
TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

Studijní program: B2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 2612R011 – Elektronické informační a řídicí systémy

Inteligentní řízený zdroj napětí
Intelligent Controlled Voltage Source

Bakalářská práce

Autor: **Jan Šec**
Vedoucí práce: Ing. Petr Školník, Ph.D.

V Liberci 18. 5. 2011

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií
Ústav řízení systémů a spolehlivosti
Zadání bakalářské práce

Příjmení a jméno studenta, (osobní číslo - nepovinné)	Jan Šec
Datum zadání práce	8. 9. 2010
Plánované datum odevzdání	20. 5. 2011
Rozsah grafických prací	Dle potřeby dokumentace
Rozsah průvodní zprávy	cca 40 stran
Název práce (česky)	Inteligentní řízený zdroj napětí
Název práce (anglicky)	Intelligent Controlled Voltage Source
Zásady pro vypracování BP/DP	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Diskutujte možnosti realizace napěťového zdroje o výkonu do cca 1 kW, který je ovládán napěťovým signálem $0 \div 10$ V. 2. Realizujte řešení vhodné pro ovládání výkonu topné spirály. 3. Ověřte funkčnost v reálném nasazení a proměřte vlastnosti zdroje. 4. Zajistěte možnost omezení výkonu zdroje v závislosti na vnějším poruchovém signálu. 5. Pokuste se u zdroje zajistit i volitelnou funkci spojitého termostatu. 	
Seznam odborné literatury	
<p>[1] <i>Elektro bastlárna</i> [online]. 2010 [cit. 2010-09-21]. Dostupné z WWW: <http://www.elektroworld.info>.</p> <p>[2] HLAVA, J. <i>Prostředky automatického řízení II</i>. Praha : ČVUT, 2000. 162 s. Dostupné z WWW: <http://www.fm.tul.cz/~jaroslav.hlava/par/Skripta_PAR.pdf>.</p> <p>[3] AUTOMA. <i>Časopis pro automatizační techniku</i> [online]. 2010 [cit. 2010-09-21]. Dostupné z WWW: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=36107>.</p> <p>[4] VOBECKÝ, J.; ZÁHLAVA, V. <i>Elektronika – součástky a obvody, principy a příklady</i>. Praha : Grada Publishing, 2000. 205 s.</p>	
Vedoucí BP/DP	Ing. Petr Školník, Ph.D.
Konzultant BP/DP (u externích pracovníků uveďte plný název pracoviště – firmy)	

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum 18. Května 201111

Podpis

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl v první řadě poděkovat svému vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Petru Školníkovi, Ph.D. za ochotu, trpělivost a cenné rady při psaní této práce. Také bych chtěl velice poděkovat mé rodině. Především pak svému otci. Ten mi pomohl se správným nasměrováním. Díky jeho zkušenostem v elektrotechnickém oboru.

Anotace

V rámci této bakalářské práce byl řešen problém inteligentní regulace teploty ohřevu vody. Byl navržen a zkonstruován přístroj na principu elektronické regulace výkonu řízený procesorem. Funkční testy prokázaly, že přístroj je schopen provozu a je plně funkční. Hlavním problémem bylo vhodné navržení regulátoru samotného. V další řadě pak vhodně ošetřit jednotlivé ochrany zařízení, které zabraňují nebo předcházejí možným škodám, případným ohrožením či nežádoucím poraněním obsluhující osoby. Tím tak předcházet těmto možným nebezpečným situacím, kterou řeší základní ochrana v podobě vhodně zvoleného ochranného krytu, základní izolace vodičů nebo složitější ochrany v podobě elektronických obvodů a součástí.

Celý princip zařízení spočívá v tom, že regulátor napájíme řídicím napětím v rozsahu 0 V až 10 V a tím dostáváme na výstupu regulátoru napětí v rozmezí 0 V až 230 V. Tímto výstupním napětím je pak napájeno topné tělese, které je v měrné nádobě s vodou. S rostoucím výstupním napětím se zvyšuje teplota připojeného topného tělesa. To ohřívá vodu v měrné nádobě. Tuto regulaci zde realizuje programovatelný integrovaný obvod PIC 16F676. Toto je základní funkce regulátoru. Další elektronické bloky, které jsou k tomuto regulátoru připojeny, zajišťují ochrannou funkci a kontrolu nad tímto regulátorem. Jedná se o bloky hlídání hladiny vody, hlídání maximální teploty vody, signalizace stavů a napájení těchto bloků.

Klíčová slova: Inteligentní regulace, řídicí napětí, topné těleso, PIC 16F676, ochranná funkce, regulátor.

Anotation

Within the scope of Bachelor work a problem of intelligent regulation of water temperature was solved. A device using the principle of power electronic regulation (controlled by means of microprocessor) was designed. Functional tests have proved that the device is working correctly. The main problem was the design of the regulator itself. Then it was necessary to design appropriate protection parts what prevent the device from damages or the personnel from wound. The basic protection parts are suitable case, wires insulation and more difficult electronic circuits.

The principle of the regulator is the control voltage 0 V – 10 V on the input driving the output voltage 0 V – 230 V. This output voltage is connected to the heating element what is placed in the bin with the water. The higher the output voltage is the higher the temperature of the heating element (water in the bin) is. Programmable microcontroller PIC 16F676 handles the regulation. Other electronic blocks handle "protective" functions and regulator control (e.g. max. temperature control, water level control, state signalization and power supply of these blocks).

Keywords: Intelligent regulation, control voltage, heating element, PIC 16F676, "protective" functions, regulátor.

Obsah

Zdání bakalářské práce	2
Prohlášení.....	3
Poděkování	4
Anotace	5
1. Úvod.....	7
2. Volba řešení zdroje.....	8
3. Realizace přístroje	9
3.1 Regulační část	10
3.2 Ochranná a signalizační část.....	13
3.2.1 Světelná signalizace.....	21
4. Návrh desky plošných spojů	24
5. Testování v praxi a popis problémů.....	29
6. Postup při práci se zařízením	34
7. Normy a bezpečnostní opatření.....	35
8. Závěr	40
Seznam doporučené a citované literatury	41
Seznam obrázků.....	42
Seznam tabulek a graf.....	43

1. Úvod

Jedním z hlavních účelů, díky kterým tato práce vznikla, byla renovace úlohy, která slouží jako úloha školní. Kdy za pomoci počítačové karty nebo plynule regulovatelného zdroje napětí přivádíme toto vstupní řídicí napětí na vstup regulátoru. Tímto napětím bude možno řídit výstupní napětí, ke kterému je připojeno topné těleso. Malými hodnotami napětí tak řídit velké hodnoty napětí, které přeměníme na teplo. Hlavním cílem tedy bylo zvolit vhodné provedení celého zapojení, které bude tuto požadovanou funkci splňovat a realizovat. Vhodně pak zvolit jednotlivé ochrany hlídající teplotu vody a její přítomnost v měrné nádobě. V mém případě tyto ochrany byly vyřešeny taktéž elektronickým zapojením a příslušnými elektronickými komponenty. Další snahou při realizaci této úlohy bylo, aby byla snadno pochopitelná a srozumitelná. Nejen ohledně významu signalizačního provedení.

V následujících několika kapitolách bude nastíněn návrh a možná řešení provedení regulátoru a jednotlivých ochranných s ním spojených. Na úvod se podíváme na možná řešení a výběr obvodu pro realizaci regulátoru. Dále se seznámíme s principiální funkcí a seznámíme se s návrhem celého blokového schéma. Rozebereme jednotlivé bloky a popíšeme si jejich vlastnosti, funkce a realizaci jednotlivých bloků. S tím je spojena i volba a realizace signalizace při poruše nebo připravenosti zařízení. Dalším bodem je testování jednotlivých bloků zařízení po jejich zrealizování. Nejprve vyzkoušet a otestovat každou část zvlášť a nakonec jako celek. Snaha vytvořit, simulovat a testovat možné situace, které při práci se zařízením mohou nastat. Popis jednotlivých signalizačních stavů, které se mohou při práci objevit a jejich možná odstranění. V poslední řadě se budeme věnovat postupu při práci a manipulaci se zařízením. Jak postupovat při nastavování a zapojování jednotlivých bloků, jak se zachovat v situacích, které mohou nastat a co daná signalizace znamená.

V průběhu práce se ještě seznámíme s možnou výrobou desky plošného spoje. Od kupřetivové desky s měděnou vrstvou, přes leptání této desky, až po výsledný vzhled. Seznámíme s použitím ochranných prvků a volbou izolačních materiálů u vodičů. A na úplný závěr se seznámíme s elektrotechnickými normami, kterých jsem se snažil držet, aby zařízení do jisté míry těmto normám odpovídalo.

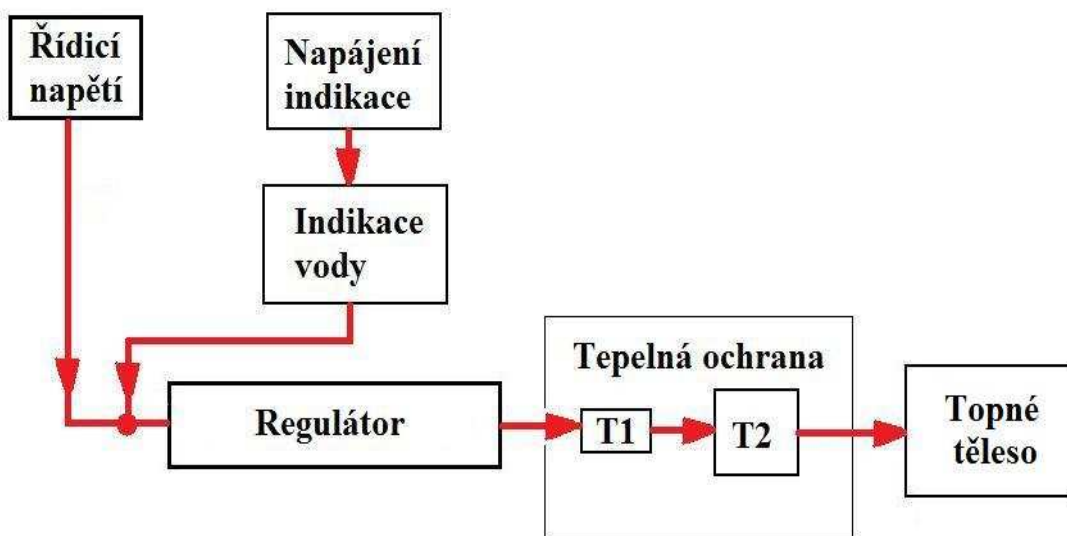
2. Volba řešení zdroje

Nejprve bylo nutné zvolit vhodné řešení regulátoru samotného. Základním požadavkem bylo, abychom mohli napájet regulátor řídicím napětím v požadovaném rozmezí 0 až 10 V, kterým budeme ovládat výstupní napětí, které bude v rozmezí 0 až 230 V. Další požadavek je na rušení. To znamená, že při práci se zařízením nebude a nesmí docházet k rušení zařízení, které budou v okolí regulátoru nebo k negativnímu ovlivňování zařízení v jeho okolí. V případě volby zapojení s krystalem zabránit nepříjemnému zvuku v podobě bzučení. Proto je nutné volit pokud možno takové frekvence, které lidský sluch neslyší a nebude tak nepříjemně působit při práci se zařízením. Případně co nejvíce potlačit tento nepříjemný zvuk.

Provedení, která bylo možno zvolit je několik. Zmíním například PWM modulaci, spínaný zdroj nebo tyristorové řízení. V mém případě, jsem zvolil spínání triakem, který je pro maximální výkon 800 W. Pokud bychom chtěli spínat větší zátěž, bylo by nutné opět dle katalogových listů použít triak pro větší výkony. S tím souvisí i problematika s jeho chlazením. Což znamená volbu vhodné velikosti chladiče, popřípadě využití dochlazování ventilátorem, jako je například řešeno ve stolním počítači. Toto řešení jsem zvolil jednak po konzultacích a dále pak pro jednodušší řešení pripojitelných ochran, o kterých se zmíníme a popíšeme si je níže. Dále pak proto, že je opatřeno základními ochranami v podobě pojistky a galvanicky oddělený vstup optočlenem, který odděluje řídicí napětí od silové části.

3. Realizace přístroje

V této kapitole bych se chtěl zabývat realizací celého přístroje. Seznámit se s blokovým schéma (Obr. 1) a ukázat si jednotlivé části přístroje i s příslušnými ochranami. Na obrázku níže (Obr. 1) je blokové schéma celého zařízení, které je rozděleno na šest bloků. Z toho pět bloků tvoří zařízení samotné spolu s jednotlivými ochranami. A dále blok s tepelnou ochranou je rozdělen na dva menší bloky T1 a T2.



Obr. 1 Blokové schéma celého zařízení

První blok tvořený řídicím napětím není součástí tohoto zařízení. Tato část se připojí k zařízení pomocí vyvedených svorek. Svorky jsou označeny barvou červenou pro kladný pól a modrou pro záporný pól. Řídicí napěťový blok je tvořen výstupním proměnným napětím zdroje, či výstupem na počítačové kartě, kterou se toto zařízení bude řídit v našem případě. Hlavní částí je zde samotný regulátor. Na jehož výstup je připojen blok s tepelnou ochranou. Tento blok je rozdělen, jak již bylo zmíněno, na dva další menší bloky. První je ochranný termostat (T1), který je vratný a je možné ho opakovaně použít při ochraně a hlídání teploty vody v měrné nádobě.

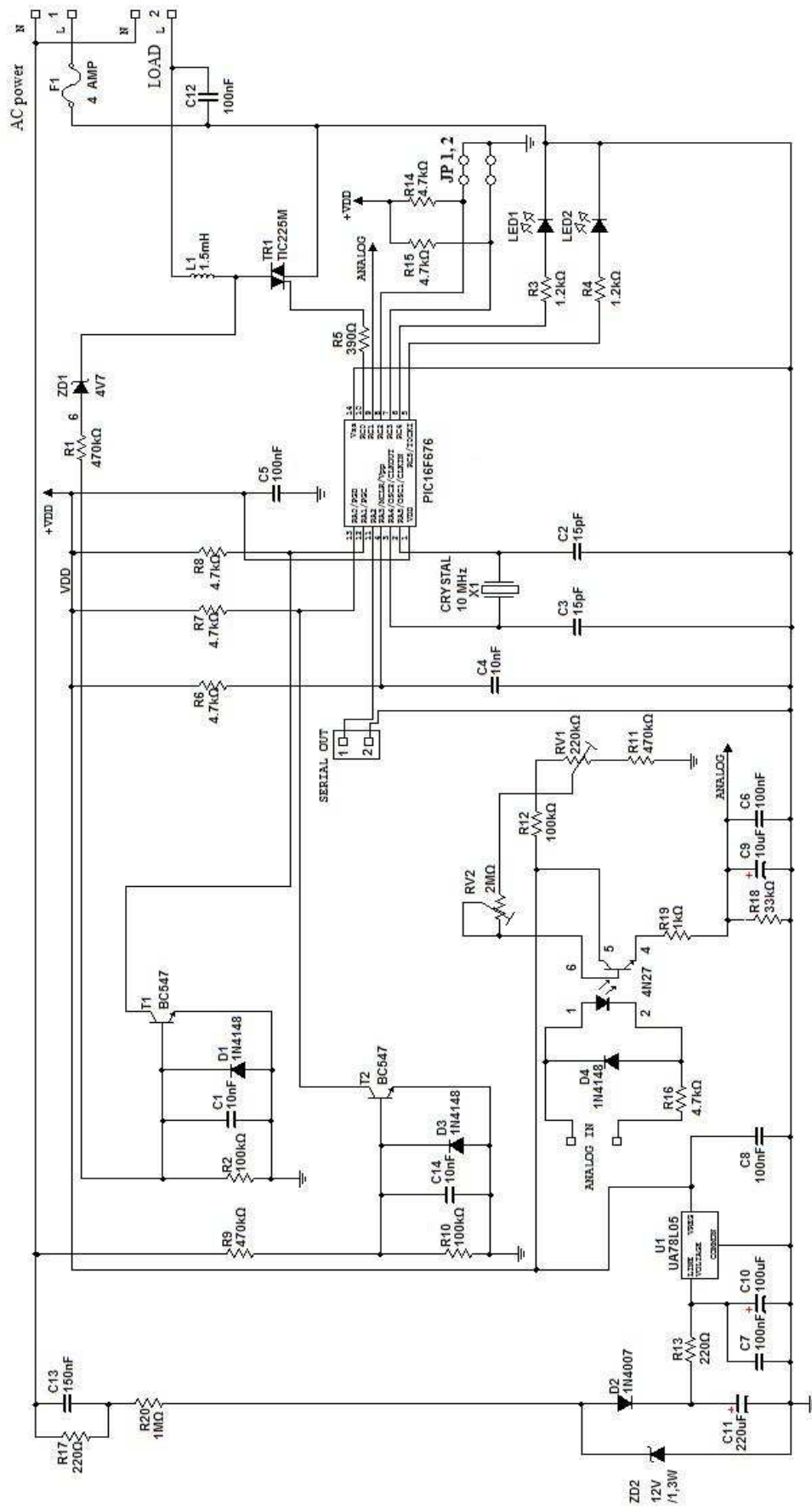
Oproti tomu pojistný ochranný termostat (T2) není vratný a po splnění své ochranné funkce, je třeba tuto součástku vyměnit. Ta je zde proto, aby plnila funkci havarijního termostatu. To znamená, že při překročení přípustné teploty vody, odpojí napájení do topné spirály. Tudíž je třeba zjistit příčinu přerušení této pojistky, kterou může způsobit selhání řídicí jednotky. Dále výstup z bloku termostatů je připojen k topnému tělesu do série. Poslední dva bloky tvoří zdroj pro napájení indikátoru signalizace vody a samotná indikace vody. Z blokového schéma (Obr. 1) je vidět, že blok s indikací vody přeruší řídicí napětí, nebude-li v měrné nádobě s topným tělesem voda. Vstupní napětí je tím pádem nulové a výstupní napětí do topného tělesa je též nulové.

Nyní jsme se seznámili se základní myšlenkou provedení zařízení. Volbou jednotlivých prvků a ochrany. Se základní myšlenkou funkce celého zařízení. Nemá smysl se zde dále nějak podrobněji zabývat jednotlivými bloky, jejich funkcemi a jednotlivými řešeními elektronických i konstrukčních prvků. Jednotlivé části budou podrobněji rozebrány, popsány a jejich funkce vysvětleny v následujících kapitolách, které se budou těmito jednotlivými prvky a jejich problematikou, s nimiž jsou spojeny, zabývat.

3.1 Regulační část

Tato část je ze všech použitých částí celého zařízení nejdůležitější. Zajišťuje nám danou regulaci výstupního napětí závislého na vstupním řídicím napětí. Celé schéma je zobrazeno na (Obr. 2) a můžeme jej rozložit na několik částí, z nichž nejdůležitější je programovatelný procesor PIC 16F676, který je již průmyslově naprogramován tak, aby plnil svou funkci a pracoval tak, jak je pro tento případ potřebné. Dále je zde využíváno krystalu o frekvenci 10MHz. Zde byly obavy, aby nedocházelo k nežádoucímu rušení okolních zařízení, o kterém bylo zmiňováno výše. Vstup regulátoru je opatřen optočlenem, což je galvanické oddělení pro tento obvod. Chrání tak obvod před poškozením. Další důležité prvky jsou trimry (RV1 a RV2). Ty slouží jako jistý druh kalibrace. V případě, že máme řídicí vstupní napětí nulové, je nutné nastavit, aby bylo i na vstupu nulové napětí.

Naopak, bude-li vstupní řídicí napětí maximální, je třeba, aby i výstupní napětí bylo maximální. Toto zajistíme nastavováním jednotlivých trimrů (RV1 a RV2). Nejprve nastavíme trimr (RV1) proti směru hodinových ručiček plně a trimr (RV2) plně ve směru hodinových ručiček. Vstupní řídicí napětí nastavíme na 0 V. Poté trimr (RV1) nastavujeme tak, až zelená LED dioda bude rychle blikat. Nyní nastavíme maximální řídicí napětí 10 V a trimr (RV2) nastavíme do polohy, kdy bude zelená LED dioda svítit. Další částí je zde stabilizátor na 5 V, který napájí procesor. Pro spínání zátěže se zde využívá triaku, který je zde řízen výstupem z procesoru. Celý regulátor je vybaven dvěma LED diodami, které signalizují provoz regulátoru a připojení topného tělesa. Další funkcí je, že po spojení jumperů (JP1 a JP2) dochází k opačné funkci celého obvodu. To znamená, že při nulovém vstupním řídicím napětí je na výstupu maximální hodnota napětí a naopak při maximální hodnotě vstupního řídicího napětí dostáváme na výstupu nulovou hodnotu napětí. Avšak tuto funkci v mém případě nevyužívám.



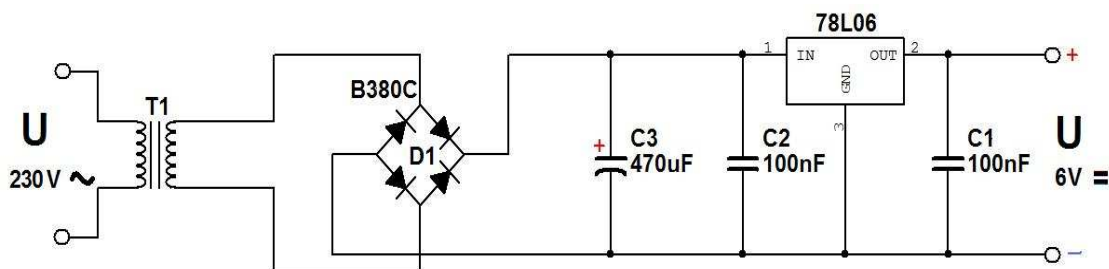
Obr. 2 Schéma zapojení regulátoru

3.2 Ochranná a signalizační část

V této podkapitole se seznámíme s tvorbou a realizací jednotlivých ochranných a signalizačních prvků, které nám zde zajišťují ať už základní ochranu v podobě plastové krabičky, kde jsou veškeré elektronické části uloženy či složitější elektronické části. Dále pokročilejší části hlídající stav vody, provozní stav topného tělesa a kontrola nežádoucího odpojení některého z připojitelných vodičů. To vše je ještě ošetřeno světelnou signalizací v podobě LED diod, podle kterých je možno určit, zda je vše v pořádku a připraveno k provozu. V opačném případě, ve kterém z hlídaných částí nastal nežádoucí problém. Veškeré ochranné části jsou sestaveny tak, aby byla zajištěna ochrana před nebezpečným dotykem na vysokém napětí a dále pak, aby nedošlo k neúmyslnému poškození samotného přístroje případnou nepozorností či nedbalostí způsobenou lidským faktorem.

Jak už jsem se zmiňoval výše, základní ochrana je zde tvořena plastovou krabičkou a základní izolací jednotlivých vodičů, které přijdou do styku s lidským faktorem při jejich manipulaci při práci. Po splnění těchto základních ochranných opatření, je nyní třeba vyřešit ochranu, která nám bude hlídat výšku hladiny v nádobě, respektive její přítomnost v měrné nádobě. A dále vybrat vhodnou ochranu hlídající teplotu vody v podobě výše zmíněných termostatů T1 a T2. Jelikož pro tuto situaci není žádoucí, aby voda dosahovala teploty varu. Ale spíše naopak, byla pod touto teplotní hranicí a nedocházelo tak ke zbytečnému vypařování vody z měrné nádoby během provozu topného tělesa.

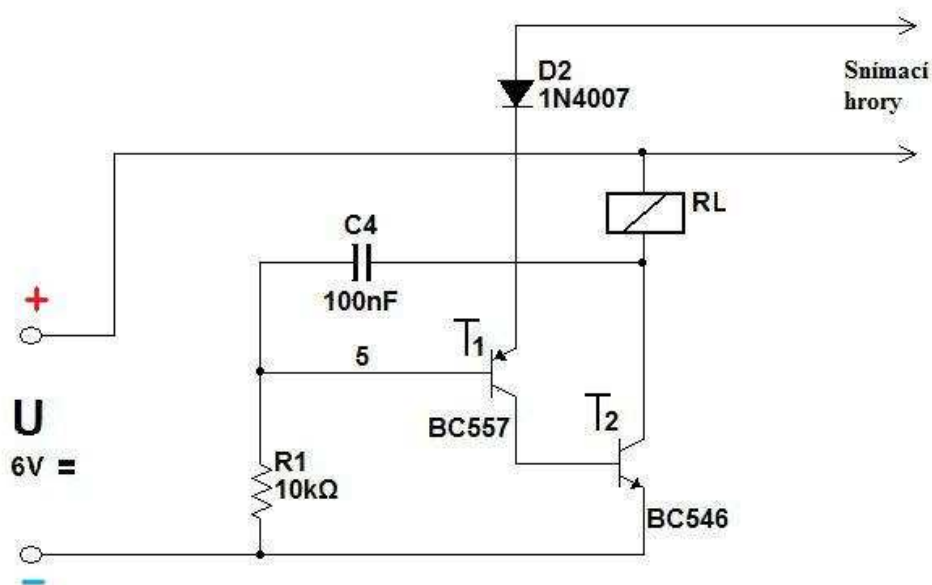
Prvním zmíněným problémem, což je hlídání výšky hladiny a její přítomnost v měrné nádobě, byl ošetřen ochranou v podobě elektronického zařízení indikujícího vodivé spojení v kontaktu s vodou. Celý obvod je napájen ze sítě. V této souvislosti bychom celé zapojení mohli rozložit na dvě části. První část tvoří jednoduché zapojení sloužící jako zdroj k napájení indikačního zařízení, které je na obrázku (Obr. 3).



Obr. 3 Schéma napájení indikátoru

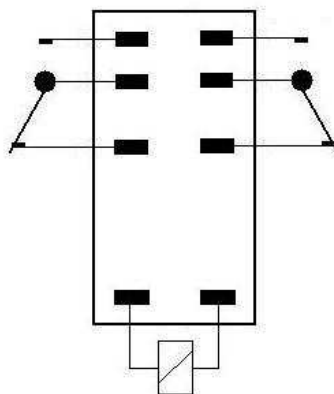
Jak už je vidět z obrázku výše, celé je to napájeno síťovým napětím, které je střídavé 230 V / 50 Hz. Toto napětí je transformováno přes transformátor Tr1 (T1) a na výstupu je hodnota napětí stále střídavých, ale již přetransformovaných na 12 V / 0,6 VA. Transformátor jsem zvolil od výrobce Myrra a to díky jeho malým konstrukčním parametrům a dobrým vnitřním vlastnostem potřebných pro toto elektronické zapojení. Transformátor je ještě opatřen nevratnou tepelnou pojistkou, která reaguje při teplotě $t_a = 70\text{ }^\circ\text{C}$. Tato tepelná pojistka uvnitř transformátoru je další z velmi dobrých a žádaných ochranných faktorů. Dále je třeba přes diodový Graetzův můstek (D1) střídavé napětí usměrnit na napětí stejnosměrné. Následně usměrněné napětí vyhlazujeme přes elektrolytický kondenzátor (C3). V poslední fázi celého procesu je ještě třeba usměrněné a vyhlazené napětí stabilizovat přes stabilizátor 78L06. Na jehož vstup a výstup jsou připojeny keramické kondenzátory (C1, C2). Nyní dostáváme na výstupu požadované usměrněné a stabilizované napětí s hodnotou 6 V, kterým je celý indikátor napájen. Ovšem není zde nutné používat stabilizátor 6 V, ale možné využít i stabilizátoru s jinými hodnotami stabilizačního napětí. Podle zvoleného stabilizátoru je třeba vhodně zvolit hodnotu odporů k napájení signalizačních LED diod. A také je třeba změnit relé s vhodným jmenovitým napětím na cívku.

Druhou část tvoří elektronické zapojení samotného indikátoru (Obr. 4). I toto zapojení není nijak složité. Vycházel jsem ze zapojení pro akustickou zkoušečku. Reproduktorovou část jsem nahradil reléovou částí s LED signalizací. Indikační část je napájena usměrněným napětím o velikosti 6 V. Výstup tvoří snímací hroty, které jsou vyvedeny na plovák (Obr. 7), kterým se budeme podrobněji zabývat později.



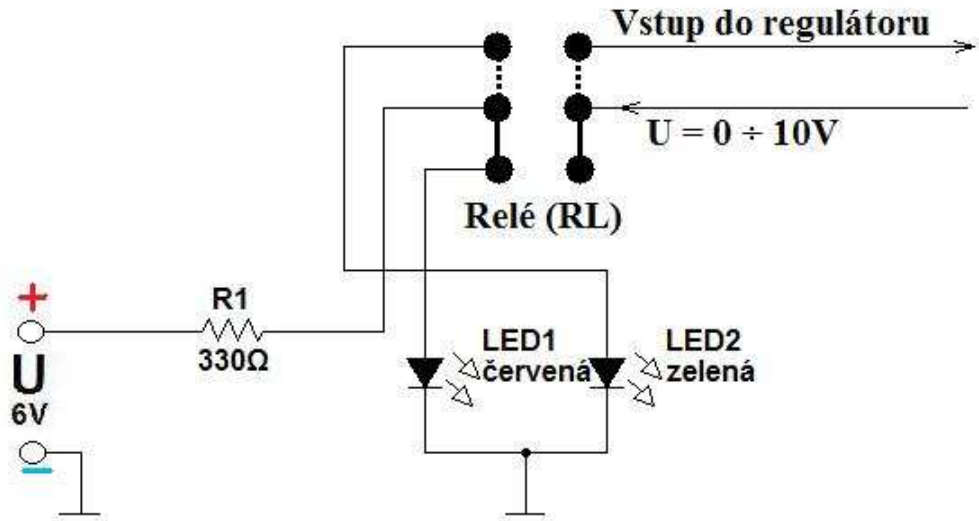
Obr. 4 Schéma zapojení indikující vodivé spojení

Avšak za zásadní prvek tohoto zapojení považují reléovou část. Pro tento případ bylo zvoleno relé MZP A 002 42 10. Ovládací cívka je napájena 4, 52 V až 7, 8 V. Typ kontaktu je 2 x přepínací. Hodnoty jmenovitého napětí jsou 250 V a jmenovitý proud činí 10 A. Životnost toho relé je udávána 10^5 cyklů pro elektrickou životnost a pro mechanickou životnost je to $5 \cdot 10^6$ cyklů. Pracovní teplota je v rozmezí od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Doba přitahu / odtahu je 10 ms / 5 ms. Provedení tohoto relé můžeme vidět na obrázku (Obr. 5), kde je pohled ze spodní části relé.



Obr. 5 Relé a pohled odspodu

Toto relé zde plní funkci, o které jsem zmiňoval v kapitole výše a to v souvislosti s popisem blokového schéma. Nyní se seznámíme blíže s jeho funkcí. Na obrázku níže (Obr. 6) je zapojení a principiální schéma funkce relé.



Obr. 6 Zapojení relé a jeho principiální funkce

Celé je to opět napájeno výstupním napětím ze stabilizátoru. Na vstupu je připojen odpor R1. Ten zde zajišťuje, aby LED diodami protékal katalogem udávaný maximální proud, který je 20 mA. V případě, že indikační hroty budou zkratovány vodou v měrné nádobě, relé sepne do pracovní polohy. Řídicím napětím bude možné řídit regulátor. Tento stav nám signalizuje zeleně svítící LED dioda. V případě, že hroty zkratovány nebudou, relé zůstane v klidové poloze a svítí červeně LED dioda. Řídicí napětí je odpojeno, tudíž je nulové a také výstupní silové napětí z regulátoru je nulové. Výstupní světelná LED signalizace je dalším výstražným prvkem. Tento stav nám signalizuje, že v měrné nádobě není voda.

Pro zjednodušení signalizace jsem zvolil dvojitou diodou se společnou katodou, která obsahuje zelenou a červenou LED diodu v jednom pouzdru. V mém zapojení svítí zeleně nebo červeně. Ovšem je možné ji nahradit za dvě samostatné LED diody. Tudíž je možné zvolit jakoukoliv velikost a barvu vyráběných a dostupných diod. Je nutné zachovat polaritu při zapojení a dbát na správné zapojení obou LED diod.

A ještě se změnou diod je třeba dbát na velikost odporu R1. Jeho hodnota bude závislá na proudu vybraných LED diod. Nutnost ověření parametrů LED diod z katalogového listu. Odpor si můžeme spočítat ze známého Ohmova zákona, kdy platí, že $R = U/I$. Kde U je naše napětí na vstupu, což je 6 V a I je proud LED diody udávaný v katalogových listech. Tím dostáváme výslednou hodnotu odporu R1.

Celé schéma je opět umístěno v plastové krabičce spolu s regulátorem. Odkud je vyvedena dvojice izolovaných vodičů, které jsou dále ještě uloženy v silikonové izolaci a na jejichž konci je připevněn plovák se zkušebními hroty. Ochrana silikonovou izolací je zde proto, jelikož voda bude dosahovat teplot blízcích se k bodu varu a mohla by tak poškodit základní izolaci vodičů. Výstupní napětí na indikátoru není vysoké a tudíž ani nebezpečné, avšak není potřeba zbytečně riskovat. Dále by to mohlo vést k nežádoucím nebezpečným mechanickým poruchám, jako například k chybné signalizaci o provozu zařízení, či přítomnosti vody v měrné nádobě a jeho případné poškození při zapnuté topné spirále. Samotný plovák je tvořen plastovou krabičkou ve tvaru válce, který má průměr 40 mm a je vysoký 16 mm. Pro lepší představu o podobě plováku využijeme (Obr. 7), kde si můžeme plovák prohlédnout podrobněji. Na (Obr. 7) vlevo vidíme plovák připojený k vodičům v silikonové izolaci. Dále si pak ještě povšimneme využití nepřilíživé silikonové hmoty, která zde zabraňuje proniknutí kapaliny, v našem případě vody, do plováku. V pravé části (Obr. 7) je pohled na plovák ze spodní části. Vidíme, že po jeho obvodu jsou čtyři plastové výčnělky. Ty zabraňují dotyku indikačních hrotů se dnem nádoby v nepřítomnosti vody. Toto opatření opět zabraňuje klamné signalizaci o přítomnosti vody, jelikož nádoba je tvořena z kovového materiálu a ten je, jak je nám známo, vodivý. Střed plováku je opatřen dvěma kovovými výstupky, což jsou naše indikační hroty. Byly zhotoveny z vodivého materiálu, kterým je měď, a pro jejich povrchovou ochranu jsou ještě potaženy tenkou vrstvičkou cínu. Ve finální verzi se k nim ještě přidělaly větší plošky. To kvůli lepší reakci při ponoření do vody.

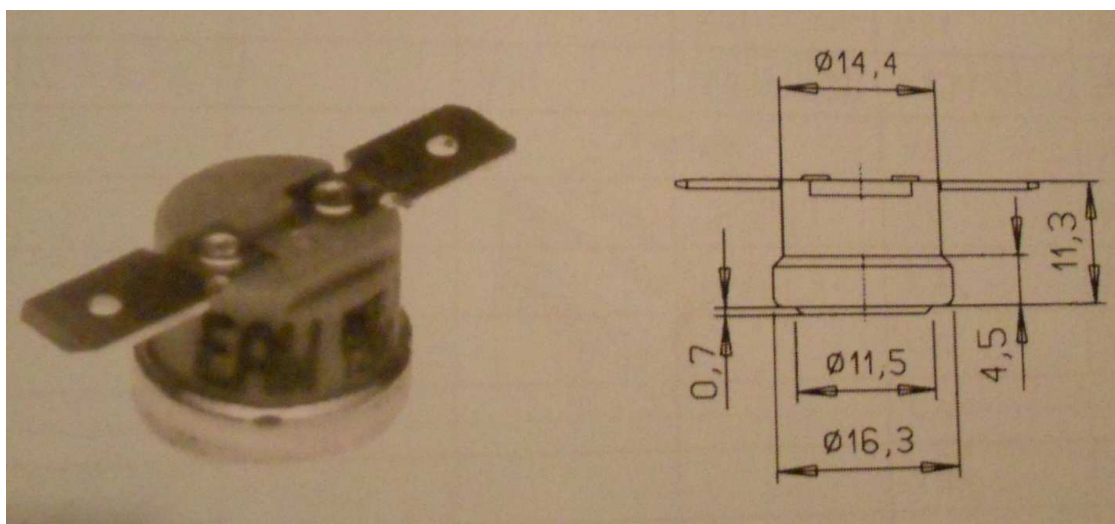


Obr. 7 Pohled na plovák indikátoru vody

Výsledná funkčnost plováku je tedy následovná. Bude-li voda v měrné nádobě, plovák s hroty bude nadnášen vodní hladinou. Zkušební hroty budou zkratovány vodivým prostředím kapaliny, jak jsem se již výše zmínil, pro nás je to voda. Relé bude v sepnutém stavu, regulátor bude připraven k provozu a topným tělesem budeme moci ohřívat a měnit tak teplotu vody. Nastane-li situace, kdy v nádobě s plovákem voda nebude, nebudou tedy ani hroty zkratovány a tím pádem nebude možné s regulátorem pracovat. Ten totiž bude odpojen od řídicího napětí. To bude mít dále vliv na topné těleso, kterým nebudeme moci ohřívat vodu v nádobě. Relé nebude sepnuté v provozním stavu, ale ve stavu odpojení. Pro přehlednost je opět indikační zařízení ještě vybaveno LED diodovou signalizující v podobě zelené a červené barvy. Zelená nám zde značí připravenost a červená problém s vodou.

Výšku hladiny, respektive přítomnost vody v nádobě máme již ošetřenou. Nyní je třeba ošetřit hlídání teploty vody v měrné nádobě. Tuto funkci zde plní dva termostaty. Jak jsem se již zmínil výše, při popisu blokového schéma (Obr. 1). Nyní bylo nutné vyřešit a vhodným způsobem ošetřit ochranu, která bude vhodně hlídat teplotu vody. Tím pak tedy zamezit nadměrnému ohřevu vody topným tělesem. A zamezit dalším možným nebezpečným poruchám od rozehrátého tělesa. Dále pak bylo potřeba zvolit vhodný druh ochranných termostatů s danými parametry pro tento případ.

Jako ochranný vratný termostat (T1) jsem zvolil typ KO1R0080. Pro lepší porozumění typu a názvu se podívejme na to, co jednotlivé znaky znamenají. Kde KO je typ kontaktu a pouzdra. V tomto případě jsou kontakty rozpínací a pouzdro plastové. První číslo, což je jednička, je provedení pouzdra (Obr. 8)

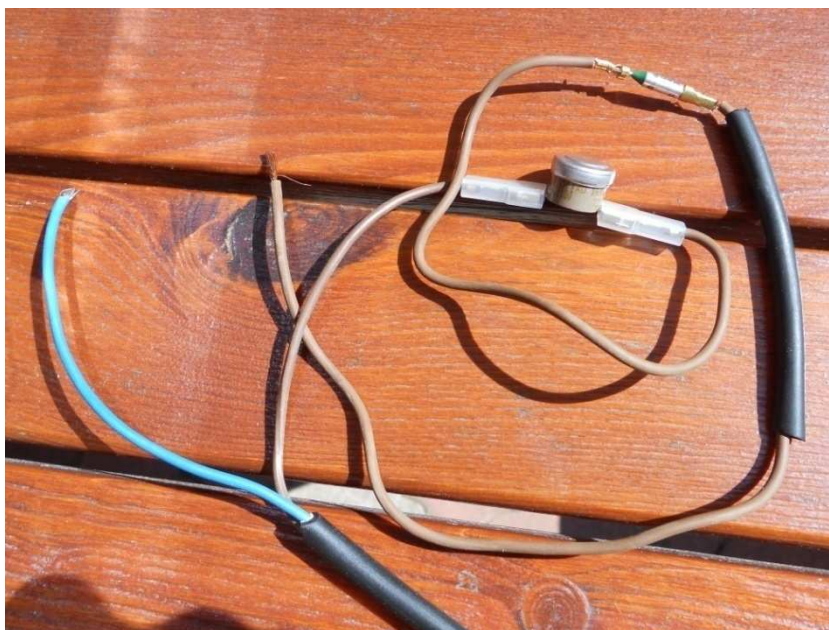


Obr. 8 Provedení pouzdra vratného termostatu

Písmeno R je pro provedení uchycení termostatu. První nula zde značí provedení čepičky, která je zde z hliníkového materiálu a je uzavřená. Poslední tři číslice je hodnota teploty, při které termostat rozpne kontakty. Životnost toho termostatu se uvádí okolo 100 000 cyklů/ 10A. Druhým termostatem (T2) je nevratný termostat. Ten jsem zvolil TC 098. Kdy opět TC je označení pro pouzdro. Číslo označuje opět jmenovitou teplotu, při které termostat zareaguje. Při překročení jmenovité teploty dojde k trvalému přerušení pojistky a je nutné jej vyměnit za nový.

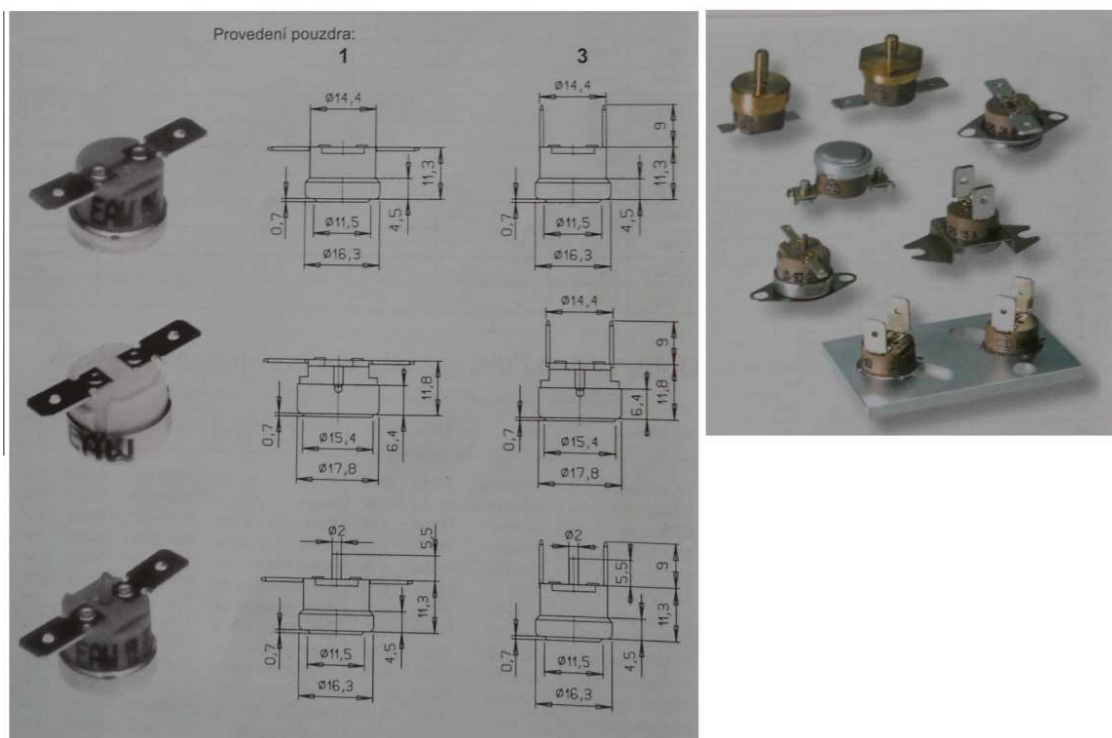
Podívejme se nyní podrobněji na plnění funkce obou ochranných termostatů. Jak je vidět z blokového schéma (Obr. 1) oba ochranné termostaty jsou zapojeny v sérii. Podívejme se nejprve na ochranný vratný termostat (T1), který hlídá teplotu topného tělesa. Při dosažení teploty 80 °C ochranný termostat rozpne kontakty a tím odpojí topné těleso a to přestane hřát. Ve chvíli, kdy dojde k ochlazení a pokles teploty pod 80 °C, ochranný termostat opět sepne kontakty a topná spirála může opět začít ohřívat vodu. Druhý ochranný termostat, havarijní, (T2) je nevratný a slouží jako ochrana pro termostat (T1).

Pokud by došlo k poškození ochranného termostatu (T1) nebo k proražení triaku, který tak způsobí nárůst napětí pro napájení topného tělesa na maximální hodnotu. To vede k odpařování vody a dále k velkému žhavení tělesa, což může vést k poškození zařízení. A dále pak by to mohlo vést v krajních případech až k nebezpečnému požáru. Právě proto je zde havarijný termostat (T2), který zabraňuje v tom, aby tato situace nastala. Po splnění své jistící a ochranné funkce odpojí topné těleso od napájecího napětí, to přestane hřát a rozsvítí se červená LED dioda. V tomto případě je nutné havarijný termostat (T2) nahradit novým a zařízení znovu spustit. Podívejme se ještě na (Obr. 9).



Obr. 9 Zapojení ochranných termostátů s výstupem na topné těleso

Hodnoty ochranného termostatu (T1) a havarijního (T2) jsou zvoleny pro naše zadání, tak jak jsou výše uvedeny. Avšak i zde je možné použít termostaty s jinými hodnotami, které budeme chtít dodržet. Tím pádem je celá tato ochranná část založena na požadavku maximálního ohřevu vody topným tělesem. Pokud budeme chtít reakci na teplotu vody s nižší nebo naopak s vyšší hodnotou je nutné zvolit termostaty (T1 a T2) s požadovanou hodnotou. Proto se můžeme podívat pro lepší představu a pro ilustraci na (Obr. 10).

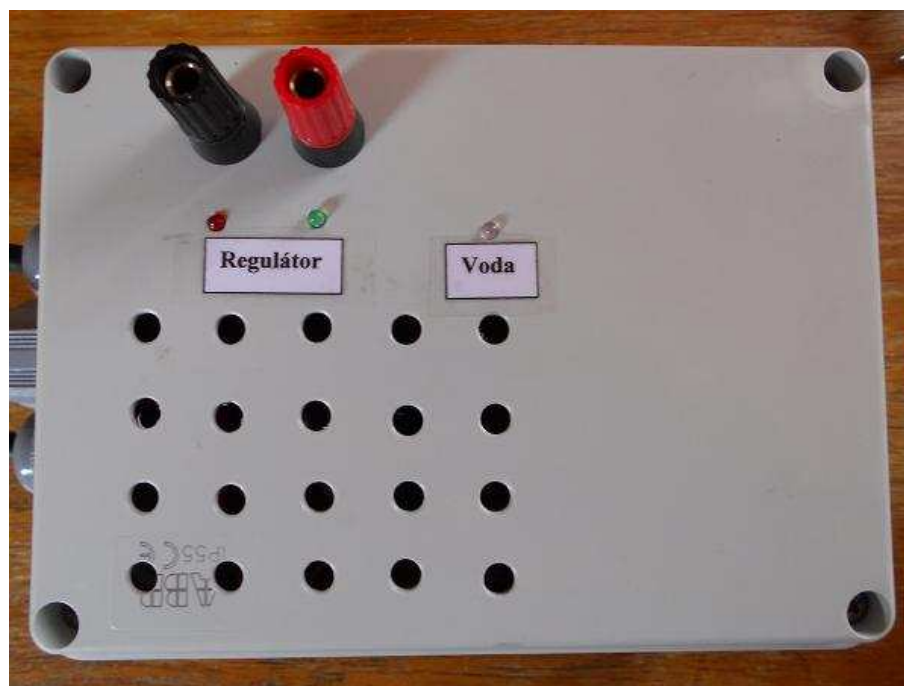


Obr. 10 Další možná konstrukční provedení termostatů

Na tomto obrázku výše je možné vidět další možná konstrukční řešení jednotlivých termostatů, spolu s jejich vývody a jednotlivými provedeními pouzder na obrázku vedle. Levá část (Obr. 10) zobrazuje pouzdra, která jsou z různých materiálů a dále pak řešení vývodů. Pro lepší představu o jednotlivých provedení termostatů v reálném zapojení slouží pravá část (Obr. 10).

3.2.1 Světelná signalizace

Tato kapitola je věnovaná jednotlivým světelným signalizačním znamením, jejich řešením a jejich významu. Samotná signalizace je řešena již zmíněnými LED diodami, které jsou zde celkem tři. Ty jsou vyvedeny na vrchní část krabičky. Ta je realizována v podobě víka a je označena příslušnými informačními štítky (Obr. 11). Podle nich je možné sledovat aktuální stav zařízení a odhalit případné závady či poruchy na zařízení. Nebo zda je zařízení připraveno ke své funkci.



Obr. 11 Pohled na víko s LED diodovou signalizací

První dvě LED diody jsou zde pro signalizaci stavu chodu samotného regulátoru. Bliká-li zelená LED dioda, je regulátor připraven ke své práci. Dále to pak znamená, že topné těleso je připojeno. Frekvence blikání této LED diody je závislá na velikosti vstupního napětí. Tudíž to znamená, že zvyšováním hodnoty vstupního napětí bude zelená LED dioda blikat častěji a s větší rychlostí. Oproti tomu bude-li svítit červená dioda, znamená to, že nastal problém v regulátoru. Což může být způsobeno vadnou vnitřní pojistkou či například vypadlým vodičem spojující regulátor s topnou spirálou. Třetí LED dioda je tvořena tzv. „2 v 1“. To je vlastně LED dioda s třemi vývody. Krajní vývody jsou anodami pro jednotlivé LED diody. Prostřední vývod je tvořen katodou, která je pro obě LED diody společná. Tato LED dioda je opět tvořena barvou červenou a zelenou. Tedy přítomnost vody je signalizována zelenou barvou a červená signalizuje nepřítomnost vody v měrné nádobě.

Dále je zde pro lepší orientaci a práci s celým zařízením tabulka funkčnosti (Tab. 1), ze které je možno vyčíst jednotlivé stavy, které mohou nastat na regulátoru či indikátoru. Příslušná barva LED diodové signalizace představuje daný problém. Tím pádem je možné rychleji určit místo, kde se daný problém nalézá. Tento problém vhodným způsobem odstranit. A opět tak uvést zařízení zpět do provozu i člověkem, který není plně seznámen s jednotlivými významy světelné signalizace.

Signalizace	Zapojení	LED dioda	Signalizace	Stav
	Regulátor		červená	svítí
		zelená	bliká	připraven k práci
Indikátor		červená	svítí	není voda = nefunkční
		zelená	svítí	je voda = připraven k práci

Tab. 1 Přehled jednotlivých stavů

Nyní již víme, jak jednotlivé signalizace vypadají a co znamenají. Při signalizaci obou LED diod v podobě zelené barvy, což značí připravenost a funkčnost zařízení, můžeme provádět měření a testování se zařízením. Ovšem v případě nějakého problému je třeba jej vhodně odstranit nebo zařízení vhodně opravit. Jak jsem už říkal, daný problém bude zobrazen v podobě červené LED diody a podle tabulky (Tab. 1) jej budeme moci určit. Proto vycházím z toho, že při opravě nebo podobné manipulaci se zařízením jej nejprve odpojíme od zdroje a vytáhneme ze zásuvky. Provede se požadovaná operace se zařízením a opět jej připojíme ke zdroji a do zásuvky. Proběhlo vše v pořádku a je vše zapojeno tak, jak má být, budou opět obě signalizační LED diody svítit zelenou barvou. Tím mám na mysli LED diodu pro signalizaci přítomnosti vody a zvláště pak pro připravenost regulátoru.

4. Návrh desky plošných spojů

Nyní se stručně seznámíme s popisem návrhu desky plošných spojů za pomoci návrhového procesu fotocestou. Seznámíme se s několika základními kroky při výrobě a co je třeba dodržet během výrobního postupu. Má deska plošných spojů je na profesionální úrovni co se technologického postupu a výroby týče. Ovšem pro lepší názornost a pochopitelnost tento postup zjednoduším.

V první řadě je nutné zvolit desku, která je z kuprexitu a je z jedné strany potažena tenkým plátem mědi. Dále je třeba, aby deska měla požadované rozměry. Desku s rozvrženými rozměry jsem na pákových nůžkách ořízl a nechal pro jistotu o něco málo větší. Zhruba o 2- 4 mm. U takto zhotovené desky ještě srazíme hrany, aby během další manipulace nedošlo k poranění rukou.

Nanesení fotocitlivé vrstvy. Zde se dostáváme do míst, kdy tuto část můžeme přeskočit a pokračovat v dalším bodu postupu. Ovšem pouze v tom případě, že na naší desce už je tato fotocitlivá vrstva nanесena. V opačném případě je třeba tuto vrstvu nanést. Toto se provádí na stranu desky s mědí, na kterou se tato tenká vrstvička nanáší. Je to proces, který je velice náročný a velice náchylný na nečistoty. Proto je velice nutné provádět v čistém a neprašném prostředí. Než celý proces začneme, je nutné celou desku očistit. Jelikož vrstvička mědi nebývá vždy dokonale čistá, ale bývá mastná a zoxidovaná. Po očištění ještě desku opláchneme a osušíme (Obr. 12).



Obr. 12 Očištění desky ze strany s vrstvou mědi

Těsně před nanesením fotocitlivé vrstvy, je třeba opravdu dbát na čistotu desky. Obyčejný prach příliš nevadí, protože se stane součástí emulze a pokud není motiv extrémně jemný tak nic nezkaží. Naproti tomu odpudivý prach od sebe fotoemulzi odpuzuje a vytváří tak ostrůvky bez emulze a to už zasahuje značnou plochu. A nyní již můžeme nanést fotocitlivou vrstvu. Emulzi Positiv 20 nanášíme na vodorovně nebo na mírně šikmo položenou desku sprejem z přiměřené vzdálenosti, lepší je však menší vzdálenost. Je nutné, aby vrstva byla rozprostřena po celé desce a případné nedostatky opravit ihned před zaschnutím. Nanášíme slabou vrstvu, která by měla být po celé ploše desky stejná. V opačném případě je raději lepší desku opláchnout a vrstvu nanést znovu. Emulze zasychá zhruba do hodiny. Aby fungovala, je třeba, aby došlo k vytvrzení. Což trvá 24 hodin při 20°C nebo 15 minut při 70°C .

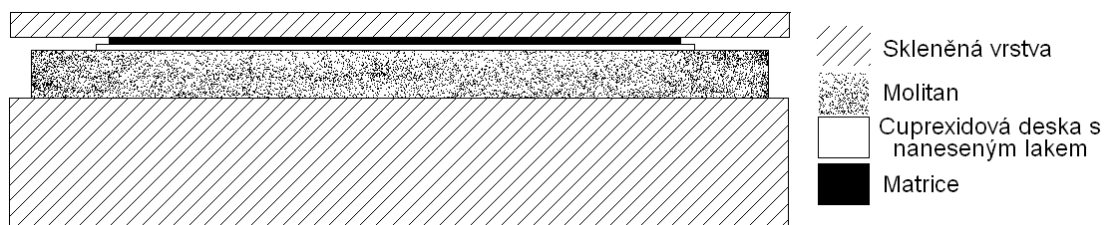
Dalším bodem je vytvoření předlohy, která bude nasvícena na fotovrstvu. Nejčastěji pro tyto účely se využívá pauzovací papír, na který se pomocí zrcadlového tisku motiv vytiskne (Obr. 13).



Obr. 13 Vytištěná předloha na pauzovací papír

Zrcadlení je zde proto, abychom po přiložení předlohy na stranu s mědí a s fotocitlivou vrstvou dostali požadovanou stranu desky s vodivými cestami. Jinak by mohlo dojít ke změně orientace pro zdroj napájení a zbytečným komplikacím. Z tohoto důvodu je nutné dávat pozor při tisku předlohy.

Nyní již přejdeme k samotnému osvětlení desky. Při osvětlování položíme plošný spoj na tenký molitan, pak následuje deska kuprextitu s fotoemulzí, předloha a navrch položíme ploché sklo. Molitan zajistí rovnoměrné přitisknutí kuprextitu ke sklu. Pro lepší představu je toto celé na ilustračním obrázku (Obr. 14).



Obr. 14 Rozložení vrstev při osvětlování desky plošných spojů

Takto připravenou a upevněnou desku můžeme začít osvětlovat (Obr. 15). Využívá se UV záření z lampy, kterou osvěcujeme matrici na desce. Po odstranění matrice nám na desce zůstane vrstva, která chrání vrstvu mědi před nežádoucím odleptáním. Neosvětlená vrstva mědi bude dále chemicky odstraněna a zůstane jen ta, která nebyla osvětlena. Doba expozice je různá a je závislá na použitém UV zářiči. Obvykle se pohybuje okolo 5 až 15 minut, avšak zde není na škodu, pokud to necháme o drobek déle.



Obr. 15 Osvětlování desky UV světlem

Přejdeme tedy po úspěšném nasvícení k vyvolání desky. Tento proces se provádí v roztoku NaOH, což je hydroxid sodný. Jelikož neblaze reaguje se sklem, využívá se pro tyto účely raději plastová nádoba. Do ní se deska ponoří (Obr. 16). Je také nutné zajistit promíchávání roztoku. Samotná doba vyvolávání je okolo 2 minut, avšak tato doba je závislá na koncentraci roztoku. V této fázi procesu odhalí, jak kvalitně byla provedena fotocitlivá vrstva. Při špatném provedení může dojít k rozpuštění fotoemulze ve vývoje.



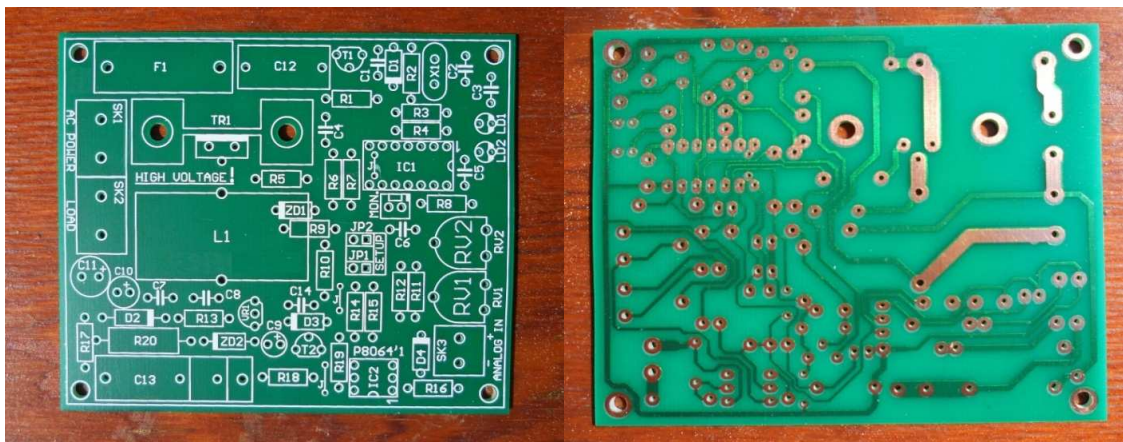
Obr. 16 Vyvolání desky s předlohou

Jedním z posledních bodů výrobního procesu je leptání desky. To se provádí v chloridu železitém FeCl_3 . Nejčastějším způsobem je využití plastové nádoby s chloridem železitým (Obr. 17). Na hladinu tohoto roztoku pak položíme naši desku a to tak, aby byla strana s mědí v kontaktu s roztokem. Čímž dochází k rychlejšímu a efektivnějšímu odleptání vrstvičky mědi, než kdyby byla ponořena na dně. Pokud pokládáme desku ručně na hladinu, musíme být opatrní, aby se pod deskou nevytvářely bublinky. Ty zabraňují v leptání nežádoucí vrstvičky mědi. Doba délky leptacího procesu je závislá na koncentraci chloridu sodného. Pokud je roztok nový, doba leptání je krátká. Ovšem je-li roztok používán vícekrát, leptání tedy trvá o něco déle. Po vyjmutí z lázně je třeba opět desku řádně opláchnout vodou a čisticím prostředkem. Tím odstraníme zbylý roztok.



Obr. 17 Leptání desky v chloridu železitém

Poslední úpravou je pak nanesení ochranné masky na stranu desky s vodivými drahami. A na opačnou stranu pak nanést vrstvu, potisk s popisem pro součástky a popis jednotlivých polarit. Tím máme zhotovenou desku. Vyvrátíme otvory, aby bylo možné desku osadit součástkami. Výsledná deska plošných spojů je vidět na (Obr. 18).



Obr. 18 Deska plošných spojů

Kde v levé části je deska z pohledu součástek a v pravé části je pohled na desku z pohledu vodivých drah. Pro lepší orientaci při osazování desky je zde ještě vrstva s potiskem, která slouží pro určení pozice součástek na desce a jejich případné orientace co se polarity týče.

5. Testování v praxi a popis problémů

Před finálním zapojením a odzkoušením celého zařízení, bylo nejprve nutné odzkoušet jednotlivé části zvlášť. Vyzkoušet jak regulátor, tak jednotlivé elektronické ochranné prvky. Tyto zkoušky se dělaly proto, aby bylo možné zjištění požadované funkce pro danou část. Také pak proto, aby nedošlo k nežádoucímu poškození zbylých částí zařízení v důsledku špatně navržené ochranné části. Ale hlavně aby bylo dosaženo plnění požadované funkce dané části zařízení. Dále pak tímto testováním a zkoušením odhalit případné potíže či problémy, které by mohly během používání v praxi nastat. Snahou bylo tyto faktory odstranit nebo je aspoň co nejvíce potlačit, aby bylo možné celý měřicí proces provádět co nejplynuleji a bez obtíží.

Po vytvoření celé regulační části, která je tvořena naším zdrojem, bylo třeba provést několik provozních testů. Jedním ze základních testů byla funkčnost samotná. Ovšem nejprve bylo nutné ověřit správnost osazení desky a dodržení polaritu u daných součástek. Následovalo připojení do sítě, kterým byla ověřena správnost osazení, jak již bylo zmíněno výše. Nyní se mohlo přejít k mnohem důležitějšímu testu a to testu hlavní funkce regulátoru. To znamená přivedením řídicího napětí na vstupní svorky regulátoru a sledováním změny výstupního napětí pomocí měřících hrotů voltmetru. Jako voltmetr jsem použil Metex M-3270D, který pro tyto účely posloužil výborně. Jako řídicí napětí jsem použil stejnosměrný nastavitelný zdroj napětí. Na němž jsem nastavoval hodnoty vstupního řídicího napětí v rozmezí 0 V až 10 V a sledoval na voltmetru výstupní napětí, zda se mění v závislosti na vstupním napětí. Když se ukázalo, že funguje dle očekávání, bylo ještě nutné pomocí trimrů kalibrovat obě napětí. Tím je myšleno, aby při nulovém vstupním napětí bylo i tato hodnota napětí na výstupu a dále pak aby při maximální hodnotě vstupní hodnoty napětí byla i na výstupu příslušná maximální hodnota napětí.

Hlavní a základní funkce byla splněna, a proto po této funkci přišlo na řadu testování indikátoru přítomnosti vody. Pro své domácí podmínky jsem využíval nádobu v podobě varné konvice, v níž bylo testováno pomocí plováku výška hladiny, respektive její přítomnost v této nádobě. Základním testováním byla ověřit správnou funkčnost a reakci na přítomnost vody. Ta zkratuje hroty a dojde k signalizaci LED diodou. Proto bylo nutné otestovat reakci na přítomnost vody a zároveň s tím signalizovat stav. Opět se zařízení připojilo do zásuvky pro ověření vhodného zapojení. A poté testovat reakci na zkratování indikačních hrotů a vhodné spínací funkce zvoleného relé. I toto testování proběhlo bez velkých problémů. Avšak problém zde nastal, když byla zaměněna klasická voda z vodovodu za vodu destilovanou, známou jako H₂O. Ta je zbavena veškerých minerálních a dalších látek, které zde dělají to, že se chová jako izolant a tudíž je nevodivá. Indikátor se pak chová, jako kdyby v měrné nádobě voda nebyla, a není možné jej uvést do provozu. Proto je zde nutné volit takovou kapalinu, která je vodivá a způsobí tak zkratování indikačních hrotů. V další fázi bylo nutné propojit regulátor s indikátorem výšky hladiny a opět odzkoušet celou funkčnost. Zjistit tak, zda se bude vše chovat tak, jak má, a jak se očekává. V této souvislosti bylo nasimulováno několik situací, které nastanou či by mohly nastat během práce se zařízením.

Jednou z posledních částí, kterou bylo ještě třeba otestovat, bylo hlídání teploty vody. V případě, kdy voda dosáhne a poté přesáhne maximální možnou teplotu, která je hlídána ochrannými termostaty, došlo k odpojení topného tělesa. Ve chvíli, kdy voda vychladne a teplota klesne pod kritickou hodnotu, zareaguje opět ochranný termostat a opět připojí topné těleso. Opět tak obnoví celou funkčnost zařízení. S tím bylo nutné i sledovat během těchto testů jednotlivé signalizační LED diody a jejich správnost signalizace na danou situaci.

Na závěr přišlo zkompletování všech ochran s regulátorem a opětovné testování funkčnosti. Zda jednotlivé ochrany budou pracovat tak, jako při jejich samotném testování. Testování probíhalo obdobnými způsoby, jak již bylo zmíněno výše. A opět sledovat správnost signalizace LED diod na danou situaci. Z těchto testů, pak bylo možné odvodit tabulku jednotlivých stavů (Tab. 1).

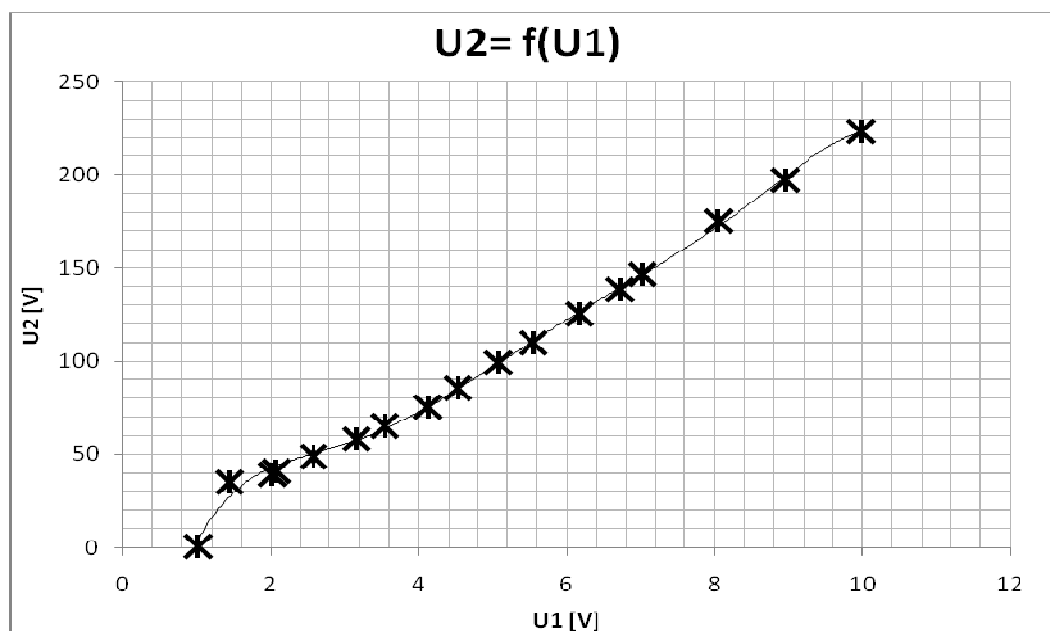
V poslední řadě bylo nutné, ještě celé zařízení otestovat přímo v laboratoři, kde bude umístěno, a kde se s ním bude pracovat. Celé zařízení se opět na místě zapojilo. Plynule regulovatelný zdroj napětí se připojil na vstup zařízení, aby bylo možné nastavovat požadované řídicí napětí v rozmezí 0 V až 10 V. Na výstup bylo připojeno topné těleso o výkonu 800 W, které bylo v kovové měrné nádobě spolu s teploměrem na měření teploty vody. Pro ověření celé funkčnosti zařízení proběhlo měření závislosti výstupního napětí na vstupním napětí (Tab. 2).

U1 [V]	1,012	1,432	2,018	2,066	2,574	3,154	3,536	4,12	4,53
U2 [V]	0,757	35,27	39,63	41	48,9	58,3	65,5	75,6	85,7

U1 [V]	5,07	5,55	6,17	6,73	7,02	8,05	8,96	9,98
U2 [V]	99,2	110	125,4	138,7	147,1	175,3	197,5	223,5

Tab. 2 Naměřená závislost vstupního napětí na výstupním

Tuto závislost jsem vynesl do grafu (Graf 1), na kterém je znázorněn výsledný průběh hodnot z (Tab. 2).

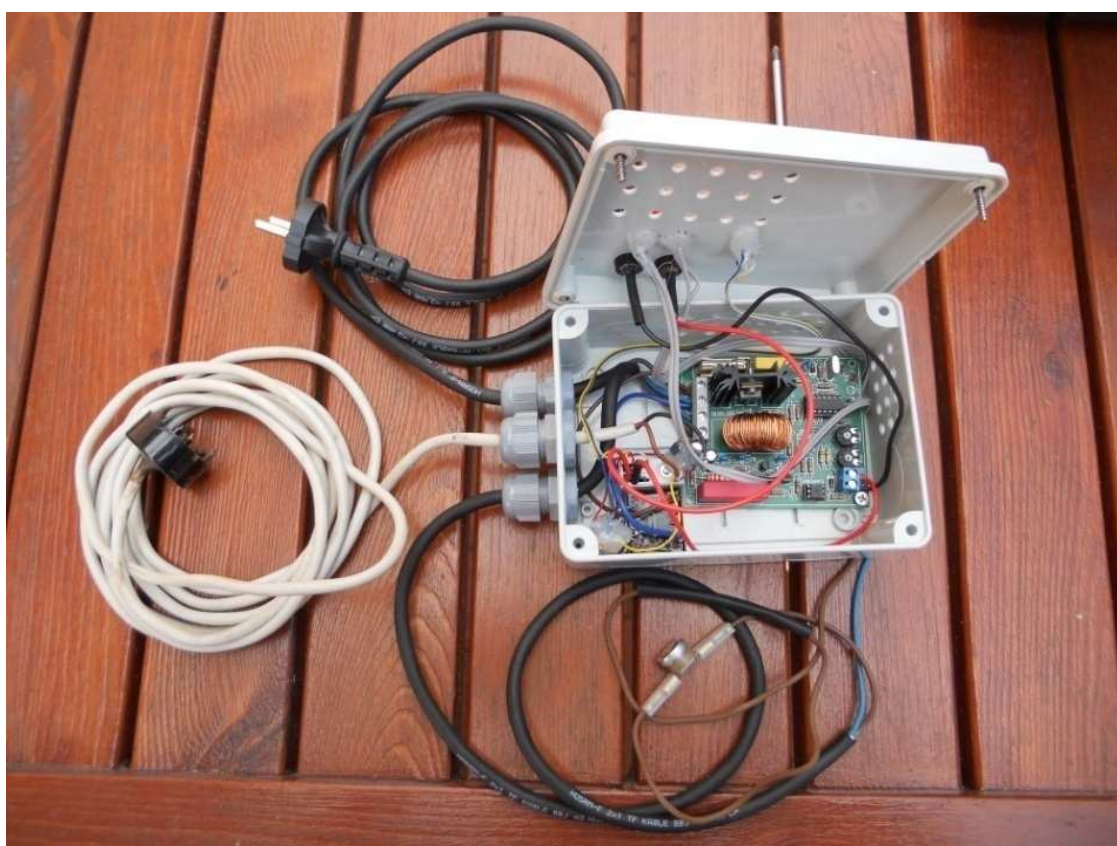


Graf 1. Závislost výstupního napětí na vstupním napětí

Z grafu je vidět, že výsledná závislost není zcela lineární. Při počátečních hodnotách, kdy na zdroji bylo nastaveno 0 V, přesto bylo naměřeno voltmetrem velmi malé napětí. Dále výstupní napětí začlo rapidně narůstat, až při vstupním napětí přibližně okolo 1, 432 V. Přesnost toho měření je ovlivněna voltmetrem a dále pak lidským faktorem při odečítání hodnot z voltmetru. Tímto měřením byla prokázána požadovaná funkčnost přístroje. Další měření, které jsem provedl, bylo ověření funkčnosti ochranného termostatu (T1). Ochranný termostat (T1) jsem přiložil ploškou ke stěně nádoby. Na počátku byla teplota vody 70 °C. Začal jsem ohřívat vodu v měrné nádobě topným tělesem. Ve chvíli rozepnutí termostatu (T1) jsem změřil teplotu vody v nádobě, která byla 93 °C. Hodnota rozepnutí T1, jak již bylo zmíněno je 80 °C. Tento teplotní rozdíl je dán spožděným ohřevem stěny nádoby. Jelikož trvá o něco déle, než se teplota stěny dostane na teplotu pro rozepnutí T1, a proto je teplota vody vyšší než teplota stěny nádoby. Po vychladnutí opět T1 sepnul a tím připojil výstupní napětí k topnému tělesu.

Během testování jsem se potýkal s obvyklými problémy, které jsou spjaty s touto problematikou. Jedním z hlavních problémů, byla volba kapaliny v měrné nádobě. Jak již bylo řečeno, je třeba volit vodivé kapaliny. Dalším takovým problémem, bylo zapojení ochranných termostatů, respektive volba jejich ochrany. Jelikož nejsou uloženy spolu s ostatními ochranami v plastové krabičce, ale jsou upevněny na stěně měrné nádoby. Tím pádem jsou jejich vývody odhaleny a může dojít ke kontaktu s nebezpečným napětím. Tento problém, byl však do jisté míry vyřešen použitím izolačními dutinkami. I přesto tuto ochranu musela být umožněna snadná výměna obou ochranných termostatů v případě poruchy.

Výsledný vzhled celého zařízení je pak na (Obr. 19). Kde jsou vidět jednotlivé ochrany, o kterých se zmiňuji v kapitolách výše. První černá šňůra je přívodní, druhá černá je pro připojení topného tělesa a navíc jsou k ní připojeny ochranné termostaty. A poslední bílá šňůra, která je zakončena plovákem s indikačními hroty pro stav vody. Vše je přivedeno a připojeno do krabičky, kde je celé zařízení uloženo. Deska plošných spojů je uvnitř krabičky uchycena pomocí šroubku, takže případné vyjmutí a úpravy desky nejsou složité. Celá krabička je uzavíratelná víkem s otvory, které je rovněž uchyceno na několika šroubech. Na závěr, jak již bylo nejménou zmíněno, je na víko přivedena světelná signalizace v podobě třech LED diod.



Obr. 19 Výsledný vzhled celého zařízení

6. Postup při práci se zařízením

Neboli manuál, který je věnovaný pro práci s celým zařízením. Budu vycházet z toho, že tento manuál je určený pro člověka, který je elektrotechnického zaměření, či je s touto problematikou seznámen. Je to základní seznámení s připojením na síťové napětí, vstupní regulační napětí v rozmezí 0 až 10V a signalizační stavů celého zařízení. Tato kapitola by měla posloužit i jako návod v případě poruch či objasnění nesrovnalosti signalizačních znamení jednotlivých LED diod. Proto bych se dále chtěl ještě odvolávat na (Tab. 1), z které je možné, jak již bylo zmíněno určit problém nebo připravenost zařízení.

Prvním krokem je připojení nebo zkontrolování připojení topného tělesa. Dalším krokem je připojení řídicího napětí na vstupní svorky a nakonec připojení flexo-šňůry 2x1 mm s koncovou vidlicí do zásuvky. Po splnění těchto třech základních kroků můžeme uvést zařízení do provozu. Připravenost zařízení samotného je zobrazeno zelenou LED diodou, která bliká. V opačném případě bude svítit červená dioda a je třeba zkontrolovat připojení topného tělesa, vnitřní pojistku samotného regulátoru či ochranou termostatovou část. Je-li toto v pořádku, pak je zařízení připraveno. V této fázi je třeba ještě plovák s indikačními hroty vložit do nádoby, kde je topné těleso s vodou. Funkce a zapojení této ochrany je popsána výše. V této chvíli signalizace LED pro provoz regulátoru bliká zelenou barvou a signalizace pro přítomnost vody je taktéž signalizována zelenou LED diodou. Zařízení může plně fungovat. Nyní může být na vstup přivedeno regulované řídicí napětí v rozmezí 0 V až 10 V. Změnou dostáváme v příslušném poměru na výstupu napětí v rozmezí 0 V až 230 V, kterými je napájeno topné těleso. Dochází k ohřevu vody v nádobě topným tělesem a naše celé měření může započít.

Závěrem této kapitoly bych ještě rád podotknul, že je třeba dodržet tento postup při nastavování a spouštění zařízení. Předejde se tak zbytečným manipulacím se zařízením a hlavně situacím, ve kterých zařízení nebude pracovat a plnit požadovanou funkci. Proto je vhodné jednotlivé kroky dodržet v takovém pořadí, v jakém jsou popsány a uvedeny výše. Proto se nedoporučuje jednotlivé kroky a jejich pořadí zaměňovat.

7. Normy a bezpečnostní opatření

V této části se podíváme na normy, kterými jsem se řídil při konstrukci výše uvedeného zařízení. Nová elektrická zařízení je možno uvést do provozu jen tehdy, splňují-li požadavky na bezpečnost osob a ohrožení majetku. K tomuto účelu vydává Český normalizační institut normy, kterými toto zařízení musí odpovídat. V tomto případě jsem využil několik zásadních norem, které se k mému zařízení vztahují. Z nich jsem vybral dále pak několik hlavních bodů, které rovněž vztahují k tomuto zařízení a kterých jsem se držel.

Definice normy [1] tvoří jednotlivé body a ty nejdůležitější, které se vztahují pro případ mého zařízení, jsou následovné.

3.1 Úraz elektrickým proudem – Fyziologický účinek elektrického proudu procházejícího tělem člověka nebo zvířete.

3.1.1 Základní ochrana – Ochrana před úrazem elektrickým proudem v bezporuchovém stavu.

3.2 (Elektrický) obvod - Uspořádání zařízení nebo prostředí, kterým může protékat elektrický proud.

3.3 (Elektrické) zařízení – Jakýkoliv prvek použitý pro takové účely, jako je výroba, přeměna, přenos, uchování, rozvod nebo použití elektrické energie, jako jsou stroje, transformátory, přístroje, měřicí zařízení, ochranná zařízení, zařízení pro systémy vedení, spotřebiče.

3.4 Živá část – Vodič nebo vodivá část určená k tomu, aby při normálním provozu byla pod napětím, včetně středního vodiče, ale podle úmluvy nezahrnuje vodič PEN nebo PEM nebo PEL.

3.5 Nebezpečná část – Živá část, která za určitých podmínek může způsobit úraz elektrickým proudem.

3.6 Neživá část – Vodivá část zařízení, které se lze dotknout a která není obvykle živá, ale může se stát živou v případě poruchy základní izolace.

3.10.1 Základní izolace – Izolace nebezpečných živých částí, která zajišťuje základní ochranu.

3.10.2 Přídavná izolace – Samostatná izolace použitá navíc k základní izolaci, aby byla zajištěna ochrana při poruše.

3.10.3 Dvojitá izolace – Izolace zahrnující jak základní izolaci, tak i přídavnou izolaci.

3.10.4 Zesílená izolace – Izolace nebezpečných živých částí, která zajišťuje stejný stupeň ochrany před úrazem elektrickým proudem jako dvojitá izolace.

3.13(Elektrický) ochranná přepážka – Část zajišťující ochranu před přímým dotykem (dotykem živých částí) z jakéhokoli obvyklého směru přístupu.

3.14 (Elektrický) ochranný kryt – Kryt obsahující vnitřní část zařízení, který brání přístupu k nebezpečným živým částem z jakéhokoli směru.

3.30 Osoba znalá (v elektrotechnice) – Osoba s odpovídajícím vzděláním a zkouškami, které jí umožňují rozeznat rizika a vyhnout se nebezpečím, která elektřina může způsobit.

3.31 Osoba poučená (v elektrotechnice) – Osoba přiměřeně poučená osobami znalými nebo pod jejich dohledem, aby jí bylo umožněno rozeznat rizika a vyhnout se nebezpečím, která elektřina může způsobit.

3.32 Laik – Osoba, která není ani znalá ani poučená.

3.37 Nepřenosné zařízení – upevněné zařízení; trvale připojené zařízení; zařízení, kterým, se z důvodů jeho fyzických vlastností běžně nepohybuje a které se běžně připojuje do stejné zásuvky.

7.2.3 Přípustné povrchy částí z izolačních materiálů – Jestliže zařízení není zcela zakryto vodivými částmi, platí pro přístupné části z izolačního materiálu následující: Přípustné povrchy částí z izolačního materiálu – které jsou určeny pro uchopení; u nichž je pravděpodobné, že přijdou do styku s vodivými povrchy, které mohou přenášet nebezpečné napětí; které mohou přijít do podstatného styku (plocha větší než 50 mm x 50 mm) s částí lidského těla; dvojitou nebo zesílenou izolací; základní izolací a ochranným stíněním; kombinací těchto prostředků. Všechny ostatní přípustné části z izolačních materiálů musí být od nebezpečných živých částí odděleny alespoň základní izolací. Zařízení, které mají být částí pevné instalace, musí být opatřena základní izolací buď od výrobce, nebo během instalace, jak je uvedeno v pokynech od výrobce nebo od odpovědného prodejce. Tyto požadavky se považují za splněné, jestliže přípustné části z izolačního materiálu poskytují požadovanou izolaci.

8.1.2.1 Umístění přístrojů a komponentů – Zařízení musí být navrženo a nainstalováno tak, aby přístroj a komponenty byly přípustné a viditelné pro osobu, která je v poloze, ve které může snadno a bezpečně obsluhovat přístroj nebo vyměňovat komponent. Jestliže poloha, ve které je zařízení namontováno, může nepříznivě ovlivnit viditelnost nebo přístup k přístrojům nebo součástkám takovým způsobem, že to může způsobovat nebezpečí, potom musí být požadavky na polohu jejich namontování nejen uvedeny, ale i respektovány.

Další normou, kterou jsem použil a dle které jsem se držel, je norma [2]. Zde byl důležitý jeden bod, který je výše zmíněnou normou definován následovně.

2.2 Části, které se musí při obsluze uchopit rukou, musí být: Vyrobeny z izolačního materiálu dostatečně elektricky a mechanicky odolného, trvanlivého a nenavlhavého nebo musí být tímto materiálem vně izolovány. Toto izolování může být pouze v místě uchopení, musí však být na kovových částech spolehlivě upevněno.

Pro požadavky na přívodní vodiče a pohyblivé přívody bylo dáno normou [3], která o tomto problému pojednává. I zde v této normě jsem využil opět několik bodů, které byly pro mé zařízení zásadní, a proto je zde zmiňuji.

3.7 Odpojitelný přívod – Sestava složená z ohebného kabelu nebo šňůry vybavená nerozebíratelnou (neoddělitelnou) vidlicí a nerozebíratelnou (neoddělitelnou) nástrčkou. Určená pro připojení elektrického spotřebiče k napájecímu zdroji.

3.16 Neoddělitelná vidlice nebo neoddělitelná pohyblivá zásuvka – Vidlice nebo pohyblivá zásuvka, jejíž výroba je dokončena nalisováním izolačního materiálu kolem předem smontovaných částí a kolem vývodů ohebného kabelu.

4 Všeobecně – Pohyblivé přívody, prodlužující přívody a vedení musí být zhotoveny z ohebných kabelů nebo šňůr vhodných pro dané použití z hlediska jmenovitého napětí, maximálního proudu, mechanické pevnosti, odolnosti vůči vlivům prostředí a mající potřebné vlastnosti pro jejich použití (např. ohebnost, hladký povrch, nešpinící povrch, trvanlivost) a zajišťující bezpečné používání připojovaného zařízení.

4.1.2 Na pohyblivé kabelové a šňůrové přívody a vedení (soupravy) se smí používat jen ohebné kabely a šňůry vyhovující příslušným předmetovým normám, podkladům jakož i vlivům prostředí v místě, kde je pohyblivých kabelových a šňůrových přívodů a vedení použito a mechanickému namáhání, jímž jsou tyto přívody nebo vedení vystaveny.

4.2 Mechanické namáhání – Pohyblivé přívody musí být v místě připojení spolehlivě odlehčeny od tahu, zajištěny proti posunutí i vytržení a opatřeny proti zkroucení žil; odlehčovací zařízení nesmí být pod napětím a musí být upraveno tak, aby mechanicky nemohlo poškodit odlehčovaný kabel nebo šňůru. Případná deformace izolačního pláště k lepšímu zajištění šňůry proti posunutí není na závadu, pokud se tím nezhorší izolační stav a nebude zkrácena životnost kabelu nebo šňůry.

Vstupní otvory elektrických předmětů pro kabely a šňůry musí být upraveny, tak aby se nepoškozovaly (netřepily, netrhaly, nepraskaly apod.) ani se neposouvaly.

5.4 Dimenzování – Na pohyblivé přívody se používají pouze vodiče, kabely a šňůry s měděnými jádry. Pokud nejsou známy přesnější hodnoty, např. na základě výpočtu podle souboru ČSN IEC 287, doporučuje se volit průřezy pohyblivých přívodů v souladu s ČSN EN 60335-1 ed. 2, viz.(Tab. 3).

Jmenovitý proud spotřebiče [A]		Jmenovitý průřez vodiče (Cu) [mm ²]
od	do	
0,2	3	0,5 a
3	6	0,75
6	10	1
10	16	1,5
16	25	2,5
25	32	4
32	40	6
40	63	10
a Tyto přívody se mohou používat pouze, pokud jejich délka nepřesahuje 2 mezi bodem, kde přívod nebo návlačka vstupují do spotřebiče a vstupem do vidlice		

Tab. 3 Minimální průřez vodičů

Průřezy vodičů pohyblivých přívodů uvedené v (Tab. 3) vycházející z předpokladu, že zařízení vodičů nemůže být oproti zatížením uvedeným v tabulce překročeno. Je třeba si uvědomit, že jištění zásuvkových obvodů v elektrické instalaci není určeno k jištění spotřebičů tedy ani pohyblivých přívodů ze zásuvkových obvodů napájených. Prodlužovací přívody jsou chráněny z hlediska nadproudu a zkratu pouze nadproudovou ochranou příslušející obvodům elektrické instalace, na které jsou připojeny pohyblivé přívody a mohou být z hlediska nadproudu chráněny příslušnou ochranou připojeného spotřebiče nebo zařízení.

8. Závěr

Cílem práce bylo zhotovit inteligentní řízený regulátor napětí, využitelný pro připojení topného tělesa a ohřev vody. Realizace zařízení nebyla složitá, avšak zásadním problémem byla volba regulátoru samotného. S tím pak úzce souvisela i zdárně vyřešená problematika ohledně bezpečnosti regulátoru při práci s ním. A zároveň s tím jsem se snažil vhodně vyřešit, aby při jakékoli poruše na zařízení se celý proces přerušil a odpojilo se řídicí nebo výstupní regulační napětí s následnou signalizací o poruše. Mnou vyřešený způsob signalizace, již výše zmíněný, který je za pomoci světelné signalizace LED diod. Pro jiné nebo průmyslové použití by bylo vhodné použít signalizaci s větší optickou viditelností a také rozšíření o zvukovou signalizaci. Využití tohoto regulátoru je široké. Je možné jej použít k regulaci jakékoliv odporové zátěže s maximálním výkonem do 800 W, např. světelné okruhy. To bylo ověřeno a vyzkoušeno na standardní 60 W žárovce.

Při funkčních testech jsem dokázal, že zařízení je plně funkční. Veškeré testy se prováděly tak, jak se pak bude se zařízením zacházet v rámci školní úlohy. V rámci mých pokusů jsem využíval proměnný zdroj napětí, který tvořil řídicí zdroj napětí. Používal jsem topné těleso o výkonu 800 W a jako měrná nádoba mi posloužil zásobník o objemu 2 l vody.

Během tvorby této práce jsem měl také možnost si osvěžit práci s tištěnými spoji, osazováním a pájením součástek. Seznámit se s možnostmi a problematikou spojené s regulačním zařízením. Dále s problematikou spojenou se součástkami, které jsou citlivé na statickou elektřinu. Zlepšit si orientaci v katalogových listech a práci s nimi. V poslední řadě pak řešení vzniklých problémů, které souvisely s prací s jednotlivými elektronickými částmi, ale i co se týče neelektrické ochrany.

Seznam doporučené a citované literatury

- [1] *Ochrana před úrazem elektrickým proudem – Společná hlediska pro instalaci a zařízení*. [s.l.] : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1.3.2003. 44 s.
- [2] *Elektrické instalace nízkého napětí- část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti – Ochrana před úrazem elektrickým proudem*. [s.l.] : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1.8.2007. 52 s.
- [3] *Bezpečnostní požadavky na pohyblivé přívody a šňůrová vedení*. [s.l.] : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1.11.2009. 12 s.
- [4] *Elektro bastlárna* [online]. 2010 [cit. 2010-09-21]. Dostupné z WWW: <<http://www.elektroworld.info>>.
- [5] HLAVA, J. *Prostředky automatického řízení II*. Praha : ČVUT, 2000. 162 s. Dostupné z WWW: <http://www.fm.tul.cz/~jaroslav.hlava/par/Skripta_PAR.pdf>.
- [6] *AUTOMA. Časopis pro automatizační techniku* [online]. 2010 [cit. 2010-09-21]. Dostupné z WWW: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=36107>.
- [7] VOBECKÝ, J.; ZÁHLAVA, V. *Elektronika – součástky a obvody, principy a příklady*. Praha : Grada Publishing, 2000. 205 s.

Seznam obrázků

Obr. 1 Blokové schéma celého zařízení	9
Obr. 2 Schéma zapojení regulátoru	12
Obr. 3 Schéma napájení indikátoru	14
Obr. 4 Schéma zapojení indikující vodivé spojení.....	15
Obr. 5 Relé a pohled odspodu	15
Obr. 6 Zapojení relé a jeho principiální funkce.....	16
Obr. 7 Pohled na plovák indikátoru vody.....	18
Obr. 8 Provedení pouzdra vratného termostatu	19
Obr. 9 Zapojení ochranných termostatů s výstupem na topné těleso	20
Obr. 10 Další možná konstrukční provedení termostatů	21
Obr. 11 Pohled na víko s LED diodovou signalizací	22
Obr. 12 Očištění desky ze strany s vrstvou mědi	24
Obr. 13 Vytištěná předloha na pauzovací papír	25
Obr. 14 Rozložení vrstev při osvětlování desky plošných spojů.....	26
Obr. 15 Osvěcování desky UV světlem	26
Obr. 16 Vyrolování desky s předlohou	27
Obr. 17 Leptání desky v chloridu železitém.....	28
Obr. 18 Deska plošných spojů.....	28
Obr. 19 Výsledný vzhled celého zařízení.....	33

Seznam tabulek a graf

Tab. 1 Přehled jednotlivých stavů	23
Tab. 2 Naměřená závislost vstupního napětí na výstupním	31
Graf 1. Závislost výstupního napětí na vstupním napětí	31
Tab. 3 Minimální průřez vodičů	39