

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

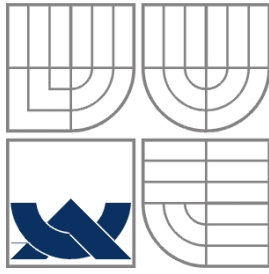
SPÍNANÝ ZDROJ PRO GALVANICKÉ POKOVOVÁNÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

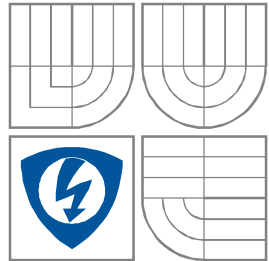
ROMAN JANKŮ

BRNO 2011



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

SPÍNANÝ ZDROJ PRO GALVANICKÉ POKOVOVÁNÍ

SWITCHED POWER SOURCE FOR ELECTROPLATING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

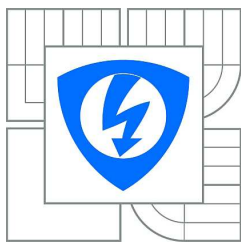
ROMAN JANKŮ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. DALIBOR ČERVINKA Ph.D

BRNO, 2011



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: Janků Roman

Ročník: 3

ID: 98324

Akademický rok: 2010/11

NÁZEV TÉMATU:

Spínaný zdroj pro galvanické pokovování

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Stanovte požadavky na zdroj proudu pro galvanizační účely.
2. Navrhnete konstrukční uspořádání zdroje a vytvořte 3D model.
3. Proveďte analýzu výrobních nákladů a odhadnete prodejní cenu výrobku.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Termín zadání: 23. 9. 2010

Termín odevzdání: 30. 5. 2010

Vedoucí projektu: Ing. Dalibor Červinka Ph.D

doc. Ing. Petr Toman Ph.D.
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 následku 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 c.40/2009 Sb.

Abstrakt

Práce se zabývá spínaným zdrojem pro galvanické pokovování. Je zde popsán teoretický princip galvanického pokovení, optimální technologický postup a seznam nejčastěji používaných kovů. Dále je zde seznam nejznámějších výrobců a popis jejich zdrojů pro galvanotechniku, které mají shodné výstupní parametry. V další části je práce je seznámení se z již hotovým školním zdrojem 2000A/20V jsou v ní řešeny, jeho největší technické nedostatky a zde také návrh konstrukčního uspořádání kresleného ve 3D Autocadu. Nakonec je ekonomická analýza výrobních nákladů zdroje, vyhledání vhodných dodavatelů součástek a materiálů. V práci najdeme také odhad prodejní ceny a celkové srovnání s konkurenčními zdroji.

Abstract

The thesis deals with the switching source for electroplating. The theoretical principles of galvanizing, the optimal technological process and a list of most commonly used metals are described. There is also a list of well-known producers, and a description of their resources for electroplating, which have the same output parameters. In the second part of the work there is an introduction of the already-completed school source 2000A/20V, major technical imperfections is solved there. There is also proposition of technical layout made in 3D AutoCAD. Finally, there is an economic analysis of the production costs of the source and a research in suitable suppliers of components and materials. The thesis contains an estimate of the selling and total price compared with competition.

Klíčová slova

Galvanotechnika, pokovení, zdroj, galvanování, analýza, elektrolýza,

Keywords

Galvanoplastics, electroplated, source, galvanic, analyse, electrolysis,

Bibliografická citace

JANKŮ, R. *Spínaný zdroj pro galvanické pokovování*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 46 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Dalibor Červinka, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma spínaný zdroj pro galvanotechniku 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 Podpis autora

Poděkování

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

V Brně dne Podpis autora

OBSAH

1 ÚVOD	12
2 GALVANOTECHNIKA	13
2.1 GALVANICKÉ POKOVOVÁNÍ	13
2.1.1 ODMAŠŤOVÁNÍ POVRCHU KOVOVÝCH DÍLŮ	13
2.1.2 MOŘENÍ.....	14
2.1.3 OPLACH.....	14
2.1.4 PRINCIP POKOVENÍ.....	14
2.1.5 SUŠENÍ	15
2.2 PŘÍKLAD OPTIMÁLNÍHO POSTUPU GALVANICKÉHO POKOVENÍ	16
2.3 SLOŽENÍ ROZTOKŮ	17
2.3.1 MĚDĚNÍ.....	17
2.3.2 MOSAZENÍ.....	17
2.3.3 CÍNOVÁNÍ.....	17
2.3.4 ZINKOVÁNÍ	18
2.3.5 STRÍBŘENÍ.....	18
2.3.6 NIKLOVÁNÍ	18
2.3.7 CHROMOVÁNÍ.	18
2.3.8 ELOXOVÁNÍ.....	19
3 ZDROJE PRO GALVANOTECHNIKU	20
3.1 POROVNÁNÍ ZDROJŮ OD RŮZNÝCH VÝROBCŮ	20
3.2 POROVNÁNÍ TYRISTOROVÝCH A SPÍNANÝCH ZDROJŮ	23
3.2.1 ÚČINÍK	23
3.2.2 ÚČINNOST	23
3.3 POŽADAVKY NA ZDROJE	25
4 ŠKOLNÍ ZDROJ 2000A/20V	26
4.1 POPIS JIŽ SESTAVENÉHO ZDROJE	26
4.2 POPIS NOVĚ NAVRŽENÝCH ČÁSTÍ	27
4.3 NÁVRH ŠESTIPULZNÍHO USMĚRŇOVAČE	28
4.4 VOLBA ČASU ZPOŽDĚNÍ SEPnutí	30
4.5 MODUL ZPOŽDĚNÍ PO ZAPnutí	32
4.6 ZDROJ STEJNOSMĚRNÉHO NAPĚTÍ 15V	33
5 NÁVRH ZDROJE	34
5.1 VYUŽITÍ ZDROJE PRO ŠKOLNÍ ÚČELY	34
5.2 NÁVRH ZDROJE PRO GALVANOVNU	37
6 ANALÝZA VÝROBNÍCH NÁKLADŮ	39
6.1 POPIS DODAVATELŮ	39
6.2 VÝPOČET NÁKLADŮ ZDROJE PRO ŠKOLNÍ ÚČELY	40
6.3 MOŽNOSTI ÚSPOR	41
6.4 VÝPOČET NÁKLADŮ ZDROJE PRO GALVANOVNU	42

6.5 ODHAD CELKOVÉ CENY	43
7 ZÁVĚR.....	44
LITERATURA	45
PŘÍLOHY	46

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 2.1. Princip galvanického pokovení
- Obr. 2.2. Kladná elektroda připojená do lázně s elektrolytem
- Obr. 2.3. Ukázka nové výrobní linky
- Obr. 3.1. Zdroj pro galvanotechniku 500A od firmy Axima
- Obr. 3.2. Řídící elektronika zdroje pro galvanotechniku od firmy Eprona
- Obr. 3.3. Ukázka starých tyristorových zdrojů stále ještě hojně používaných
- Obr. 3.4. Závislost výstupních parametrů U a I spínaného zdroje HFG
- Obr. 3.5. Graf účinnosti spínaného zdroje HFG v závislosti na proudu
- Obr. 3.6. Ukázka programu ovládní zdroje přes PC Axima
- Obr. 3.7. Blokové schéma možností ovládní zdroje Dehor
- Obr. 4.1. Schéma zapojení silového obvodu zdroje 2000A/20V
- Obr. 4.2. Celkové blokové schéma zdroje 2000A/20V
- Obr. 4.3. Schéma zapojení šestipulzního usměrňovače, průběhy napětí a proudu
- Obr. 4.4. Můstkový usměrňovač SDK82/14
- Obr. 4.5. Průběh nabíjecího proudu na filtračním kondenzátoru pro odpory 37Ω a 47Ω
- Obr. 4.6. Schéma zapojení časovače
- Obr. 4.7. Schéma zapojení spínacích prvků
- Obr. 4.8. Schéma zapojení zdroje 15V
- Obr. 5.1. Celkový pohled na návrh zdroje pro školní účely.
- Obr. 5.2. Zdroj z vrchu
- Obr. 5.3. Zdroj zepředu
- Obr. 5.4. Celkový pohled na zdroj z boku
- Obr. 5.5. Skříň pro zdroj
- Obr. 5.6. Celkový pohled na návrh zdroje pro galvanovnu
- Obr. 5.7. Návrh zdroje pro galvanovnu z vrchu
- Obr. 5.8. Pohled ze spodu na ventilátory

SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1. Tabulka proudů a proudových hustot pro různé kovy

Tab. 3.1. Tabulka cen zdrojů od různých výrobců

Tab. 4.1. Parametry při jednotlivých nabíjecích odporech

Tab. 6.1. Cena součástí již hotového zdroje

Tab. 6.2. Cena součástí a materiálu nově navržených věcí

Tab. 6.3. Tabulka množstevních slev u některých firem

Tab. 6.4. Tabulka nákladů zdroje pro galvanotechniku

Tab. 6.5. Odhad počtu hodin k výrobě jednoho kusu zdroje

Tab. 6.6. Odhad celkové prodejní ceny

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

C	kapacita
h	tloušťka vrstvy
I	elektrický proud
I_{\max}	maximální špička proudu
I_f	fázový proud
i	okamžitá hodnota proudu
η	účinnost lázně
p	počet pulsů
P	výkon
P_P	příkon
ΔP_D	ztrátový výkon
R	elektrický odpor
R_H	tepelný odpor chladiče
$R_{\theta,JC}$	tepelný odpor mezi čipem a pouzdrem součástky
$R_{\theta,CS}$	tepelný odpor mezi pouzdrem součástky a chladičem
S	plocha výrobku
t	čas
T_a	okolní teplota
T_J	maximální povolená teplota čipu součástky
T_{JH}	tepelný spád
U	SS napětí
U_{\max}	maximální špička napětí
U_d	střední hodnota napětí
U_D	otevírací napětí diody
U_S	sdržené napětí
U_r	rozkladné napětí

1 ÚVOD

Tato práce se zabývá spínanými zdroji pro galvanotechniku a navazuje na semestrální projekt Analýza výrobních nákladů silového obvodu DC/DC měniče s výstupními parametry 2000A/20V. Prvním úkolem práce je seznámení se s galvanotechnikou, co to vlastně galvanické pokovení je, jaký je jeho princip, příklad technologického postupu, složení roztoků a jaké kovy se nejčastěji používají.

Dále seznámení se, se samotnými zdroji pro galvanotechniku a jejich nejvýznamnějšími výrobci. Což je práce hlavně o komunikaci s jednotlivými výrobci a pokusit se od nich získat co nejvíce informací o jejich zdrojích. Důležitá je také komunikace se zákazníky tedy galvanovnami, jaké jsou jejich požadavky a očekáváními od zdrojů.

Další část, která byla součástí semestrálního projektu, je seznámení se a popis školního spínaného zdroje 2000A/20V, řešení jeho největších technických nedostatků, např. ochrana proti proudovému nárazu, návrh napájení jednotlivých DPS, protože školní zdroj je vlastně sestavený ze součástek, které jsou volně položené na stole a jakýkoliv přesun by byl velmi složitý, je jedním z hlavních cílů této práce navrhnout case a vyřešit konstrukční uspořádání jednotlivých částí. Návrh popsat a nakreslit 3D model například v Autocadu.

Poslední je ekonomická část práce, která je opět hlavně o vyhledávání a komunikaci s dodavateli, kde by se daly součástky a materiál pořídit. Důležité je najít součástky s optimálními parametry a z jednotlivých nabídek firem vybrat tu nejvýhodnější. Dále pak spočítat celkovou cenu již sestaveného zdroje a také všech nových součástek. Analýzu výrobních nákladů udělat při využití pro školní účely a také pro využití v galvanovně. Nakonec srovnat náš školní zdroj s konkurencí a zkusit ho nabídnout přímo v galvanovně.

2 GALVANOTECHNIKA

Kovy a kovové materiály jsou nedílnou součástí našeho světa a setkáváme se s nimi na každém kroku. Přes mnoho výjimečných vlastností mají některé z kovů také jednu nechtěnou vlastnost, relativně snadno totiž korodují.

Samozřejmě existují i ušlechtilé kovy či speciální slitiny, které jsou na vzduchu i ve vlhku velice stálé. Použití těchto materiálů ve větším měřítku je však ekonomicky náročné, málokdo si například může dovézt vodovodní baterii či karoserii auta s příměsí zlata nebo jiného odolného kovu.

Právě proto se v průmyslu využívá elegantní metoda, při které jsou obyčejné kovové předměty pokryty tenkou vrstvou nějakého ušlechtilého kovu. Docílí se tak nejen hezkého vzhledu, ale především požadované odolnosti. Postup, při kterém je povrch kovového předmětu takto opracován, se označuje jako chemické pokovení neboli galvanování. A skutečně souvisí se jménem Luigihovo Galvaniho, tedy spíše s předmětem jeho zájmu s elektřinou.

2.1 Galvanické pokovování

Galvanické pokovení probíhá za přítomnosti stejnosměrného proudu. Vrstva může být tvořena pouze jedním kovem nebo několika různými vrstvami. Tloušťka vrstvy se pohybuje kolem 10 – 35 μm . Nevýhodou procesu je vznik vrstvy o nestejně tloušťce (větší nárůst vrstvy na hranách).

2.1.1 Odmašťování povrchu kovových dílů

Odmašťování kovů se provádí k odstranění nečistot z povrchu kovů, které by vadily dalšímu zpracování v následujících technologických úpravách nebo je používáno jako finální povrchová úprava. Odmašťováním se z povrchu odstraňují nejen mastnoty, ale i mechanické částice prachu, obrusu apod. Nejdokonalejší odmaštění se dosahuje elektrolytickým odmaštěním, které kombinuje chemický účinek odmašťovací lázně s účinkem elektrického proudu a vývojem plynů na odmašťovaném povrchu.

V dnešní době se používají typy maziv a konzervačních látek na bázi rostlinných olejů. Předběžné úpravy povrchu kovů před nanášením nátěrových hmot nejvýznamněji ovlivňuje radikální zvyšování podílu vodou ředitelných barev a práškových plastů v povrchových úpravách nátěrovými hmotami. Tyto technologie vyžadují řádově vyšší kvalitu odmaštění, často i zpassivovaný povrch nebo konverzní vrstvu železnatého či zinečnatého fosfátu. Výrobci mazadel, tvářecích a konzervačních přípravků používají řadu nových surovin a materiálů, které se mohou stát vážným problémem při následném odmašťování. Jedná se zejména o nenasycené mastné kyseliny, jejich estery a soli, sloučeniny se siloxanovým řetězcem, chlorované parafiny, polyethylenové vosky, korozní inhibitory, hydrofobizační prostředky, suspendované antifrikční prostředky (teflon, grafit, molyka), alfaolefiny, kovová mýdla apod. Tyto typy látek ztěžují nebo dokonce znemožňují dokonalé odmaštění a komplikují provedení následných operací po odmaštění.

Někteří výrobci přípravků uvádějí přítomnost látek tohoto typu v bezpečnostních listech. Stále častěji se rovněž setkáváme s rostlinnými oleji, nenasycenými kyselinami a syntetickými estery nenasycených mastných kyselin v přípravcích pro zpracování kovů. Jedná se zejména o válcování, lisovací a obráběcí oleje, řezné a hydraulické kapaliny a emulze, přípravky dočasné protikorozní ochrany apod. Produkty štěpení těchto látek jsou velmi reaktivní a snadno se spojují do polymerních sloučenin. Tyto polymerní produkty jsou velmi obtížně odmastitelné dosud používanými prostředky a vyžadují podstatně komplikovanější technologii odmaštění. Proto je účelné provést odmaštění co nejdříve po dokončení tvářecích operací, kdy je stupeň polymerace těchto sloučenin nízký.

2.1.2 Moření

Moření kovů se provádí v anorganických kyselinách a jejich směsích. Používá se pro odstranění okují, korozních produktů, naleptání a zdrsnění povrchu kovů, k aktivaci povrchu před dalšími technologickými operacemi a odstranění zmetkových povrchových úprav (např. povlaky Zn a Cr). Krátkodobé moření se v galvanotechnice používá k aktivaci povrchu kovů před pokovením a nazývá se dekapování. K moření se běžně používají kyselina sírová, chlorovodíková, méně rozšířené je moření v kyselině fosforečné. Kyselina dusičná a fluorovodíková se používají obvykle ve směsích s dalšími kyselinami pro moření austenitických nerezavějících ocelí, slitin hliníku a titanu. Kromě kyselin se do mořících lázní přidávají inhibitory a pěnové povrchově aktivní látky, které zrovnoměňují moření, zabraňují přemoření základního kovu a mohou velmi významně snížit množství emisí z mořících lázní.

2.1.3 Oplach

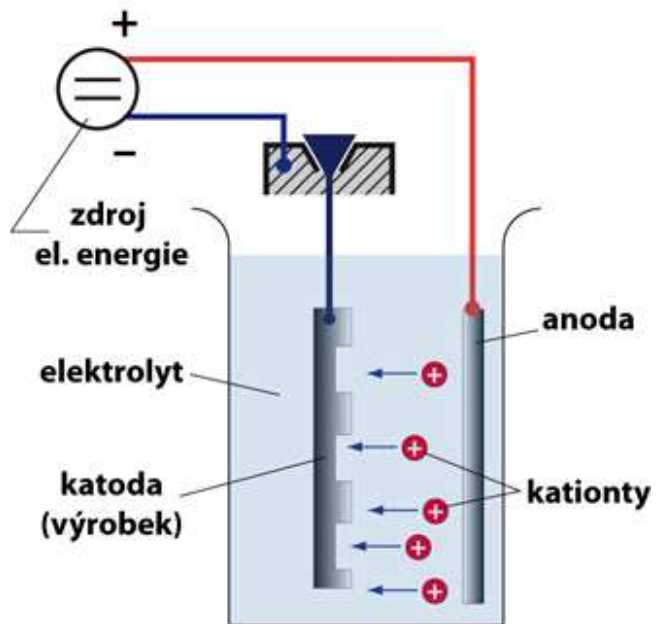
Mezi každou operací je nutný kvalitní oplach, který musí zajistit dokonalé opláchnutí předcházející lázně. Hospodárnost oplachu je důležitá z důvodu nákladů, vysoká cena vody a náklady na čištění odpadních vod.

2.1.4 Princip pokovení

Jednoduchý příklad pomědění. Nejdříve je nutné vytvořit elektrolyt, tedy vodivý roztok, kterým bude procházet elektrický proud. Například rozpuštěním síranu mědnatého v destilované vodě. Do takto připraveného roztoku stačí ponořit anodu a výrobek, který má být pokoven, a který je připojen na katodu.

Ihned po ponoření do roztoku se na anodě objeví drobné bublinky, zatímco povrch výrobku se pokryje měděným povlakem. Po rozpuštění síranu mědnatého se do roztoku dostaly ionty mědi s kladným nábojem, protože je výrobek připojen ke katodě, jsou kladné ionty mědi k výrobku přitahovány. Díky tomu se pak vylučují na jeho povrchu v podobě čisté mědi. Na anodě se naopak z vody uvolňují atomy kyslíku. Právě proto se její povrch pokryje množstvím drobných bublinek.

Kdyby byla polarita otočena, celý proces by fungoval opačně, ionty mědi by byly přitahovány ke katodě a díky tomu by se vrstva pokovení začala zmenšovat.



Obr. 2.1. Princip galvanického pokovení

2.1.5 Sušení

Sušení horkým vzduchem se provádí okamžitě po dokončení galvanického pokovení, výrobky se suší v proudu suchého vzduchu, tím se dosahuje lesklého povrchu beze stop uschlých kapek.



Obr. 2.2. Kladná elektroda připojená do lázně s elektrolytem

2.2 Příklad optimálního postupu galvanického pokovení

- 1) Broušení
- 2) Hrubé odmaštění (chemické)
- 3) Oplach 2°
- 4) Moření v kyselině
- 5) Oplach 2°
- 6) Elektrolytické anodické odmaštění
- 7) Aktivace (dekapování)
- 8) Oplach 2°
- 9) Pokovování
- 10) Oplach 2°
- 11) Sušení horkým vzduchem

Volba technologického postupu závisí na druhu zboží, druhu lázně, stavu povrchu zboží a technologickém vybavení galvanovny. Galvanické provozy jsou svým zařízením specifické vzhledem k vyšší energetické náročnosti, práci s jedy a kyselinami

V praxi se dělá tak, že výrobní linka obsahuje několik lázní a každá je k jinému účelu. Výrobky, které mají být pokoveny, jsou zavěšeny na jeřábu a připojeny na katodu, postupně jsou ponořovány do lázní na různě dlouhou dobu.



Obr. 2.3. Ukázka nové výrobní linky

2.3 Složení roztoků

Složení pokovovacích roztoků je velmi rozmanité. Pro všechny však platí, že složení lázní má být co nejstálější. Pro stálost lázní i vlastnosti vyloučeného povlaku je důležitá hodnota pH lázně, v němž zůstává kovová sůl v roztoku trvale rozpuštěná, nebo v němž se pokovováním dosahuje optimálních vlastností povlaku. Podle pH se galvanické lázně zhruba dělí na kyselé a alkalické. Ve středních oblastech pH se používá chemických látek s vlastnostmi, které udržují stálou hodnotu pH (např. kyselina boritá atp.)

K dosažení potřebné proudové hustoty je nutné dostatečné svorkové pokovovací napětí U_s , které se určí podle vztahu

$$U_s = U_r + R \cdot I \quad (2.1)$$

R - odpor elektrolytu

I - pokovovací proud

U_r - rozkladné napětí, minimální napětí potřebné pro nepřetržité vybíjení iontů SS proudem

2.3.1 Mědění.

Měděné povlaky se používají jako mezivrstva při ochranném nebo dekorativním Nejčastěji jsou používány **alkalické kyanidové lázně** kyanid měďnosodný $\text{Na}_2\text{Cu}(\text{CN})$, nebo se používají **lázně kyselé** oproti kyanidovým lázním mají některé přednosti jako je např. nejedovatost, jednoduché složení a údržba lázní, možnost pracovat s vyšší proudovou hustotou atd. Nelze je však použít pro přímé mědění méně ušlechtilých materiálů. Nositel kovu je síran měďnatý (modrá skalice) $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Pro zvýšení vodivosti lázně a tím možnosti pracovat s vyššími proudovými hustotami obsahuje elektrolyt volnou kyselinu sírovou.

2.3.2 Mosazení

Mosazné povlaky jsou poměrně slabé (2 do 5 μm) a dobře kopírují podkladový materiál. Složením lázně lze ovlivnit i výsledný poměr mědi a zinku v povlaku a tím i jeho barvu. Mosazící lázně jsou **většinou kyanidové**. Nositeli kovu jsou alkalické kyanidy $\text{Na}_2\text{Cu}(\text{CN})_3$ a $\text{Na}_2\text{Zn}(\text{CN})_4$.

2.3.3 Cínování

Cín je netoxický kov má velmi dobrou korozní odolnost. K cínování se používají **Alkalické lázně** nositelem kovu je cíníčitan sodný Na_2SnO_3 nebo draselný K_2SnO_3 , **kyselých síranové lázně**, kde je hlavní složkou síran cínatý SnSO_4 .

2.3.4 Zinkování

Kyanidové lázně: Zinek je v lázni ve formě zinečnatanu sodného a komplexního kyanidu. Lázně mají velmi dobrou hloubkovou účinnost. Lázně jsou silně jedovaté, zneškodňování odpadních vod je náročné.

Bez kyanidové lázně: Lázeň je tvořena přibližně 10% roztokem hydroxidu sodného, ve kterém je rozpuštěno cca 10g zinku na 1l lázně.

Slabě kyselá lázně: Jedná se o moderní lázně, kde nositelem kovu je síran zinečnatý a chlorid zinečnatý. Jako vodící sůl se používá chlorid amonný. Slabě kyselá lázně se vyznačují vysokou rychlostí vylučování, povlak má dobrou kvalitu, lázeň má výbornou hloubkovou účinnost.

Kyselá lázně: Tyto lázně pracují při vysokých proudových hustotách. Nositelem kovu je síran zinečnatý, vodivost lázně se upravuje kyselinou sírovou

2.3.5 Stříbření

Stříbro má výbornou korozní odolnost, tepelnou a elektrickou vodivostí. Největší uplatnění nacházejí tedy stříbrné povlaky v elektrotechnickém průmyslu. V nemalé míře nacházejí využití i v bižuterii, při výrobě hudebních nástrojů, příborů. Pro galvanické stříbření se používají **alkalické kyanidové lázně**. Nositelem kovu v těchto lázních je kyanid stříbrnoalkalický. Jako vodící sůl je v lázni hydroxid draselný.

2.3.6 Niklování

Používají se především o **lázně fluoroboritanové a sulfamátové**. Nositelem kovu je fluoroboritan nikelnatý $\text{Ni}(\text{HBF}_4)_2$ resp. niklsulfamát $\text{Ni}(\text{NH}_2\text{SO}_3)$. Jako vodící sůl se používá kyselina fluoroboritá HBF_4 nebo chlorid nikelnatý NiCl_2 , dále se v omezené míře používají **lázně chlorido nikelnaté**, při niklování se používají vyšší proudové hustoty až $15 \text{ A} \cdot \text{dm}^{-2}$ při teplotě lázně 50 až 70 °C

2.3.7 Chromování.

Lázně je složena z oxidu chromového CrO_3 který tvoří s vodou kyselinu chromovou H_2CrO_4 (koncentrace CrO_3 50 až 150 $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$). Povlak dekorativního chromu je poměrně slabý 0,2 až 0,8 mm. Pracuje se s hustotou elektrického proudu 7 až 20 $\text{A} \cdot \text{dm}^{-2}$ při teplotě 55 C.

Černé chromování se používá pro dekorativní účely spotřebního průmyslu nebo v optice. Lázeň je tvořena kyselinou chromovou s přísadou kyseliny octové.

Tvrdé chromování se používá hlavně pro zmenšení opotřebení a zvýšení životnosti součástí. Povlaky vylučované mohou být až několik mm silné, schopné dalšího opracování. Používá se lázni s nižším obsahem oxidu chromového (250 až 350 $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$), většinou na bázi fluoridů a fluorokřemičitanů, zaručujících možnost použití vyšších proudových hustot (25 až 75 $\text{A} \cdot \text{dm}^{-2}$) a tím vyšší rychlosti vylučování povlaku.

2.3.8 Eloxování

Mezi nejvýznamnější povrchové úpravy hliníku a jeho slitin patří anodická oxidace – eloxování. Eloxované vrstvy mají dobrou korozní odolnost, ošetrzdornost i tvrdost a jsou dobře vybarvitelné vrstva Al_2O_3 , je také elektricky nevodivá a má dobré izolační vlastnosti. Průrazné napětí tloušťky $1\mu\text{m}$ je 20 až 40 V. Proudová hustota při eloxování by měla být cca $0,8 - 3\text{A}/\text{dm}^2$
Kyselá lázeň je tvořena roztokem 5-20% H_2SO_4 o teplotě cca. 20°C

Tloušťku eloxované vrstvy h [μm] lze určit podle vztahu: Podobně lze vypočítat tloušťku vrstvy pokovení i u ostatních kovů.

$$h = \frac{0,4 \cdot \eta \cdot I \cdot t}{S} \quad (2.2)$$

t – čas pokovování

I - pokovovací proud

S – plocha výrobku

η – účinnost lázně (0,6 – 0,7)

Materiál	Proud	Proudová hustota
Chrom	3000A - 15000A	15-75A/dm ²
Zinek	800A - 2000A	4-10A/dm ²
Nikl	1500A - 3000A	7-15A/dm ²
Stříbro	80A - 150A	0,5-1A/dm ²
Cín	100A - 200A	0,5-1A/dm ²
Elox	200A - 800A	0,8-3A/dm ²

Tab. 2.1. Tabulka proudů a proudových hustot pro různé kovy

Tabulka ukazuje velikosti proudů, které se přibližně používají v praxi, tato velikost závisí na velikosti nádoby s elektrolytem, a také na velikosti pokovované plochy. Hodnoty proudů jsou pouze orientační, při pokovování je hlavně důležité přesně nastavit správnou proudovou hustotu. Typická velikost lázně může být např. $3 \times 1,7 \times 0,5\text{m}$

3 ZDROJE PRO GALVANOTECHNIKU

3.1 Porovnání zdrojů od různých výrobců

Společnost AXIMA spol. s r.o. od počátku své činnosti působí v oblasti elektro a automatizace. Činnost firmy je velkoobchod elektrotechnickým materiálem pro oblast průmyslové automatizace a automatizace budov, dále pak se zabývá vývojem a výrobou stejnosměrných napájecích zdrojů a zabíječů baterií pro průmyslové aplikace a úseku procesní automatizace, který se zabývá technickými a organizačními pracemi souvisejících s automatizací zařízení v průmyslu - od analýzy po dodávku a uvedení do provozu.

Galvanotechnika sice nepatří mezi hlavní oblasti, kterými se firma zabývá, ale ve spolupráci se společností Lars chemie Brno vyvinuli zdroj AXIgal, které využívají princip vysokofrekvenční technologie. Jejich základem jsou výkonové moduly, které pracují na vysoké spínací frekvenci. Provoz je řízen mikroprocesorovým řídicím systémem. Maximální výstupní proud je podle typu až 990A. Výstupní napětí je standardně 20V, nastavitelnost v rozsahu 3-40V vhodný zejména pro eloxování a cínování.

Předností tohoto zdroje je jeho ovládání přes velmi propracovaný program. Nastavuje se pouze požadovaná vrstva a proudová hustota, řídicí jednotka poté sama vypočítá požadovaný proud a čas potřebný k pokovení. Má plno dalších užitečných funkcí jako např. archiv provozu, je možné si uložit několik výrobních programů a faktem je, že pro pracovníky v galvanovně je právě na ovládání jednoduchý software s velkým množstvím různých funkcí ze všeho nejužitečnější.

Cena tohoto zdroje se je cca 150000Kč bez DPH



Obr. 3.1. Zdroj pro galvanotechniku 500A od firmy Axima

Společnost Eprona se zabývá výrobou standardních i mikroprocesorem řízených zdrojů, nabíječů a inteligentních napájecích systémů a zařízení. V oblasti galvanotechniky má firma velmi širokou nabídku.

Spínané zdroje HFG s proudy do 4000A Základem zdrojů je středofrekvenční spínaný trojfázový modul. Ten se skládá ze vstupního usměrňovače a IGBT tranzistorové střídačové jednotky s výkonovým transformátorem detail linky se zdroji HFG Na výstupu zdroje je zapojen výstupní usměrňovač s filtrem. Zdroje jsou vybaveny rychlou analogovou řídicí jednotkou, která zajišťuje vlastní regulaci proudu a napětí v závislosti na referenční hodnotě a zpětnovazebním signálu. Tato jednotka zajišťuje spínání tranzistorů IGBT.

Tyristorové zdroje THG s proudy až do 30kA. V normální verzi jsou vyráběny jako 6-ti pulzní, pro největší proudy a výkony jako 12-ti pulzní a obě varianty se na přání dodávají i s možností reverzace polarity. Základem zdrojů jsou usměrňovače s tyristory na sekundární straně transformátoru s regulací proudu. Tato jednotka nejčastěji používá dvojitou 6-ti fázovou hvězdu s mezifázovou tlumivkou. Rozsah regulace proudu je 0 až 100%, kromě galvanotechniky nacházejí své uplatnění především v rafinačních procesech, elektrolýze, chemickém čištění atd.

Regulace proudu a napětí u zdrojů může být na dálku přes skříňku SDO, (obyčejná skříňka s analogovým ovládním), dále dálkové řízení z nadřazeného systému, např. PLC, a to buď pomocí analogové proudové smyčky nebo rozhraní RS232 či RS485. K zobrazování hodnot proudu a napětí jsou zpravidla použity analogové měřicí přístroje.

Cena spínané zdroje HFG 2500A/15V s nejjednodušším ovládním je 215.000Kč bez DPH, cena je pouze za samostatný zdroj, ke zdroji je nutné dokoupit ovládací skříňku.



Obr. 3.2. Řídicí elektronika zdroje pro galvanotechniku od firmy Eprona

Firma Dehor se zaměřuje především na poskytování komplexních služeb týkajících se stejnosměrných zdrojů pro povrchové úpravy a to jak galvanickým pokovováním, tak lakováním. Vyrábí a dodává stejnosměrné zdroje pro elektrochemii s výstupním proudem v rozsahu 10 až 10.000 A

Zdroje jsou navrhovány na základě nejmodernějších technologií výroby spínaných zdrojů pracujících systémem středofrekvenčního přenosu výkonu s využitím IGBT modulů. Průběh účinnosti v závislosti na velikosti zátěže zdroje je v širokém rozsahu téměř konstantní. Vyznačují se též velmi dobrými dynamickými vlastnostmi, malým zvlněním výstupního napětí, vysokou účinností až 92% a malou intenzitou rušení díky dokonalým filtrům. Výstup zdroje je zkratuvzdorný a galvanicky oddělený od vstupu.

Také firma Dehor nabízí několik možností řízení svých zdrojů, standardní řízení přes SDO, digitální řízení M8, nebo např. Možností softwaru pro SDO xx s mikroprocesorovým řízením, řídicí monitorovací modul – „mNES“, atd.

Cena SZ 2500/15 400x3 M.91, je 242 780- Kč bez DPH jedná se o jednopolaritní spínaný zdroj výstup 2500A / 15V DC, vstup 3x 400V AC krytí IP 20,

Krytí IP 20 je pro galvanický zdroj velmi málo, vyžaduje umístění v dostatečné vzdálenosti od lázní, kvůli agresivním jedovatým výparům, Zdroj je konstruován tak, aby jej bylo možné jednoduše vložit do rozvaděčové skříňky a tím zvýšit jejich krytí. Z hlediska ztrát ve vedení je vhodné zdroj umístit co nejbližší lázně s elektrolytem. K ceně je nutné připočítat ještě ovládací skříňku SDO 26D 12 600Kč bez DPH a rozvaděčovou skříň cca 12 000Kč bez DPH.

Firma Elinko z Rousínova nabízí úplně stejný sortiment jako Dehor a NES Nová Dubnice což je mateřská společnost obou firem a vyrábí se v ní také zdroje pro galvanotechniku. Proti firmě Dekor má na zdroj 15V/2500A o trochu lepší nabídku, aktuální cena je 225 000 Kč bez DPH. Opět se jedná o spínaný zdroj s krytím IP20, ke kterému je nutné dokoupit další příslušenství.

Zdroje s technologií primárního spínání, pracují s vysokou spínací frekvencí až 20kHz a díky tomu mají řadu dobrých technicko-ekonomických parametrů. Pro uživatele jsou nejvýznamnější, malé zvlnění DC výstupního proudu <2% a to v širokém rozsahu výstupního proudu. Vysoký účinník 0,96. Hodnoty první harmonické $\cos(\varphi)=1$, je dosahováno účinnosti až 90% při výstupních jmenovitých hodnotách. Pro uživatele jsou tyto parametry brány už tak trochu jako samozřejmost a důležité pro ně je hlavně jednoduché přehledné ovládání zdroje ideálně přes PC.

Výrobce	Výstupní parametry	Cena bez DPH	Výhody	Nevýhody
Axima	990A/20V	150000	Velmi dobrý ovládací software, jedná se o celkovou cenu	Malý výstupní proud, malé IP
Eprona	2500A/15V	215000	Dostatečné výstupní parametry, firma nabízí velký výběr zdrojů	Ke zdroji je nutné přikoupit ovládací skříňku SDO, dnes zastaralé ovládání
Dehor	2500A/15V	242780	Dostatečné výstupní parametry	Zdroj má velmi nízké IP, nutno dokoupit skříň, a ovládání
Elinko	2500A/15V	225000	Dostatečné výstupní parametry	Zdroj má velmi nízké IP, nutno dokoupit skříň, a ovládání

Tab. 3.1. Tabulka cen zdrojů od různých výrobců

3.2 Porovnání tyristorových a spínaných zdrojů

3.2.1 Účinník

Tyristorové zdroje mají tento parametr podstatně horší už z principu fázového řízení, kde je regulací posouván proud vůči napětí. Tyto zdroje v nejlepší případě při jmenovitých hodnotách dosahují hodnoty účinníku menší než 0,8. V provozní praxi se hodnota pohybuje v rozsahu od 0,5 do 0,75 podle zatížení zdroje. Pro splnění požadovaného $\cos(\varphi)$ dodavatele elektřiny, musí odběratel zajistit dodatečnou kompenzaci. Vlivem jalového proudu dále vznikají zbytečné ztráty na přívodních vodičích a transformátorech. Naproti tomu u zdrojů HFG je účinník 0,96. Se zatížením se mění málo. Při dvacetiprocentním zatížení výkonu je ještě dosahováno hodnoty 0,84! Tyristorový zdroj by měl cca 0,2.

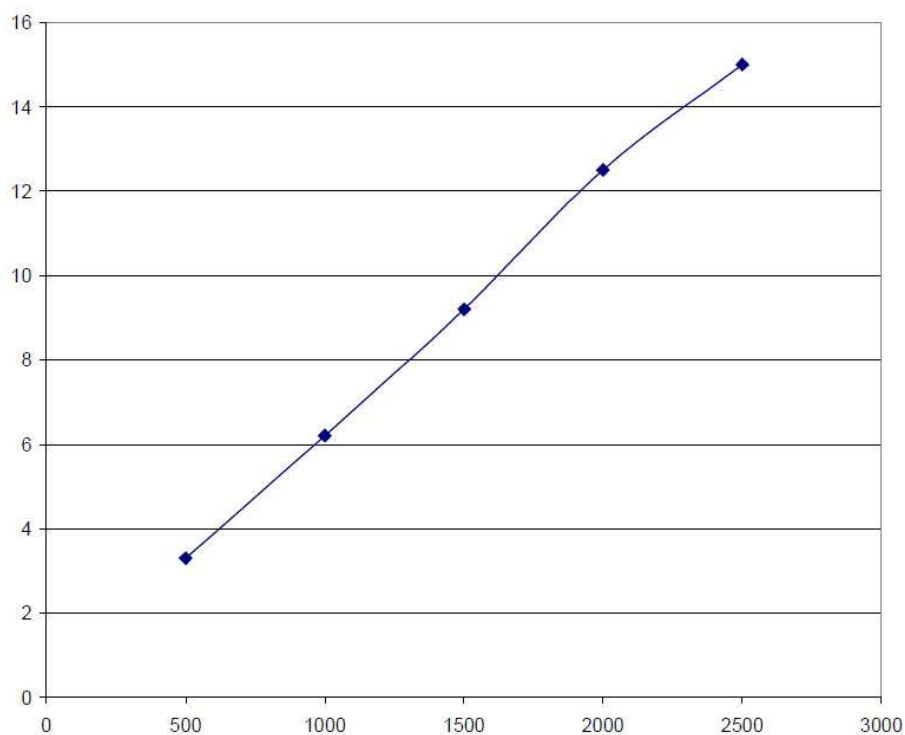


Obr. 3.3. Ukázka starých tyristorových zdrojů stále ještě hojně používaných

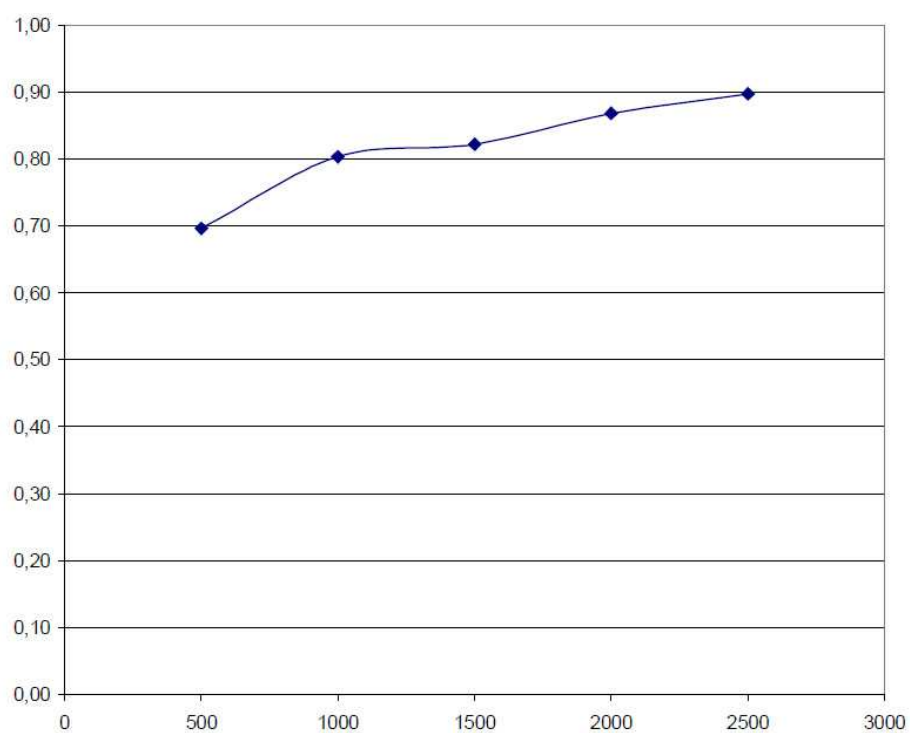
3.2.2 Účinnost

U spínaných zdrojů HFG je dosahováno hodnoty 90%. Hodnota 1 harmonické $\cos(\varphi)=1$. Tato hodnota je závislá na zatížení a klesá s menším zatížením viz. graf. Tyristorové zdroje při jmenovitých hodnotách také dosahují slušné účinnosti mezi 80-90ti procenty. Velikost účinnosti je do značné míry závislá na výstupních jmenovitých parametrech a na zatížení zdroje. Jalová složka zbytečně ohřívá transformátor a snižuje účinnost. Níže je graf popisující průběh účinnosti v závislosti na proudu. Pro měření byla zvolena pouze jedna hodnota zatěžovacího odporu (jakoby stejná plocha zboží). Lepší by bylo měření při různých plochách a konstantním výstupním napětí, což by přesněji prezentovalo praktické používání zdroje a i průběh účinnosti by byl lepší. To ale nebylo v danou chvíli proveditelné. Pro doplnění je v druhém grafu zachycena výstupní charakteristika zátěže při měření.

závislost U na I

Obr. 3.4. Závislost výstupních parametrů U a I spínaného zdroje HFG

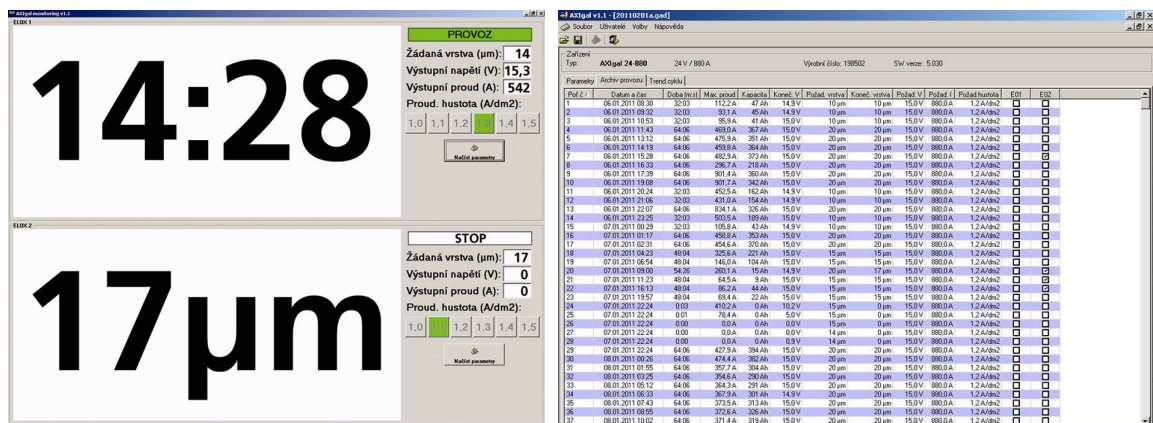
účinnost



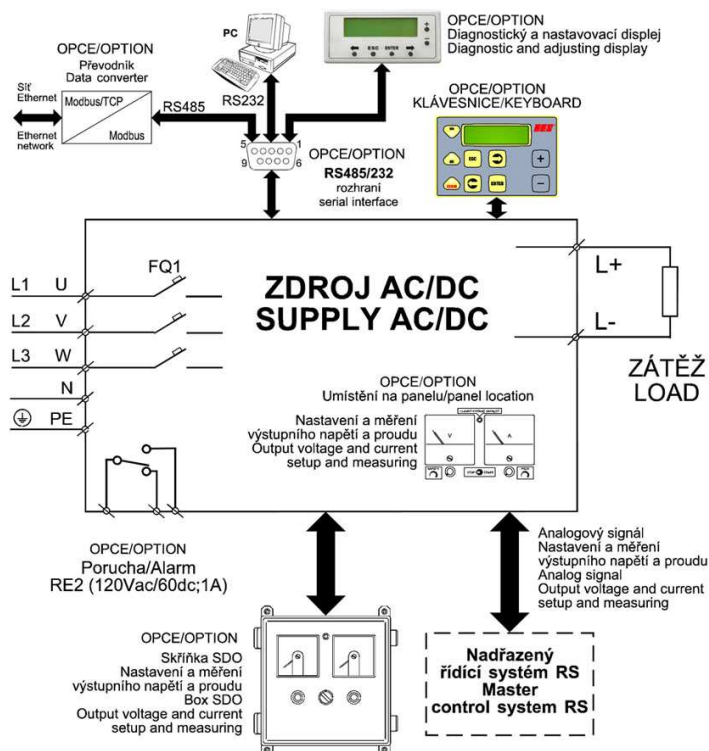
Obr. 3.5. Graf účinnosti spínaného zdroje HFG v závislosti na proudu

3.3 Požadavky na zdroje

Mezi nejzákladnější požadavky na zdroje pro galvanování patří nízké výstupní zvlnění proudu do 1%, dále pak vysoká účinnost 90% v co největším rozsahu výstupního proudu přesné měření výstupního napětí a proudu. Tyto parametry jsou dnes uživateli brány jako samozřejmost. Další požadavky galvanoven jsou zkratuvzdornost, možnost nastavení omezení proudu, co nejjednodušší ovládání přes PC ze vzdáleného místa, možnost nastavení požadované vrstvy a proudové hustoty, vizualizace provozu a automatizace technologického procesu. Čím více inteligentní zdroj je, tím lépe.



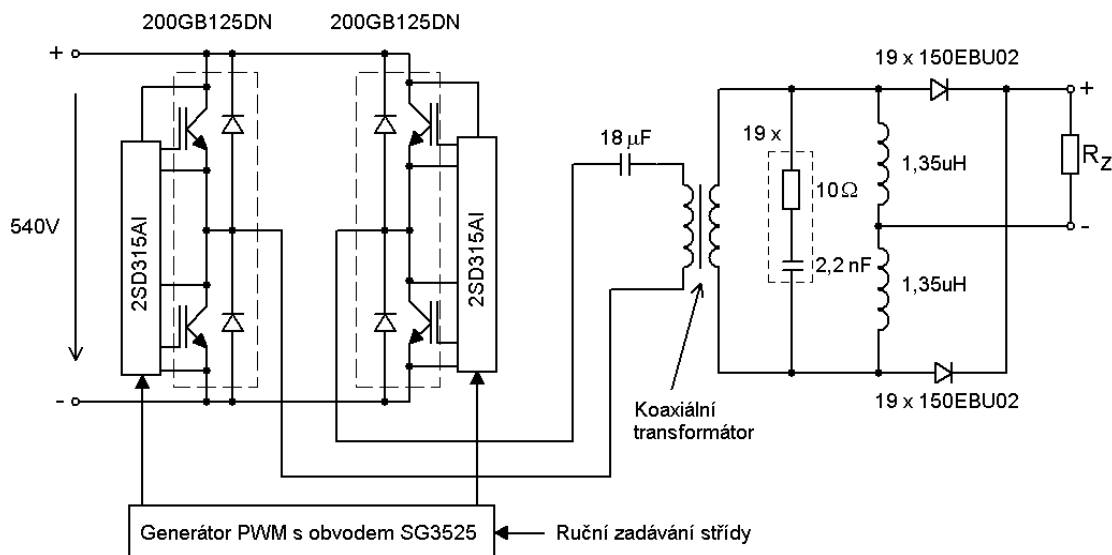
Obr. 3.6. Ukázka programu ovládání zdroje přes PC Axima



Obr. 3.7. Blokové schéma možností ovládání zdroje Dehor

4 ŠKOLNÍ ZDROJ 2000A/20V

4.1 Popis již sestaveného zdroje



Obr. 4.1. Schéma zapojení silového obvodu zdroje 2000A/20V

Součástí zdroje (není ve schématu) je ještě LC filtr který slouží k vyhlazení vstupního usměrněného proudu a napětí. Filtr se skládá z vyhlazovací tlumivky 11mH, tlumivka je navržena na zatížení 74A po dobu 1min. Její součástí je i tepelná pojistka spínající při 120°C Kapacitní filtr je složený ze 4 kusů elektrolityckých kondenzátorů 4700uF /400V zapojených sérioparalelně, díky tomu je možné na filtr připojit 540V, celková kapacita filtru je 4700uF.

Dvočinný můstkový propustný měnič je realizován ultra-rychlými IGBT tranzistory. Typ SKM200GB125DN 1200V/200A, tyto moduly jsou pevně spojeny s chladičem SK 157 200 AL který je ofukován dvojicí ventilátorů. Každý z modulů obsahuje vždy dvojici tranzistorů, k jejich buzení jsou použity dvoukanálové budiče firmy Concept, typ 2SD315AI. Budiče vykazují buzení napětí $\pm 15V$, jejich maximální odběr je cca.0,65A. Jako řídicí obvod byl použit jednocelový IO SG3525 standardně používaný ke zpětnovazební regulaci dvočinných propustných měničů. Ve funkčním vzorku bylo použito řízení s tímto obvodem bez zpětné vazby, pouze s pevně nastavitelnou střídou v rozsahu 0 až 45%

V sérii s primárním vynutím koaxiálního transformátoru je použit kondenzátor pro odstranění stejnosměrné složky primárního napětí. Kondenzátor musí snést efektivní hodnotu primárního proudu. Kapacita je zvolena na 18µF.

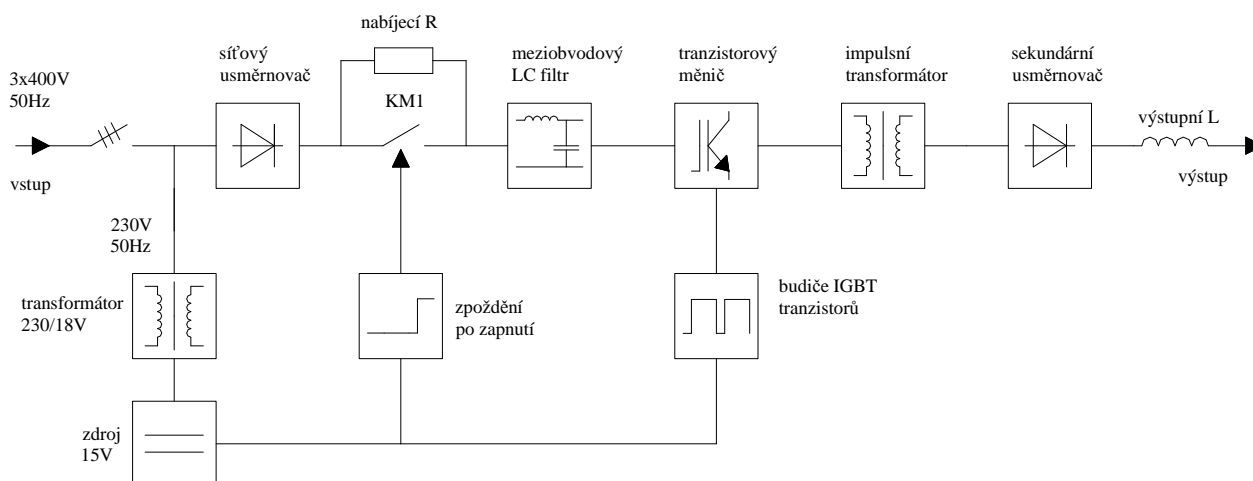
Bohužel se nepodařilo najít odpovídající kondenzátor, resp. podařilo, ale za přehnanou sumu, z tohoto důvodu jsou v analýze navrženy 2 kusy paralelně zapojených polypropylénových kondenzátorů, typ MKP4 10uF/1200V

Koaxiální transformátor je složený ze šesti toroidních feritových jader, slepených k sobě tím v podstatě tvoří jedno jádro. Primární vnutí impulsního transformátoru je navinuto speciálním vf. lankem, každé obsahuje 100 vodičů, průměr vodiče $\phi 0,355$ mm, s počtem závitů 12. Sekundární vnutí má pouze jeden závit tvořený devatenácti měděnými pásky, každý o rozměru 0,5 mm x 15 mm

Sekundární usměrňovač se skládá z 19ks. ultra-rychlých křemíkových diod 150EBU02, špičkový proud každé z diod je 132A. Katody diod jsou pevně spojeny s chladičem SK 157 300 AL, tento chladič v podstatě funguje jako jeden z výstupních vodičů.

Na anodu diod jsou připojeny 2 vyhlazovací tlumivky navinuté měděným kabelem o průřezu 95mm^2 na feritovém jádře typu I. Vzhledem k přehřívání výstupních tlumivek, je analýze navržen průřez 150mm^2

4.2 Popis nově navržených částí



Obr. 4.2. Celkové blokové schéma zdroje 2000A/20V

Napájení zdroje je navrženo ze sítě 3x400V 50Hz, maximální příkon zdroje se udává 40kW, díky tomu snadno vypočítáme velikost maximálního proudu.

$$I_f = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_s} = \frac{40000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 57,7 \text{ A} \quad (3.1)$$

Velikosti tohoto proudu musí odpovídat navržený materiál Vidlice je navržena jako pětipínová 400V/63A, na stejné parametry je dimenzován i hlavní 3f. vypínač. Jako přívodní kabel byl zvolen CYKY 5x10, průřez vodičů je navržen tak, aby odpovídal normě ČSN 33 2000-5-523.

Návrhu síťového usměrňovače, zdroje 15V a také modulu zpoždění po zapnutí jsou podrobněji věnovány další kapitoly.

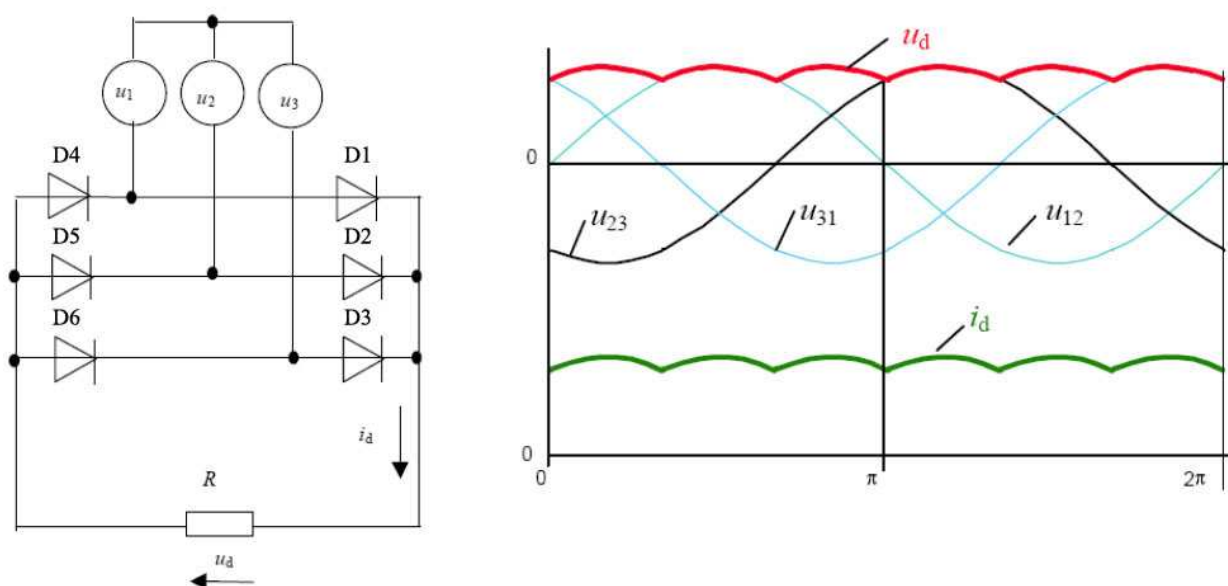
V okamžiku zapnutí zdroje, je na LC filtru nulové napětí, proudový náraz po zapnutí by byl tak velký, že by mohl zničit síťový usměrňovač, proto je nutné nejdříve nabít filtrační kondenzátory, přes nabíjecí odpor R . Relé KM1 je po zapnutí zdroje rozepnuté, LC filtr je připojen přes nabíjecí odpor, díky tomu bude velikost proudového nárazu záviset pouze na velikosti nabíjecího odporu. Po nabití filtračních kondenzátorů relé sepne. Spínání je řízeno právě modulem zpoždění po zapnutí.

Za LC filtrem je zapojená pojistka 100A, z důvodu bezpečnosti a jednoduchosti při výměně je vhodné ji vložit do odpínače pojistek.

4.3 Návrh šestipulzního usměrňovače

Usměrňovač je napájen z trojfázové třívodičové soustavy. Funkce tohoto usměrňovače. Pokud je například na horní svorce horního vinutí nejvyšší napětí ze všech, otevře se dioda D1 a do zátěže teče proud. Zpět se vrací přes D6, protože na spodním vinutí je napětí nejnižší. V okamžiku, kdy na horním vinutí začne napětí klesat, stoupá již napětí na prostřením, a spodním, vinutí a v okamžiku, kdy toto napětí převáží napětí horního vinutí, otevře se dioda D2 a do zátěže teče proud přes ni. Když je nejvyšší napětí na spodním vinutí, teče proud přes diodu D3.

Také u tohoto usměrňovače výstupní napětí nikdy neklesá k nule, proti jednocestnému trojfázovému usměrňovači je výstupní napětí ještě hladší, a proto také často není potřeba výstupní filtr. Frekvence zvlnění má šestinásobnou frekvenci proti frekvenci proudu na vstupu usměrňovače. Diody musí snášet v závěrném směru minimálně napětí transformátoru. Tento usměrňovač nemusí pracovat s transformátorem a může rovnou usměrňovat síť. Výstupní napětí zatíženého usměrňovače, je vyšší než, je napětí na sekundárním napětí transformátoru. Je to způsobené tím, že se přes diody na určitou dobu zapojují sekundární vinutí do série. Výstupní napětí usměrňovače je přibližně 1,34 násobek sekundárního napětí transformátoru.



Obr. 4.3. Schéma zapojení šestipulzního usměrňovače, průběhy napětí a proudu

Maximální špička napětí se vypočítá podle vztahu

$$U_{\max} = U_s \cdot \sqrt{2} = 400 \cdot \sqrt{2} = 565,6V \quad (3.2)$$

Střední hodnota napětí pro šestipulzní usměrňovač se spočítá podle vztahu

$$U_d = \frac{P}{2\pi} \cdot \int_{\alpha_z}^{\alpha_k} U_{\max} \cdot \sin \omega t \, d\omega t \quad (3.3)$$

Výpočet střední hodnoty

$$U_d = \frac{6}{2\pi} \cdot \int_{60^\circ}^{120^\circ} 565,6 \cdot \sin \omega t \, d\omega t = \frac{6}{2\pi} \cdot 565,6 \cdot (-\cos 120 + \cos 60) = 540,1V$$

Sítový usměrňovač je nutné nadimenzovat tak, aby vydržel i při maximálním výkonu zdroje, příkon se udává 40kW, celkové ztráty cca 4kW

$$I = \frac{P_p}{U} = \frac{40000}{540} = 74A \quad (3.4)$$

Na takto velký proud bude nejvhodnější použít usměrňovací můstek např. firmy Semikron SDK82/14 což je třífázový šestipulzní usměrňovač s maximálním výstupním proudem až 80A a závěrným napětím 1400V



Obr. 4.4. Můstkový usměrňovač SDK82/14

Výrobce udává při zatížení proudem 75A ztráty $\Delta P_D = 185W$ (odečteno z grafu ztrát viz. [datasheet](#))

Tento ztrátový výkon na usměrňovači se dá i snadno vypočítat, protože víme, že u šestipulzního usměrňovače vedou najednou vždy 2 diody, výrobce udává otevírací napětí jedné diody $U_D = 1,25V$ ztrátový výkon se vypočítá podle vztahu

$$\Delta P_D = 2 \cdot U_D \cdot I = 2 \cdot 1,25 \cdot 74 = 185W \quad (3.5)$$

dále se uvádí maximální teplota čipu $T_J = 150^\circ\text{C}$

tepelný odpor mezi čipem a pouzdrem součástky $R_{\vartheta JC} = 0,183\text{K} \cdot \text{W}^{-1}$

tepelný odpor mezi pouzdrem součástky a povrchem chladiče $R_{\vartheta CH} = 0,07\text{K} \cdot \text{W}^{-1}$

Vypočítáme tepelný spád, což je rozdíl teplot mezi čipem usměrňovače a chladičem

$$\Delta T_{JH} = \Delta P_D \cdot (R_{\vartheta JC} + R_{\vartheta CS}) = 185 \cdot (0,183 + 0,07) = 46,8^\circ\text{C} \quad (3.6)$$

Výpočet maximálního tepelného odporu chladiče, při teplotě okolí 30°C

$$R_{\vartheta H} = \frac{T_J - \Delta T_{JH} - T_a}{\Delta P_D} = \frac{150 - 46,8 - 30}{185} = 0,395\text{K} \cdot \text{W}^{-1} \quad (3.7)$$

4.4 Volba času zpoždění sepnutí

Nabíjecí odpor slouží k ochraně můstkového usměrňovače. Při zapnutí bez nabíjecího odporu, by vzhledem k tomu, že na filtračních kondenzátorech je v době zapnutí nulové napětí, vznikl nekonečně velký proud, který by mohl můstkový usměrňovač zničit. Velikost maximálního nabíjecího proudu lze snadno nastavit velikostí nabíjecího odporu.

$$R = \frac{U}{I} \quad (3.8)$$

Čím větší bude nabíjecí proud, tím rychleji se nabijí filtrační kondenzátory, na druhou stranu bude větší i výkonové zatížení nabíjecího odporu. Není nutné dimenzovat nabíjecí odpor na maximální špičku výkonového zatížení, protože přetížení trvá jen velmi krátkou dobu.

Výkon na odporu se spočítá podle vztahu.

$$P = I^2 \cdot R \quad (3.9)$$

Průběh nabíjecího proudu na filtračním kondenzátoru

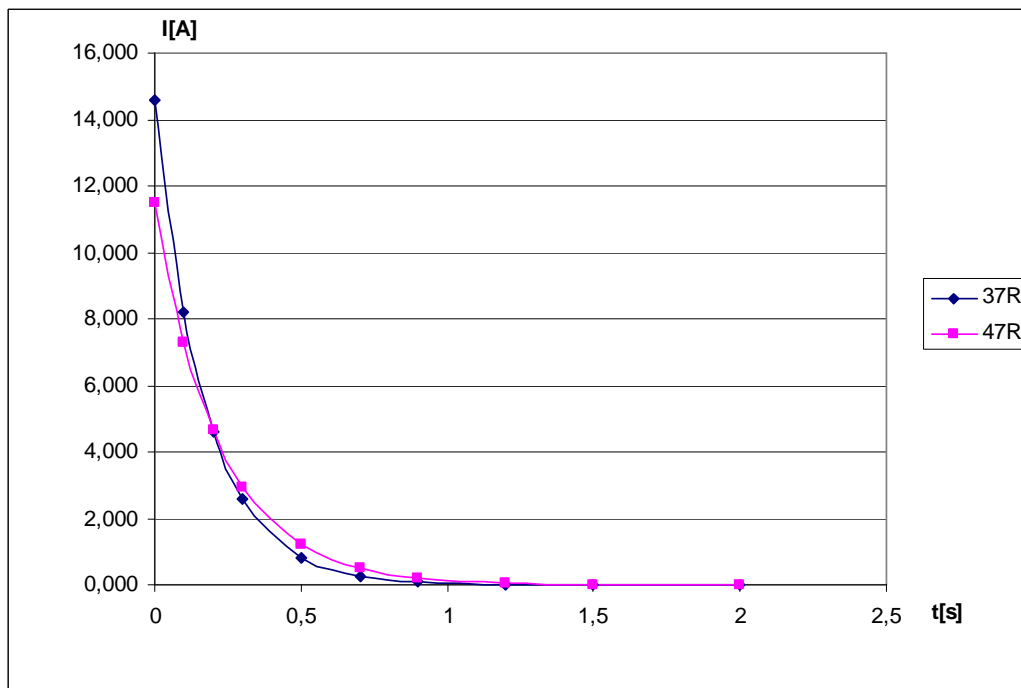
$$i = I_{MAX} \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \quad (3.10)$$

Průběh nabíjecího napětí na filtračním kondenzátoru

$$u = U_{MAX} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) = 17,32\text{A} \quad (3.12)$$

Čas nabití se spočítá podle vztahu

$$t = \ln \cdot \left(\frac{U_{MAX} - u}{U_{MAX}} \right) \cdot (-R \cdot C) \quad (3.13)$$



Obr. 4.5. Průběh nabíjecího proudu na filtračním kondenzátoru pro odpory 37Ω a 47Ω

Nakonec byl vybrán odpor $47\Omega/20W$. Kondenzátor se nabije na napětí $539V$ za $1,38s$. Z tohoto důvodu je možné zvolit zpoždění po zapnutí v intervalu od $1,4s$ do např. $2s$

R[Ω]	33	37	47	56
I _{max} [A]	16,36	14,59	11,49	9,64
P _{max} [W]	8836	7881	6204	5207
t-nabití [s]	0,97	1,09	1,38	1,65

Tab. 4.1. Parametry při jednotlivých nabíjecích odporech

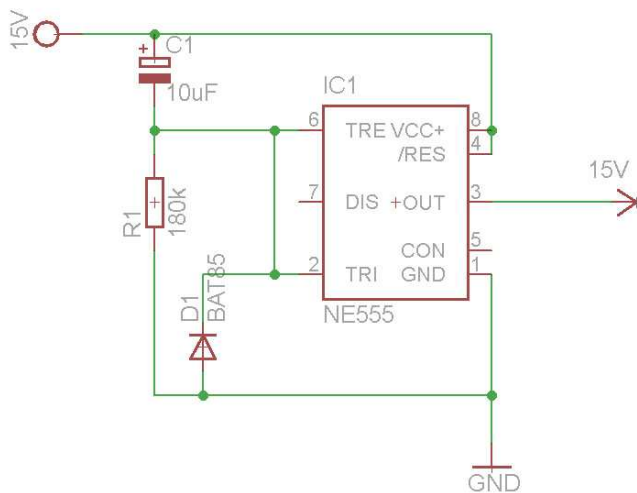
4.5 Modul zpoždění po zapnutí

Základem obvodu zpoždění po zapnutí je časovač NE555 a spínací prvek optotriak. Po připojení napájecího napětí je na pinu 2 a 6 plné napájecí napětí. Postupně se nabíjí kondenzátor a napětí na pinu 2 a 6 klesá, když napětí klesne ke třetině, dojde ke změně napětí na výstupu (pin 3) z 0 na 15V. Zpoždění na výstupu se nastaví odporem R_1 a kondenzátorem C_1 čas zpoždění se vypočítá podle vztahu.

Při zvolených hodnotách např. $R_1=180\text{k}\Omega$ $C_1=10\mu\text{F}$

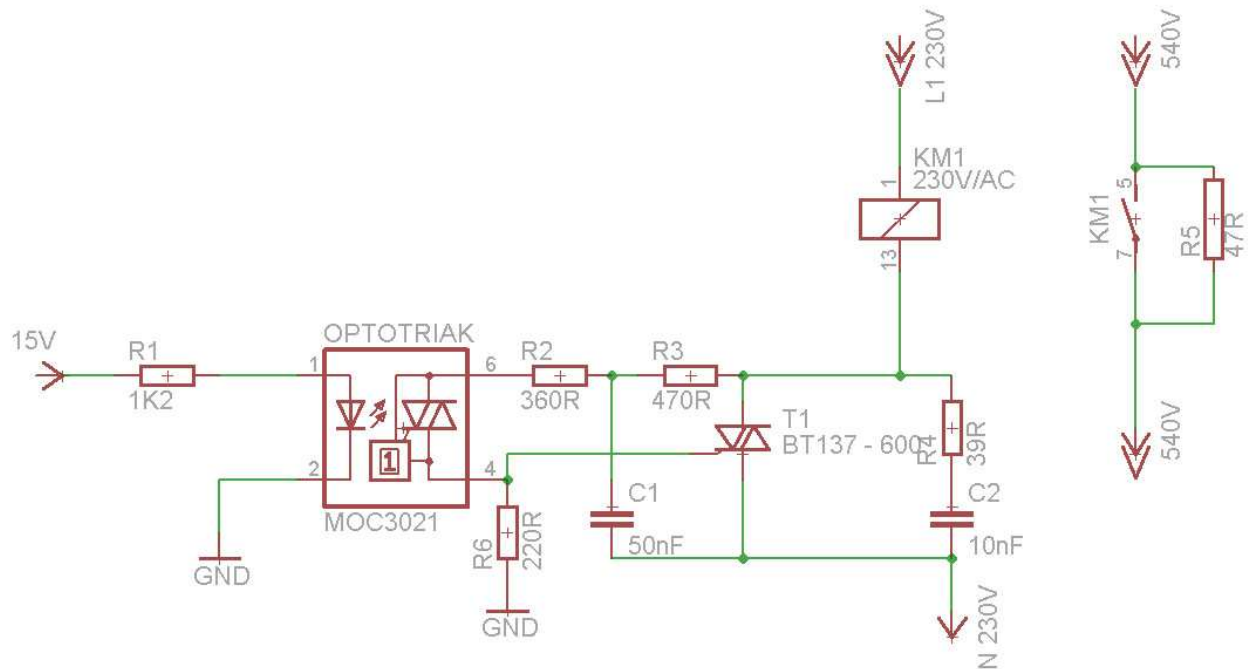
$$t = R_1 \cdot C_1 = 1,8\text{s}$$

Čas 1,8s odpovídá pro navržený nabíjecí odpor 47R



Obr. 4.6. Schéma zapojení časovače

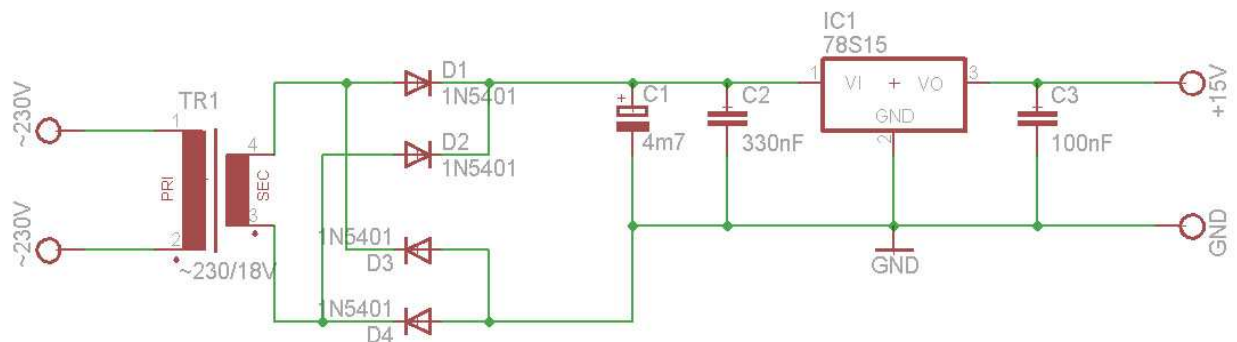
Po změně napětí na výstupu z NE555 začne LED diodou optotriaku MOC3021 procházet proud, vzhledem k tomu, že typický proud LED diodou optotriaku je 10mA je nutné před diodu zařadit ochranný odpor R_1 . Pokud se LED rozsvítí, dojde k sepnutí triaku. Po sepnutí optotriaku jenž sám o sobě není schopen spínat větší výkon, dojde přes omezovací rezistor R_2 k sepnutí hlavního výkonového triaku BT 137, který může spínat proud až 8A. Po sepnutí triaku začne cívkou stykače procházet proud a dojde k sepnutí relé, díky tomu přestane procházet proud přes nabíjecí odpor R_5 a celý zdroj začne pracovat na plný výkon. Po zhasnutí LED (vypnutí zdroje) nastane opačný jev, optotriak rozevře a hlavní triak také. Člen R_4 a C_2 omezuje rušení při rozepínání triaku. Vzhledem k tomu, že proud triaku přechodem $T_2 - G$ je velmi malý a mohlo by dojít ve vypnutém stavu k poškození např. elektrostatickým polem je zařazen ochranný odpor R_6 .



4.7. Schéma zapojení spínacích prvků

4.6 Zdroj stejnosměrného napětí 15V

Stabilizovaný zdroj stejnosměrného napětí, slouží k napájení budičů 2SD315AI, PWM generátoru a časovače NE555. Pro tyto účely postačí jednoduché zapojení se stabilizátorem 78S15, který dává výstupní proud 2A, což je vzhledem k odběru jednotlivých napájených obvodů dostačující. Výhodou tohoto zdroje je hlavně jednoduchost a nízká cena.



Obr. 4.8. Schéma zapojení zdroje 15V

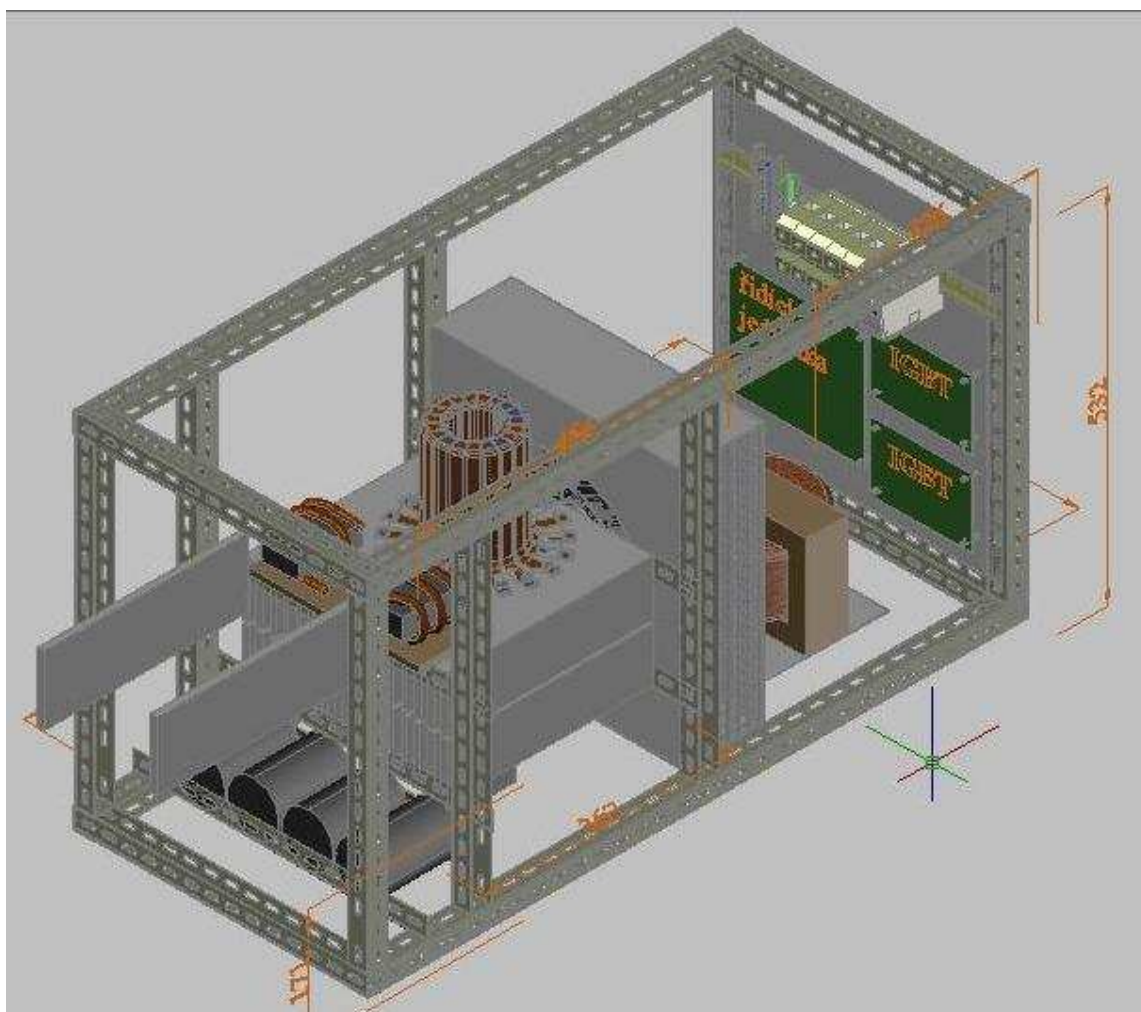
Po transformaci síťového napětí je napětí usměrněno diodami a vyhlazeno kondenzátorem C_1 . Pak následuje stabilizátor tvořený obvodem 78S15, který se postará o neměnné napětí na výstupu. Keramické kondenzátory slouží k odrušení a zabraňují rozkmitání stabilizátoru. Pro správnou funkci stabilizátoru musí být na vstupu VI napětí aspoň o 3 V vyšší než na výstupu VO. Čím větší je rozdíl mezi vstupním a výstupním napětím, tím více se stabilizátor zahřívá.

5 NÁVRH ZDROJE

Vzhledem k tomu, že v současnosti je náš zdroj prakticky nepřesunutelný, byla jedna z hlavních částí práce, návržení casu pro zdroj. Návrhy jsou dva, pro dvě různá využití zdroje. Zaprvé je možné zůstat stávajícího využití pro školní účely a další možností by bylo využití zdroje přímo v galvanovně, kde by se mohl prodat. Různé možnosti využití, kladou i odlišné nároky. Navržené modely jsou kreslené v 3D Autocadu, pro přehlednost nejsou v návrzích kresleny vodiče, šlaby pro vodiče a další drobné součástky, jedná se spíš o konstrukční uspořádání hlavních částí zdroje.

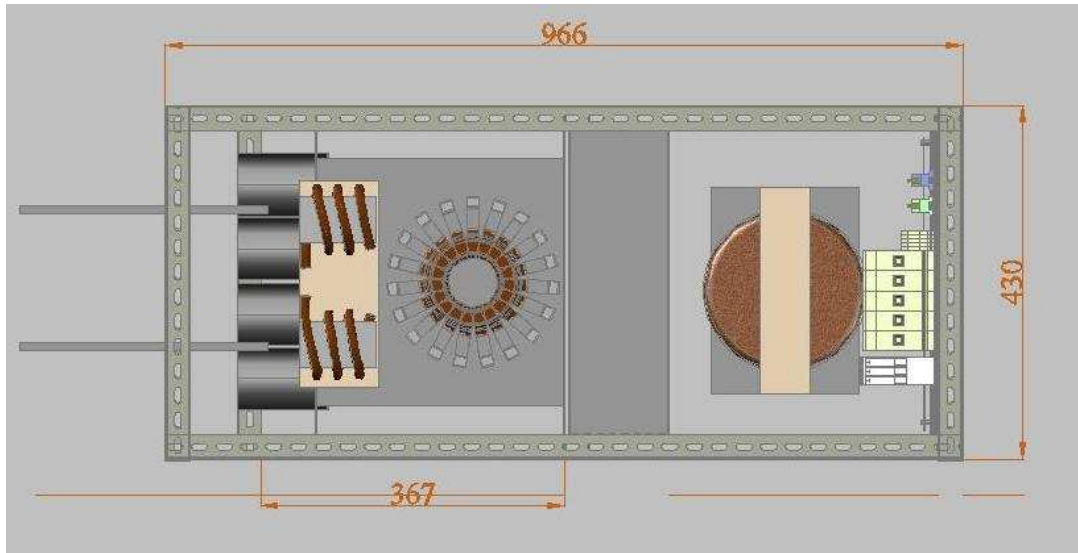
5.1 Využití zdroje pro školní účely

Při takovémto využití zdroje je kladený důraz, hlavně na co nejmenší rozměry, zdroj by měl být i trochu mobilní a měl by mít co nejmenší hmotnost. Zdroj nebude trvale zatěžován, takže se dá i trošku ušetřit na velikosti a hmotnosti některých součástí. Dalším důležitým požadavkem na návrh bylo vymyslet co nejefektivnější způsob chlazení.



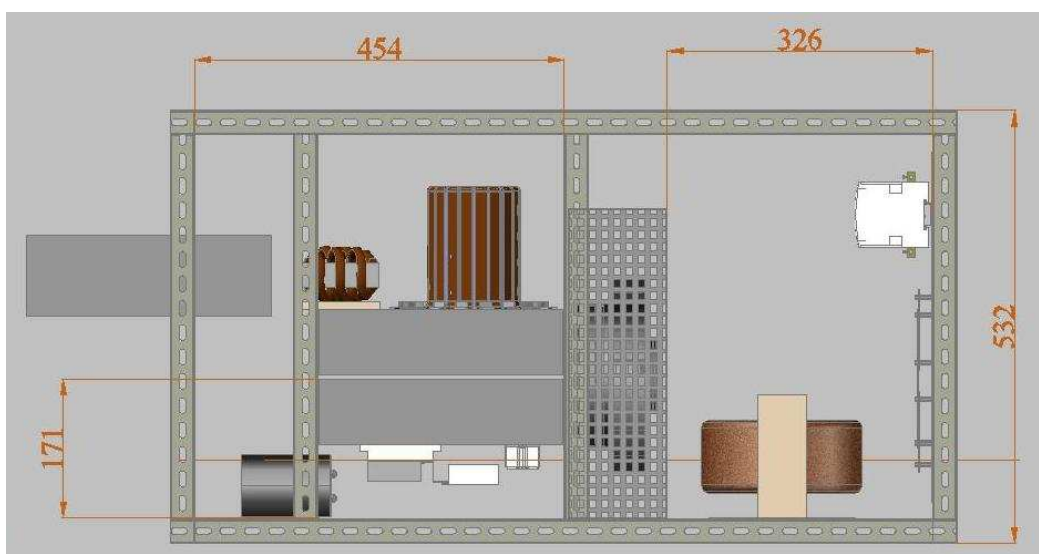
Obr. 5.1. Celkový pohled na návrh zdroje pro školní účely.

Case je ručně svařený z děrovaných železných U profilů, díky tomu je možné snadno přichytit veškeré další komponenty, jeho rozměry jsou 970x430x530mm.



Obr. 5.2. Zdroj z vrchu

Pro snadné připojení nejen přívodního kabelu jsou navrženy svorky. Pod svorkami je umístěná velká vstupní vyhlazovací tlumivka. Nad tlumivkou je všechna řídicí elektronika, zdroj je navržený tak, aby do budoucna bylo možné přidat ještě další DPS. Vstupní kondenzátory, jsou přední částí, proto aby byly co nejbližší IGBT tranzistorům, kvůli ztrátám, IGBT tranzistory jsou na chladiči společně se vstupním usměrňovačem, chladič 300x300x80 je dostatečně velký na to, aby uchládil obojí. Naproti němu je umístěný druhý stejně velký chladič s koaxiálním transformátorem, vzhledem k tomu, že chladič použitý zároveň jako vodič je vhodné použití eloxovaných chladičů.

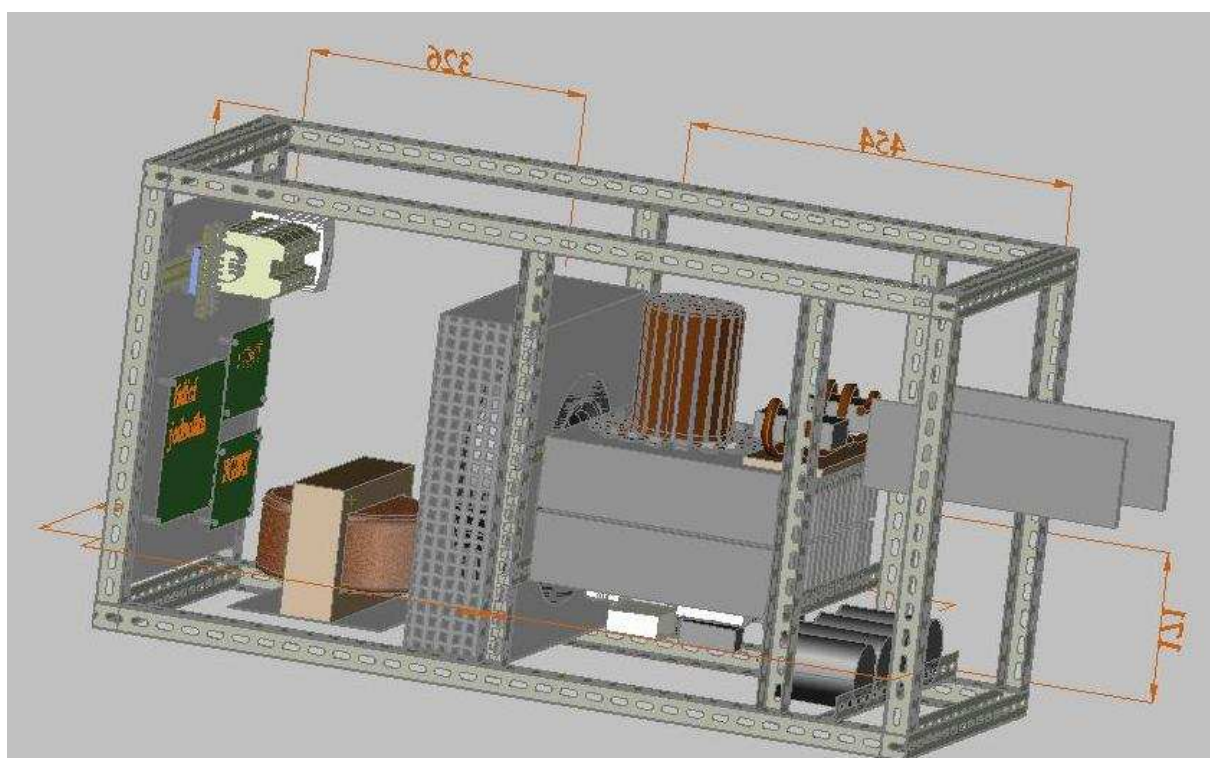


Obr. 5.3. Zdroj zepředu

Ventilátor nasává vzduch přes žebra chladičů, díky tomu jsou ochlazovány, vzduch je vyfukován do všech stran na boku ventilátoru.

Výstup je řešený hliníkovou pásovinou o průřezu 100x10, při využití pro školní účely je předimenzovaný a na krátkou dobu by bylo dostačující použití i kabelu o průřezu 240mm². Byla řešena i možnost na výstupu použít konektory pro co nejsnadnější připojení. Největší vyráběné konektory např. u firmy OS-KOM jsou pouze do 660A, což je málo, navíc jejich velikost a cena je příliš vysoká.

V návrhu není nakresleno, ale předpokládá se, že hlavní vypínač, ovládání výstupního proudu a napětí, a také do budoucna budíky měření, by měli být umístěny na panelu na vrchní straně bedny nad vstupní tlumivkou.



Obr. 5.4. Celkový pohled na zdroj z boku

5.2 Návrh zdroje pro galvanovnu

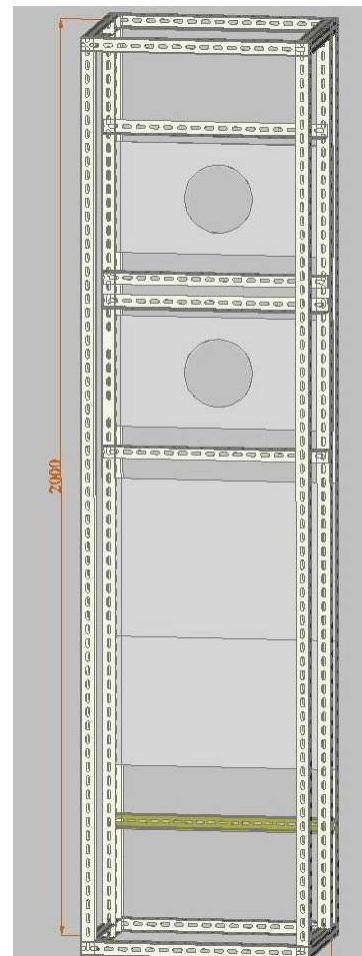
Při návrhu zdroje pro galvanovnu nebude potřeba nakupovat žádný hutní materiál, protože bude na zakázku objednána přesně pro naše potřeby rozvaděčová skříň, díky tomu se ušetří i hodně času při sestavování zdroje, protože celá skříň je předem předpřipravena.

Jedná se zde pouze o úvodní návrh, na přání zákazníka je možné zdroj přizpůsobit požadavkům. Například použít nižší a širší skříň, nebo navrhnout výstup ze spodu.

V tomto případě je velikost skříně 2000x500x400, IP 55. Vysoká hodnota IP je důležitá, protože při galvanování se vypařují velmi agresivní jedovaté výpary, které způsobují korozi. Hlavní části jsou opět tvořeny s děrovaných profilů pro snadné přichycení dalších komponentů. Nahoře jsou 2 hliníkové plechy s otvorem pro vzduch na uchycení ventilátorů, velký železný plech, na který se přichytí DPS, vstupní tlumivka filtrační kondenzátory. Součástí skříně jsou ještě železné L profily na přichycení chladičů.

Hlavní vypínač ovládání výstupního proudu a napětí, budíky měření proudu a napětí kontrolky ukazující poruchy by měly být na dveřích skříně.

Přívod 3x400V je řešený ze spodu skříně, pro snadné připojení, nejenom přívodního kabelu, jsou ve zdroji navrženy svorky.

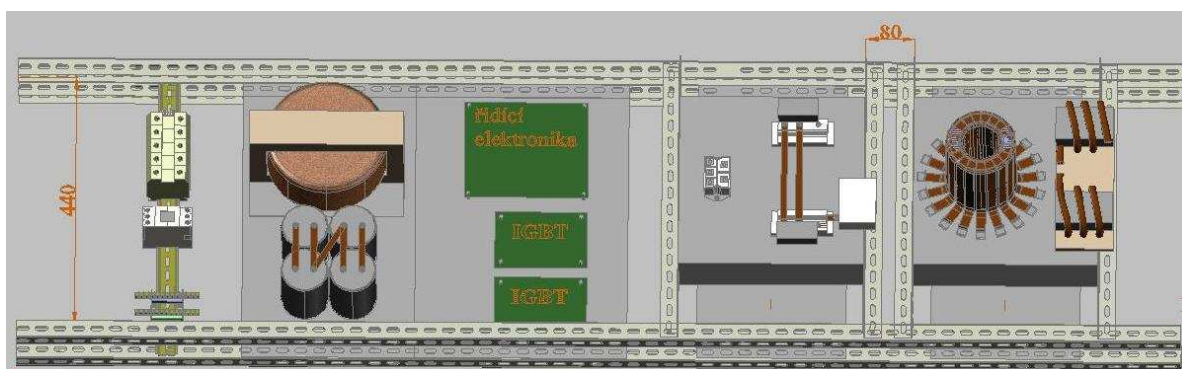


Obr. 5.5. Skříň pro zdroj



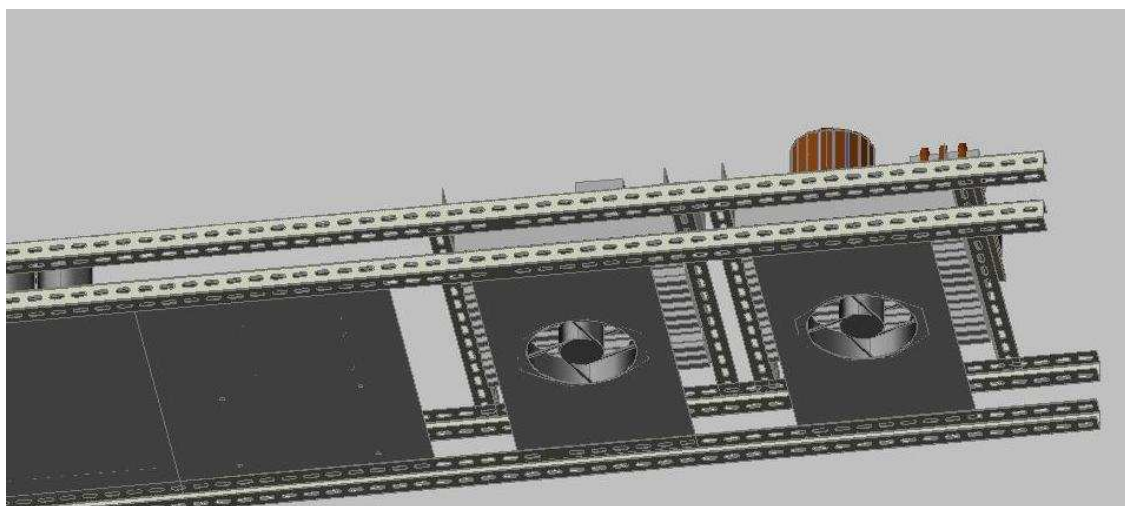
Obr. 5.6. Celkový pohled na návrh zdroje pro galvanovnu

Na spodu skříně je vstupní LC filtr, vstupní vyhlazovací tlumivka má velkou hmotnost, proto její umístění naspodu zaručuje lepší stabilitu skříně. Nad LC filtrem jsou pak DPS řídící elektroniky, protože v tomto případě je výstup řešený vrchem, jsou oba velké chladiče umístěny nvrchu skříně. Kvůli úspoře místa a peněz jsou vstupní usměrňovač a IGBT tranzistory na jednom chladiči v těsné blízkosti je koaxiální transformátor.



Obr. 5.7. Návrh zdroje pro galvanovnu z vrchu

Jako výstup je navržena hliníková pásovina o průřezu 100x10, hliníková je vhodnější než měděná hlavně kvůli její nižší hmotnosti a díky tomu snadnější manipulaci, navíc má i několikanásobně nižší pořizovací cenu.



Obr. 5.8. Pohled ze spodu na ventilátory

Ke chlazení velkých chladičů jsou v tomto případě použity 2 ventilátory, od firmy PAPST, na každý chladič jeden ventilátor o průměru 150mm. Předpokládá se, že skříň bude od výrobce upravena tak, aby mohl proudit vzduch.

6 ANALÝZA VÝROBNÍCH NÁKLADŮ

Hlavním cílem ekonomické analýzy je vyhledání všech dodavatelů, výpočet výrobních nákladů a odhad prodejní ceny pro dvě možnosti využití. První možnost je využití pro školní účely, druhá možnost využití je použití zdroje ke galvanování.

6.1 Popis dodavatelů

Nejdůležitější, ale také ty nejdražší součástky jako např. IGBT tranzistory je možné koupit u firmy TME (Transfer Multisort Elektronik) je to Polská firma zabývající se distribucí elektronických součástek. Objednat se dá velmi jednoduše přes e-shop, který je v češtině, další výhodou je to, že na v podstatě všechny součástky, které jsou pro zdroj potřeba, poskytuje firma množstevní slevy a to už od 5 kusů, další firmy zabývající se distribucí elektronických součástek, a kde je také velmi velký výběr, jsou např. Farnell nebo RS components.

Velký výběr polovodičů, feritových jader, ale dalších elektronických součástek poskytuje firma Semic trade. Zde byly objednány ultra-rychlé diody 150EBU02 a také jádra do koaxiálního transformátoru.

Budiče IGBT tranzistorů Švýcarské firmy Concept 2SD315A je možné koupit pouze od oficiálního distributora pro východní Evropu a tím je Polská firma DACPOL Co. Ltd.

Další věkou položkou v rozpočtu zdroje jsou jeho 2 velké chladiče firmy Fischer elektronik, chladiče jsou kvalitní, ale vyplatí se nakupovat až ve větším množství, kde firma poskytuje množstevní slevu, cena za jeden kus je až příliš vysoká a například u firmy ELING Bohemia se dá pořídit chladič o stejných rozměrech za téměř poloviční cenu.

Ventilátory na ofukování chladičů byly obědvány u firmy ebm-papst. Firma nabízí obrovský výběr velmi kvalitních ventilátorů, všech možných druhů a velikostí.

Vyhlazovací tlumivka je navržena přímo pro potřeby našeho zdroje od firmy Elektrokov Znojmo a.s. kromě tlumivek je možné u firmy pořídit i transformátory všeho druhu, další velmi dobrou firmou v této oblasti je např. Silveratech s.r.o

Prodejem speciálních vf. lanek použitého v primárním vinutí transformátoru se zabývá firma Inkosas a.s. je u ní velký výběr z různých profilů vodičů, bohužel se nepodařilo najít nějakou další firmu, která by se prodeji vf. lanek věnovala.

Veškerý hutní materiál a neželezné kovy je možné koupit u firmy Feron. Je problém a zdroj to zbytečně prodražuje minimální odebíratelné množství, např. hliníkový plech, je možné koupit v nejmenším rozměru 1000x2000mm, to je samozřejmě zbytečně moc a takhle velký plech by nám vystačil na 6 zdrojů, bohužel tímto způsobem prodává hutní materiál naprostá většina firem.

Elektroinstalační materiál kabely, vodiče, očka, svorky, vypínače se prodává v každém elektrovelkoskladu v Brně je to např. Elkov, nebo Elvo. Materiál dá se objednat i přes internet pro soukromé osoby jsou asi nejpřehlednější stránky firmy Elima.

Izolační deska na odizolování chladičů a dalších součástek je od firmy Labara, firma poskytuje velký výběr izolačních materiálů. Pro zdroj byl vybrán KARTIT Hp 2061 pro jeho vysokou elektrickou i mechanickou pevnost.

Drobné elektronické součástky malých výkonů je nejvýhodnější nakoupit u firem GM Electronic nebo GES.

Rozvaděčové skříně přesně podle našich požadavků je možné objednat například u firem jako je Kovopol Industry nebo KM Rack

6.2 Výpočet nákladů zdroje pro školní účely

popis	typ	firma	cena	množství ks/m	bez DPH	s DPH
filtrační kondenzátory	WX 4700uF /400V	TME	1168	4	4672,00	5606,40
vyhlazovací tlumivka	JTC E5092	Elektrokov	2275	1	2275,00	2730,00
nožová pojistka 80A/690V	NV1 C gL-gG	ETI	96	1	96,00	115,20
pojistkový spodek 1p.	NVPPIP 00	ETI	108	1	108,00	129,60
odlehčovací C k IGBT	MKP4 2,2uF/1000V	TME	80	2	160,00	192,00
C k odstranění SS. složky	MKP4 10U/1100	TME	190	2	380,00	456,00
IGBT tranzistory	SKM200GB125DN	TME	4505	2	9010,00	10812,00
budič tranzistorů	2SD315A	DACPOL	1950	2	3900,00	4680,00
řízení střídý	SG3525	GM	16	1	16,00	19,20
usměrňovací dioda	150EBU02	Semic trade	210	19	3990,00	4788,00
vf. lanko	RUPALIT 102x0,33mm	Inkosas	134	7	938,00	1125,60
feritové jádro transformátoru	Lj T10215C	Semic trade	211	6	1266,00	1519,20
feritové jádro výst. tlumiky	Lj I 9330-CF139 &CF	Semic trade	255	4	1020,00	1224,00
měděný pásek	0,5 mm x 15 mm	Ferona	244	1	244,00	292,80
hliníková pásovina	100 x 10	Ferona	245	1	245,00	294,00
ostatní součástky R, C	R10Ω, C22nF	GM	2,5	57	142,50	171,00
potenciometr	CIJP20N-470R	GM	38	1	38,00	45,60
kabelová oka	CU 150 x 10 KU-L	Elkov	53	4	212,00	254,40
kabelová oka	CU 240 x 12 KU-L	Elkov	87	4	348,00	417,60
kabel 240mm ²	1-AYY-O 1x240	Elkov	102	5	510,00	612,00
kabel 150mm ²	KV 1-CHBU 1x150	Elkov	465	1	465,00	558,00
kabelová očka	6x6, 10x6	GM	2	40	80,00	96,00
vodič	Φ1,5	Elima	2,3	5	11,50	13,80
vodič	Φ6	Elima	13	10	130,00	156,00
vodič	Φ10	Elima	22	5	110,00	132,00
izolační deska	KARTIT Hp 2061	Labara	2356	1	2356,00	2827,20
celkem					32723,00	39267,60

Tab. 6.1. Cena součástek již hotového zdroje

Cena již hotového zdroje, za předpokladu že všechny součástky a materiál budou objednány nové a v minimálním odebitelném množství. Některé firmy uvádějí ceny svých produktů v eurech a v tabulce nákladů jsou přepočítány při kurzu eura 1€=25Kč

Dále je přidána tabulka nákladů nově navrženého materiálu pro náš zdroj.

popis	typ	Firma	cena	množství ks/m	bez DPH	s DPH
ventilátor	R2E250-AV65-01	PAPST	3078	1	3078,00	3693,60
chladič transformátoru	SK 157 300 AL Elox	Fischer	3875	2	7750,00	9300,00
železný U profil děrovaný	2x30x30x30	Ferona	52	8	416,00	499,20
železná pásovina děrovaná	2x30	Ferona	30	2	60,00	72,00
železný L profil děrovaný	2x30x30	Ferona	40	2	80,00	96,00
železný plech	1,8x750x1750	Ferona	458	1	458,00	549,60
hliníkový plech	2x1000x2000	Ferona	1107	1	1107,00	1328,40
DIN lišta	TS 35/1 P	Elima	32	2	64,00	76,80
svorky	RSA 70 A	Elima	131	5	655,00	786,00
distanční sloupky	M3 x 15	GM	3,5	16	56,00	67,20
spojovací materiál	M8, M6, M5, M4	Ferona	1,1	200	220,00	264,00
fastonové kontakty	6,3x0,8, 6,3x2,5	GM	4	12	48,00	57,60
propojovací můstek	N12, PE12	Elima	23	2	46,00	55,20
přívodní kabel	CYKY 5x10	Elima	107	3	321,00	385,20
vidlice 5p	63A/400V ABB	Elima	363	1	363,00	435,60
vypínač	S63 JU 1103 A6/R	Elima	507	1	507,00	608,40
můstkový usměrňovač	SDK82/14 80A/1400V	TME	1600	1	1600,00	1920,00
relé	SW80-358	Farnell	999	1	999,00	1198,80
transformátor 230/18V	EI60/21 118 25VA	GES	199	1	199,00	238,80
modul zpoždění po zapnutí	NE555, MOC3021	GES	65	1	65,00	78,00
zdroj 15V	78S15	GES	69	1	69,00	82,80
celkem					18161,00	21793,20
zdroj celkem					50884,00	61060,80

Tab. 6.2. Cena součástí a materiálu nově navržených věcí

Zdroj bude využíván pro školní účely, to znamená pouze krátkodobě, proto je použita menší vstupní vyhlazovací tlumivka, je možné místo výstupní pásoviny použít kabel s velkým průřezem.

6.3 Možnosti úspor

Hlavní úspora je může být vtom, že firmy poskytují při větším odběru zboží množstevní slevu, při nákupu většího množství také klesají náklady na poštovné apod. Navíc je lépe využitý materiál vzhledem minimálnímu odebíratelnému množství.

firma	1kus	10kusů	rozdíl
TME	18986	15290	3696
Silveratech	5760	5500	260
Farnell	1199	1117	82
Kovospol	15000	14000	1000
celkem	40945	35907	5038

Tab. 6.3. Tabulka množstevních slev u některých firem

6.4 Výpočet nákladů zdroje pro galvanovnu

popis	typ	firma	cena	množství ks/m	bez DPH	s DPH
filtrační kondenzátory	WX 4700uF /400V	TME	1168	4	4672,00	5606,40
vyhlazovací tlumivka	JAN.U150.077.USM	Silveratech	4800	1	4800,00	5760,00
nožová pojistka 80A/690V	NV1 C gL-gG	ETI	96	1	96,00	115,20
pojistkový spodek 1p.	NVPIIP 00	ETI	108	1	108,00	129,60
odlehčovací C k IGBT	MKP4 2,2uF/1000V	TME	80	2	160,00	192,00
C k odstranění SS. složky	MKP4 10U/1100	TME	190	2	380,00	456,00
IGBT tranzistory	SKM200GB125DN	TME	4505	2	9010,00	10812,00
budič tranzistorů	2SD315A	DACPOL	1950	2	3900,00	4680,00
řízení střídý	SG3525	GM	16	1	16,00	19,20
usměrňovací dioda	150EBU02	Semic trade	210	19	3990,00	4788,00
vř. lanko	RUPALIT102x0,33mm	Inkosas	134	7	938,00	1125,60
feritové jádro transformátoru	Lj T10215C	Semic trade	211	6	1266,00	1519,20
feritové jádro výst. tlumiky	Lj I 9330-CF139 &CF	Semic trade	255	4	1020,00	1224,00
měděný pásek	0,5 mm x 15 mm	Ferona	92	1	92,00	110,40
hliníková pásovina	100 x 10	Ferona	245	1	245,00	294,00
ventilátor	W2E142-BB01-01	PAPST	1353	2	2706,00	3247,20
chladič transformátoru	KE300 - 300mm Elox	ELING	2673	2	5346,00	6415,20
ostatní součástky R, C	R10Ω, C22nF	GM	2,5	57	142,50	171,00
potenciometr	CIJP20N-470R	GM	38	1	38,00	45,60
kabelová oka	CU 150 x 10 KU-L	Elkov	53	4	212,00	254,40
kabel 150mm ²	KV 1-CHBU 1x150	Elkov	465	1	465,00	558,00
kabelová očka	6x6, 10x6	GM	2	40	80,00	96,00
vodič	Φ1,5	Elima	2,3	5	11,50	13,80
vodič	Φ6	Elima	13	10	130,00	156,00
vodič	Φ10	Elima	22	5	110,00	132,00
izolační deska	KARTIT Hp 2061	Labara	236	1	236,00	283,20
hliníkový plech	2x1000x2000	Ferona	1107	1	1107,00	1328,40
DIN lišta	TS 35/1 P	Elima	32	2	64,00	76,80
svorky	RSA 70 A	Elima	131	5	655,00	786,00
distanční sloupky	M3 x 15	GM	3,5	16	56,00	67,20
spojovací materiál	M8, M6, M5, M4	Ferona	1,1	200	220,00	264,00
fastonové kontakty	6,3x0,8, 6,3x2,5	GM	4	12	48,00	57,60
propojovací můstek	N12, PE12	Elima	23	2	46,00	55,20
vypínač	S63 JU 1103 A6/R	Elima	507	1	507,00	608,40
můstkový usměrňovač	SDK82/14 80A/1400V	TME	1600	1	1600,00	1920,00
relé	SW80-358	Farnell	999	1	999,00	1198,80
transformátor 230/18V	EI60/21 118 25VA	GES	199	1	199,00	238,80
modul zpoždění po zapnutí	NE555, MOC3021	GES	65	1	65,00	78,00
zdroj 15V	78S15	GES	69	1	69,00	82,80
rozsudčková skříň	2000x500x400 IP54	Kovopol	12500	1	12500,00	15000,00
Celkem					58305,00	69966,00

Tab. 6.4. Tabulka nákladů zdroje pro galvanotechniku

6.5 Odhad celkové ceny

K celkové ceně zdroje je nutné připočítat kromě pořizovacích cen všech komponentů také náklady na výrobu a náklady na dopravu.

popis práce	čas [h]
výroba koaxiálního transformátoru	15
příprava výstupních pásovin	5
příprava DPS	8
příprava skříně	4
osazení IGBT tranzistory a kondenzátory	7
osazení LC filtru ventilátorů DPS	4
osazení dveří	3
zapojení	10
celkem	56

Tab. 6.5. Odhad počtu hodin k výrobě jednoho kusu zdroje

Čas výroby jednoho kusu by měl být v praxi asi kratší, podle délky výroby byly výrobní náklady odhadnuty na 10 000Kč

Dále je nutné k celkové prodejní ceně zdroje připočítat ještě náklady na dopravu, které tvoří poštovné projetý benzín a ztracený čas byly odhadnuty na 20 000Kč

	bez DPH
Pořizovací náklady komponentů	59 000
Náklady na výrobu	10 000
Náklady na dopravu	20 000
Náklady celkem	89 000
Navržená prodejní cena	170 000

Tab. 6.6. Odhad celkové prodejní ceny

Cena je stanovena i vzhledem k ceně konkurenčních zdrojů, k ceně zdroje je nutné připočítat ještě náklady na zařízení měření napětí a proudu. Použití bočníku by zdroj prodražilo asi o 8 000Kč tento způsob měření je navíc velmi nepřesný.

Velkou předností našeho zdroje, je velmi dobře vyřešený koaxiální transformátor, který je v porovnání ke svému výkonu velmi malý a jednoduchý. Mezi nedostatky zdroje patří hlavně velmi jednoduché ovládání, které je pouze manuálně, dále nemá vyřešené měření proudu a napětí, a dále chybí některé důležité ochrany zdroje, jako např. ochrana proti zkratu, teplotní ochrana atd.

7 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce slouží jako návod k realizaci školního zdroje 2000A/20V. Jejími hlavními částmi, jsou ekonomická analýza vyhledání dodavatelů a řešení konstrukčního uspořádání v Autocadu.

Podle navržené ceny je vidět, že školní zdroj vychází ve srovnání s konkurenčními velmi zajímavě, a když by se podařilo doladit ještě drobné nedostatky a otestovat ho při dlouhodobém zatížení, určitě by se dal i dobře prodat. Na oslovených galvanovnách bylo vidět, že škola VUT má velmi dobré jméno a respekt. Spolupráci na otestování zdroje nabídly dvě ze tří oslovených firem, galvanovna v Adamově a Lars chemie Brno. Nezbyvá než zdroj zrealizovat a vyzkoušet ho v praxi.

LITERATURA

- [1] Štěpančík F.: Výkonové měniče extrémních parametrů. Disertační práce. Brno 2006.
- [2] Ing. V. Kraus, CSc. Povrchy a jejich úpravy
- [3] Vrba J.: Výkonová elektronika. Fekt VUT Brno
- [4] Sedláček J. Murina M. Steinbauer M. Kroutilová E: Elektrotechnika 2. Fekt VUT Brno 2008
- [5] Datasheet SDK82/14
- [6] Datasheet 78S15
- [7] Datasheet MOC3021
- [8] Norma ČSN 33 2000-5-523
- [9] <http://www.eprona.cz/cz/hfg.html>
- [10] <http://www.galvanovna.cz/znakcz22.html>
- [11] <http://www.galvanovnaomega.cz/pokov/pokoveni.html>

PŘÍLOHY