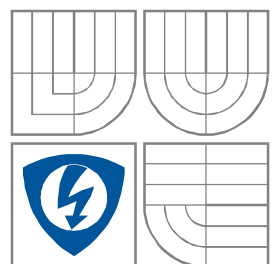




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

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

ČASOVÉ RELÉ PRO AUTOMATICKÝ ROZBĚH ASYNCHRONNÍHO MOTORU Y/D

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

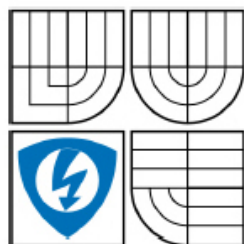
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAROSLAV KOVÁŘ

VEDOUCÍ PRÁCE

Ing. Jan Hejkrlík

BRNO2009



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

Student: Jaroslav Kovář
Ročník: 3

ID: 78130
Akademický rok: 2008/2009

NÁZEV TÉMATU:

Časovací relé pro automatický rozběh asynchronního motoru Y/D

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Návrh a výpočet komponent obvodu
2. Realizace na desce plošných spojů včetně chladiče výstupních triaků
3. Oživení
4. Kontrola zadaných parametrů

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Dle doporučení vedoucího.

Termín zadání: 1.10.2008

Termín odevzdání: 29.5.2009

Vedoucí práce: Ing. Jan Hejkrlik

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.

Abstrakt

Práce se zabývá návrhem časovacího obvodu pro automatické spouštění asynchronního motoru Y/D. Po stisku tlačítka START se sepne stykač Y, po uplynutí nastavené časové prodlevy stykač Y odpadne a zároveň se přitáhne stykač D. Po stisku tlačítka STOP odpadne stykač D. Návrh tohoto obvodu je jednoduchý, pro realizaci však toto zadání vyžaduje značnou zručnost řešitele jak v oblasti pájení tak v oblasti návrhu DPS v systému EAGLE.

Abstract

This project is concerned with a concept of timing circuit used for an automatic start of the asynchronous engine Y/D. By pressing the button START, is the concactor (the relay) activated. After injury timing delay the concactor Y drops out and simultaneously the concactor D pulls in. By pressing the button STOP, the concactor drops out. The concept of this electric circuit is quite simple, even if good hand-mindedness of a solver is required substantially. Especially in a soldering process and in scheming PCB in the computer program EAGLE.

Klíčová slova

Spouštění asynchronního motoru, přepínač hvězda-trojúhelník, asynchronní motor, časové relé, automatický rozběh asynchronního motoru, elektrické stroje.

Keywords

Start of the asynchronous engine, switch star-to-triangle, asynchronous engine, timing relay, automatic start of the star-to-triangle engine, electric devices.

Bibliografická citace

KOVÁŘ, J. *Časové relé pro automatický rozběh asynchronního motoru Y/D*, Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 28 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jan Hejkrlík

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Časové relé pro automatický rozběh asynchronního motoru Y/D 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.

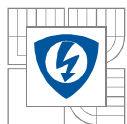
Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících 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

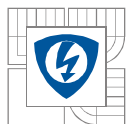
Poděkování

Při řešení problematiky automatického rozběhu asynchronního motoru Y/D jsem se setkával z problémy, které jsem nedokázal sám řešit, například řešení některých částí v ovládacím obvodu. Dále mě byla doporučena literatura a byli mě vysvětleny základní chyby, kterých bych se neměl dopustit, to vše jsem konzultoval s vedoucím semestrální práce. Tímto bych chtěl Ing. Janu Hejkrlíkovi poděkovat.



OBSAH

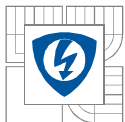
1 ÚVOD	9
2 ELEKTRICKÉ STROJE	10
2.1 SYNCHRONNÍ STROJE	10
2.2 STEJNOSMĚRNÉ STROJE	10
2.3 STŘÍDAVÉ KOMUTÁTOROVÉ STROJE	10
2.4 ASYNCHRONNÍ STROJE	11
2.4.1 PRINCIP FUNKCE ASYNCHRONNÍHO MOTORU	11
2.4.2 REGULACE OTÁČEK ASYNCHRONNÍHO MOTORU	12
2.4.3 BRŽDĚNÍ ASYNCHRONNÍHO MOTORU	12
2.5 TRANSFORMÁTORY	13
2.5.1 PRINCIP ČINNOSTI TRANSFORMÁTORU	13
2.5.2 URČENÍ ZTRÁT V TRANSFORMÁTORU	14
3 SPOUŠTĚNÍ ASYNCHRONNÍHO MOTORU	14
3.1 SPOUŠTĚNÍ ASYNCHRONNÍHO MOTORU S KOTVOU NAKRÁTKO	14
3.1.1 STATOROVÝ SPOUŠTĚČ	14
3.1.2 ROZBĚHOVÝ TRANSFORMÁTOR	15
3.1.3 PŘEPÍNAČ HVĚZDA – TROJÚHELNÍK (Y/D)	15
3.1.4 POLOVODIČOVÝ REGULÁTOR	15
3.1.5 SPECIÁLNÍ ÚPRAVA KLECE	15
3.2 SPOUŠTĚNÍ ASYNCHRONNÍHO MOTORU S KOTVOU KROUŽKOVOU	15
4 PŘEPÍNAČ HVĚZDA – TROJÚHELNÍK (Y – D)	16
4.1 MATEMATICKÉ ODVOZENÍ	16
4.1.1 FÁZOROVÝ DIAGRAM	17
5 SCHÉMA ZAPOJENÍ A PRINCIP FUNKCE	19
5.1 SCHÉMA ZAPOJENÍ SILNOPROUDÉ ČÁSTI	19
5.1.1 PRINCIP FUNKCE SILNOPROUDÉ ČÁSTI	19
5.2 SVORKOVNICE ASYNCHRONNÍHO MOTORU	20
5.3 SCHÉMA ZAPOJENÍ OVLÁDACÍHO OBVODU	20
5.3.1 PRINCIP FUNKCE OVLÁDACÍHO OBVODU	20
5.4 DESKA PLOŠNÉHO SPOJE	22



5.5 OSAZENÍ SOUČÁSTEK.....	23
5.6 SEZNAM SOUČÁSTEK.....	24
6 SIMULACE OVLÁDACÍHO OBVODU V ORCAD	25
7 ZÁVĚR.....	27
8 POUŽITÁ LITERATURA	28

SEZNAM OBRÁZKU

- Obrázek 1 Zapojení do hvězdy
- Obrázek 2 Fázorový diagram
- Obrázek 3 Zapojení do trojúhelníku
- Obrázek 4 Zapojení silnoprůdové části
- Obrázek 5 Normalizovaná svorkovnice asynchronního motoru
- Obrázek 6 Schéma zapojení ovládacího obvodu
- Obrázek 7 Deska plošného spoje
- Obrázek 8 Osazení součástek
- Obrázek 9 Osazení součástek na plošném spoji
- Obrázek 10 Simulování obvodu při zapnutí a poruše
- Obrázek 11 Detail přepnutí Y/D a poruchy
- Obrázek 12 Schéma v OrCadu pro simulaci

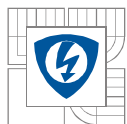


1 ÚVOD

Při výběru semestrální práce jsem se zaměřoval především na zadání, kde je součástí i konstrukce. Proto jsem si zvolil návrh časovacího relé pro automatický rozběh asynchronního motoru Y/D. Řešení tohoto problému není nijak obtížné avšak vyžaduje praxi v oblasti pájení a znalost v oblasti návrhu plošného spoje. Pro návrh plošného spoje použiji program Eagle.

Na začátku teoretického řešení bych chtěl popsat rozdělení elektrických strojů a stručný popis k jednotlivým strojům. Dále se chci zmínit o způsobech rozbíhání asynchronních motorů.

Poté přistoupím k vlastnímu řešení obvodu jak silové části tak slaboproudé části, kde popíši základní funkci spouštěcího a silového obvodu a neopomenu taky odvození a výpočet základních veličin a parametrů pro rozběh Y/D. Pro simulování správné funkce ovládacího obvodu použiji program OrCad.



2 ELEKTRICKÉ STROJE

Elektrické stroje můžeme rozdělit na:

- synchronní stroje
- stejnoseměrné stroje
- střídavé komutátorové stroje
- asynchronní stroje
- transformátory

2.1 SYNCHRONNÍ STROJE

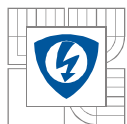
Synchronní stroje se především používají pro výrobu elektrické energie, otáčky magnetického pole statoru a otáčky rotoru jsou stejné – odtud tedy název synchronní stroje. V dnešní době mají nezbytné použití v automobilech, kde synchronní stroj každý zná pod názvem alternátor, dále se používají v letadlech, v záložních generátorech. Rotor může být s vyniklými póly nebo hladkým rotorem. Synchronní stroj jako motor se moc nepoužívá, sám se po připojení napájecího napětí nerozběhne, spíše se používá po úpravě konstrukce jako krokový motor. Synchronní stroje se vyrábí jak jednofázové tak trojfázové.

2.2 STEJNOSMĚRNÉ STROJE

Stejnoseměrné stroje patří mezi historicky nejstarší. Dají se použít jako generátory nebo jako motory. Spíše se používají jako motory, konstrukčně jsou menší než asynchronní motory a mají velký záběrný moment. Jejich nevýhoda je údržba komutátoru, sběrných kartáčů a taky se projevují rušivými účinky. V dnešní době mají široké využití, především automobilovém průmyslu, dnes každé moderní auto používá desítky stejnosměrných motorů.

2.3 STŘÍDAVÉ KOMUTÁTOROVÉ STROJE

Snaha připojit elektrický stroj ke střídavé síti, aby měl výhodné vlastnosti stejnosměrného stroje. Konstrukčně jsou stejné jako stejnosměrné stroje s rozdílem, že celý elektromagnetický obvod je složen z plechů. Vyrábějí se jak jednofázové tak trojfázové. Tyto motory se dnes téměř nepoužívají, jsou nahrazeny asynchronními motory.



2.4 ASYNCHRONNÍ STROJE

Asynchronní motor spadá do problematiky mé práce, proto si jej popíšeme důkladněji.

Asynchronní stroj může být využit jako motor - točivý, lineární a jako generátor. Nejčastěji se však využívá jako točivý motor, protože má jednoduchou konstrukci, může se připojit k běžné napájecí síti, má vysokou spolehlivost – osvědčuje se hlavně při práci v zaprášeném prostředí. Může být připojen na trojfázovou nebo jednofázovou napájecí síť, častěji se však používá trojfázové připojení.

Asynchronní motor se skládá ze dvou hlavních částí:

Stator – jedná se o nepohyblivou část motoru a je složen z nosné kostry motoru a ze statorového vinutí, svazku statorových plechů.

Rotor - Jedná se o pohyblivou část motoru. Na hřídeli rotoru jsou nalisované plechy s drážkami do kterých jsou vloženy tyče (nejčastěji měď). Tyče jsou na koncích spojeny vodivými kroužky čili zkratovány (**kotva nakrátko**), tomuto rotoru se taky říká **klecový** (kroužky s tyčema připomínají klec).

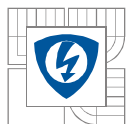
Kromě tyčí může být na rotoru taky vynutí, které lze vyvést na kroužky. Nejčastěji bývá vinutí kotvy spojeno do hvězdy. Na kroužky doléhají tzv. sběrné kartáče přes které můžeme zapojit odpor, využívá se to při rozběhu. Tento rotor se nazývá s **kotvou kroužkovou**.

2.4.1 Princip funkce asynchronního motoru

Připojením střídavého napájecího napětí na vinutí statoru vzniká točivé magnetické pole, které indukuje v rotoru napětí, protékající proud rotorem vytváří magnetické pole, které je na jedné straně vodiče sečteno (siločáry mají stejný směr) a na druhé straně odečteno (opačný směr), tím vzniká síla, která nám dá rotor do pohybu.

Rotor se neotáčí nikdy stejně jako otáčky točivého pole statoru. Rozdíl otáčení se nazývá **skluz** a je dán vztahem:

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} \times 100 \text{ (%)}$$



Otáčky točivého pole jsou dány frekvencí napájecího napětí a počtem pólů:

$$n_s = \frac{f}{p} \quad (1/s)$$

2.4.2 Regulace otáček asynchronního motoru

Otáčky rotoru jsou dány vztahem:

$$n = n_1(1 - s) = \frac{f_1}{p}(1 - s)$$

Jak je patrné ze vztahu, otáčky můžeme regulovat změnou skluzu, změnou kmitočtu a změnou počtem pólů.

Regulace změnou skluzu: používá se jen pro motor s kotvou kroužkovou a to pomocí:

-*regulačního odporu:* zařadíme do obvodu odpor, tím se však zmenší výkon, který se přemění na odporu v teplo, tohle řešení není moc ekonomické.

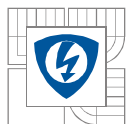
Regulace změnou kmitočtu: používá se u motorů s kotvou nakrátko, frekvenčním měničem můžeme řídit napětí statoru a tím i vytvářené magnetické pole statoru.

Regulace změnou počtu pólů: otáčky nelze regulovat plynule, jedná se o tzv. skokové regulování.

2.4.3 Brždění asynchronního motoru

Při odpojení motoru od sítě má motor velkou setrvačnost, která je dána jak rotorem tak i mechanismem, který motor pohání. Doběh motoru můžeme brzdít mechanicky nebo elektronicky.

Brždění protiproudem: nastává při změně směru otáčení magnetického pole statoru. Provádí se to tak, že odpojíme motor od sítě a přepínačem zaměníme mezi sebou dvě fáze. Jakmile se motor zastaví musíme přepínač vypnout, aby se nám motor nezačal točit na opačnou stranu. Tenhle způsob brždění je neekonomický, veškerá kinetická energie, kterou motor měl se mění v teplo.



Brždění generátorické: nastává, když motor pracuje jako generátor, čili $n > n_1$. Nelze použít pro zastavení motoru, kdy n by bylo 0.

Brždění dynamické: po odpojení motoru od sítě přivedeme na statorové vinutí stejnosměrné napětí, takže vznikne nepohyblivé magnetické pole. Roztočený rotor si sám vytváří brzdny moment. Brzdny moment lze regulovat velikostí stejnosměrného proudu.

2.5 TRANSFORMÁTORY

Transformátor je taktéž součástí mé práce, proto se na něj pojďme podívat trochu blíže.

Rozdělení transformátorů: jednofázový

trojfázový

vícefázový

plášťový

jádrový

toroidní

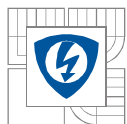
dále je dělíme na : dvojvinutový

trojvinutový

vícevinutový

2.5.1 Princip činnosti transformátoru

Transformátor se obvykle skládá ze dvou cívek navinutých na společném jádře. Cívka na kterou se přivádí napětí se nazývá primární a cívka a druhá cívka, která je zdrojem elektrické energie se nazývá sekundární. Přivedeme-li na primární cívku střídavé napětí tak vyvolá kolem sebe magnetické pole, které vytvoří indukční tok Φ . Indukční tok se uzavírá především v jádře a působí svými účinky na sekundární cívku ve které se indukuje střídavé napětí. Tento způsob se nazývá elektromagnetická indukce.



2.5.2 Určení ztrát v transformátoru

Ztráty v mědi (ve vinutí)

Na vstup přivedeme napájecí napětí, výstupní svorky jsou zkratovány. Na výstupních svorkách tedy můžeme naměřit proud, který bude odpovídat po přepočtu proudu jmenovitému na vstupu. Na výstupních svorkách není odebírán žádný výkon. Na vstupních svorkách odečítáme výkon odebíraný ze zdroje, který nám stačí na pokrytí ztrát v obou vinutích transformátoru.

Ztráty naprázdno (v železe)

Na vstup přivedeme napájecí napětí, výstupní svorky jsou rozpojeny. Ztráty naprázdno (výkon odebíraný z napájecího zdroje) se využijí na magnetizaci jádra – vytvoření magnetického toku a na pokrytí ztrát v magnetickém obvodu – vířivé proudy.

Závěrem:

Transformátor je elektrický netočivý stroj, který dokáže pracovat jen se střídavým proudem, potřebujeme-li stejnosměrný proud, pak musíme použít usměrňovač. Malé transformátory jsou chlazeny přirozeně vzduchem, větší transformátory se musí chladit např. olejem, voda se moc nepoužívá.

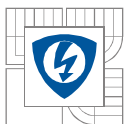
Poměr počtu závitů primární a sekundární cívky udává poměr vstupního napětí k výstupnímu.

3 SPOUŠTĚNÍ ASYNCHRONNÍHO MOTORU

3.1 SPOUŠTĚNÍ ASYNCHRONNÍHO MOTORU S KOTVOU NAKRÁTKO

3.1.1 Statorový spouštěč

Do série se statorovým vinutím se zapojují odpory nebo tlumivky. Odpory se používají u motorů s menším výkonem a tlumivky u motoru s větším výkonem. Tento způsob spouštění je vhodný pro motor, který je při rozběhu málo zatížen.



3.1.2 Rozběhový transformátor

Do série se statorovým vinutím se zapojuje regulační transformátor, který sníží napětí, regulací se transformátor vyřadí a tím je motor připojen napřímo. Je to tedy podobné jako statorový spouštěč, používá se ale u motoru s větším výkonem.

3.1.3 Přepínač hvězda – trojúhelník (Y/D)

Při rozběhu motoru se statorové cívky spojí do hvězdy, tzn. na každé cívce je napětí $\sqrt{3}$ krát menší, ze sítě do motoru teče 3x menší proud a tedy i celkový výkon je 3x menší. Tento způsob se používá, kdy je motor při rozběhu málo zatížen.

3.1.4 Polovodičový regulátor

Jedná se o moderní způsob rozbíhání. Pomocí tyristorových regulátorů se plynule reguluje napětí, rozběh je velmi plynulý a lze tak šetřit i elektrickou energii.

3.1.5 Speciální úprava klece

-odporová klec jedná se o klec s větším měrným odporem, což způsobí zvýšení záběrného momentu.

-kotvy s dvojitou klecí

rotor se skládá ze dvou klecí, horní klec se nazývá rozběhová a spodní klec se nazývá běhová.

3.2 SPOUŠTĚNÍ ASYNCHRONNÍHO MOTORU S KOTVOU KROUŽKOVOU

Vinutí rotoru bývá většinou spojené do hvězdy a konce cívek jsou přivedeny na sběrací kroužky ke, kterým přiléhají sběrací kartáče, ke kterým je připojen rotorový spouštěč, sestavený ze tří odporů, které se postupně vyřazují až jsou úplně vyřazeny a rotor je spojen nakrátko. Tento motor se používá tam, kde je při rozběhu zatížen.

4 PŘEPÍNAČ HVĚZDA – TROJÚHELNÍK (Y – D)

Spouštění přepínačem hvězda - trojúhelník se využívá u asynchronních motorů s kotvou nakrátko a motor by neměl být zatížen, jak si vysvětlíme níže, záběrný proud a moment je 3x menší. Dříve se používal ruční přepínač, dnes se většinou používá časové relé pro automatický rozběh.

4.1 MATEMATICKÉ ODVOZENÍ

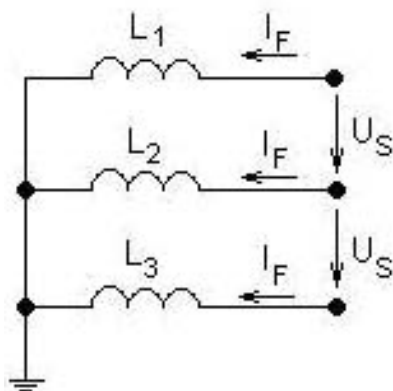
Pro jednofázový obvod platí:

$$P = U_f \cdot I_f \cdot \cos \varphi$$

Pro trojfázový obvod platí:

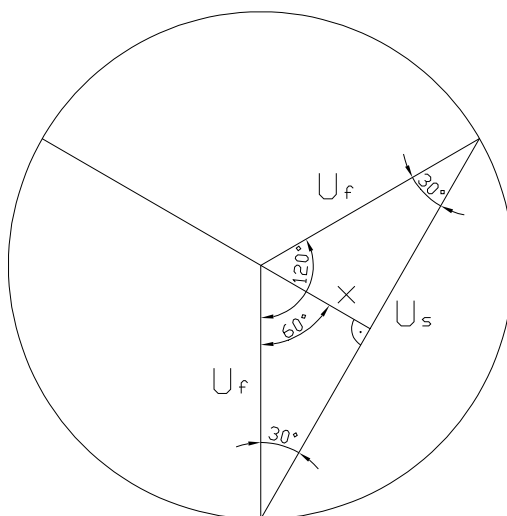
$$P = \sqrt{3} \cdot U_f \cdot \sqrt{3} \cdot I_f \cdot \cos \varphi$$

Pro zapojení do hvězdy platí:



Obrázek 1 Zapojení do hvězdy

4.1.1 Fázorový diagram



Obrázek 2 Fázorový diagram

vztah mezi fázovým a sdruženým napětím

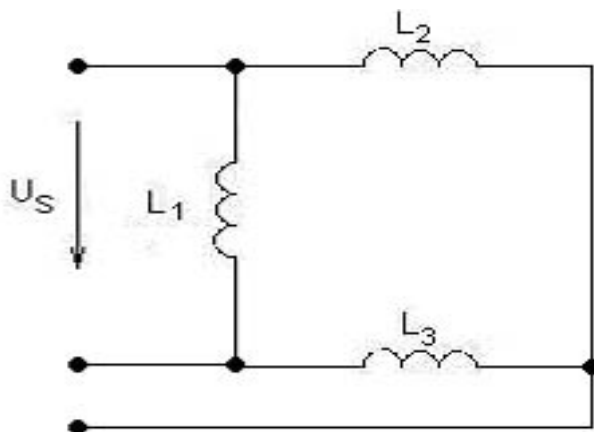
$$\sin 30 = \frac{x}{U_f} \Rightarrow x = \sin 30 \cdot U_f$$

$$\tan 60 = \frac{\frac{U_s}{2}}{x} = \frac{\frac{U_s}{2}}{\sin 30 \cdot U_f} = \frac{U_s}{U_f} \Rightarrow \sqrt{3} \cdot U_f = U_s$$

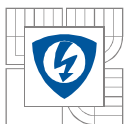
impedance hvězdy $Z_\lambda = Z + Z = 2 \cdot Z$

$$\text{proud hvězdy } I_\lambda = \frac{U_s}{Z_\lambda} = \frac{\sqrt{3} U_f}{2 \cdot Z}$$

Pro zapojení do trojúhelníku platí:



Obrázek 3 Zapojení do trojúhelníku



$$Z_D = \frac{Z \cdot (Z + Z)}{Z + Z + Z} = \frac{2 \cdot Z}{3}$$

$$I_D = \frac{U_S}{Z_D} = \frac{\sqrt{3} U_f}{\frac{2 \cdot Z}{3}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 3 \cdot U_f}{2 \cdot Z}$$

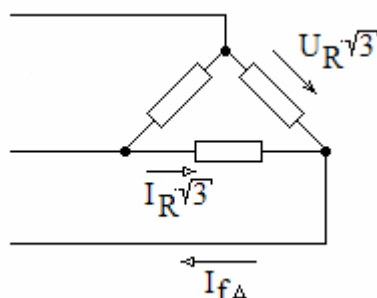
poměr proudů hvězda - trojúhelník

$$\frac{I_\lambda}{I_D} = \frac{\frac{\sqrt{3} \cdot U_f}{2 \cdot Z}}{\frac{\sqrt{3} \cdot 3 \cdot U_f}{2 \cdot Z}} = \frac{1}{3}$$

Tedy proud při zapojení vinutí do hvězdy je 3x menší než při zapojení do trojúhelníku..

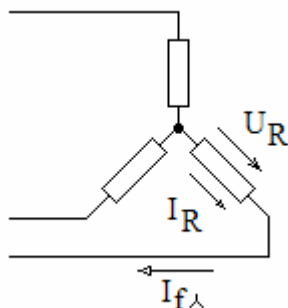
poměr výkonů hvězda – trojúhelník

trojúhelník



$$P_\Delta = 3 \cdot P_1 = 3 \cdot U_R \cdot I_R = 3 \cdot U_R \sqrt{3} \cdot I_R \cdot \sqrt{3} = 3 \cdot 3 \cdot U_R \cdot I_R$$

hvězda

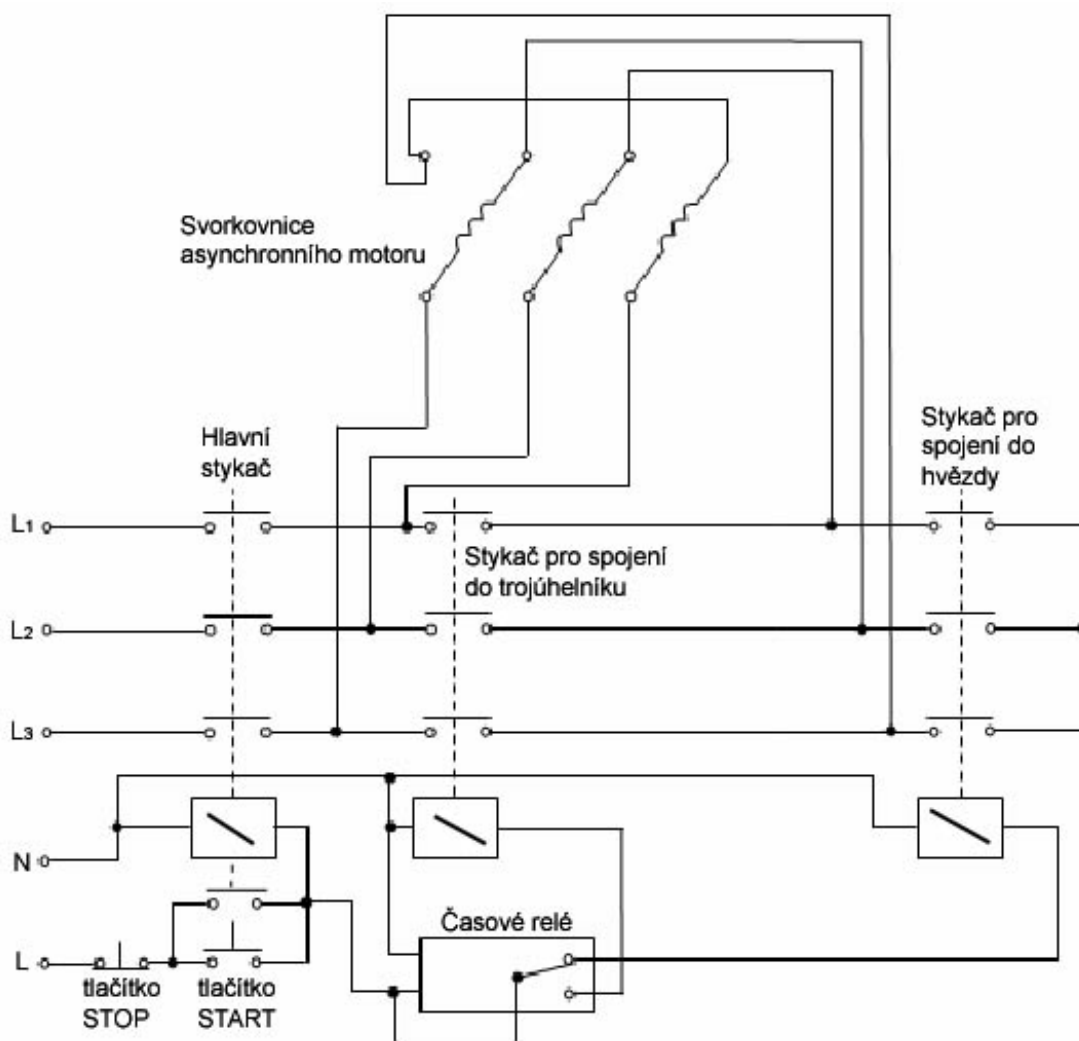


$$P_\lambda = 3 \cdot P_1 = 3 \cdot U_R \cdot I_R$$

$$P_\Delta = 3 \cdot P_\lambda$$

5 SCHÉMA ZAPOJENÍ A PRINCIP FUNKCE

5.1 SCHÉMA ZAPOJENÍ SILNOPROUDÉ ČÁSTI



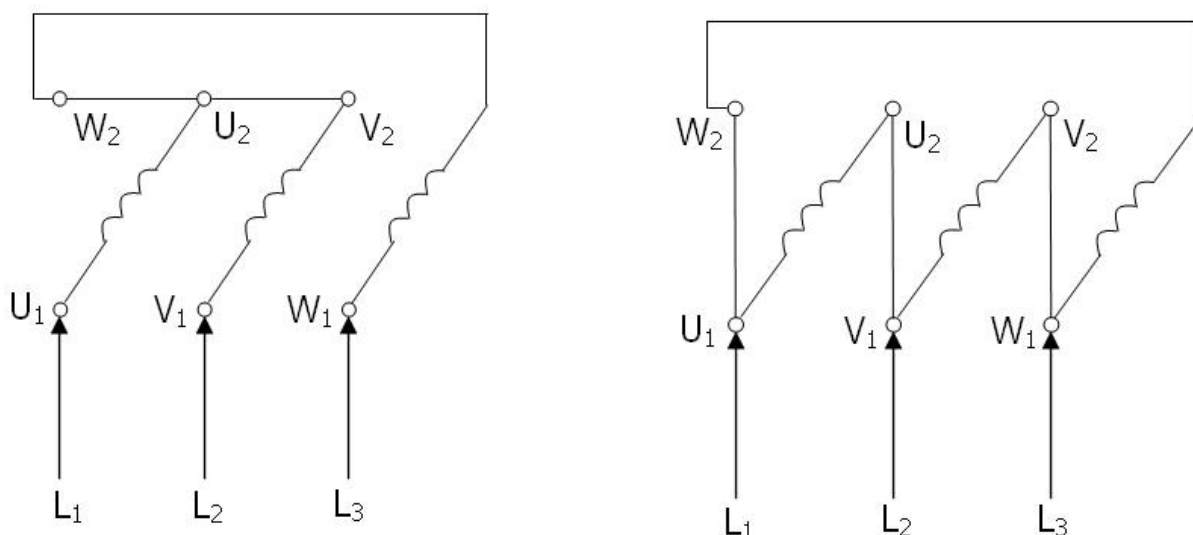
Obrázek 4 Zapojení silnoproudé části

5.1.1 Princip funkce silnoproudé části

Tlačítkem START (obr. 4) se přitáhne hlavní stykač, který zůstává v sepnutém stavu, dále se sepe stykač pro spojení do hvězdy. Po krátké době přepíná časové relé, které připojí stykač pro spojení do trojúhelníku a při přepínání je odpojen stykač hvězdy. Celý obvod rozpojíme tlačítkem STOP.

5.2 SVORKOVNICE ASYNCHRONNÍHO MOTORU

Trojfázové asynchronní motory mají mezinárodně normalizovanou svorkovnici. Pro zapojení do hvězdy nebo do trojúhelníku se používají propojovací svorky, které při přepínání Y/D jsou odstraněny.



Obrázek 5 Normalizovaná svorkovnice asynchronního motoru

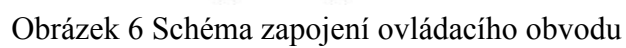
5.3 SCHÉMA ZAPOJENÍ OVLÁDACÍHO OBVODU

5.3.1 Princip funkce ovládacího obvodu

Připojíme napájecí napětí 230V na vstupní svorky (obr.6) transformátoru, na sekundární straně se nám objeví 9V střídavého napětí. Střídavé napětí je přivedeno na usměrňovací můstek, kde je usměrněno a přivedeno na vyhlazovací kondenzátor C4. Velikost napětí po usměrnění je 12,7V, které je přivedeno na stabilizátor IC2 na jehož výstupu je napětí stabilizováno na 12V a je přivedeno na vstup (8) časovače 555. Na výstupu (3) časovače je logická 1 tzn. že tranzistor T1 je otevřen, který nám uzemní optotriak OK3 a tím pádem je sepnut triak T2, který nám přivede napájecí napětí na stykač pro spojení do hvězdy. Sepnutí do hvězdy nám signalizuje červená kontrolka.

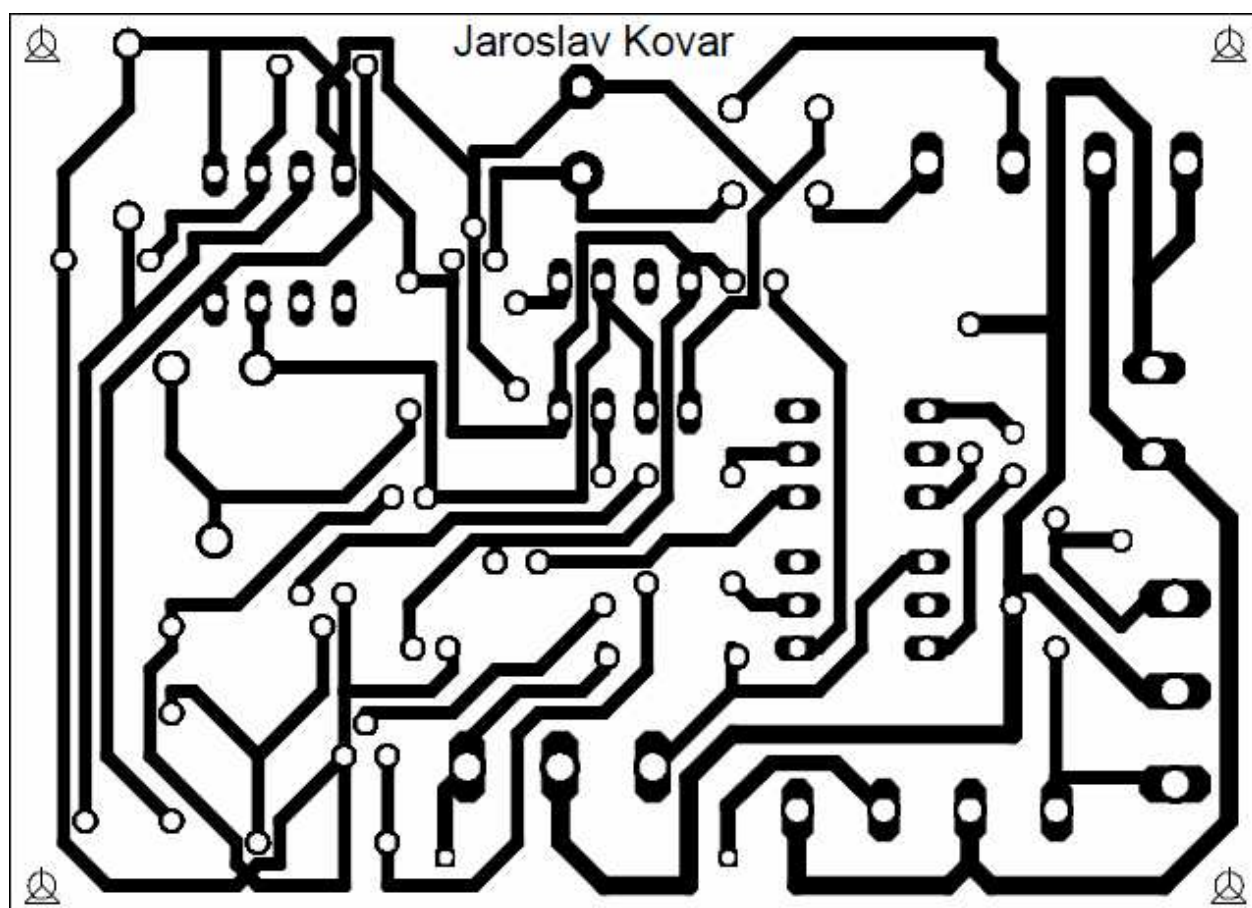
Jakmile se na vstupu (6) časovače přesáhne prahu $\frac{2}{3}$ napájecího napětí tak se nám obvod překlápí a na výstupu (3) se objeví logická 0, tzn. tranzistor T1 se zavře, stykač pro spojení do hvězdy je odpojen a po době cca 10ms se přes triak T3 spíná stykač pro zapojení motoru do trojúhelníku. Dobu sepnutí mezi hvězdou a trojúhelníkem nám určuje odpor R12 a kondenzátor C5. Pauzu mezi přepnutím Y/D mám tedy definovanou jako elektronické blokování. Pro připojení stykačů nám slouží svorky K3-1 až K3-4 .

Doba nabíjení kondenzátoru C1, tedy doba po jakou je na výstupu (3) logická 1 je dána vtahem $T = 1,1 \cdot (R_3 + R_2) \cdot C_1$



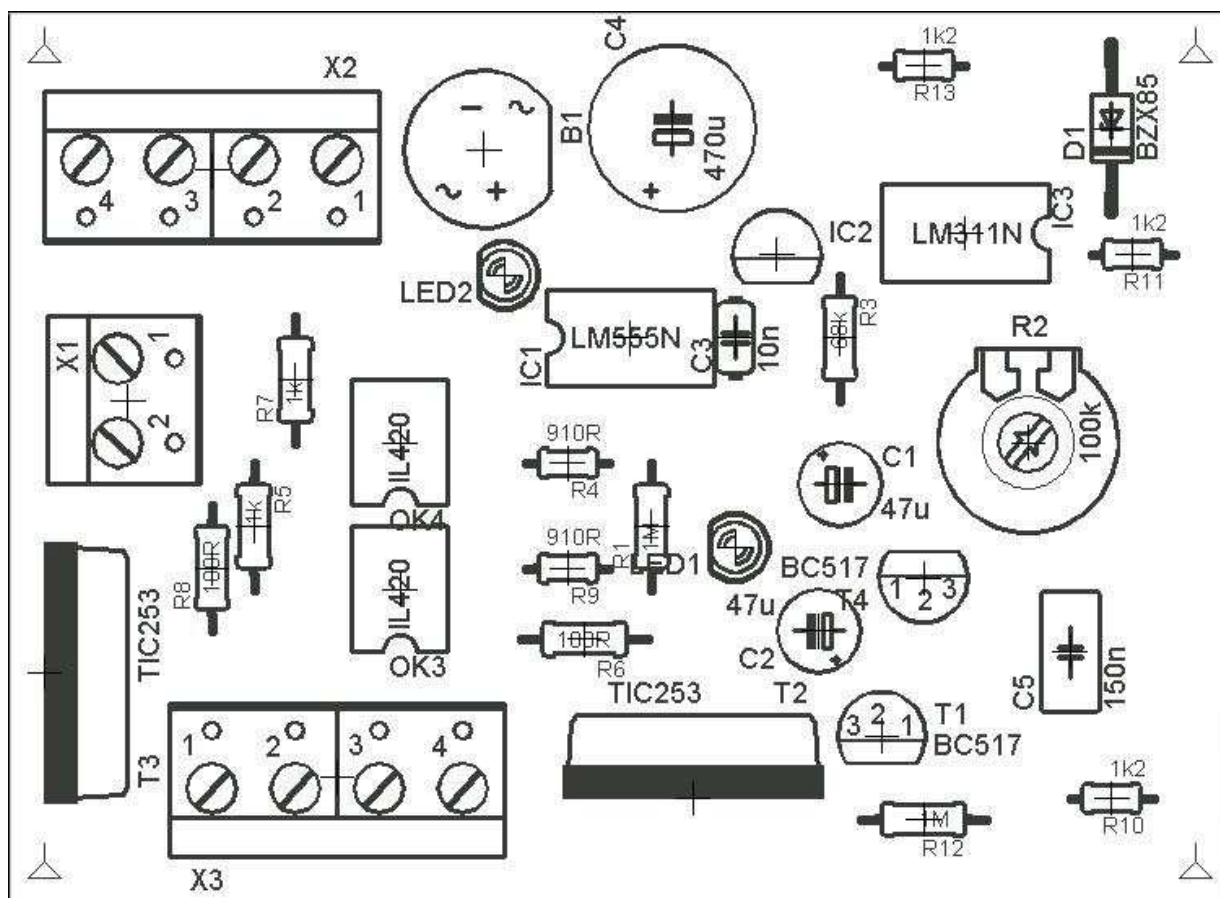
Trimr R2 slouží k nastavení časové konstanty. Po odpojení hvězdy (zablokování T1) proud teče přes R12 a nabíjí kondenzátor C5, tím je daná doba přepnutí mezi hvězdou a trojúhelníkem. Jestli je sepnutá hvězda nebo trojúhelník nám indikuje LED1 a LED2. Do obvodu byl přidán integrovaný obvod LM311N, který je zapojen jako komparátor a vybíjí nám kondenzátor C1 při každém zapnutí a vypnutí obvodu, tím zabráníme sepnutí relé pro hvězdu a trojúhelník najednou. Porovnávanou hodnotu napětí přivádíme na komparátor pomocí napěťového děliče R13, R11. Při zapnutí obvodu, napětí na filtračním kondenzátoru C2 roste, na výstupu komparátoru je log. 0 a kondenzátor C1 je zkratován na zem, po překročení průrazného napětí 6,2V na Zenerové diodě se komparátor překlápí na log. 1 a C1 je nabíjen.

5.4 DESKA PLOŠNÉHO SPOJE



Obrázek 7 Deska plošného spoje

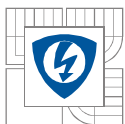
5.5 OSAZENÍ SOUČÁSTEK



Obrázek 8 Osazení součástek



Obrázek 9 Osazení součástek na plošném spoji



5.6 SEZNAM SOUČÁSTEK

Ovládací obvod

Transformátor	ZTR 20/6 1x9v	1ks
Usměrňovací můstek	B250C1500	1ks
Kondenzátor	ELRA 470uF/16V	1ks
Kondenzátor	ELRA 47uF/25V	2ks
Kondenzátor	keramický 10nF	1ks
Kondenzátor	keramický 150nF	1ks
Stabilizátor	78L12	1ks
Optotriak	MOC 3022	2ks
Triak	TIC206M	2ks
Rezistor	RO207 1k Ω	2ks
Rezistor	RO207 100 Ω	2ks
Rezistor	RO207 910 Ω	2ks
Rezistor	RO207 1k2 Ω	3ks
Rezistor	RO207 68k Ω	1ks
Rezistor	RO207 1M Ω	3ks
Tranzistor	BC517	2ks
Časovač	NE555	1ks
IO	LM311N	1ks
Trimr	PT10VK100	1ks
LED 3mm		2ks
Patice	6pin	2ks
Patice	8pin	2ks
Svorkovnice	ARK500/2EX	5ks

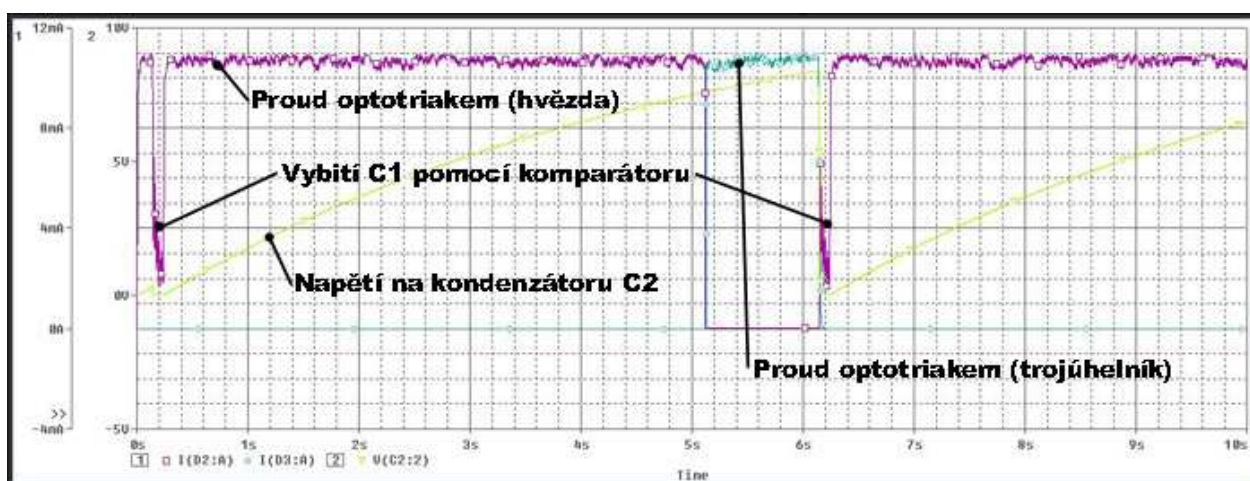
Silnoproudá část

Hlavní stykač	4-pólový, 220V ovládání	1ks
Stykač	3-pólový, 220V ovládání	2ks
Tlačítka	spínací-rozpínací tl.	2ks
Krabice	U-KPDIN4	1ks

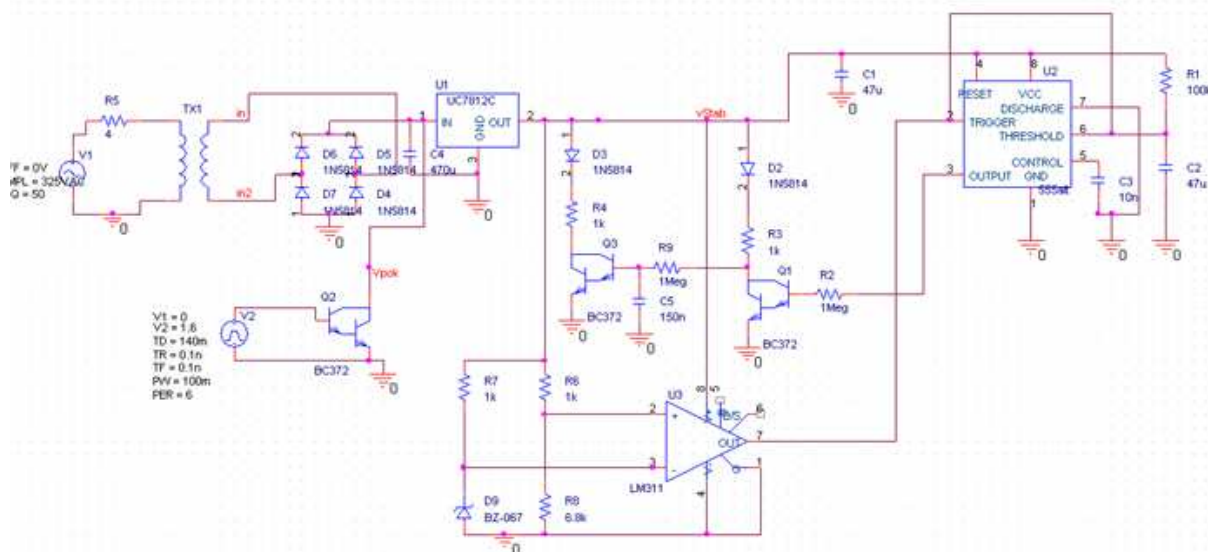
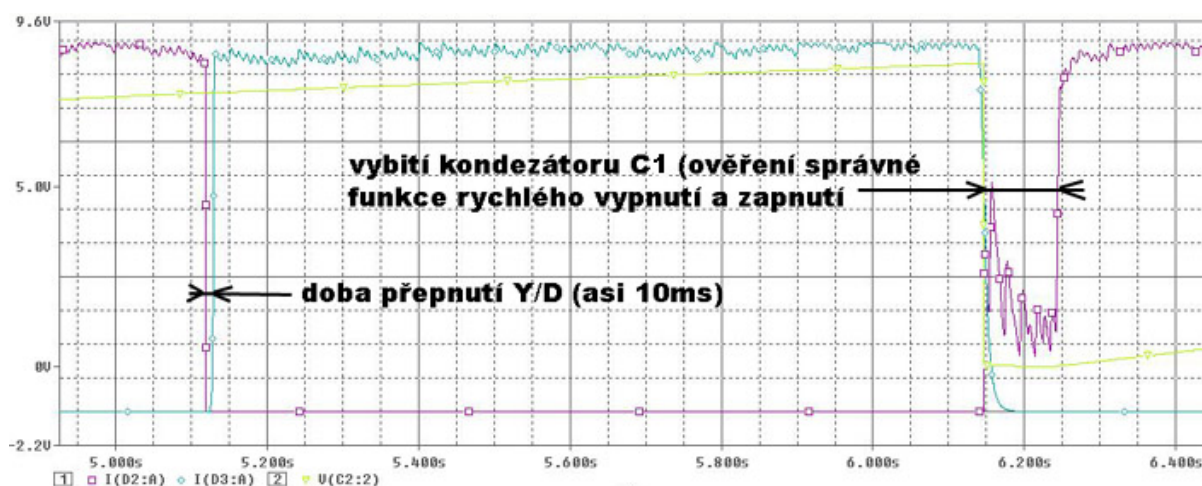
6 SIMULACE OVLÁDACÍHO OBVODU V OrCAD

Pro zjištění správné funkčnosti ovládacího obvodu jsem obvod překreslil do OrCADU a tak nasimuloval spínání optotriaků. Na obr. 10 vidíme napětí na filtračním kondenzátoru C2. Na obrázku jde vidět vybití kondenzátoru C1 při zapnutí obvodu, poté protéká proud optotriakem pro zapojení do hvězdy. Dobu proudu pro hvězdu nastavujeme trimrem, po uplynutí této doby nastává mezera cca 10ms než tranzistor T4 spojí obvod pro trojúhelník

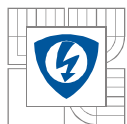
Na obrázku 10 je dále nasimulovaná porucha, kdy se obvod vypne a okamžitě zapne, kondenzátor C1 je okamžitě přes komparátor vybit a tak nemůže dojít k připojení obou relé najednou. Na obrázku 11 vidíme detail, kdy nastává časová mezera 10 ms a detail vypnutí a okamžitého zapnutí.



Obrázek 10 Simulování obvodu při zapnutí a poruše



Na obr. 12 je vidět překreslené schéma do OrCADU. Je zde přidán pulzní zdroj pro simulování poruch, zdroj zkratovává napájecí napětí, kterým simulujeme vypnutí obvodu a okamžité zapnutí.



7 ZÁVĚR

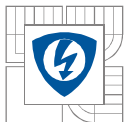
V úvodu mé práce jsem se zaměřil především na teoretickém popisu elektrických strojů z nichž jsem se podrobněji věnoval asynchronnímu motoru a transformátoru, protože tyto dva stroje spadají do problematiky mé práce.

Spouštění asynchronního motoru přepínačem Y/D se dříve provádělo manuálním přepínačem, to však mělo určité nevýhody, jednak přepínače byli dosti poruchové a taky se nedala odhadnout doba, kdy má být přepnuto na trojúhelník. Když jsme přepnuli dříve než motor dosáhl jmenovitých otáček, tak následkem byl vyhozený jistič nebo přepálené pojistky, jak znám z vlastní zkušenosti.

Ruční přepínače se později nahrazovali automatickým rozběhem Y/D pomocí časového relé, čím jsme se vyvarovali nevýhod u ručního přepínače. Podstatnou částí takového přepínače je ovládací obvod. V ovládacím obvodu je třeba vyřešit časovou prodlevu, kdy se nám obvod překlopí. Já jsem tuto problematiku vyřešil časovačem 555, který se vyrábí snad už přes 30 let a stále v dnešní době nalézá mnoho uplatnění. Požívá se především v klopných obvodech. Vyhledal jsem si vnitřní zapojení časovače a začal jsem s návrhem ovládacího obvodu, který má při zapnutí na výstupu logické H než se nabije kondenzátor přes rezistor, poté se totiž překlopí a na výstupu časovače se objeví logické L, které tam je po celou dobu než se obvod odpojí od napájecího napětí. Mezi hvězdou a trojúhelníkem mám definovanou pauzu jako elektronické blokování.

Navržený obvod jsem překreslil do programu EAGLE, zde byl asi největší problém vyhledat součástky v knihovně tak, aby se rozměry a vlastnosti nelišily od součástek v katalogu podle kterého jsem chtěl součástky nakoupit. Jakmile byl obvod navržen, tak jsem se pustil do vytváření desky plošného spoje, kde bylo potřebné správné rozložení součástek, aby nenastalo zbytečné propojování drátovými propojkami. Po dlouhém přemísťování součástek jsem dospěl k závěru, že dvě drátové propojky budu muset vytvořit. Dále je třeba součástky umístit tak ať deska plošného spoje má co nejmenší rozměry, jak z důvodu ekonomických tak z důvodu co nejkratších cest mezi jednotlivými součástkami. V tomto obvodu se však nepracuje s frekvencí větší než 50Hz, takže přebytečně dlouhé cesty by nevadily. Pak zbývají jen vytvořit otvory pro uchycení plošného spoje.

Před vytvářením desky plošného spoje jsem si ještě nasimuloval obvod v OrCADU a zjistil jsem, že obvod s navrženými součástkami funguje správně. Pak už jen zbývá navrhnout stykače, aby odpovídaly výkonu motoru.



8 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Koláčný J. : *Elektrické pohony*. VUT v Brně
- [2] Ondrůšek Č., Skalka M.: *Elektrické stroje 2*. VUT v Brně
- [3] Wikipedie Otevřená encyklopedie [online]. Dostupné z
< http://cs.wikipedia.org/wiki/Hlavní_strana >
- [4] Nehudek A.: [online]. Dostupné z < <http://nehudek.wz.cz/index/index.php> >
- [5] Krčmář Z: *katalog EZK*: Dostupné z < <http://www.ezk.cz/katalogy.htm> >