Dôležité je uvedomiť si, ako budeme menič využívať a čo od neho očakávame. Vezmeme všetky spotrebiče, ktoré chceme k meniču pripojiť a zistíme aké napätie a prúd potrebujú pre svoje použitie. Z týchto údajov dokážeme vypočítať príkon vo wattoch. Na prístroji (výrobný štítok) bude uvedené napríklad 230 V 0,8 A, tieto 2 hodnoty vynásobíme



a získame výkon (príkonn) 184 W, pre monitor z tohto príkladu by postačoval menič s výstupom 230 V / 200 W, ale pre istotu bezproblémového použitia je vhodné zvoliť o niečo výkonnejší menič, odporučil by som menič s výkonom 300 W. Podľa energeticky najnáročnejšieho spotrebiča zvolíme vhodný menič.

Vzorec pre výpočet výkonu (P):

$$P = U \cdot I$$

U je napätie s jednotkou V – volt

I je značka prúdu s jednotkou A – ampér

Z výkonu sa dá jednoducho vypočítať prúd podľa vzorca:

$$I = P / U$$

**Upozornenie:** Pri výpočtoch musíme dávať pozor na jednotky. Do vzorca je treba dosadiť vždy základné jednotky (volt, watt, ampér).

Príklady výkonov meničov pre rôzne spotrebiče (orientačne):

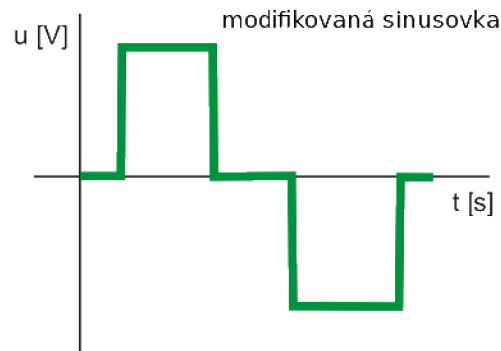
notebook, DVD alebo video – menič 100 W, televízor – menič 200 W, herná konzola – menič 500 W, elektrické ručné náradie – menič 1500 W až 2000 W (ide o trvalý výkon meniča)

Vždy je vhodné vybrať menič s vyšším výkonom ako je príkon spotrebiča, väčšinou sa odporúča menič s výkonom 150% príkonu spotrebiča. U spotrebičov s motorom (kompresorová chladnička, ručné náradie) môže príkon pri rozbehu stúpnuť až šesťnásobne, s týmto je treba počítať pri výbere meniča [8].

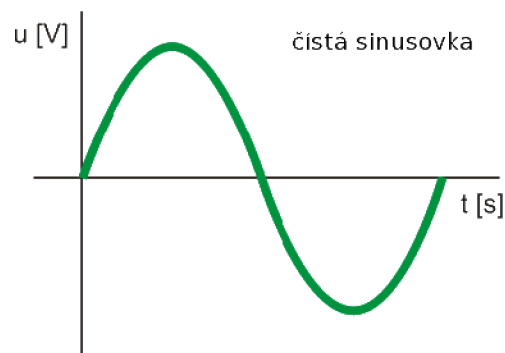
## 1.5 Priebehy striedavého napätia meniča

Väčšina ponúkaných meničov má výstupné napätie s modifikovanou (trapézovou, pilovou) sínusovkou na obr. 7. Tá vyhovuje väčšine spotrebičov, ale niekedy sa stane, že

zariadenie je veľmi citlivé na priebeh napätia a dochádza k rušeniu, alebo zariadenie nepracuje vôbec. Pre citlivé prístroje sú vhodné meniče s čistou sínusovkou na obr. 8, ktoré vyrábajú striedavé napätie s priebehom rovnakým ako v bežnej sieti [8].



Obr. 7 Grafická závislosť modifikovaného priebehu [8]



Obr. 8 Grafická závislosť sínusového signálu [8]

## 1.6 Menič a jeho pripojenie

Meniče z 12 V alebo z 24 V na 230 V do výkonu 300 W sú vybavené auto zástrčkou (zásuvka väčšinou slúži ako zapalovač) kde len pripojíme zástrčku do zásuvky a otočíme kľúčom v spínacej skrinke (záleží na zapojení zásuvky v jednotlivých vozidlách). Potom môžeme menič zapnúť a pripojiť spotrebič. Odporúča sa používanie meniča s naštartovaným

motorom, inak pri dlhšom použití hrozí vybitie akumulátora vozidla. Menič by mal byť umiestený na suchom mieste s prístupom vzduchu.

Výkonnejšie meniče nad 300 W sa pripojujú už len pomocou káblov priamo k akumulátoru, auto zásuvka by nebola schopná dodať potrebnú energiu, poisťka zásuvky by sa prepálila.

Pokiaľ menič nepoužívame často, postačí pripojenie len pri používaní pomocou batériových klieští, ale napríklad v nákladnom vozidle sa odporúča pevná montáž. Pre montáž meniča zvolíme suché miesto s dobrým prístupom vzduchu. Pri zapojení použijeme vodiče s dostatočným prierezom a čo najbližšie k akumulátoru osadíme kladný vodič.

Meniče majú bez pripojeného spotrebiča určitú vlastnú spotrebu, preto je vhodné menič vypínať, keď nie je zaťažovaný. Pri výkonnom meniči a nenašartovanom motore by mohlo dôjsť k vybitiu akumulátora.

K meniču môžeme pripojiť viacej spotrebičov súčasne, ale ich spoločný príkon nesmie presiahnuť výkon meniča.

Dnes sú už všetky meniče vybavené tepelnou ochranou, ochranou proti preťaženiu, ochranou proti vysokému napätiu na vstupe, ochranou proti prepólovaniu a podobne.

## Praktická časť

# 2 Návrh meniča s integrovaným obvodom IR2153

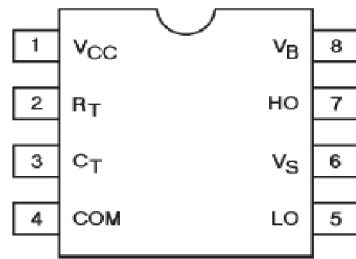
Vo svojej bakalárskej práci som sa rozhodol navrhnuť DC/AC menič 150 W s výstupným signálom modifikovanej sínusovky. Prečo práve výstupný signál s modifikovanou sínusovkou?

Po naštudovaní odbornej literatúry a odborných článkov na internete som sa rozhodol navrhnuť výstupný signál s modifikovanou sínusovkou s integrovaným obvodom IR2153. Na výstupe mohol byť aj obdĺžnikový signál, ale ten je pre menič nevýhodný, pretože amplitúda výstupného signálu dosiahne iba 230 V, nie však 325 V ako u sínusovky. Efektívna hodnota potom neodpovedá sieti, amplitúda sa výrazne líši. Problém môže nastať hlavne u spotrebičov s usmerňovačom, kde usmernené napätie bude o 30% menšie ako pri napájaní zo siete. Sínusové meniče sú veľmi komplikované. Preto som volil kompromis medzi obdĺžnikom a sínusovkou, ktorým je práve modifikovaná sínusovka. Je to trochu divný výraz, pretože sínusovke sa to veľmi nepodobá. Dôležité však je, že modifikovaná sínusovka má rovnakú efektívnu hodnotu a súčasne aj amplitúdu ako sínus. To je aj dôvod, prečo sa väčšina meničov vyrába práve v takomto prevedení.

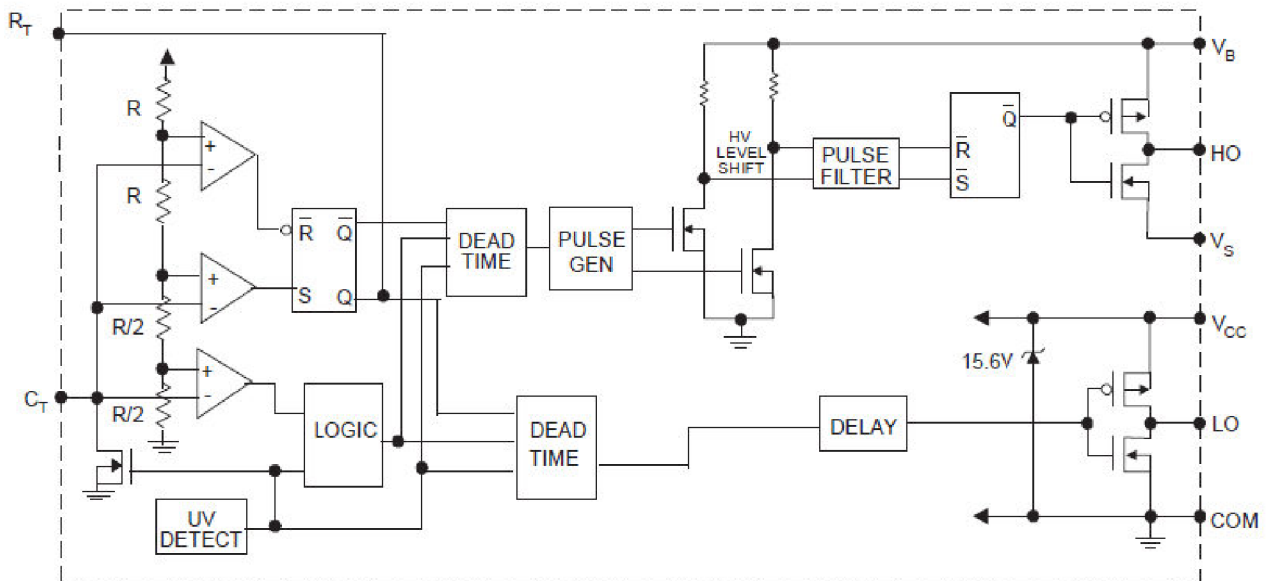
Modifikovanú sínusovku je najjednoduchšie generovať pomocou dvoch polomostíkov s fázovým posunom 25%. Výstupné napätie je teda tri svorkové spínané v poradí +325 V, 0 V, -325 V, 0 V [8].

## 2.1 Popis integrovaného obvodu IR2153

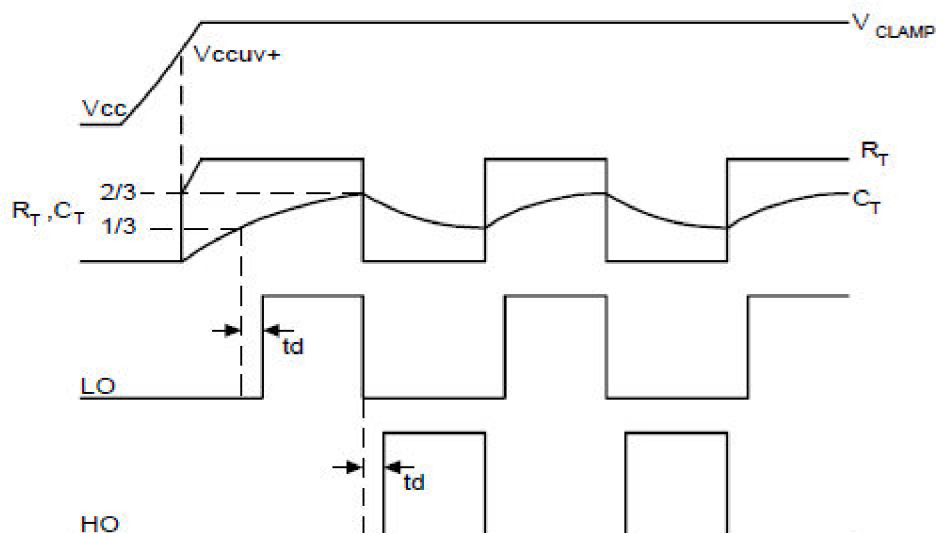
Základom obvodu IR2153 na obr.9 sú dva výstupy špeciálne určené pre budenie mosfet tranzistorov (tranzistory, ktoré potom spínajú prúd do transformátoru) a deadtime (1,2 $\mu$ s). Nachádza sa tam aj ochrana proti nízkemu napájaciemu napätiu, ktorá pri poklese napätia pod hodnotu 9 V odpojí menič. Na piny 2 a 3 je pripojený RC oscilátor, ktorým je nastavená požadovaná frekvencia výstupného oscilátoru. Namiesto rezistoru  $R_1$  by sa mohol použiť aj trimer pre presnejšie nastavenie požadovanej frekvencie. Výstupy 5 a 7 sú určené pre budenie mosfet tranzistorov, ktoré potom spínajú prúd do transformátora. To je spínanie len jednej polvlny, preto sa musí pridať ešte jeden obvod s rovnakými parametrami pre spínanie druhej polvlny.



Obr. 9 Zapojenie pinov na puzdre IR2153 [1]



Obr. 10 Bloková schéma integrovaného obvodu IR2153 [1]



Obr. 11 Časový diagram [1]

## 2.2 Voľba tranzistoru

Keďže obvodom potečie relatívne veľký prúd, zvolil som z dôvodu minimalizácie strát tranzistory s nízkym odporom v otvorenom stave. Na základe údajov z katalógu obr. 12 som vybral N-Mosfet tranzistory. Tieto tranzistory som našiel v katalógu firmy GME pod katalógovým číslom 213-132 za cenu 19 Kč s DPH/kus. Tranzistor som vybral aj podľa ceny, aby menič bol ekonomicky únosný.

Unipolární tranzistor N-Kanáľ, Provedení: Vývodové,  $I_{dss} = 50 \text{ A}$ ,  $V_{ds} = 60 \text{ V}$ ,  $P_d = 131 \text{ W}$ ,  $R_{ds} = 0,022 \text{ Ohm}$ , pouzdro TO220AB

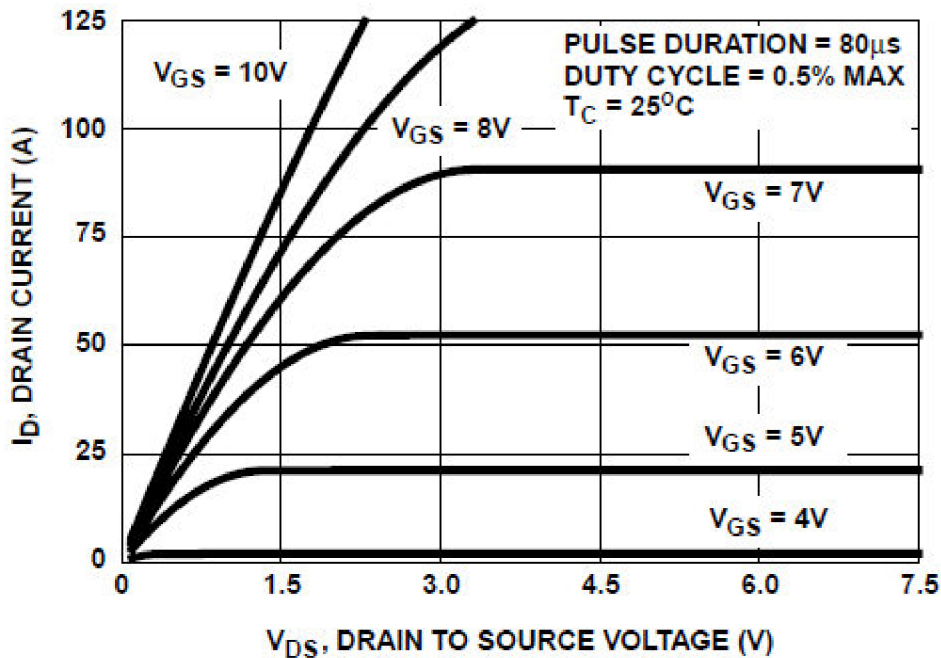
Parametry:  
 $I_{dss} = 50 \text{ A}$   
 $U_{ds} = 60 \text{ V}$ ,  
 $U_{gs} = 20 \text{ V}$ ,  
 $P_d = 131 \text{ W}$ ,  
 $R_{ds} = 0,022 \text{ Ohm}$ ,  
Dioda = ANO,  
Pouzdro = TO220AB

### Technické parametry

Parametr	Hodnota	Jednotka
Provedení	Vývodové	[-]
Technologie	N-MOSFET	[-]
Ochr. Dioda	ANO	[-]
$I_{dss}$	50	[A]
$U_{ds}$	60	[V]
$U_{gs}$	20	[V]
$R_{ds}$	0,022	[Ohm]
$P_d$	131	[W]
Pouzdro	TO220AB	[-]

Obr. 12 Technické parametre tranzistoru N-Mosfetu RFP50N06 [5]

Tento tranzistor sa vyznačuje hlavne veľkým prúdom  $I_D$ , ktorý je schopný zniesť a tiež nízkym  $R_{DS}$  obr. 13. Takto dimenzovaný tranzistor som vybral aj preto, aby sa pri testovaní a experimentoch nezničil.



Obr. 13 Saturačná charakteristika tranzistoru RFP50N06 [5]

V mojom prípade bude  $U_{GS} = 12\text{ V}$ . Z grafu na obr. 8 vyplýva, že pri  $I_D = 10\text{ A}$  je  $U_{DS} = 0,2\text{ V}$ . Straty na tranzistore  $P_{TR} = U_{DS} \cdot I_D = 10 \cdot 0,2 = 2\text{ W}$ . Tieto straty sa dajú chladiť pasívnym chladičom pre puzdro TO-220.

$$P = \frac{T_J - T_A}{Q_{JC} + Q_{CS} + Q_{SA}} = \frac{150 - 40}{1 + 0,5 + 21} = 5\text{ W}$$

- kde
- $T_J$  maximálna teplota tranzistoru udávaná výrobcom
  - $T_A$  teplota okolia
  - $Q_{JC}$  tepelný odpor polovodičový prechod – puzdro
  - $Q_{CS}$  tepelný odpor prechod puzdro – chladič
  - $Q_{SA}$  tepelný odpor prechod chladič – vzduch

Chladič do 1 A s tepelným odporom prechodu 21 K / W, je schopný uhladiť straty tranzistora až do 5 W, čo tento chladič poskytuje.

## 2.3 Návrh transformátoru

Z nameraných hodnôt som zistil, že na výstupe DC/AC meniča bude napätie 9 V. Keďže potrebujem napätie 230 V, napätie musím zvýšiť. Na to použijem transformátor, ktorý ma primárne napätie 9 V, sekundárne napätie 230 V, výkon transformátoru 250 W.

$$P_2 = 250 \text{ W}$$

Tab. 1 Tabuľka korekcie preneseného výkonu vplyvom teploty okolia [7]

$\vartheta_s$ [°C]	25	40	45	50	55	60	65	70
$\Delta p$ [%]	14	0	-7	-13	-20	-27	-33	-40

Korekcia preneseného výkonu vplyvom teploty okolia tab.1

$$P'_2 = 250 \cdot 0,86 = 215 \text{ VA}$$

Tab. 2 Tabuľka hodnôt pre výpočet transformátora [7]

Typ jadra	$\eta$ [%]	J [A/mm <sup>2</sup> ] pro $\Delta\vartheta = 80^\circ\text{C}$	P [VA] pro $\Delta\vartheta$ [°C]				$\Delta U$ [%] pro $\Delta\vartheta_s$ [°C]				$N_T/1V$	$l_{\text{imf}}$ [cm]	$S_c$ [cm <sup>2</sup> ]	$S_w$ [cm <sup>2</sup> ]
			neimpreg.		impreg.		$\vartheta_s = 25^\circ\text{C}$		$\vartheta_s = 40^\circ\text{C}$					
			60	80	60	80	60	80	60	80				
Q7.3	86	3.8	110	130	120	145	13,3	13,8	14,1	14,6	4,8	18,1	2,87	8
Q7.4	88	3.6	132	158	143	170	13,5	13,7	14,2	14,4	4		3,45	
Q8.2	88	3.6	180	205	200	225	10	10,3	10,5	10,8	4	21	3,45	11,40
Q8.3	91	3.3	230	265	276	310	8,8	8,9	9,4	9,5	3		4,6	
Q8.4	93	2,85	290	350	320	390	7,6	8	8,1	8,5	2,2		5,13	
Q9.2	89	3.4	320	370	350	400	10,5	11	11,1	11,6	3,2	25,8	4,31	17,60
Q9.3	92	3.0	420	500	460	550	7,9	8,1	8,4	8,6	2,7		5,76	
Q9.4	94	2.6	570	650	615	700	5,9	6,4	6,2	6,8	1,8		7,65	
Q10.2	93	2.7	600	690	650	770	6,9	7,1	7,5	7,6	2	30,6	6,89	25,73
Q10.3	95	2.5	850	980	910	1090	5,5	5,7	6,0	6,2	1,5		9,2	
Q11.2	96	2.4	1900	2180	2000	2400	4,4	4,9	4,9	5,1	1,1	39,8	12,26	38



Základné parametre vybraného jadra potrebné pre ďalší výpočet vid'. tab.2

Jadro som si zvolil Q8.3 v neimpregnovanom prevedení

$$\eta = 91\%$$

$$\Delta U = 8,8\%$$

$$N_t = 2,2 \text{ z/V}$$

Počet závitov na primárnej strane:

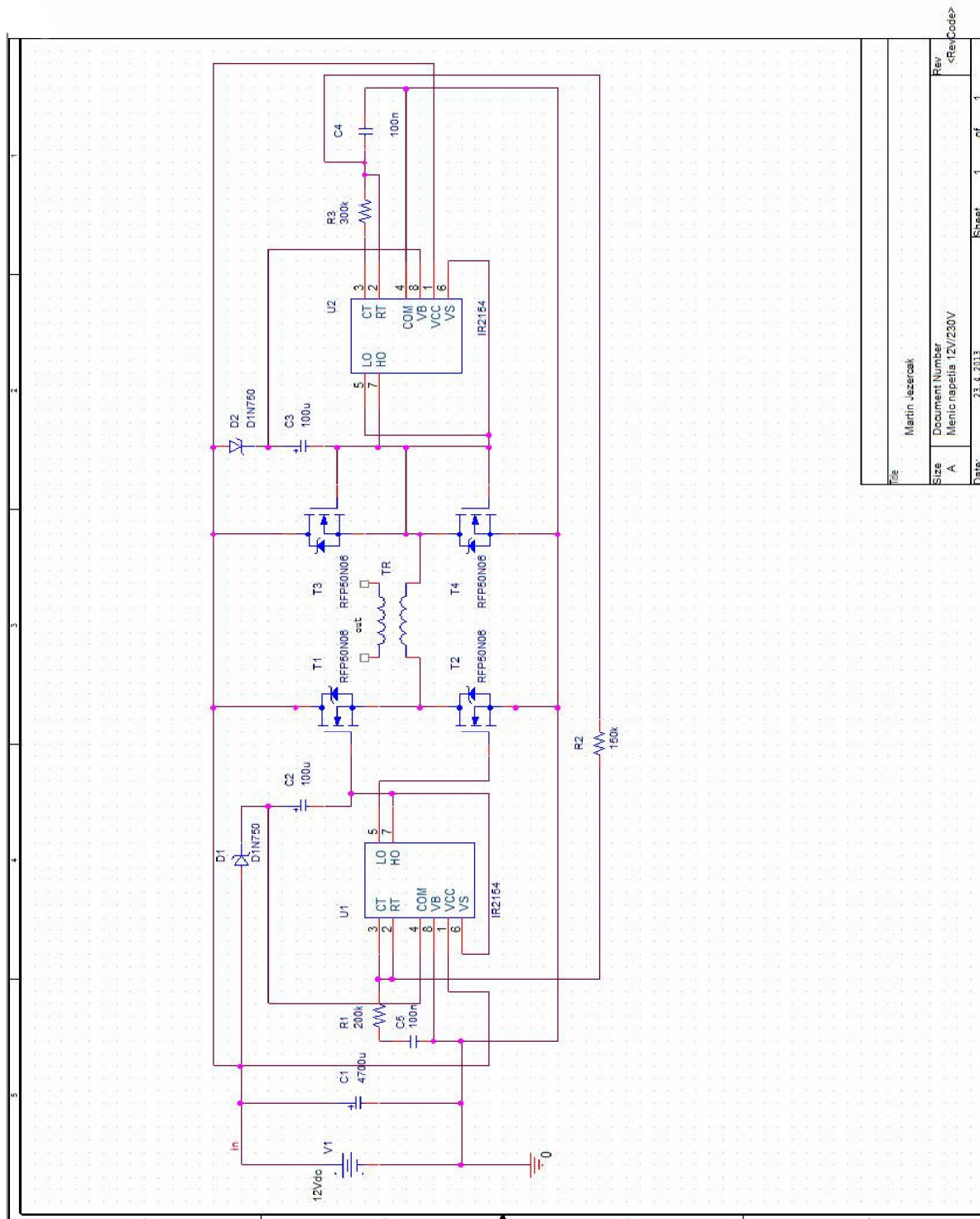
$$N_1 = U_1 \cdot \Delta U \cdot N_t = 9 \cdot 1,088 \cdot 2,2 = 22 \text{ závitov}$$

Počet závitov na sekundárnej strane:

$$N_2 = U_2 \cdot \Delta U \cdot N_t = 230 \cdot 1,088 \cdot 2,23 = 554 \text{ závitov}$$

## 2.4 Schéma zapojenia

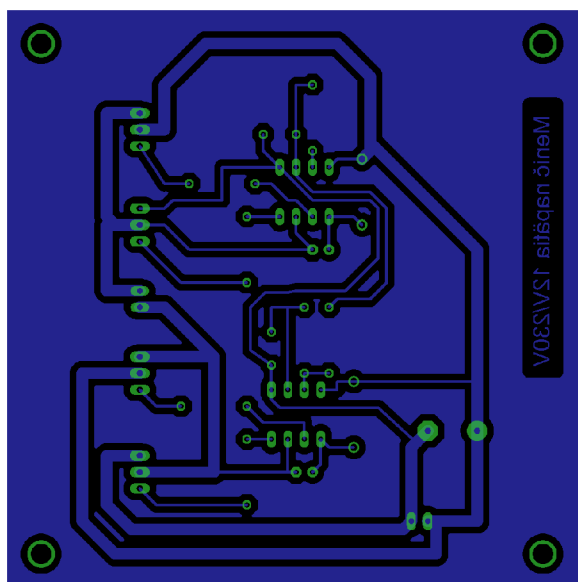
Na obr. 14 je schéma zapojenia samotného meniča napätia DC/AC 12 V / 230 V.



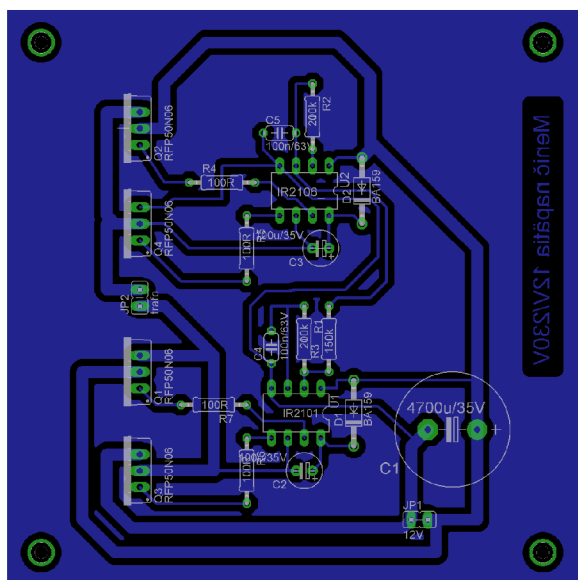
Obr. 14 Schéma zapojenia

## 2.5 Doska plošného spoja

Na obr.15 je zväčšená doska plošného spoja DC/AC meniča a na obr. 16 je osadzovací výkres.

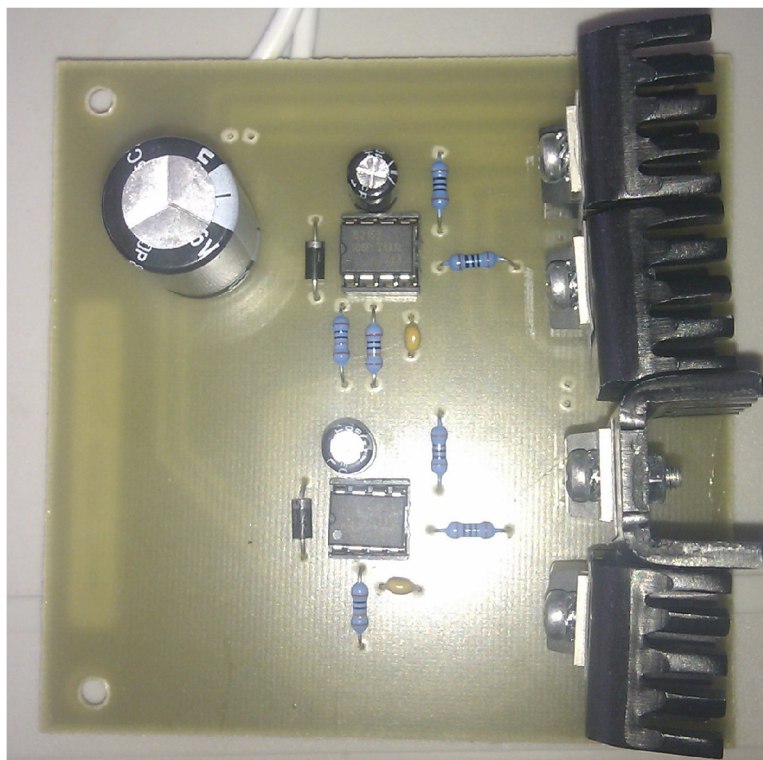


Obr. 15 Doska plošného spoja



Obr. 16 Osadzovací výkres

Dosku plošného spoja som si nechal vyrobiť v školskej dielni. Hotová DPS je na obrázku 17.



Obr. 17 Obrázok osadených súčiastok na DPS pripravený k meraniu

## 2.6 Tabuľka použitých súčiastok

Tab. 3 Zoznam súčiastok pre zostavenie dosky plošného spoja

Názov	Hodnota	Popis	Katalógové číslo GME	Cena s DPH/ks v Kč
R1	200 k $\Omega$	Rezistor metalizovaný	119-119	6
R2	150 k $\Omega$	Rezistor metalizovaný	119-332	5,5
R3	200 k $\Omega$	Rezistor metalizovaný	119-119	6
C1	4700 $\mu$ F /16V	Elektrolytický kondenzátor	123-685	11,3
C2	100 $\mu$ F /25V	Elektrolytický kondenzátor	123-117	1
C3	100 $\mu$ F /25V	Elektrolytický kondenzátor	123-117	1
C4	100 nF	Keramický kondenzátor	120-106	2,1
C5	100 nF	Keramický kondenzátor	120-106	2,1
T1	RFP50N06	N-MOSFET	213-132	19
T2	RFP50N06	N-MOSFET	213-132	19
T3	RFP50N06	N-MOSFET	213-132	19
T4	RFP50N06	N-MOSFET	213-132	19
IC1	IR2153	Integrovaný obvod	399-159	28
IC2	IR2153	Integrovaný obvod	399-159	28
TR		Transformátor 9V/230V	610-882	409
		Krabička Z 2A vent.otvory KP10	03010006	66

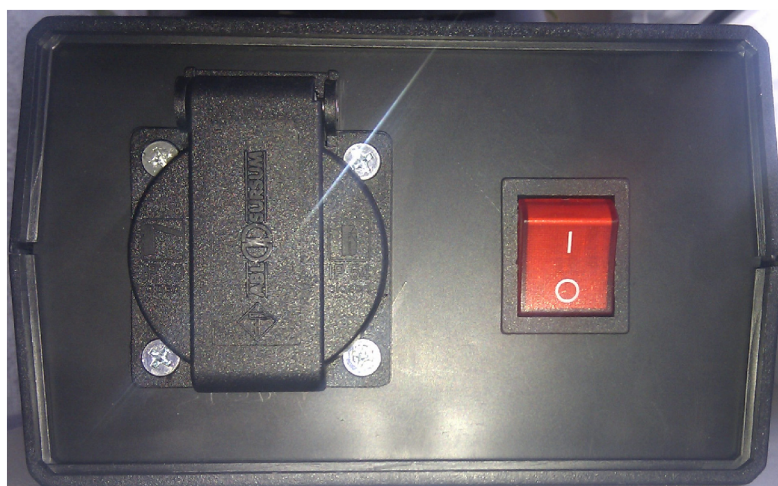
## 2.7 Menič k porovnaniu

K porovnaniu s navrhnutým meničom som zakúpil v auto dieloch menič 12 V/230 V 150 W. Následne som tieto dva meniče medzi sebou porovnal. Obrázok meniča je na obr.18. Tento menič je napájaný priamo z autozapaľovača. Meniče do výkonu 150 W

môžu byť napájané priamo z auto zapaľovača. Tento menič stál 499 Kč. Na obr.19 je obrázok vyrobeného meniča v plastovej krabičke.



Obr. 18 Zakúpený menič napätia 12 V / 230 V 150 W

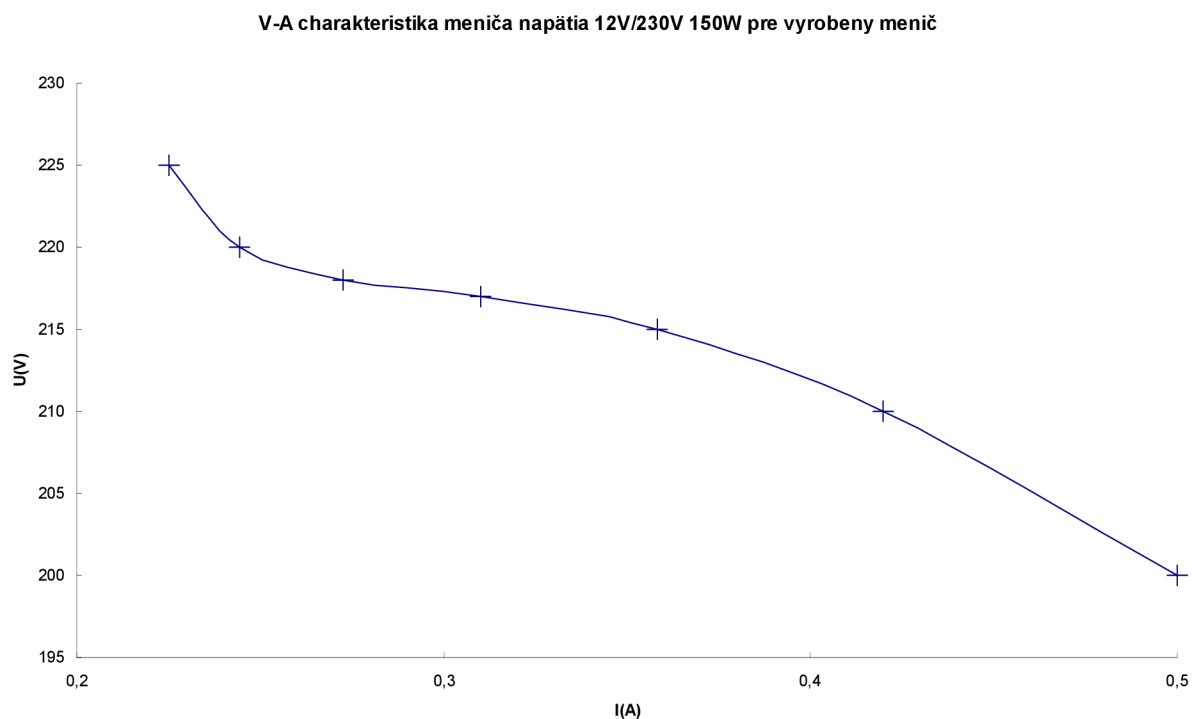


Obr. 19 Vyrobený menič napätia 12 V / 230 V 150 W

## 3 Namerané hodnoty

### 3.1 Grafická závislosť V-A charakteristiky výrobku

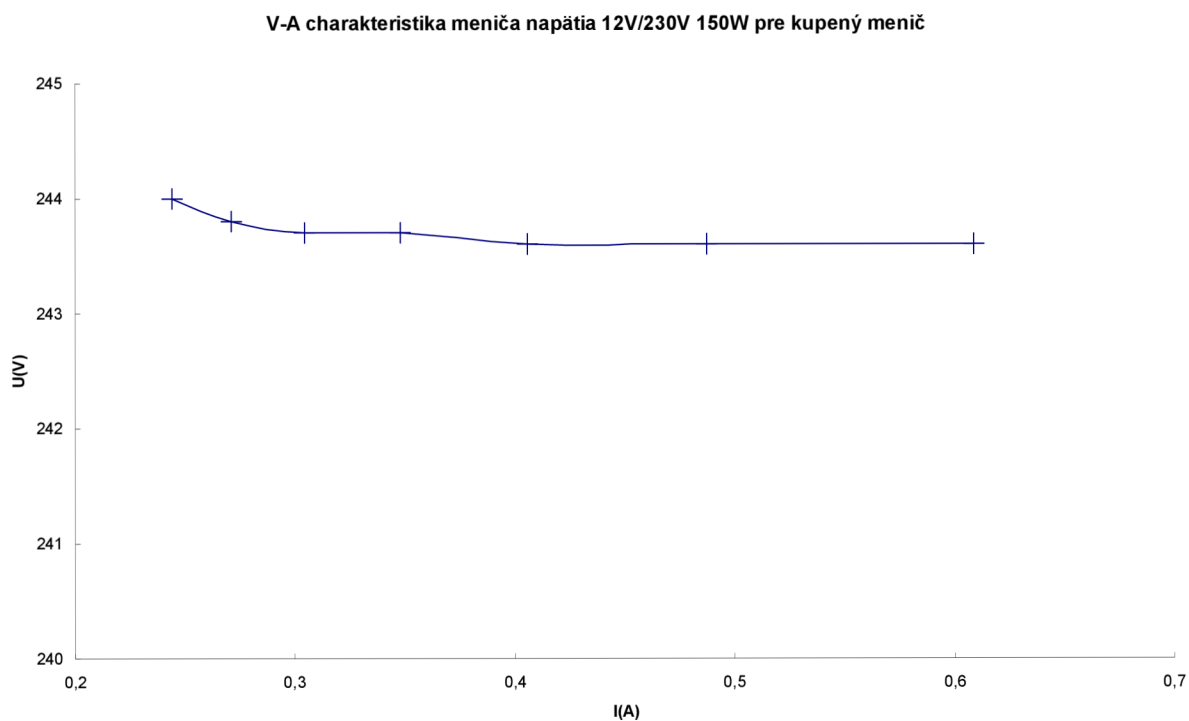
Na obr.20 je V-A charakteristika vyrobeného meniča napätia 12 V/230 V. Tento menič bol napájaný z autobatérie. Batéria v stave naprázdno mala napätie  $U_0 = 12,3$  V. Parametre autobatérie boli 12 V 74 Ah.



Obr. 20 Grafická závislosť V-A charakteristiky pre vyrobený menič napätia 12 V / 230 V

### 3.2 Grafická závislosť V-A charakteristiky kúpeného meniča

Na obr.21 je V-A charakteristika mnou kúpeného meniča napätia. Obidva tieto meniče boli napájané z rovnakej autobatérie.



Obr. 21 Grafická závislosť V-A charakteristiky pre kúpený menič napätia 12 V / 230 V



## Záver

Hlavnou náplňou mojej bakalárskej práce bolo navrhnuť DC/AC menič 12 V / 230 V, ktorý by mal byť schopný napájať elektronické zariadenia stredného výkonu (notebook, lampa, TV, rádio, nabíjačky telefónu) pre použitie v automobiloch. Návrh som robil pomocou integrovaného obvodu IR2153, ktorý je schopný mať výstupné napätie v tvare modifikovanej sínusovky.

Meniče napätia majú veľkú nevýhodu v tom, že na výstupe môžu mať rôzny tvar výstupného napätia. Veľmi nevýhodným meničom napätia je menič, ktorý má výstupné napätie v tvare obdĺžnika. Výhodnejším meničom sú však meniče, ktorých výstupné napätie má tvar modifikovanej sínusovky alebo tvar čistej sínusovky. Meniče s čistou sínusovkou sú náročne na návrh, taktiež sú veľmi drahé, ale napriek tomu kvalitné. Na bežné používanie existuje kompromis v tvare modifikovanej sínusovky.

Táto téma ma zaujala, pretože tento DC/AC menič je viacúčelový. Menič môže napájať rôzne elektronické zariadenia, avšak musíme dávať pozor na ich výkon. Menič nemôžeme príliš preťažovať, musíme dávať pozor aby sa nezničil.

Po zostrojení a premeraní vlastnoručne vyrobeného meniča som zistil, že menič sa správal ako mäkký zdroj napätia. S rastúcim prúdom klesalo výstupné napätie zo začiatku pozvoľna a od hodnoty 0,4 A klesalo dosť prudko. Účinnosť meniča bola 74%. Cena vyrobeného meniča vyšla na 700 Kč.

V auto doplnkoch som zakúpil menič napätia z 12 V/230 V výkonu 150 W s výstupným napätím modifikovaný sínus. Tento menič som premeral a zistil, že sa správa ako tvrdý zdroj, výstupné napätie držal takmer konštantné, účinnosť meniča bola 82,4%. Cena tohto meniča bola 499 Kč.

V bakalárskej práci som neuviedol žiadne počítačové simulácie z dôvodu, že pre integrovaný obvod IR2153 som nenašiel potrebné vnútorné zapojenie, ktoré bolo potrebné pre simuláciu v programe OrCAD. Pre integrované obvody je pomerne ťažko nájsť vhodnú súčiastku, ktorá by bola potrebná pri simulácii. V dnešnej dobe konštruktéri vyvíjajú všetko na jednom chipe, aby to bolo čo najmenšie a všetko dobre využitú. Z tohto dôvodu už dnes nie je možné odsimulovať konkrétne zapojenie.

Na základe vypracovania bakalárskej práce som dospel k záveru, že v dnešnej dobe sa veľmi neoplatí zhotovovať vlastné meniče. Dnes už výroba nových súčiastok nasleduje tak

rýchle dopredu, že sa to neoplatí ani cenovo, ani časovo. Vývoj ide strašne rýchlo dopredu. Dnes si kúpime menič, ale o „týždeň“ príde na trh nový menič s lepšími parametrami, v menšom prevedení a za výhodnejšiu cenu.

## Literatúra

- [1] Fakulta elektrotechniky a komunikačných technológií VUT v Brně. 2013. Skripta Napájení elektronických zařízení (Přednášky Doc. Ing. Vlastislav Novotný, CScDr.Ing.Pavel Vorel, Doc.Dr.Ing.Miroslav Patočka). [online]. [cit.:2012-12-04]. Dostupné z url: <<http://www.feec.vutbr.cz/fakulta/home.php.cz>>
- [2] Hnilica, P.: Program pre výpočet približnej prevádzky meniča na batériu. 2013. [online]. [cit.:2013-03-11]. Dostupné na internete: <<http://www.menice-napeti.cz/menice-napeti-vypocty.php>>
- [3] International rectifier. Datasheet pre integrovaný obvod IR2153. 2005. [online]. [cit.:2013-04-23]. Dostupné na internete: <<http://www.ges.cz/sheets/i/ir2153.pdf>>
- [4] Intersil.. Datasheet pre tranzistor RFP50N06. 1999. [online]. [cit.:2013-02-12]. Dostupné na internete: <[http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/90/346714\\_DS.pdf](http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/90/346714_DS.pdf)>
- [5] Jiří, V.: Měniče napětí a spínané zdroje - teoretická základna. 2007 [online]. [cit.:2012-10-23]. Dostupné na internete: <<http://www.tzb-info.cz/4263-menice-napeti-a-spinane-zdroje-teoreticka-zakladna>>
- [6] Krejčířik, A.: Moderní spínané zdroje, 1. vydání. Praha: BEN - technická literatura. 1999.102 s. ISBN 80-86056-78-3.
- [7] Kubiček, M.: Vzorové příklady pre výpočet transformátoru. 2010. [online]. [cit.:2013-03-11]. Dostupné na internete: <<https://www.vutbr.cz/elearning/mod/resource/view.php?id=146207>>
- [8] Meniče napětí. 2009. [online]. [cit.:2013-02-12]. Dostupné na internete: <<http://www.menicenapeti.net/index.php?sek=d>>
- [9] Wikipedia. DC-DC měnič. 2013. [online]. [cit.:2012-09-23]. Dostupné na internete: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/DC-DC\\_m%C4%9Bni%C4%8D](http://cs.wikipedia.org/wiki/DC-DC_m%C4%9Bni%C4%8D)>

## Zoznam symbolov, skratiek a veličín

deadtime	oneskorenie
DPS	doska plošného spoja
IO	integrovaný obvod
$I_1$	vstupný prúd
$I_2$	výstupný prúd
Menič	zariadenie, ktoré mení výstupný signál na požadovanú hodnotu
napr.	napríklad
N – Mosfet	tranzistor s N kanálom
P	výkon
$Q_{CS}$	tepelný odpor prechod puzdro – chladič
$Q_{JC}$	tepelný odpor polovodičový prechod – puzdro
$Q_{SA}$	tepelný odpor prechod chladič – vzduch
$T_A$	teplota okolia
$T_J$	maximálna teplota tranzistoru udávaná výrobcom
$U_1$	vstupné napätie
$U_2$	výstupné napätie