

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

Nabíječka autobaterií se spínaným zdrojem

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

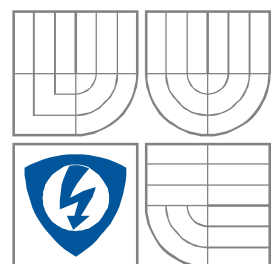
Josef Kadlec

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNologiÍ**

**ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY
A ELEKTRONIKY**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

Nabíječka autobaterií se spínaným zdrojem

Car battery charger with a switching power supply

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

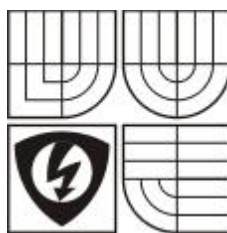
Josef Kadlec

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Dalibor Červinka, Ph.D.

BRNO, 2008



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Silnoproudá elektrotechnika a výkonová elektronika

Student: Josef Kadlec

Ročník: 3

ID: 78616

Akademický rok: 2007/08

NÁZEV TÉMATU:

Nabíječka autobaterií se spínaným zdrojem

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Provedte dimenzování součástek pro nabíječku autobaterií navrženou v rámci předchozího semestrálního projektu.
2. Zařízení zrealizujte a oživte.
3. Provedte veškeré provozní zkoušky.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Dle pokynů vedoucího práce.

Termín zadání: 10.10.2007

Termín odevzdání: 06.06.2008

Vedoucí projektu: Ing. Dalibor Červinka, Ph.D.

doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.

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 § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

LICENČNÍ SMLOUVA
POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO
uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Josef Kadlec

Bytem: Krásněves 93

Narozen/a (datum a místo): 17.3.1986, Velké Meziříčí, část Mostiště

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

se sídlem Údolní 53, Brno, 602 00

jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:

doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc., předseda oborové rady Silnoproudá

elektrotechnika a elektroenergetika

(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

disertační práce

diplomová práce

bakalářská práce

jiná práce, jejíž druh je specifikován jako

(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Nabíječka autobaterií se spínaným zdrojem

Vedoucí/ školitel VŠKP: Ing. Dalibor Červinka, Ph.D.

Ústav: Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Datum obhajoby VŠKP: 16.6. 2008

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v*:

tištěné formě – počet exemplářů 1

elektronické formě – počet exemplářů 1

* hodící se zaškrtněte

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 Y ihned po uzavření této smlouvy
 - 1 rok po uzavření této smlouvy
 - 3 roky po uzavření této smlouvy
 - 5 let po uzavření této smlouvy
 - 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne: 16.6.2008

.....
Nabyvatel

.....
Autor

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a konstrukcí nabíječky autobaterií se spínaným zdrojem, jejímž jádrem je jednopulsní propustný měnič. Nabíječka je určena pro akumulátory o jmenovitém napětí 6 a 12V. Nabíjí akumulátory metodou konstantního napětí s proudovými omezeními 0,5A, 5A, 20A a 50A. Hodnota 50A má význam při startování automobilu například v zimě, kdy nabíječka odlehčí baterii. Zařízení je dále vybaveno doplňkovými ochranami, které chrání jak nabíječku, tak i akumulátor a napájecí síť. Dále je doplněno třemi kontrolkami popisujícími různé provozní stavy.

Abstract

This bachelor's thesis is considered by projection and construction of the car battery charger with switching source. One-pulsed conducting changer is base of this charger. The charger is intended for accumulators of nominate voltage 6 and 12V. Accumulators are charged by method of constant voltage with current limitation of 0.5A, 5A, 20A and 50A. Value 50A has reason during starting of car for example in winter, because the charger helps to battery. The device is equipped with additional protection, which protects the charger and also the accumulator and the supply network. Three pilot lights are the next equipment of the device.

Klíčová slova

olověný akumulátor; spínaný zdroj; jednopulsní propustný měnič; nabíječka; nabíjení konstantním napětím; proudové omezení; budič; řídicí obvod

Keywords

lead accumulator; switching source; one-pulsed conducting changer; charger; charging by constantly voltage; current limitation; exciter; control circuit

Bibliografická citace

KADLEC, J. Nabíječka autobaterií se spínaným zdrojem. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 49 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Dalibor Červinka, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Nabíječka autobaterií se spínaným zdrojem 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 jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 16.6.2008

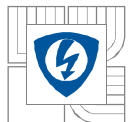
Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Prof. Ing. Daliboru Červinkovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

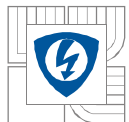
V Brně dne 16.6.2008

Podpis autora



OBSAH

1 ÚVOD	15
2 OLOVĚNÉ AKUMULÁTORY	15
3 NABÍJENÍ AKUMULÁTORU	17
4 ŘEŠENÍ NABÍJEČKY	18
4.1 HLAVNÍ DESKA	19
4.1.1 BLOK JEDNOČINNÉHO PROPUSTNÉHO MĚNIČE.....	19
4.1.2 BLOK POMOČNÝCH ZDROJŮ.....	22
4.1.3 BLOK SNÍMÁNÍ PROUDU.....	23
4.1.4 BLOK ŘÍDICÍHO OBVODU.....	24
4.1.5 BLOK BUDIČŮ.....	25
4.2 OVLÁDACÍ DESKA	27
4.3 VNĚJŠÍ OBVODY	29
4.3.1 OCHRANNÉ OBVODY	29
4.3.2 KONTROLKY.....	31
4.3.3 PŘEPÍNAČE	32
4.3.4 CHLADICÍ SOUSTAVA.....	33
5 NÁVRH VYSOKOFREKVENČNÍHO TRANSFORMÁTORU	35
6 ZÁVĚR	38
LITERATURA	39
PŘÍLOHY	1
6.1 DESKY PLOŠNÝCH SPOJŮ	1
6.1.1 OVLÁDACÍ DESKA	1
6.1.2 HLAVNÍ DESKA.....	2
6.2 SEZNAM SOUČÁSTEK	4
6.2.1 HLAVNÍ DESKA.....	4
6.2.2 OVLÁDACÍ DESKA	6
6.2.3 VNĚJŠÍ OBVODY	7
6.3 MECHANICKÁ ČÁST	8



SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Ukázka průběhu proudu na čase při nabíjení konstantním napětím 2,27V/čl. při proudových omezeních $I = \{0,3; 0,2; 0,1; 0,05\} \cdot C_3$ [A] [2].....	17
Obrázek 2: Blokové schéma uspořádání nabíječky.....	18
Obrázek 3: Primární část propustného měniče	19
Obrázek 4: Vliv parazitních kapacit při stavu naprázdno a při zatížení.....	20
Obrázek 5: Schéma zapojení sekundární části propustného měnič.....	21
Obrázek 6: Schéma zapojení pomocných zdrojů	22
Obrázek 7: Schéma obvodu detekujícího přepětí a nadproudy	23
Obrázek 8: Schéma zapojení externích součástí řídicího obvodu UC 3845	24
Obrázek 9: Blokové schéma obvodu UC 3845.....	24
Obrázek 10: Schéma zapojení budičů	25
Obrázek 12: Schéma zapojení ovládací desky.....	27
Obrázek 13: Znázornění děličů výstupního napětí pro jednotlivé rozsahy	28
Obrázek 14: Znázornění velikostí napětí na Zenerových diodách.....	28
Obrázek 15: Parametry vstupního konektoru	29
Obrázek 16: Průběh proudu při přepólování akumulátoru	30
Obrázek 17: Znázornění obvodu červené kontrolky při chybném zapojení akumulátoru	31
Obrázek 18: Znázornění kontaktů napěťového přepínače (S1)	32
Obrázek 19: Znázornění kontaktů přepínače proudových rozsahů (S2)	32
Obrázek 20: Profil chladiče SK 544 (M 1 :1).....	33
Obrázek 21: Celkové schéma zapojení nabíječky.....	34
Obrázek 22: Zobrazení proudů přídatnou indukčností L1 a primárním vinutím transformátoru TR1.....	35



Obrázky přílohy:

Obrázek 23: Pozice součástek na DPS (M 3 : 1)	1
Obrázek 24: Schéma jednotlivých cest (M 3 : 1).....	1
Obrázek 25: Schéma cest vrchní strany desky.....	2
Obrázek 26: Rozmístění součástek na vrchní straně desky	2
Obrázek 27: Schéma cest spodní strany desky	3
Obrázek 28: Rozmístění součástek na spodní straně desky.....	3
Obrázek 29: Zobrazení spodní části krabice (M 1 : 2)	8
Obrázek 30: Detail předního panelu krabice (M 1 : 1).....	9
Obrázek 31: Detail zadního panelu krabice (M 1 : 1)	9
Obrázek 32: Zobrazení horní (překrývací) části krabice (M 1 : 2)	10



SEZNAM TABULEK

Příloha:

Tabulka 1: Seznam součástek hlavní desky.....	4
Tabulka 2: Seznam součástek ovládací desky	6
Tabulka 3: Seznam součástek vnějších obvodů.....	7



SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Pozn.:	poznámka
GND	uzel slučující funkci ochranného vodiče a záporného pólu
Iz	svorka ovládací desky, která řídí nabíjecí proud
Uref	referenční napětí řídicího obvodu
Ucc	napájecí napětí pro řídicí obvod
DPS	deska plošných spojů
SMD	součástky pro povrchovou montáž (Surface Mount Device)
EAGLE	program pro tvorbu DPS (Easily Applicable Graphical Layout Editor)
S _{max}	maximální střída (zvolená 0,43)



1 ÚVOD

Nejběžnějším zdrojem pro nabíjení akumulátorů býval lineární zdroj. Pro nabíječku akumulátorů požadujeme velké výkony, zvláště pokud má sloužit i jako startovací centrála. Lineární výkonový zdroj by obsahoval velký těžký hmotný transformátor oproti spínanému zdroji, který má podstatně menší vysokofrekvenční transformátor. Návrh spínaného zdroje je sice složitější, ovšem dosáhneme zásadního snížení rozměrů a hmotnosti. Díky těmto výhodám se ve výrobě nabíječek a svařovacích invertorů dnes již výhradně využívá principu spínaného zdroje.

2 OLOVĚNÉ AKUMULÁTORY

V automobilové elektrotechnice se jako zdroj napájecího napětí užívají především olověné akumulátory, protože jsou nejvýhodnější z hlediska ceny a požadovaných vlastností. Pro nastartování motoru spouštěčem (stejnoseměrný sériový motor) je potřeba krátkodobě velký proud. Při správném chodu dobíjecí soustavy již akumulátor není potřeba - plní tedy funkci pouze *startovacího akumulátoru*, a alternátor do něj za chodu motoru po určité době vrací zpět vydanou energii. Zároveň je alternátor zdrojem ostatních spotřebičů v automobilu.

Akumulátor se skládá článků po 2 V. Pro různá jmenovitá napětí se články zapojují do série a umísťují do jedné nádoby (šestivoltový obsahuje 3 články, dvanáctivoltový 6). Vyrábí se v normalizovaných řadách od cca 36 Ah až asi po 225 Ah. Kapacita se zvyšuje paralelním řazením článků o stejném typu a velikosti.

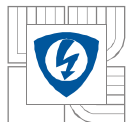
Nádoby akumulátorů jsou v dnešní době z průsvitného plastu, články mají pod deskami záchytný prostor pro uvolněný materiál z desek. Kladné póly jsou tvořeny oxidem olovnatým PbO_2 a záporné elektrody olovem Pb. Chemický proces při nabíjení a vybíjení lze popsat rovnicí:



(směr šipky vpravo značí nabíjení, vlevo vybíjení)

Záporných elektrod je o jednu více, v článku se mezi sebou střídají. Mezi jednotlivými deskami jsou umístěny separátory, které zabraňují vzájemnému dotyku desek. Zároveň zpevňují konstrukci. Všechny desky stejné polarity jsou propojeny a vyvedeny na horní stranu článku. Vývody jsou pod víkem nádoby propojeny, první a poslední vývod je vyveden vně víka a slouží k připojení kabelů. Geometrická velikost desek udává kapacitu článku a maximální velikost odebíraného proudu. Jako elektrolyt se používá kyselina sírová naředěná na předepsanou hustotu ($1,285 \text{ g/cm}^3$) destilovanou vodou.

Každý článek má v klidu (bez zatížení) napětí v rozmezí 2,0 – 2,15 V. Tato hodnota se s odběrem proudu zmenšuje. Do určité hodnoty klesá nepatrně, při velkém odběru v řádu stovek ampérů může klesnout až na 1,4 V na jednotlivý článek. Bez zatížení i ve vybitém stavu



je napětí článku okolo 2,1 V, proto měření napětí naprázdno nedává správnou informaci o stavu nabití akumulátoru. Při nabíjení se napětí zvyšuje, hodnota 2,75 V je udávána jako znak plného nabití při nabíjení, další zvyšování již nemá význam, všechen proud pouze rozkládá vodu. Hustota elektrolytu se s vybíjením zmenšuje, je proto dobrým ukazatelem stavu nabití.

Platí, že nelze nabíjet tak velkými proudy, jako vybíjet - články jsou sice schopny mimořádných odběrů proudu, ale chemické reakce zpětného charakteru potřebují více času na proběhnutí. Nabíjení velkými proudy rychle ničí desky.

Pro dolévání se používá pouze destilovaná voda, kyselina se neodpařuje. Pokud dojde k úniku elektrolytu, musí se doplnit elektrolyt o stejné hustotě.

Startovací akumulátory mají konstrukci desek provedenou tak, aby se dosáhlo co nejnižšího vnitřního odporu (řádově v mΩ). To totiž umožňuje odebírat proudy ve stovkách ampérů. Jiné vlastnosti už nejsou tak podstatné. Důležité tedy je, aby byl akumulátor schopen skrze spouštěč dodat potřebný moment pro spuštění motoru. Z tohoto poznatku vycházejí i dnešní novelizované normy hodnotící vlastnosti startovacích akumulátorů.

Hodnota *kapacity* je pouze pomocnou hodnotou – vztahují se k ní však určité měřicí a nabíjecí metody. Značka C₂₀ je podle normy hodnota kapacity akumulátoru v Ah. Index 20 znamená tzv. dvacetihodinový vybíjecí cyklus – plně nabitý akumulátor se vybíjí konstantním proudem dvacetiiny (0,05) hodnoty kapacity akumulátoru. Měření se provádí při teplotě středního článku 25° C.

Pro zpevnění olovených desek se používal antimon. Jeho použití bylo levné a dobře technologicky zvládnuté. Nevýhodou použití antimonu je negativní vliv na hodnotu samovybíjení a rozklad vody. (Proto se u běžných akumulátorů musí pravidelně dolévat voda, ztráta samovybíjením se udává 1% denně z momentální kapacity. Akumulátor se musel při nečinnosti jednou za 3 měsíce dobíjet.) Dnes je antimon nahrazován vápníkem a cínem. Změna technologie nejenom že silně potlačila negativní vlastnosti antimonové technologie, ale výrazně i zvýšila životnost akumulátoru. Vápníkové akumulátory téměř nevykazují samovybíjení a ztráta vody je natolik zanedbatelná, že zásoba vody v akumulátoru postačuje na celou dobu životnosti, která bývá výrazně vyšší než u původního provedení (střední hodnota 10 let při správném používání a údržbě). Akumulátory, dnes také označované jako *bezúdržbové*, již nemají otvory pro dolévání vody (americká norma) nebo mají pouze uzávěry pro nouzové doplnění elektrolytu (evropská norma). Navíc bývají často doplňovány indikátorem nabití, tzv. magické oko, které barevnými poli určuje úroveň nabití. Jde o otočný hustoměr, který se podle momentální hustoty elektrolytu otáčí a odráží různými barvami okolní světlo. Tyto akumulátory mají větší plochu desek, protože se aktivní hmota desek tolik nedrolí a není tedy zapotřebí pod deskami tolik záchytného místa na kal. Proto mají při stejném vnějším rozměru větší kapacitu. Udává se i větší odolnost proti vibracím a nárazům. Většina výrobců udává schopnost startu po 6 měsíčním skladování.

Startovací akumulátory nesnáší hluboké vybíjení a dlouhou dobu ve vybitém stavu. Při hlubokém vybíjení - zvláště spuštěním motoru – se rychleji rozpadají desky, dlouhá doba ve vybitém stavu způsobuje rychlou a nevratnou sulfataci. Totéž platí, pokud je nedostatek elektrolytu – vystupující část desek nad elektrolytem již po 15 min. začíná „tvrdnout“. Akumulátor by se měl udržovat vždy plně nabitý, po vybití co nejdříve dobít [1].

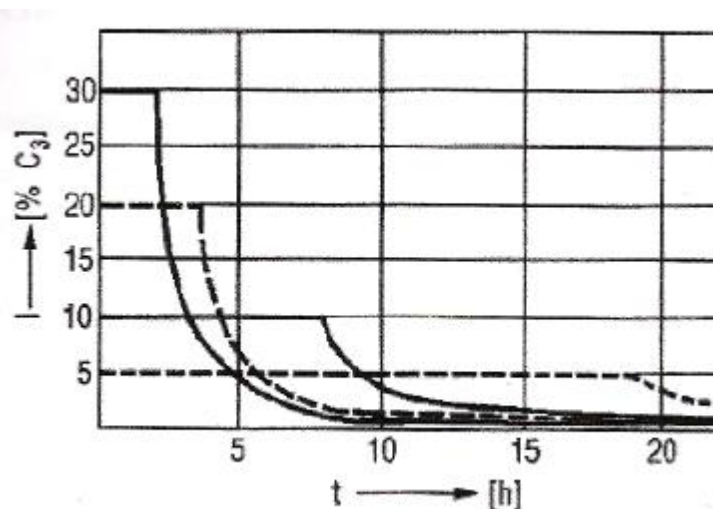
3 NABÍJENÍ AKUMULÁTORU

Při nabíjení dochází k obnově elektrického náboje v akumulátoru. Pro plné nabití musí akumulátor dostat elektrický náboj o 15 až 20 % větší, než mu byl odebrán vybitím. Nabíjení akumulátoru musí probíhat v intervalu teplot 15 – 40 °C. Plné nabití nastává, jakmile napětí na akumulátoru dosáhlo hodnoty, která se po dobu 2 až 4 hodin nemění (obvykle 2,4 - 2,8 V na článek). Hustota elektrolytu je také konstantní (1,26 – 1,285 g/cm³).

Existuje více nabíjecích metod, jako například nabíjení konstantním napětím, konstantním proudem (jednostupňové a dvoustupňové), kombinované nabíjecí metody a podobně. Nabíječka popisovaná v této práci využívá principu *nabíjení konstantním napětím v kombinaci s omezením proudu*.

Patříčně dimenzovaný zdroj stejnosměrného napětí o velikosti 14,4 V (respektive 7,2V pro akumulátor o jmenovitém napětí 6V) s proudovým omezením na hranici desítek ampérů se připojí přímo na svorky akumulátoru. Pokud je akumulátor plně vybit, začal by jím protékat velký proud, který by mohl autobaterii poškodit. Z tohoto důvodu je nabíječka vybavena proudovým omezením o určitých řadách proudů 0,5A, 5A a 20A, které zachytí proudový náraz. Se zvyšujícím proudovým omezením klesá doba nabíjení (viz. obrázek). Z obrázku je také patrné, že baterii ke konci nabíjení protéká malý proud.

Hodnota 50A slouží přímo pro pomoc baterii při startování. Tento rozsah může být nastaven i při dobíjení z části vybitého akumulátoru.



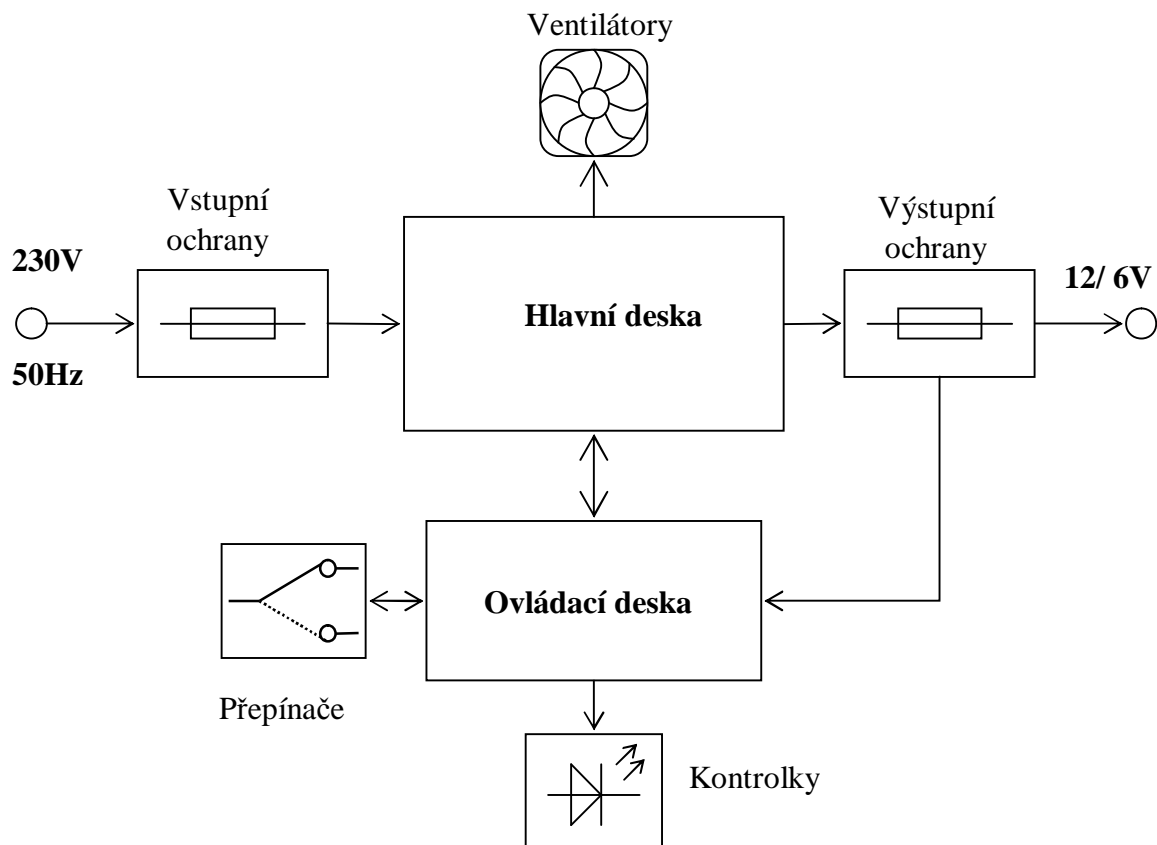
Obrázek 1: Ukázka průběhu proudu na čase při nabíjení konstantním napětím 2,27V/čl. při proudových omezeních $I = \{0,3; 0,2; 0,1; 0,05\} \cdot C_3 [A]$ [2]

4 ŘEŠENÍ NABÍJEČKY

Popisovaná nabíječka se skládá ze tří základních částí. Jde o dvě desky plošných spojů a vnější obvody. Jednotlivé části tedy obsahují:

1. **Hlavní deska** – tato deska obsahuje většinu součástek a je nejrozsáhlejší. Jejími bloky jsou: jednočinný propustný měnič, řídicí obvod, budiče, snímání proudu a pomocné zdroje.
2. **Ovládací deska** – její základní částí je PI regulátor, dále obsahuje výstupy pro kontrolky a přepínače.
3. **Vnější obvody** – jde o všechny součástky a propojení, které se nacházejí mimo výše uvedené desky. Základními částmi tedy jsou:
 - vstupní ochrany – pojistka a síťový filtr
 - výstupní ochrany – zabránění přepólování
 - přepínače rozsahů – napětí 6/ 12V, proudová omezení 0,5A, 5A, 20A, 50A
 - kontrolky – zelená, červená, bílá
 - ventilátory

Jednotlivé části nabíječky budou podrobněji popisovat následující kapitoly.



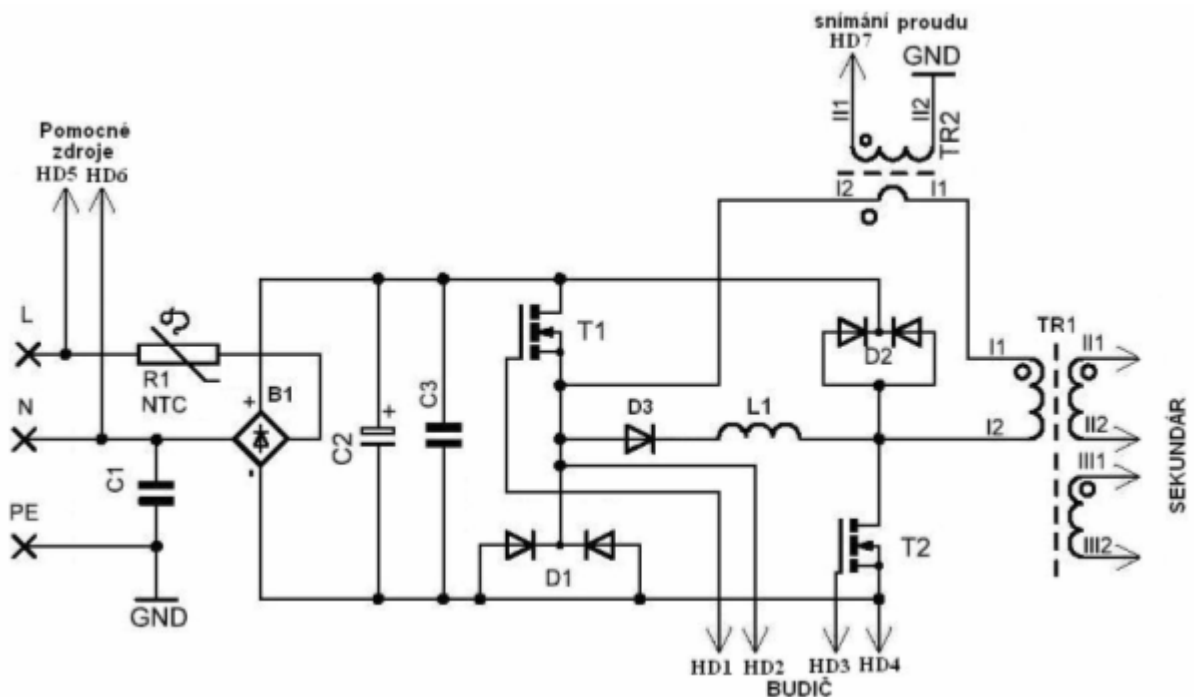
Obrázek 2: Blokové schéma uspořádání nabíječky

4.1 Hlavní deska

Vzhledem ke složitosti zapojení bude hlavní deska rozdělena na funkční bloky, které budou zvlášť popsány. Jednotlivé propojky bloků jsou označeny indexem HD a příslušné číslo. Kompletní schéma hlavní desky je uvedeno na konci kapitoly (viz. Obrázek 11). Hlavní deska je řešená jako univerzální zapojení spínaného zdroje, o jehož výstupních parametrech (výstupní napětí a proud) rozhoduje ovládací deska. Maximální velikost výstupního napětí omezují parametry vysokofrekvenčního transformátoru.

4.1.1 Blok jednočinného propustného měniče

a) Primární část

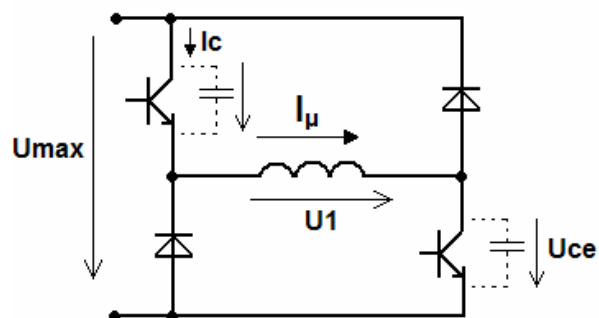
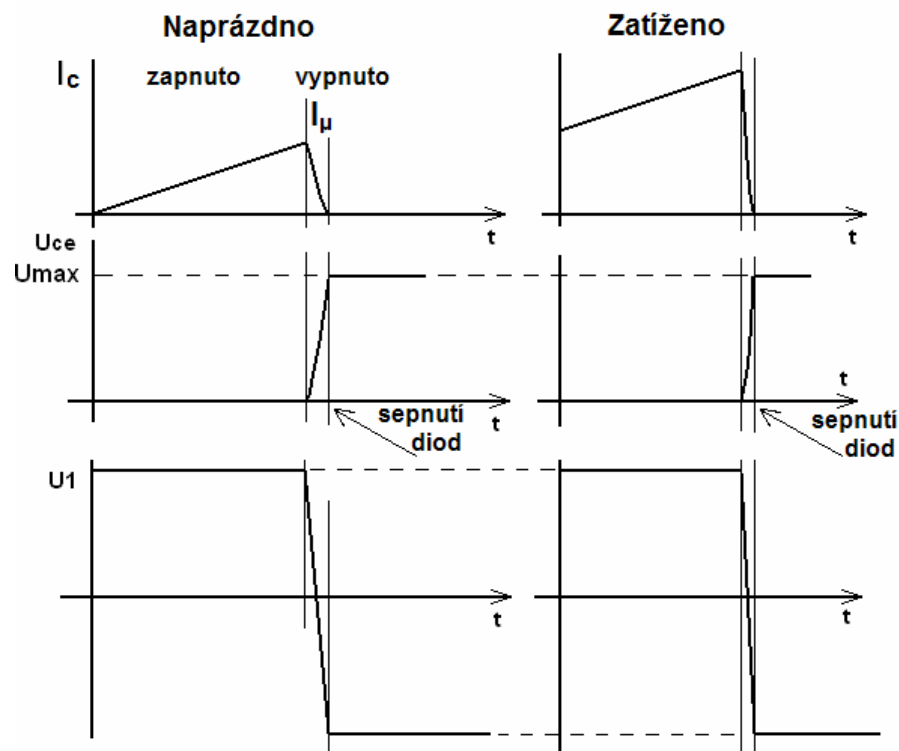


Obrázek 3: Primární část propustného měniče

Primární část měniče je napájena síťovým napětím, které je usměrněno usměrňovací mřížkou a vyfiltrováno kondenzátory C2 a C3. Termistor slouží k potlačení proudových nárazů při sepnutí nabíječky (především jde o nabíjení elektrolytického kondenzátoru C2). Měřicí transformátor TR2 zajišťuje zpětnou vazbu. Paralelně s dvojicí tranzistorů MOS-FET jsou zapojeny diody D1 a D2.

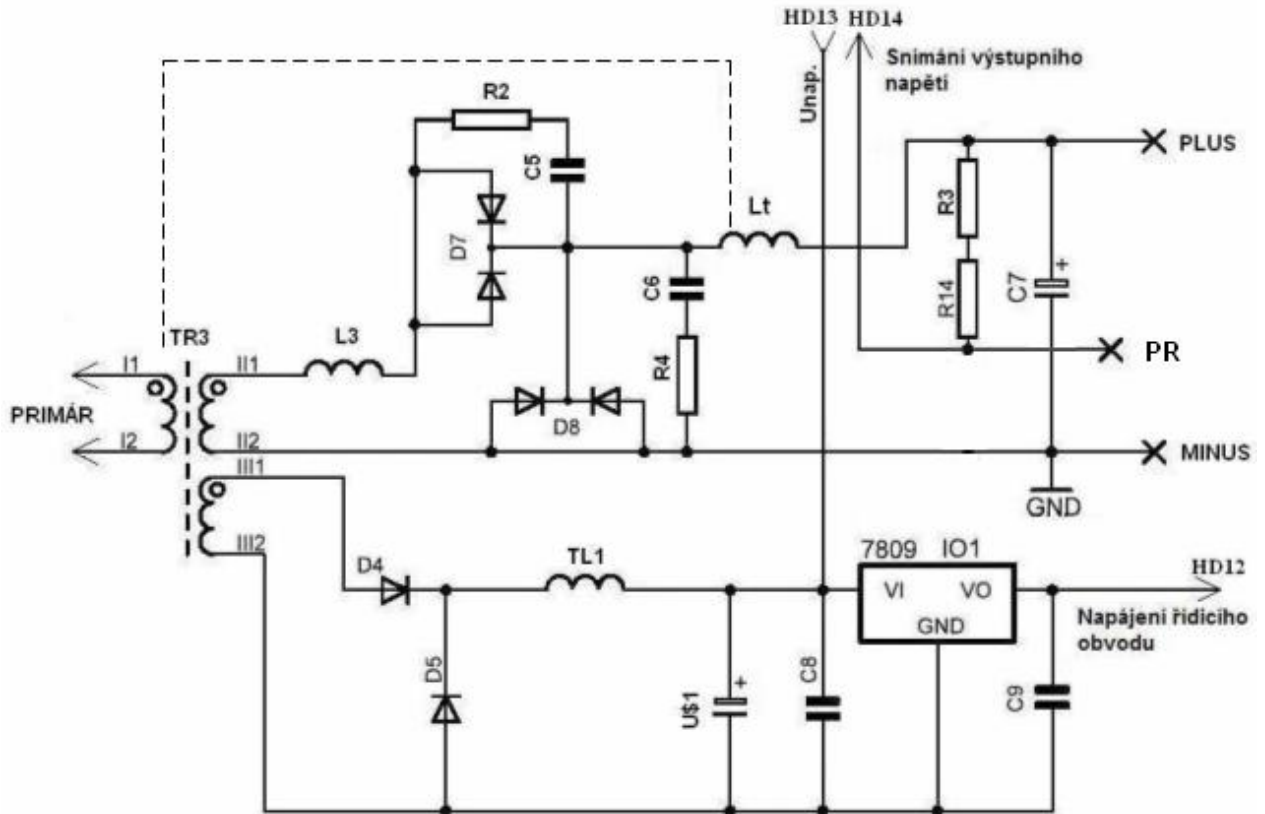
Vstup vysokofrekvenčního transformátoru je spojen paralelně s cívkou L1, která snižuje celkovou indukčnost této kombinace, čímž se zvýší magnetizační proud. Tento proud musí být velký z důvodu přebíjení parazitních kapacit mezi kontakty D a S tranzistorů. Jakmile se totiž

tranzistory vypnou, začne se magnetizační proud uzavírat přes tyto parazitní kapacity do té doby, než se kapacity nabijí. Teprve v této chvíli začíná téci magnetizační proud diodami D1 a D2. Cívka L1 a primární vinutí transformátoru TR1 se začínají demagnetizovat, přičemž magnetizační proud musí vždy klesnout na nulovou hodnotu, protože jinak by každým cyklem vzrůstal nad všechny meze. Je tedy patrné, pro nabíjení parazitních kapacit je nejhorší stav naprázdno (viz. Obrázek 4). Teoreticky může být střída 0,5, ovšem kvůli nabíjení parazitních kapacit se volí menší. Pro náš případ zvolíme střídu $s_{max} = 0,43$.



Obrázek 4: Vliv parazitních kapacit při stavu naprázdno a při zatížení

b) Sekundární část



Obrázek 5: Schéma zapojení sekundární části propustného měnič
(včetně zdroje pro řídicí obvod)

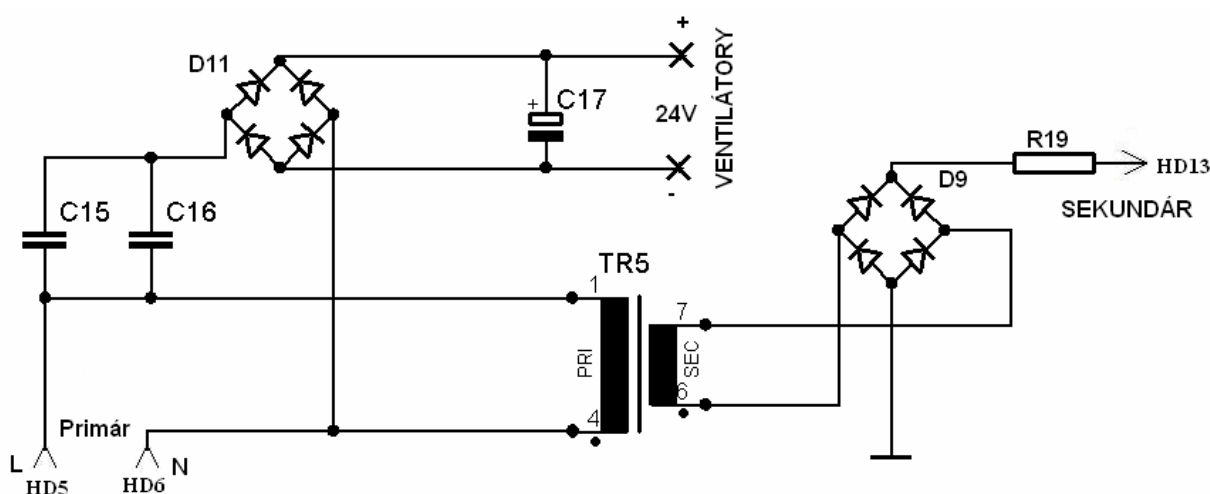
Vrchní sekundární vinutí impulsního transformátoru TR1 hraje roli **propustného měniče**: V *aktivní fázi* (nabíjení akumulátoru) se energie ze vstupu částečně shromažďuje v tlumivce L_t formou magnetické energie a v kondenzátoru C_7 formou elektrostatického náboje. V *pasivní fázi*, při záporné polarizaci, se předává energie filtru (L_t , C_7) zátěži skrze diodu D_8 .

Odpory R_3 , R_{14} slouží pro hlídání přepětí. Fungují jako napěťový dělič, přičemž spodní odpor, který hlídá, zda je velikost napětí na uzlu HD14 proti zemi 1V, se nachází na ovládací desce. Velikost tohoto odporu se přiřazuje pomocí přepínače S_1 v závislosti na rozsahu nabíjecího napětí. Svorka PR se připojuje na přepínač napěťových rozsahů S_1 . Paralelně s diodami D_7 a D_8 jsou připojeny RC členy z důvodu urychlení komutace diod. Vzduchová cívka L_3 změkčuje trafo a pomáhá odstranit překmitý na výstupních diodách.

Tlumivka L_t je z důvodu úspory místa a zvětšení indukčnosti navinuta kolmo na výstupní toroidní transformátor. Magnetický tok výstupního transformátoru je kolmý na tok způsobený tlumivkou L_t a tak se tlumivka s transformátorem vzájemně neovlivňují. Návrh impulsního transformátoru bude popsána v kapitole 5.

Spodní obvod sekundárního vinutí zajišťuje **hlavní napájení řídicího obvodu**. Tento obvod však začne pracovat až po nabuzení měniče. Ten se však nenabudí bez řídicího obvodu, proto se pro řídicí obvod musí zajistit *dočasný zdroj*. Unap značí napětí dočasného zdroje (viz. následující kapitola), který napájí řídicí obvod do doby, než se plně zprovozní hlavní napájecí zdroj.

4.1.2 Blok pomocných zdrojů

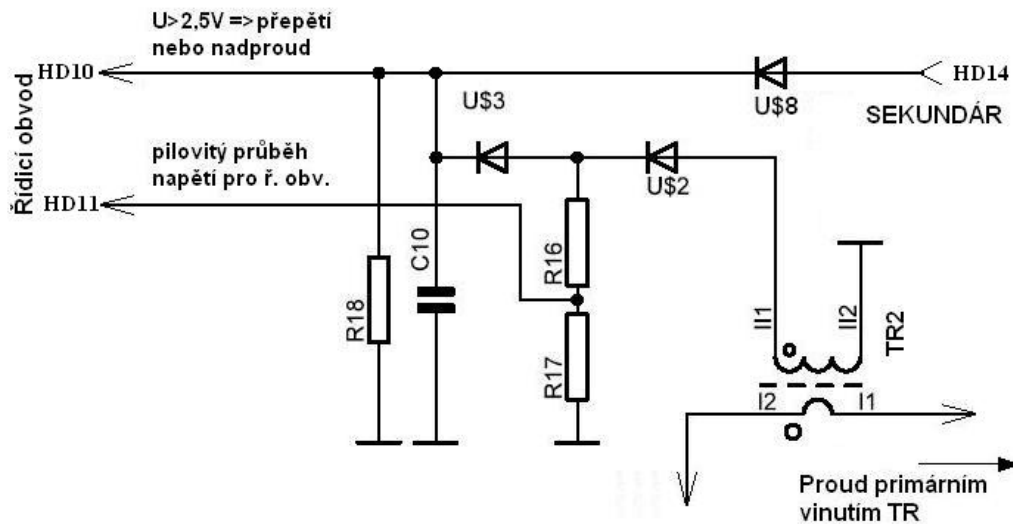


Obrázek 6: Schéma zapojení pomocných zdrojů

Tento blok se dělí na dva pomocné zdroje:

- Dočasný zdroj** – zajišťuje napájení řídicího obvodu pouze při náběhu nabíječky, to znamená, že je využit krátkou dobu. Díky tomu může být poddimenzován. Skládá se z transformátoru TR5, dvojpulsního usměrňovače a rezistoru omezujícího proud. Vyfiltrování a stabilizaci napětí provedou prvky hlavního napájecího zdroje (kondenzátory U\$1, C8 a stabilizátor 7809).
- Napájení ventilátorů** – tento zdroj je založen na principu kapacitního napěťového děliče. Vysokonapěťovou část zastupují kondenzátory C15, C16 a nízkonapěťová část je tvořena filtračním kondenzátorem C17 paralelně spojeným s vlastní impedancí větráků. Parametry ventilátorů jsou 12V/ 1,8W. Aby paralelní dvojici kondenzátoru tekla co nejmenší proud, jsou ventilátory zapojeny do série. Napětí na výstupních svorkách má tedy hodnotu 24V. Hodnoty jednotlivých součástí byly experimentálně zjištěny pro danou dvojici ventilátorů.

4.1.3 Blok snímání proudu

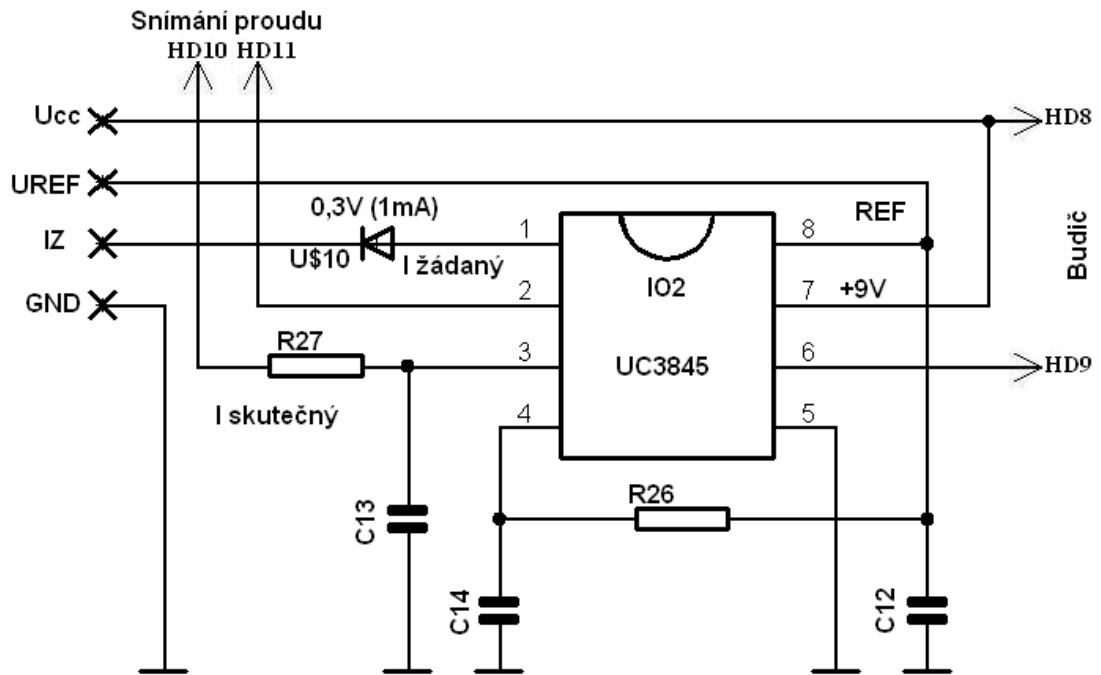


Obrázek 7: Schéma obvodu detekujícího přepětí a nadproudy

Při jmenovitém proudu primárním vinutím transformátoru protéká díky proudovému transformátoru konstantní proud přes diodu $U\$2$ do odporového děliče $R16$, $R17$ a vytvoří na něm úbytek přibližně 2,5V. Signál je vyhlazen na svou maximální hodnotu kondenzátorem $C10$. Pokud napětí na kondenzátoru $C10$ převyší hodnotu 2,5V, dojde k zablokování výstupu a střída se zmenší na nulovou hodnotu. Stejně tak při přepětí se napětí vede do stejného bodu řídicího obvodu a tak reakce na přepětí, nebo nadproud, je stejná. Kondenzátor $C10$ a rezistor $R18$ tvoří časovou konstantu. Diody $U\$8$ a $U\$3$ jsou zapojeny jako logický OR. Řídící obvod reguluje střídu a tím i velikost proudu podle signálu označujícího přepětí nebo nadproud. Pilovitý průběh napětí, nezbytný pro komparátor řídicího obvodu, se vede z napěťového děliče $R16$, $R17$. Signál je děličem upraven z 2,5V asi na 1V a má pilovitý průběh se stejnosměrnou složkou. Odpovídá skutečné hodnotě proudu.

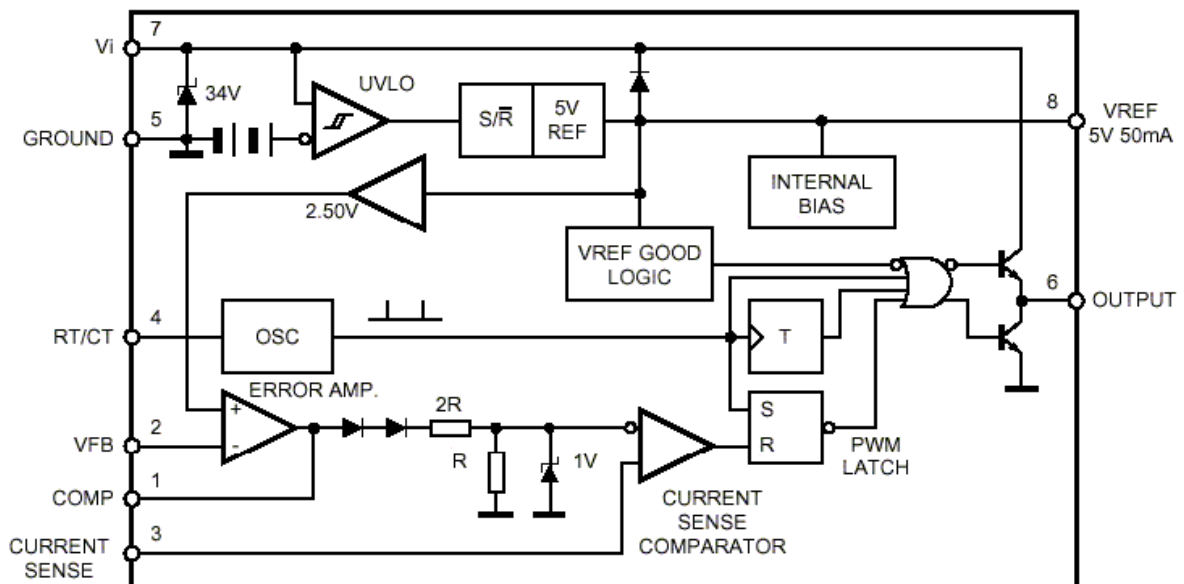
Integrovaný obvod UC 3845 do kterého je tento pilovitý průběh veden má přímo v sobě zabudován regulátor proudu.

4.1.4 Blok řídicího obvodu



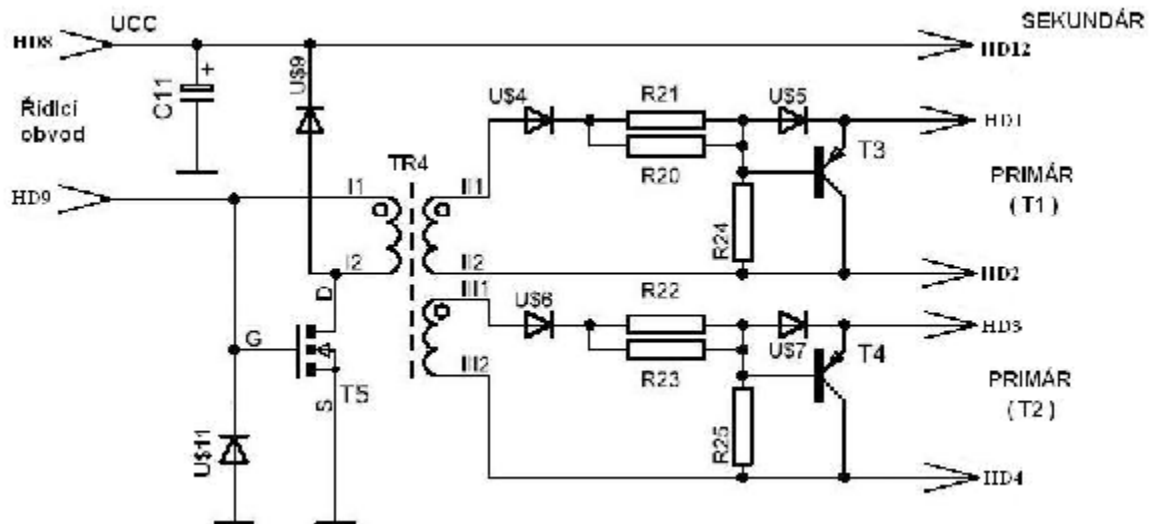
Obrázek 8: Schéma zapojení externích součástek řídicího obvodu UC 3845

Nabíječka je řízena obvodem UC 3845. Jeho výhodou je nízká cena, malé pouzdro (8 pinů) a malé množství externích součástek potřebných pro realizaci celého řízení. Obvody UC 3842 - 5 jsou velmi často používány ve svářecích invertorech nebo ostatních typech spínaných zdrojů jako hlavní řídicí obvody PWM regulace. Systém řízení pracuje s konstantním spínacím kmitočtem, který lze snadno nastavit hodnotami rezistoru R26 a kondenzátoru C14. Svorky Ucc, UREF, IZ a GND se připojí k obvodu nadřazené napěťové regulace (viz. ovládací deska).



Obrázek 9: Blokové schéma obvodu UC 3845

4.1.5 Blok budičů

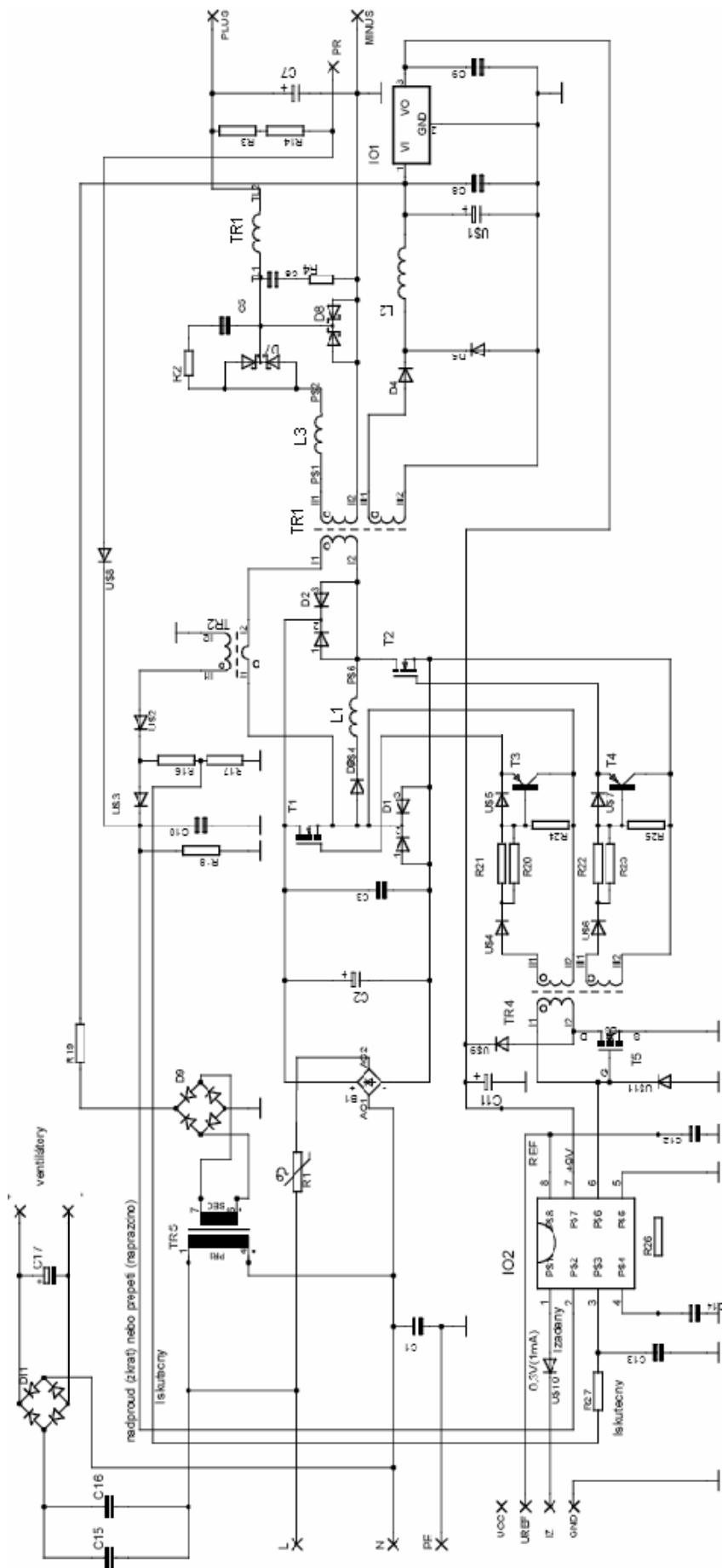


Obrázek 10: Schéma zapojení budičů

Signál z řídicího obvodu UC 3845 je přiváděn přímo na hradlo MOS-FET tranzistoru $T5$. Zároveň je přímo veden na primární vinutí oddělovacího transformátoru. Při kladném napětí řídicího signálu protéká primárním vinutím oddělovacího transformátoru proud přímo z řídicího obvodu. Dále proud protéká přes otevřený tranzistor $T5$. Po změně polarity řídicího signálu se $T5$ zavírá a proud v cívce postupně zaniká. V této době proud teče cívkou přes diody $U\$11$ a $U\$9$.

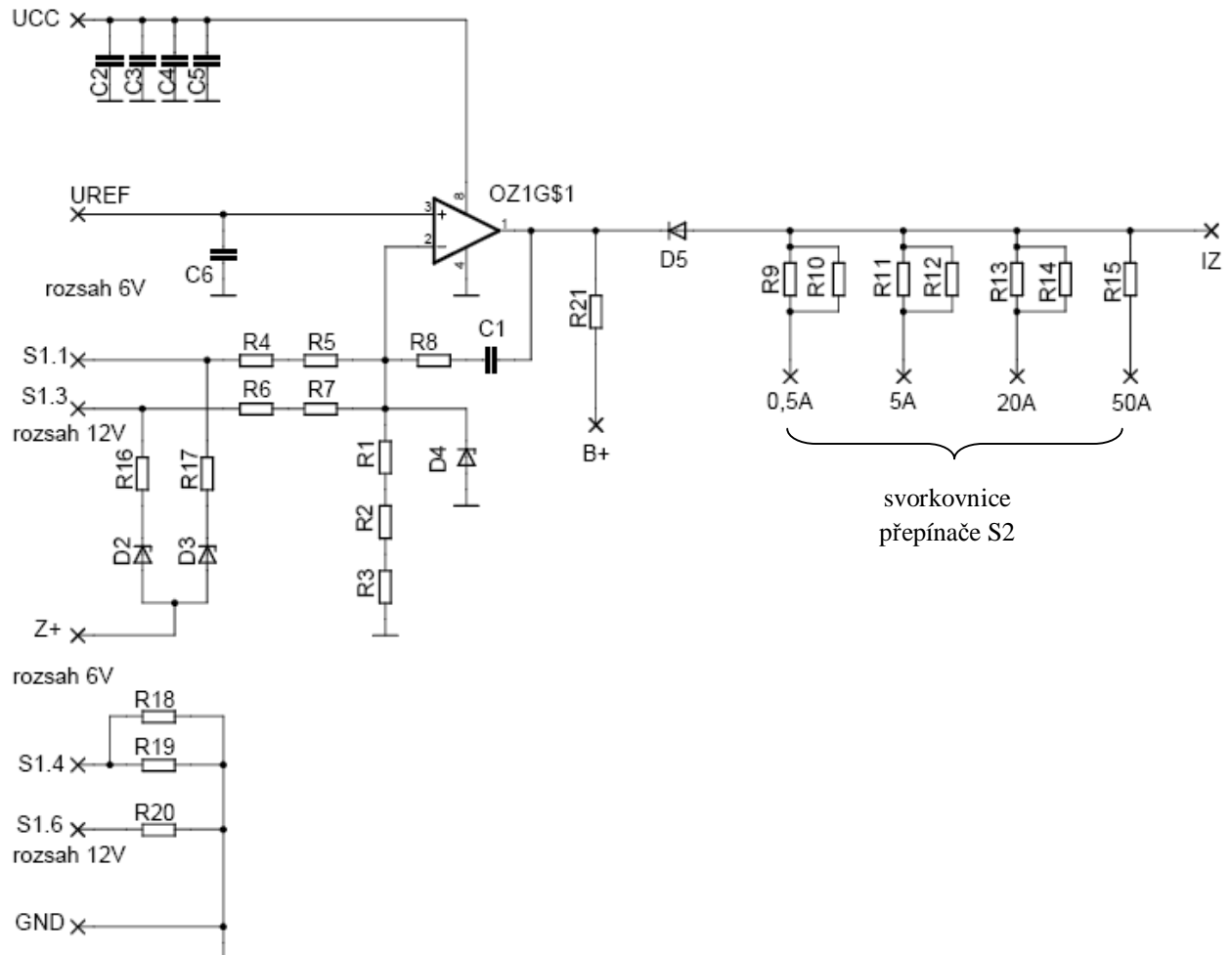
Obvody na sekundární straně transformátoru jsou určeny pro buzení hradel výkonových tranzistorů a zároveň pro vybíjení parazitních kapacit hradel. Tyto kapacity jsou neodstranitelně součástí tranzistoru a při takto vysoké spínací frekvenci by vlivem kapacity nedošlo k rozepnutí tranzistoru. Proto se musí vždy kapacita vybít.

Při kladném napětí na sekundární straně se signál dostává přes diody a paralelně zapojené rezistory až k hradlu výkonového tranzistoru a způsobuje jeho otevření. Nabíjí se parazitní kapacita hradla tranzistoru. Ve chvíli, kdy se změní polarita napětí sekundární strany transformátoru, jsou diody $U\$4$ a $U\$5$ polarizovány závěrně a tudíž jimi nemůže procházet proud zpět. Parazitní nabitá kapacita připojená mezi emitor a kolektor Tranzistoru PNP způsobí průchod proudu do báze, tento proud otevře tranzistor a parazitní kapacita hradla se vybije přímo přes tranzistor $T3$.



Obrázek 11: Celkové zapojení jednotlivých obvodů bloků hlavní desky

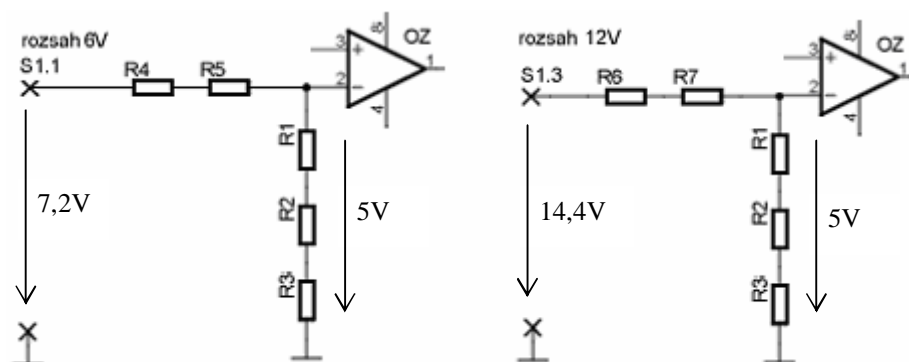
4.2 Ovládací deska



Obrázek 12: Schéma zapojení ovládací desky

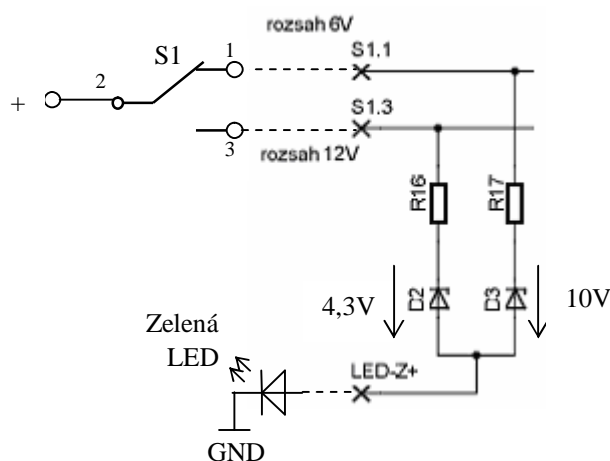
Základem ovládací desky je nadřazená napěťová regulace. Parametry PI regulátoru jsou nastaveny součástkami R8 a C1. Jako operační zesilovač je použit integrovaný obvod TLC 272 SMD.

Kondenzátory C2 – C5 slouží k vyhlazení napájecího napětí pro operační zesilovač. Rezistory R9 – R15 nastavují parametry proudového omezení podle polohy přepínače S2. Rezistory R1 – R7 tvoří dvojité napěťový dělič. Na odporech R1 – R3 je vždy napětí 5V. S1.1 a S1.3 jsou kontakty přepínače rozsahů. Svorka S1.1 odpovídá poloze přepínače při nabíjení 6-ti voltové baterie, to znamená, že proti zemi po regulaci napětí na tomto kontaktu bude 7,2V. Podobně na svorce S1.3, která odpovídá poloze přepínače při nabíjení 12-ti voltové baterie, bude napětí 14,4V.



Obrázek 13: Znárodnění děličů výstupního napětí pro jednotlivé rozsahy

LED-Z+ je vývod na anodu zelené diody (kontrolky). Zenerovy diody D2, D3 sepnou při určité velikosti napětí na výstupu nabíječky (viz. Obrázek 14). Rezistory R18, R19 omezují proudy tekoucí kontrolkou. Jsou dimenzovány tak, aby při splnění požadovaného napěťového rozsahu zelená LED svítila stejně.



Obrázek 14: Znárodnění velikostí napětí na Zenerových diodách

Na výstup operačního zesilovače je připojena přes omezovací rezistor anoda bílé LED.

Rezistory R18, R19 a R20 jsou součástí již zmiňovaného napěťového děliče na hlavní desce (viz. strana 21).

4.3 Vnější obvody

Tato část nabíječky zahrnuje veškerá propojení obou desek, vstupu, výstupu, přepínačů, kontrol, ochran a podobně. Nyní budou popsány jednotlivé části, přičemž schéma bude opět uvedeno na konci kapitoly (viz. Obrázek 21).

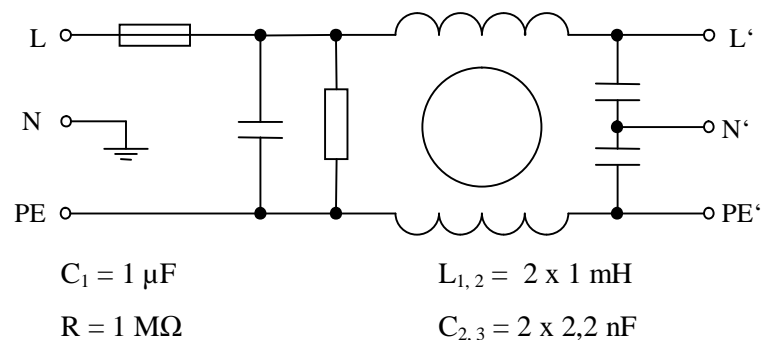
4.3.1 Ochranné obvody

a) Vstupní ochrana

Vstup nabíječky je se síťovým napětím spojen přes konektor, který v sobě zahrnuje pojistkové pouzdro a síťový filtr.

Pojistka by se za normálního provozu neměla přetavit. Pro pokrytí potřeby nabíječky postačí pojistka 5A. Její funkce se využije v případě, že dojde k mechanické závadě uvnitř nabíječky, například zkrat fáze se středním vodičem.

Síťový filtr (ve schématu označen EMC) se připojuje na vstup, aby byla dodržena elektromagnetická kompatibilita. Jde o to, aby daný spotřebič neovlivňoval napájecí síť, a tím i ostatní spotřebiče. Vzhledem k tomu, že jádro nabíječky tvoří spínaný zdroj pracující na frekvenci 200kHz, je přítomnost síťového filtru v zařízení nevyhnutelná.



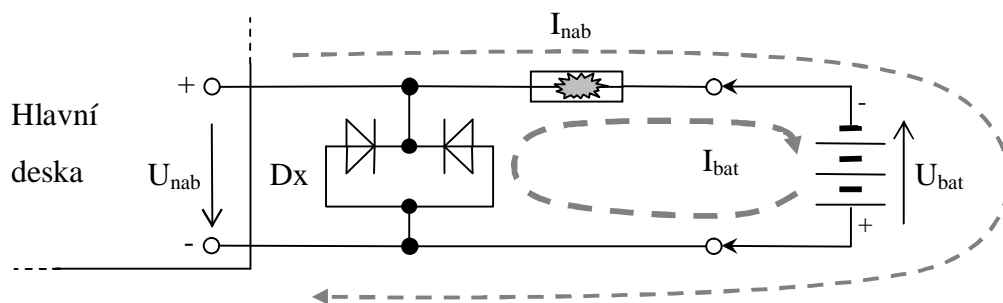
Obrázek 15: Parametry vstupního konektoru

V průběhu návrhu vnějších obvodů bylo řešeno, zda se nabíječka opatří spínačem či nikoli. Vyrábějí se i konektory se síťovým filtrem, pojistkou i spínače. Ovšem z těch, co jsou v současnosti snadno dostupné, mají všechny tyto bloky kontakty spínače umístěny vně komponentu. Jediný způsob jejich zapojení by tedy byl: pojistka – síťový filtr – spínač – spínané elektrické zařízení. Tato varianta však byla zamítnuta, protože i když bude spínač vypnut, ale vstupní svorky konektoru budou zapojeny do sítě, neustále bude aktivní i síťový filtr. Ideální variantou by bylo, kdyby byl spínač první komponent mezi napájecí sítí a elektrickým zařízením

(Pozn.: spínači by ještě mohla být předřazena pojistka). Spuštění nabíjení autobaterií tedy bude zahájeno zapojením přívodního kabelu do zásuvky, což je pro dané zařízení vhodné řešení. Pokud by se nabíječka používala často, z čehož by plynula nutnost spínače, muselo by se buď investovat do konektoru, jenž disponuje spínačem (byl by však podstatně větší, což by se promítlo na změnách v mechanické konstrukci), nebo sehnat samostatný síťový filtr. V počátcích návrhu této nabíječky bylo počítáno s tím, že se síťový filtr připojí přímo do hlavní desky. Tato varianta však byla nepřijatelná, protože desku razantně prodloužila.

b) Výstupní ochrana

Výstupní svorky nabíječky jsou vybaveny proti ochranou proti přepólování akumulátoru. Přepólování je nežádoucí stav, který by mohlo způsobit poškození jak nabíječky, tak baterie. Díky ochranné duodiodě D_x a tavné pojistce, jež přeruší obvod, je výstup nabíječky imunní* proti tomuto omylu, jenž je zapříčiněn výhradně nepozorností obsluhy. Příslušný obvod je naznačen na následujícím obrázku (U_{nab} – nabíjecí napětí, I_{nab} – nabíjecí proud omezený zvoleným rozsahem, U_{bat} – napětí na akumulátoru, I_{bat} – zkratový proud vyvolaný akumulátorem):



Obrázek 16: Průběh proudu při přepólování akumulátoru

Pozn.: Jakmile dojde k přetavení pojistky, rozsvítí se červená kontrolka. Princip kontrolky je uveden v následujícím odstavci.

* Tento způsob ochrany je účinný v případě, že je akumulátor schopen dodat potřebný zkratový proud, jehož velikost i s připočteným proudem nabíječky dle rozsahu bude větší jak hranice přetavení pojistky (70A). To je nebezpečné zvláště pro akumulátor malé kapacity nebo pro značně vybitý akumulátor. Ten by byl prakticky zkratován přes pojistku a duodiodu D_x , a mohlo by dojít k jeho zničení. Díky tomuto stavu vzniká na diodě D_x velký ztrátový výkon, a tak musí být připojena na chladič.

4.3.2 Kontrolky

Jak již bylo uvedeno, nabíječka je opatřen třemi kontrolkami typu LED, které jsou čelním panelu přístroje:

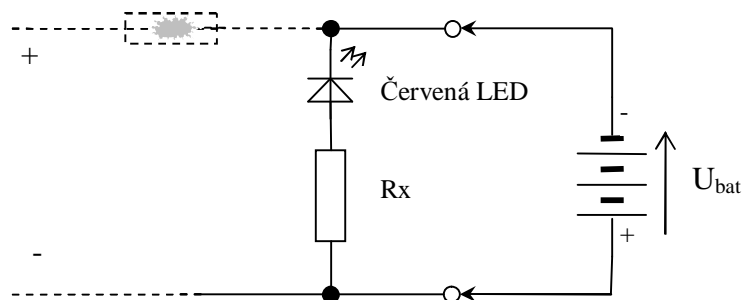
Zelená

- pro napěťový rozsah 6V se plně rozsvítí při minimálním napětí na výstupu 5,8V, pro rozsah 12V při minimálním napětí 11,5V.
- kontrolka tedy nejen že hlídá velikost výstupních napětí, ale zároveň má i úlohu vizuální signalizace, že je nabíječka zapnutá.

Pozn.: Principiální schéma bylo uvedeno na Obrázek 14.

Červená

- tato signalizace se rozsvítí, pokud bude přetavená výstupní pojistka (vlivem již zmíněného chybného připojení akumulátoru k nabíječce).
- kontrolka zhasne, jakmile obsluha odpojí akumulátor od nabíječky. Opětovné nabíjení bude možné po výměně přetavené pojistky za novou.



Obrázek 17: Znáznornění obvodu červené kontrolky při chybném zapojení akumulátoru

Bílá

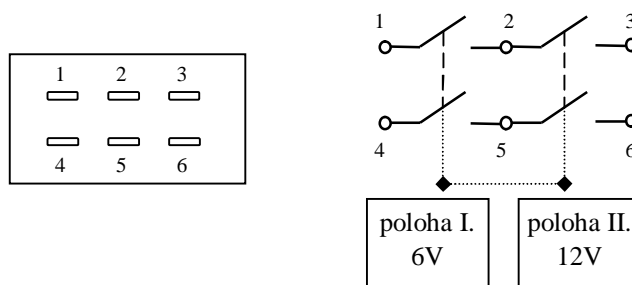
- tato kontrolka se rozsvítí v případě, že nabíjecí proud je menší než nastavené proudové omezení.

4.3.3 Přepínače

Oba mechanické přepínací prvky jsou typu posuvného přepínače, protože jsou laciné a rozměrově malé ve srovnání s ostatními typy přepínačů. Přes svoji malou velikost poloha jezdce názorně ukazuje zvolený rozsah elektrické veličiny.

Přepínač nabíjecího napětí 6/ 12V

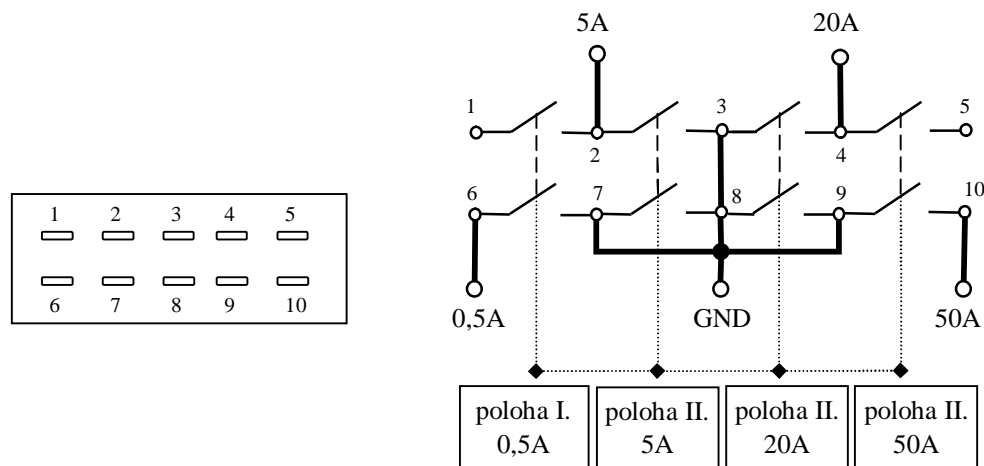
Jedná se o třípólový dvupolohový posuvný přepínač, jehož mechanické a elektrické uspořádání kontaktů zobrazuje následující obrázek:



Obrázek 18: Znázornění kontaktů napěťového přepínače (S1)

Přepínač proudových omezení

Prostřednictvím tohoto posuvného čtyřpolohového přepínače se nastavuje proudové omezení nabíječky. Tento přepínač se skládá z 8 kontaktů, přičemž každá poloha přepínače sepne dvojici kontaktů podle následujícího obrázku. Systém spínání jednotlivých kontaktů však není vhodný pro danou problematiku. Tlustou čarou jsou znázorněny vnější propojky kontaktů, které z původního přepínače vytvoří čtyřpolohový přepínač v požadované podobě.



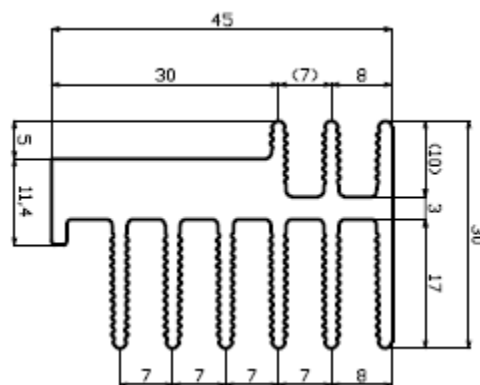
Obrázek 19: Znázornění kontaktů přepínače proudových rozsahů (S2)

4.3.4 Chladicí soustava

Chladicí soustava má za úkol rozptýlit ztrátový výkon na tranzistorech T1 a T2, zároveň na diodách D7, D8. Vedlejší úloha chladiče byla naznačena v kapitole o výstupních ochranách: vlivem přepólování kontaktů při nabíjení baterie o malé kapacitě, respektive malém zkratovém odporu diodou Dx protéká zkratový proud. Ztrátový výkon na diodě Dx se tedy také musí rozptýlit na chladiči. Dále je na chladič ještě připojen usměrňovací můstek B1.

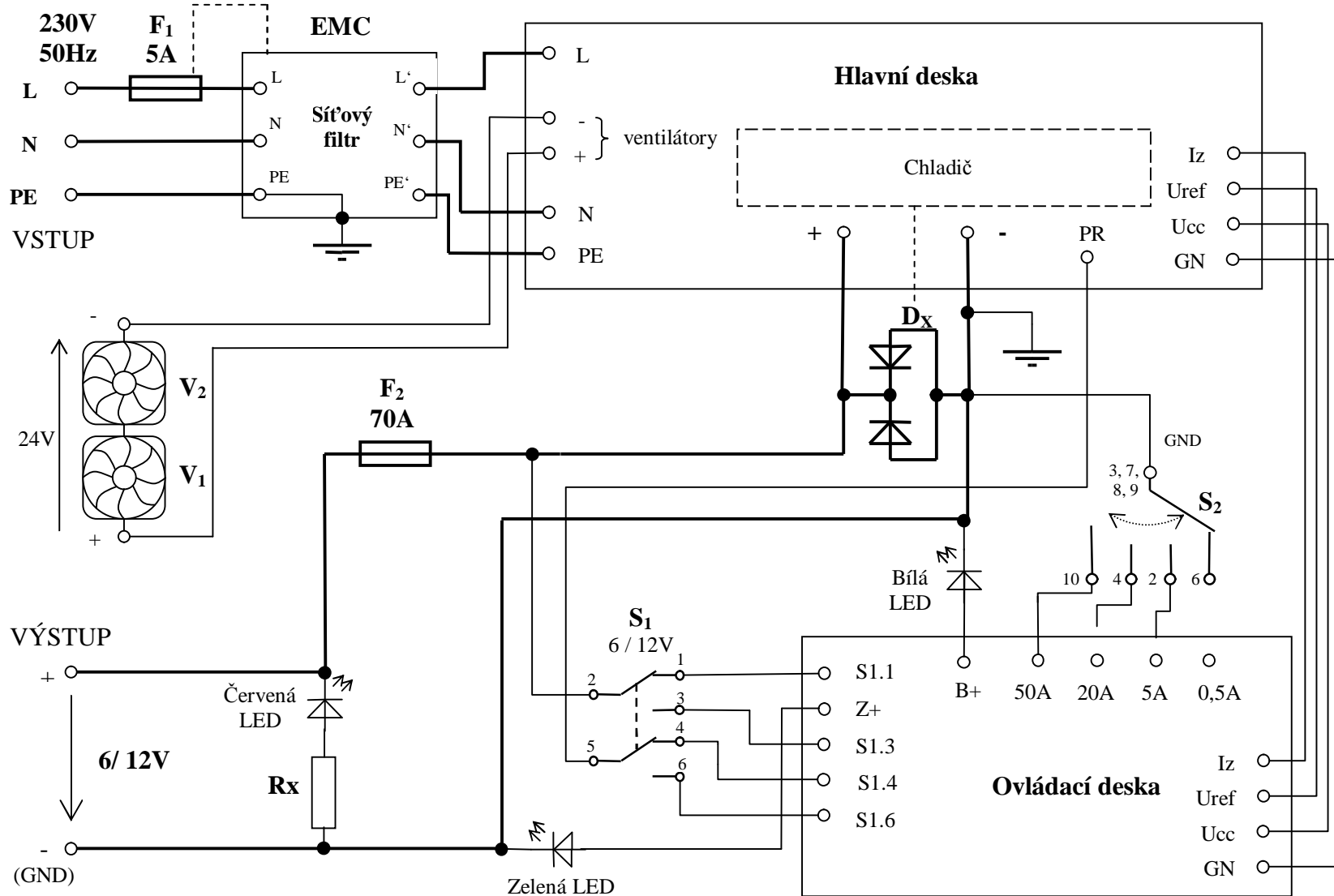
Důležitým roli také hraje při rozptylování ztrátového výkonu na stabilizátoru napětí IO1. Výstupní napětí nabíječky jsou 7,2 a 14,4V. Napájení řídicího obvodu potřebuje 9V. Proto má vinutí napájecího zdroje o jeden závit více než výstupní vinutí, z čehož plyne napětí na vstupu stabilizátoru 10,8 a 21,6V. Proto je zřejmé, že při nabíjení na rozsahu 12V se bude přehřívat (za předpokladu, že řídicí obvod odebírá asi 200mA). Pokusem bylo ověřeno, že pokud se stabilizátor připevní alespoň na spodní výběžek chladiče, jeho teplota se ustálí na přijatelné hodnotě.

Na chladič budou tedy připojeny součástky: B1, T1, T2, D7, D8, Dx a IO1. Chladič je dvěma šrouby připevněn přes nevodivou podložku přímo k hlavní desce.



Obrázek 20: Profil chladiče SK 544 (M 1 :1)

Výměnu ohřátého vzduchu zajišťují dva ventilátory od výrobce SUNON, jenž mají parametry: rozměry 60 x 60 x 25mm, napájecí napětí 12V DC při odebíraném proudu 148mA, dvojité kuličkové ložisko, 39.93m³/hod(23.5CFM), 34.5dbA, 4.500ot./min., označení výrobce KD1206PTB1.(2).GN. Každý ventilátor ofukuje polovinu přístrojové krabice. Ta je rozdělena na dvě poloviny prostřednictvím hlavní desky. Na přední straně se ofukuje především vysokofrekvenční transformátor TR1, na zadní straně chladič a k němu přidružené polovodičové prvky.



Obrázek 21: Celkové schéma zapojení nabíječky

5 NÁVRH VYSOKOFREKVENČNÍHO TRANSFORMÁTORU

Tato kapitola popisuje návrh vysokofrekvenčního transformátoru. Dále se zde spočítá hodnota přidavné indukčnosti L_1 .

Vysokofrekvenční transformátor (TR1) se skládá z šesti toroidních jader. Každé jádro má průřez $S_1 = 0,000048m^2$ a magnetickou vodivost $A_1 = 2900nH$. To znamená, že celkový průřez se šestkrát zvýší:

$$S = S_1 \cdot 6 = 0,000048 \cdot 6 = 0,000288m^2$$

Maximální indukčnost byla zvolena 0,2T a výstupní napětí 24V. Potom počet primárních závitů bude:

$$N_1 = \frac{U_1 \cdot s_{\max}}{B_{\max} \cdot S \cdot f} = \frac{\sqrt{2} \cdot 230V \cdot 0,43}{0,2T \cdot 0,000288m^2 \cdot 200000} = 12,15z \approx 12z \quad (1)$$

Počet sekundárních závitů se určí ze vztahu:

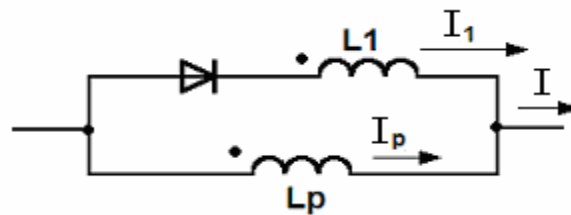
$$N_2 = \frac{U_{\text{výst max}} \cdot N_1}{U_1 \cdot s_{\max}} = \frac{24 \cdot 12}{\sqrt{2} \cdot 230 \cdot 0,43} = 2,06z \approx 2z \quad (2)$$

Nyní se tedy určí celková magnetická vodivost ze vztahu:

$$L_p = \Lambda \cdot N_1^2 = 6 \cdot A_L \cdot N_1^2 = 6 \cdot 2,9 \cdot 10^{-6} \cdot 12^2 = 2,5mH \quad (3)$$

Proud primárním vinutím transformátoru popisuje následující vzorec:

$$I_p = \frac{N_1 \cdot B_{\max} \cdot S}{L_p} = \frac{12 \cdot 0,2 \cdot 0,000288}{0,0025} = 0,276A \quad (4)$$



Obrázek 22: Zobrazení proudů přidavnou indukčností L_1 a primárním vinutím transformátoru TR1

Jak již bylo zmíněno dříve, cívka L_1 je paralelně spojena s primárním vinutím transformátoru TR1 (na předchozím obrázku označeno jako L_p) kvůli snížení celkové indukčnosti, čímž se zvýší magnetizační proud - v tomto případě požadujeme, aby se zvýšil třikrát:

$$I = 3 \cdot I_p = 3 \cdot 0,276 = 0,828A \quad (5)$$



Podle Obrázek 22 určíme proud indukčností L1:

$$I_1 = I - I_p = 0,828 - 0,276 = 0,552A \quad (6)$$

Přídavnou indukčnost tedy popisuje vztah:

$$L_1 = \frac{U_d \cdot t_{zap}}{I_1} = \frac{U_d \cdot \frac{S_{MAX}}{f}}{I_1} = \frac{230 \cdot \sqrt{2} \cdot 0,43}{0,552 \cdot 200000} = \underline{\underline{1,267mH}} \quad (7)$$

Pro návrh transformátoru bude nezbytné určit proud primárním vinutím

$$\begin{aligned} I_{1ef} &= \sqrt{\left(I_{V2} \cdot p \cdot \sqrt{s_{max}}\right)^2 + \left(\frac{I_p}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{2s_{max}}\right)^2} = \\ &= \sqrt{\left(I_{V2} \cdot \frac{N_2}{N_1} \cdot \sqrt{s_{max}}\right)^2 + \left(\frac{I_p}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{2s_{max}}\right)^2} = \\ &= \sqrt{\left(50 \cdot \frac{2}{12} \sqrt{0,43}\right)^2 + \left(\frac{0,276}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{0,86}\right)^2} = \sqrt{29,861 + 0,022} = 5,467A \end{aligned} \quad (8)$$

a proud sekundárním vinutím:

$$I_{2ef} = I_2 \cdot \sqrt{s_{max}} = 50 \cdot \sqrt{0,43} = 32,787A \quad (9)$$

Průřezy vodičů na primární a sekundární straně se určí z efektivní hodnoty proudů a z proudové hustoty (tato hustota byla zvolena $6,2 A/mm^2$ tak, aby se do jádra vešla všechna vinutí):

$$S_{prim} = \frac{I_{1ef}}{J} = \frac{5,467}{6,2} = 0,88mm^2 \quad (10)$$

$$S_{sek} = \frac{I_{2ef}}{J} = \frac{32,787}{6,2} = 5,288mm^2 \quad (11)$$



Vlivem skin efektu se musí vodiče realizovat tzv. vysokofrekvenčním svazkem, kde jednotlivé vodiče mají maximální průměr 2δ . Závislost δ na frekvenci je dána podle následujícího vztahu:

$$d = \frac{75}{\sqrt{f}} = \frac{75}{\sqrt{200000}} = 0,1675\text{mm} \quad (12)$$

$$d_{\max} = 2 \cdot d = 2 \cdot 0,168 = 0,335\text{mm} \quad (13)$$

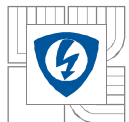
Vodič o průměru $0,335\text{mm}$ je přímo vyráběn a s izolací má průměr $0,38\text{mm}$. Následující rovnice určuje průřez vodiče:

$$S_{\max} = \frac{p \cdot d^2}{4} = \frac{p \cdot 0,335^2}{4} = 0,088\text{mm}^2 \quad (14)$$

Počet vodičů ve svazku na primární a sekundární straně je:

$$n_{\text{prim}} = \frac{S_{\text{prim}}}{S_{\max}} = \frac{0,88}{0,088} = \underline{\underline{10}} \quad (15)$$

$$n_{\text{sek}} = \frac{S_{\text{sek}}}{S_{\max}} = \frac{5,288}{0,088} = \underline{\underline{60}} \quad (16)$$



6 ZÁVĚR

Většina času při tvorbě této práce byla věnovaná tvorbě desek plošných spojů v programu EAGLE. Tento editor je uživatelsky přívětivý a výkonný pro návrh DPS.

Hlavní deska je podstatně náročnější pro návrh oproti ovládací desce. Nejen z toho důvodu, že obsahuje mnohem více součástek, ale především proto, že obsahuje jak vysokonapěťovou, tak i nízkonapěťovou část. Z toho plyne, že mezi těmito celky musí být určitá izolační mezera. Ta představovala v některých případech problém, neboť některé součástky jsou příliš rozměrné, tudíž ztěžují vhodné rozmístění ostatních součástek. Další úskalí vznikala při tvorbě hlavní desky, protože je poměrně široká a nízká. Proto je hlavní deska doplněna dvěma propojkami prostřednictvím kroucené dvojlinky (dohromady tedy 4 spoje).

Ovládací deska představuje poměrně jednoduché zapojení. Díky tomu může být DPS jednostranná a všechny součástky jsou typu SMD. Proto je deska poměrně úzká, což znamená příznivý fakt pro mechanickou konstrukci.

Popisovaná nabíječka zatím není vyrobená, neboť se čeká na výrobu hlavní desky.

Veškeré údaje potřebné pro výrobu nabíječky jsou uvedeny v příloze. Obě DPS jsou také součástí CD (soubory programu EAGLE typu *.sch a *.brd), jež je součástí této práce.



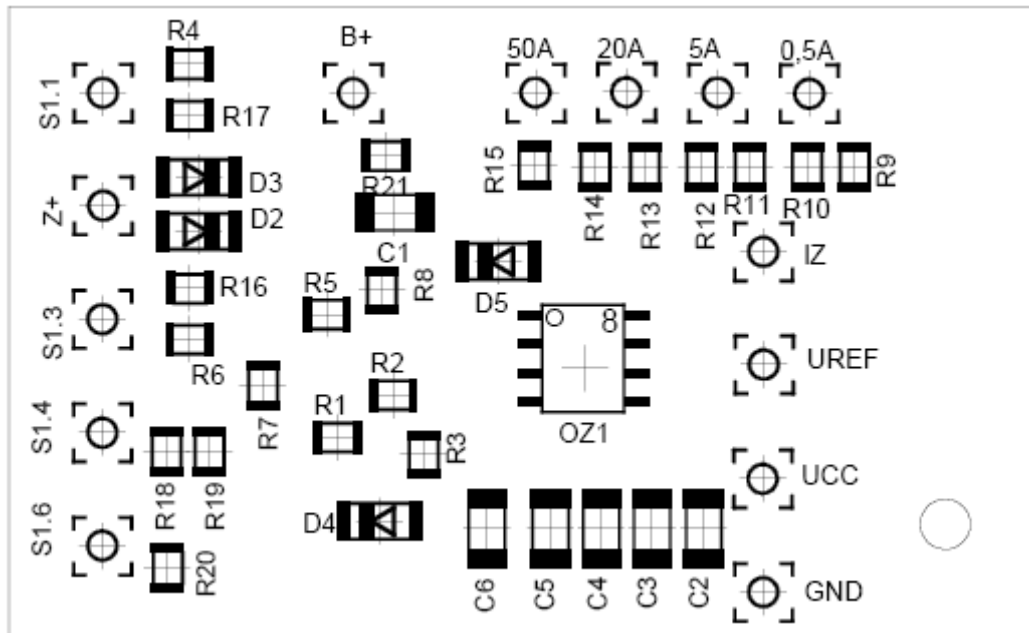
LITERATURA

- [1] Čech J.: http://fabia.joy.sweb.cz/strana_4.html, 2004
- [2] Sobotka D.: Inteligentní nabíječka pro elektrický skútr, VUT v Brně, 2001
- [3] Snítily D.: Inteligentní nabíječka pro trakční akumulátor Li-ion, VUT v Brně, 2006

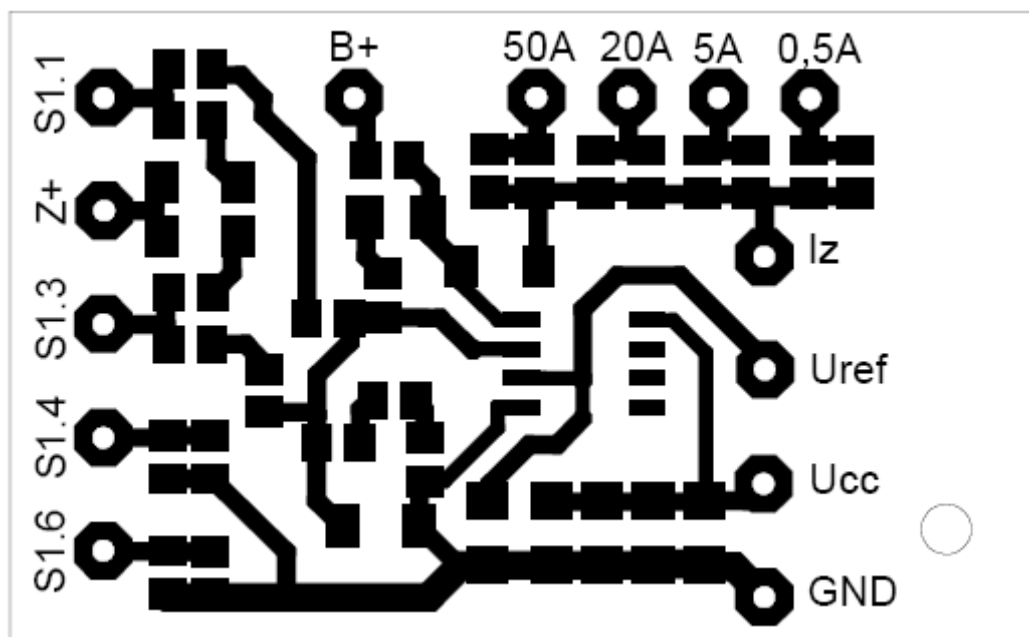
PŘÍLOHY

6.1 Desky plošných spojů

6.1.1 Ovládací deska



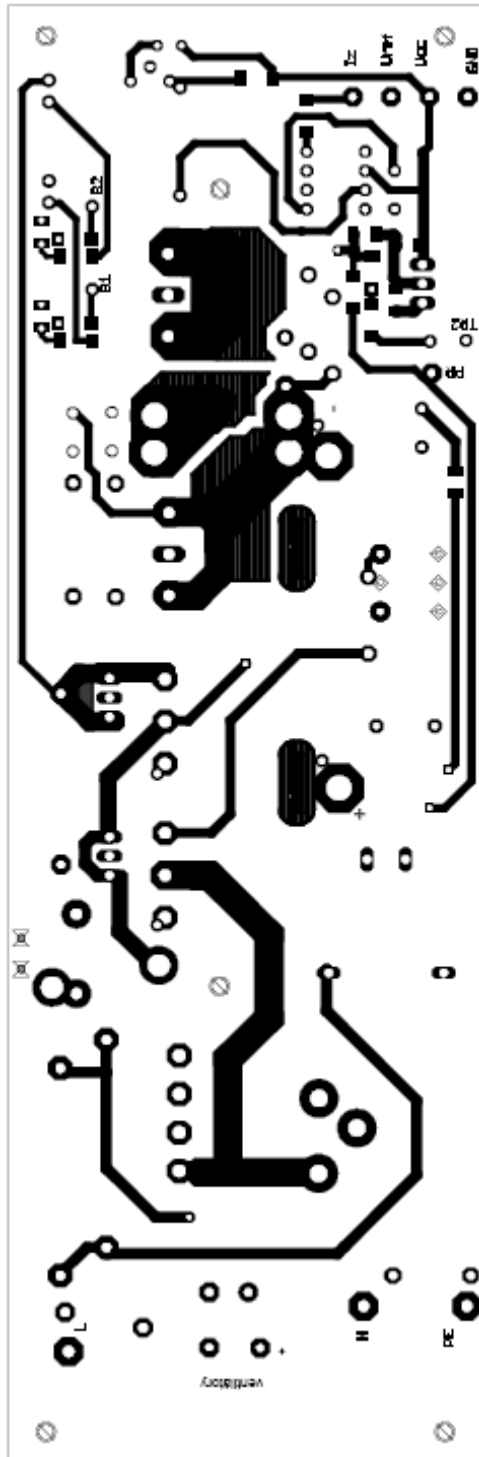
Obrázek 23: Pozice součástek na DPS (M 3 : 1)



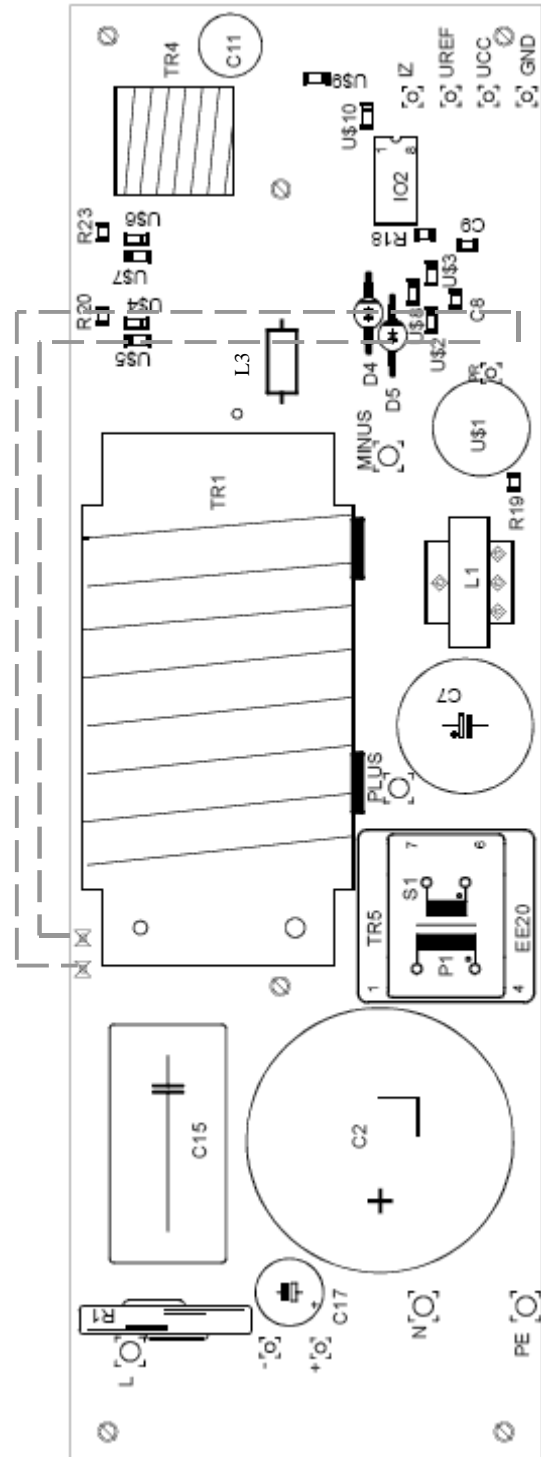
Obrázek 24: Schéma jednotlivých cest (M 3 : 1)

6.1.2 Hlavní deska

a) Vrchní strana – Top (M 1 : 1)

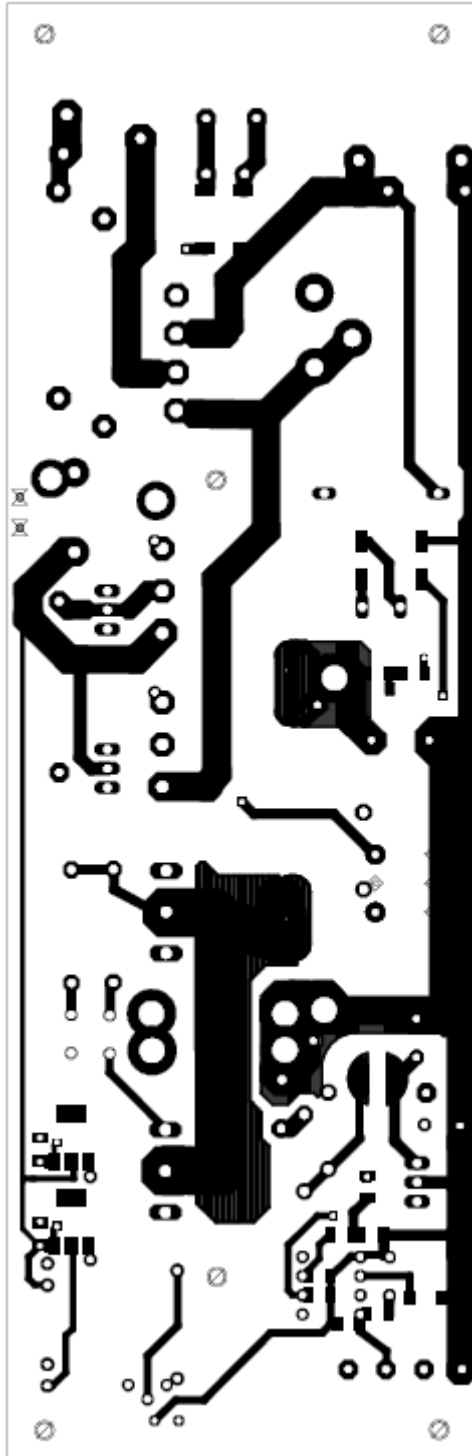


Obrázek 25: Schéma cest vrchní strany desky

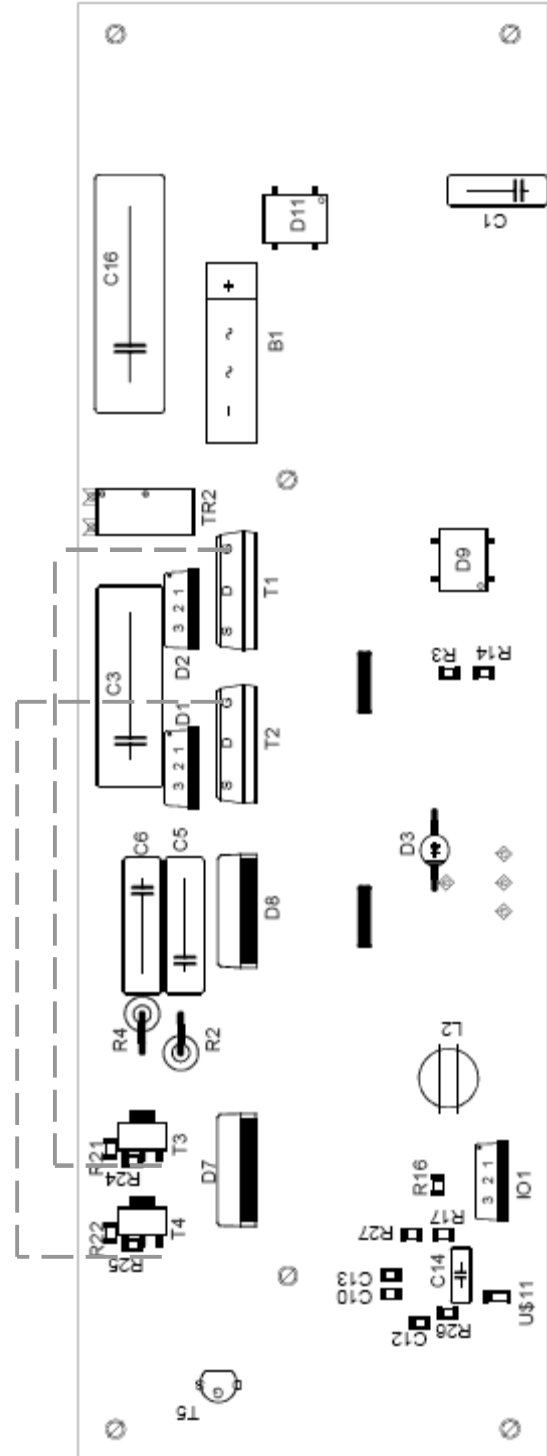


Obrázek 26: Rozmístění součástek na vrchní straně desky

b) Spodní strana – Bottom (M 1 : 1)

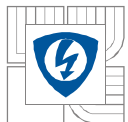


Obrázek 27: Schéma cest spodní strany desky



Obrázek 28: Rozmístění součástek na spodní straně desky

Pozn.: šedou přerušovanou čarou jsou naznačeny drátové propojky



6.2 Seznam součástek

6.2.1 Hlavní deska

a) Volně prodejné součástky

Tabulka 1: Seznam součástek hlavní desky

NÁZEV	HODNOTA	POUZDRO
Rezistory		
R3	2K2	1206
R14, R18	10k	
R16	4R7	
R17	3R3	
R19, R27	100	
R20, R21, R22, R23	33	
R24, R25	470	
R26	22k	
R2, R4	22	2W
Termistor		
R1		
Kondenzátory		
C8, C9, C12	100n	1206
C10	10n	
C13	1n	
C2	470M/400	elektrolytické
C7	470M/100V	
C11	220M/25	
C17	100u/35V	
U\$1	1000M/35	
C1	4n7/Y	svitkové
C3	330n/630V	
C5, C6	680p/1600V	
C14	330p	
C15	2u2/400V	
C16	680n/400V	
Diody		
U\$2, U\$3, U\$4, U\$5, U\$6, U\$7, U\$9, U\$11	BAT46	SOT80
U\$8, U\$10	1N4148 SMD	
D3, D4, D5	BYV26C	SOD57
D1, D2	STTH2002CFP	TO220
D7, D8		SOT93



Integrované obvody		
IO1	7809	TO220
IO2	UC3845	DIL8
Diodové můstky		
B1	KBU 8G	KBU
D9, D11	B250C1000SMD	SMD
Tranzistory		
T1, T2	FDH44N50	TO247
T3, T4	BDP950	SOT223 (SMD)
T5	BS170	TO92
Tlumivka		
L2	TL.SMT75 820 μ H	SMT75
Síťový transformátor		
TR5	TRHEI202-1X9	EE20

b) Součástky výrobní*

Impulsní transformátor s tlumivkou (TR1)

Jádro: 6 kusů jádra typu LJT 2010

Vinutí: vysokofrekvenční svazek

- primární: - 10 vodičů ve svazku, délka svazku ± 180 cm, 12 závitů
bužírka: silikon $\varnothing 1,0 \times 0,4$ mm (není nutná)
- sekundární: - 2 vysokofrekvenční svazky paralelně po 30ti vodičích
ve svazku, délka jednoho svazku ± 35 cm, 2 x 2 závitů
bužírka: silikon $\varnothing 2,0 \times 0,4$ mm
- 3 závitů vodičem o průměru 0,3mm (pro napájecí zdroj)

Tlumivka: Plochý drát o průřezu 10mm², počet závitů se určí měřením, tlumivka by měla mít indukčnost asi 10 μ H.

Přídavná indukčnost (L1)

Jádro: LJT 1605

Vinutí: 223 závitů vodičem o průměru 0,258mm

* musejí se vyrobit, jde o prvky indukční povahy



Vzduchová cívka (L3)

Indukčnost vzduchové cívky by měla být asi 1 μH – počet závitů se opět ověří experimentálně (stejný typ drátu jako tlumivka TR1)

Proudový transformátor (TR2)

Jádro: 1 kus jádra typu LJT 1305

Vinutí:

- primární: - 1 závit
- sekundární: - 30 závitů

Budicí transformátor (TR4)

Jádro: 2 kusy jádra typu LJT 1305

Vinutí:

- primární: - 5 závitů
- sekundární: - 2 x 10 závitů

6.2.2 Ovládací deska

Tabulka 2: Seznam součástek ovládací desky

NÁZEV	HODNOTA
Keramické kondenzátory (pouzdro 1206)	
C1	2n2
C2, C3, C4, C5	10M
C6	100n
Zenerovy diody 0,5W (pouzdro SOD80)	
D2	10V
D3	4,3V
D4	8V
Univerzální dioda (pouzdro SOD80C)	
D5	1N4148 SMD
Rezistory (pouzdro 0805)	
R1, R7	6K8
R2	330
R3	100



R4, R10, R11, R12, R19	2K2
R5, R16, R20	1K0
R6	6K8
R8, R9	1K5
R13, R14, R15	3K3
R17, R21	470
R18	22K
Dvojitý operační zesilovač CMOS (pouzdro SO8)	
OZ1	TLC272 SMD

6.2.3 Vnější obvody

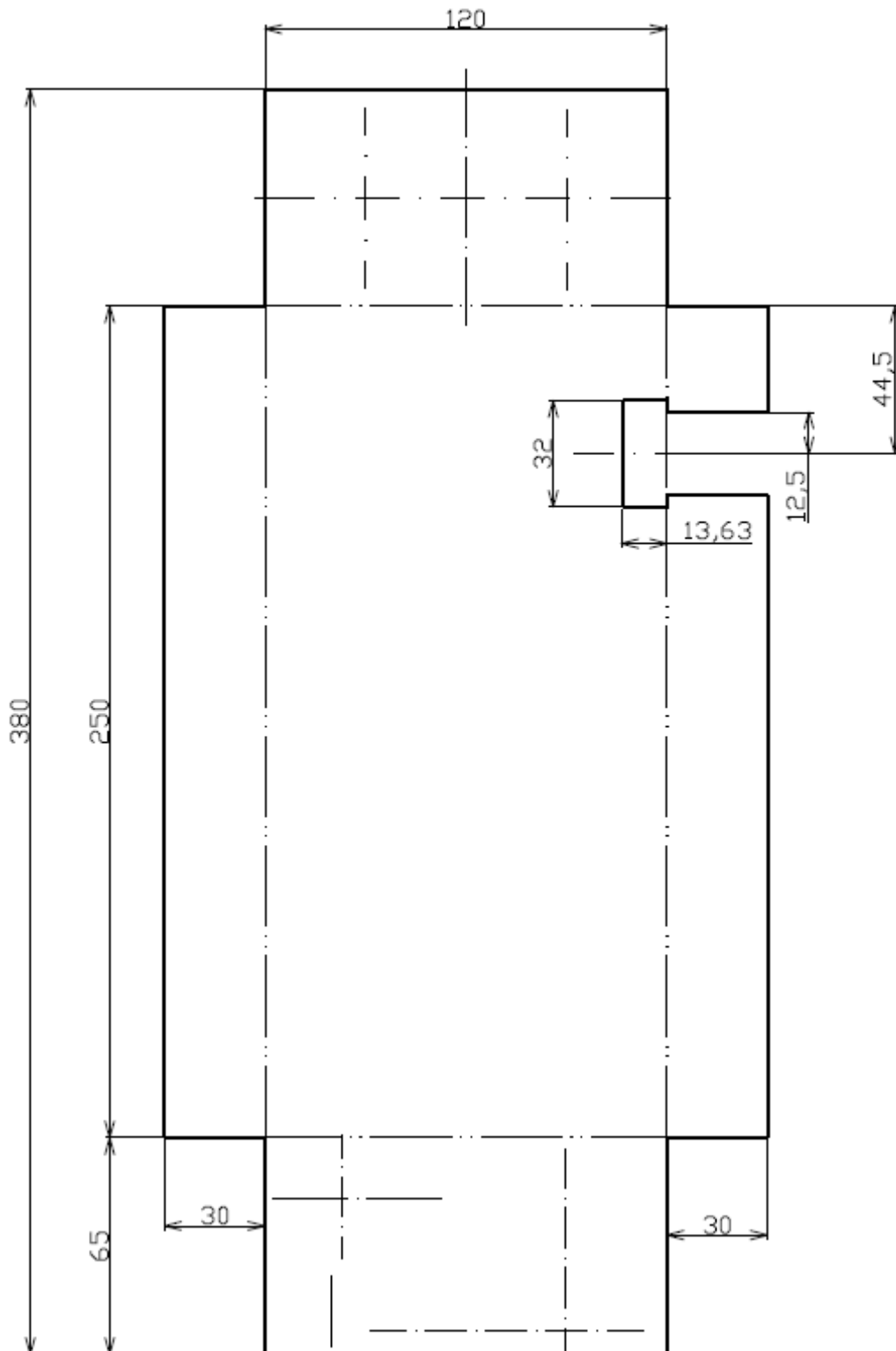
Tabulka 3: Seznam součástek vnějších obvodů

NÁZEV	HODNOTA
Ventilátory	
V1, V2	KD1206PTB1.(2).GN (výrobce SUNON)
Přepínače	
S1	P-B140B (3 póly, 2 polohy)
S2	P-B14057 (4 polohy)
Ochranná dioda	
Dx	
Konektor se síťovým filtrem a pojistkovým pouzdem	
EMC	DL-6DZ2R, 250V/6A (EMI FILTER)
Pojistky	
F1	Trubičková pojistka 5x20mm 5A, 250V
F2	MAXI, 70A
Ostatní	
Chladič	SK 544, Fischer elektronik (asi 16cm)
Držák pojistky F2	LITTELFUSE, pojistky MAXI
LED	Zelená, červená, bílá
Rx	1K (na pouzdře nezáleží, rezistor bude napájen přímo na LED)

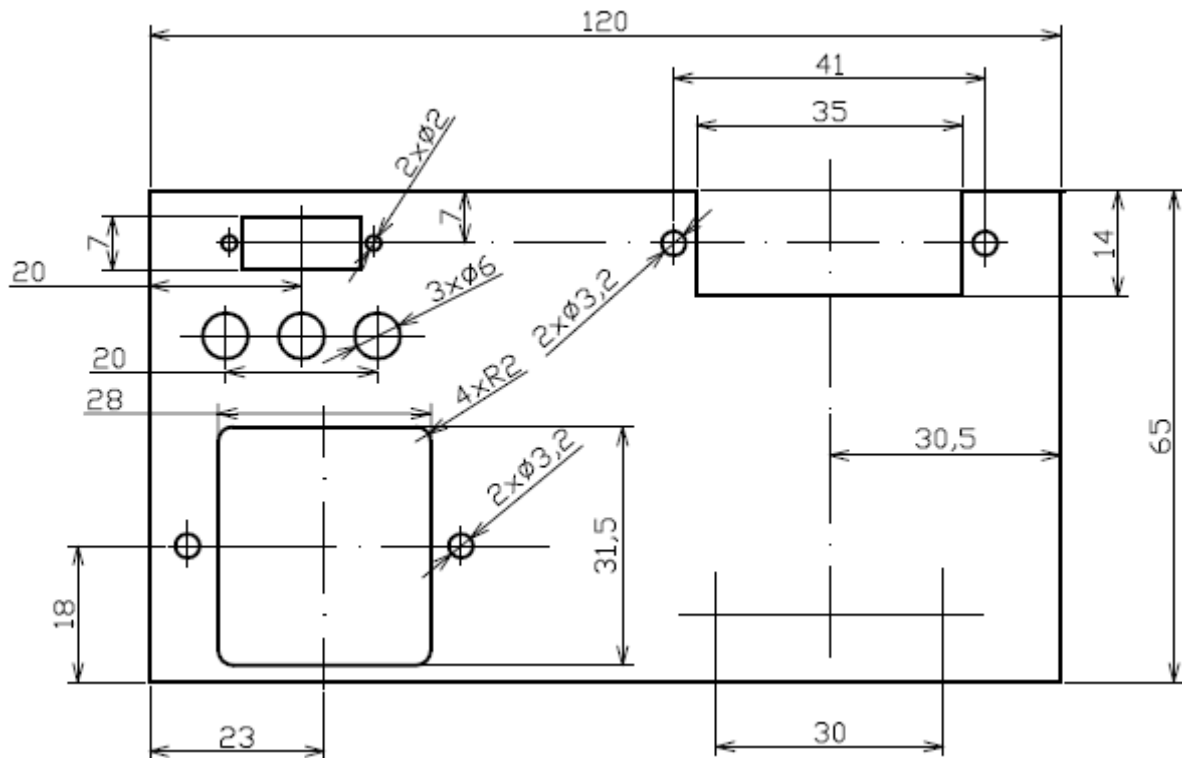
* Tento typ posuvného přepínače je nedostatkovým zbožím a lze jej obtížně sehnat. V budoucnu by se musel nahradit jiným typem přepínače.



6.3 Mechanická část

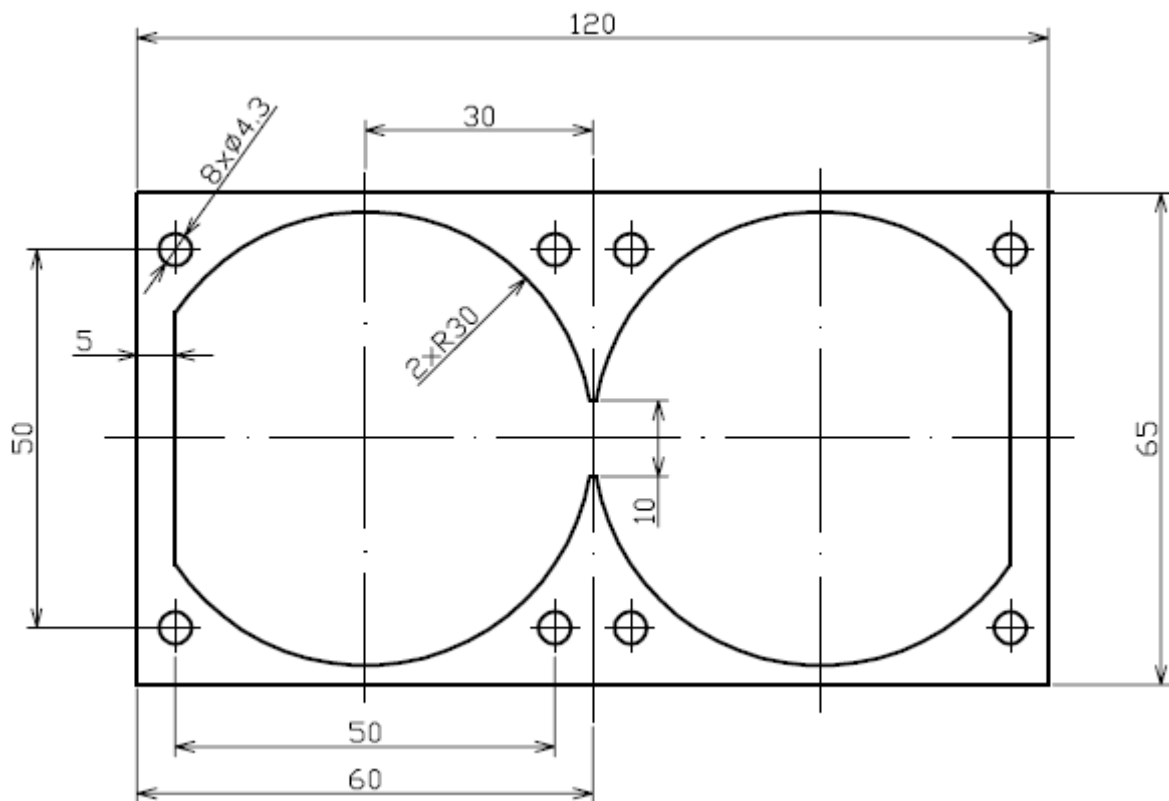


Obrázek 29: Zobrazení spodní části krabice (M 1 : 2)

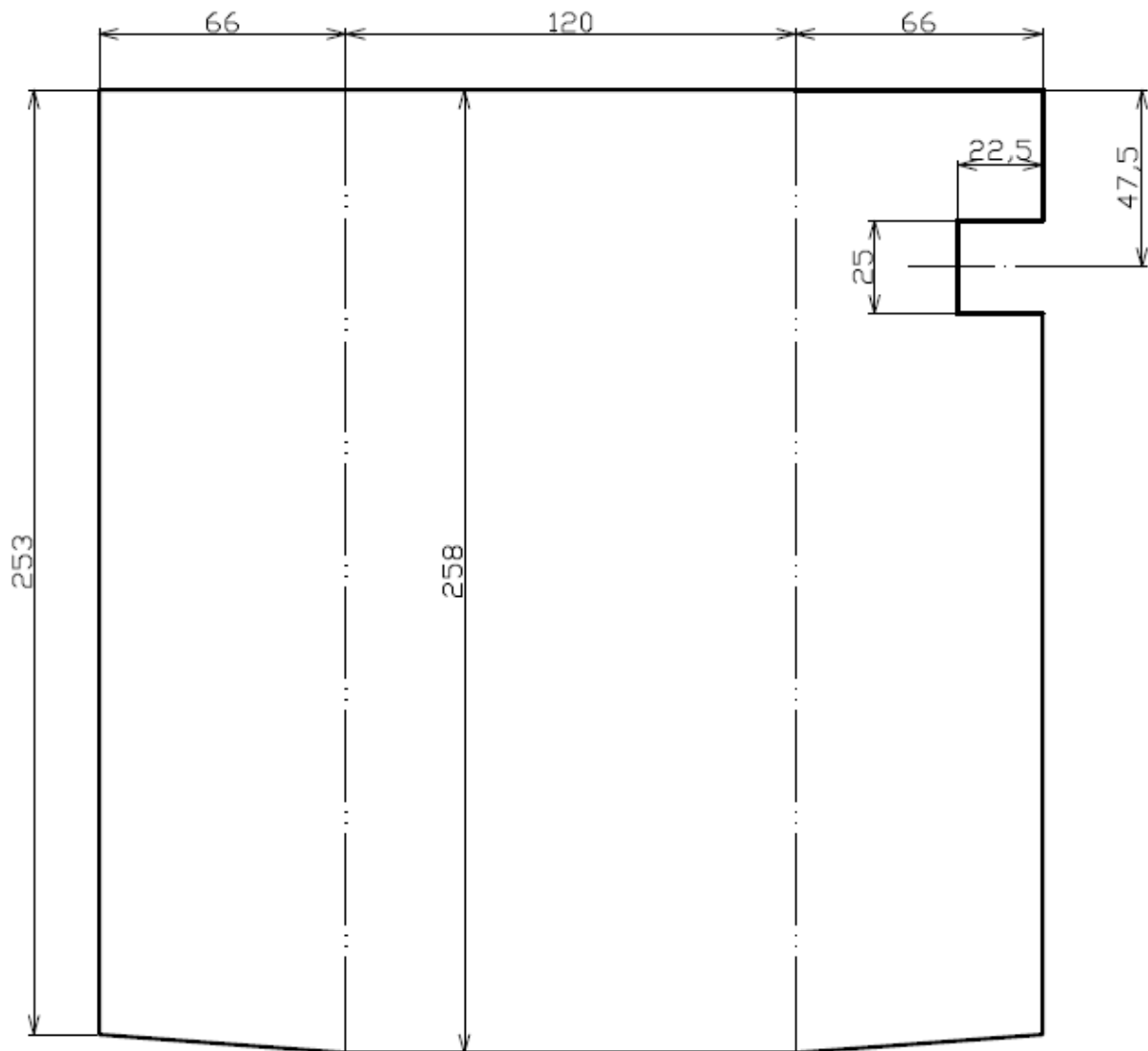
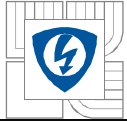


Obrázek 30: Detail předního panelu krabice (M 1 : 1)

Pozn.: přední panel musí být opatřen otvory pro odvod vzduchu ventilátorů.



Obrázek 31: Detail zadního panelu krabice (M 1 : 1)



Obrázek 32: Zobrazení horní (překrývací) části krabice (M 1 : 2)