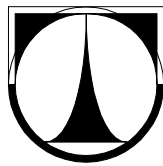


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Liberec 2009

Jiří Zvěřina

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

Konstrukce přípravku pro testování čidel vlhkosti

**Construction Equipment for Testing Air
Humidity Sensors**

Jiří Zvěřina

Studijní program: B2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 2612R011 – Elektronické informační a řídicí systémy

Pracoviště: Ústav řízení systémů a spolehlivosti

Fakulta mechatroniky, informatiky a
mezioborových studií

Technická univerzita v Liberci
Studentská 2, 461 17 Liberec

Školitel: Ing. Jiří Jelínek PhD.

Rozsah bakalářské práce

Počet stran: 45
Počet obrázků: 27
Počet tabulek: 5

Rozsah příloh bakalářské práce

Počet stran: 3
Počet obrázků: 2
Počet tabulek: 0

Zadání (2list)

Abstrakt

Konstrukce přípravku pro testování čidel vlhkosti vzduchu

Jiří Zvěřina

Zadáním této práce je zkonstruovat zařízení, které bude zvlhčovat vzduch v měřicí komoře, která slouží k laboratorním měřením v rámci výuky, při které se měří relativní vlhkost vzduchu a stanovuje rosný bod.

Zařízení se skládá ze dvou částí, jedna je umístěna v měřicí komoře, zvlhčuje vzduch párou, která se v něm vyrábí v množství potřebném k danému měření. V průběhu měření dochází v komoře k vysoké relativní vlhkosti vzduchu a tomu odpovídá i výběr materiálu při konstrukci přístroje. Druhá část zařízení je mimo měřicí komoru a obsahuje řídicí elektronické obvody a tlačítka pro manuální ovládání základních funkcí.

Výsledkem práce je přístroj, který splňuje požadavky na testování čidel vlhkosti. Přístroj je jednoduchý na obsluhu i údržbu.

Klíčová slova: vlhkoměry, indukční čidla, rosný bod, čítač.

Abstract

Construction Equipment for Testing Air Humidity Sensors

Jiří Zvěřina

The goal of this thesis is to construct a device which will moisten the air in the measuring chamber. This chamber is used for laboratory measuring within the scope of education where is measured relative humidity and is calculated the dew point.

This device consists of two parts. One is located in the measuring chamber and moistens the air by vapor which is produced in it in quantities necessary for this measurement. In-process of measurement is a high relative humidity in the measuring chamber what was considered in the selection of material during designing of device. The second part of device is located out of the measuring chamber and consists of control circuits and buttons for manual control of basic functions.

The final result of this thesis is device which meet the requirements for testing sensors of humidity. The device is simple for operation and maintenance.

Keywords: hygrometric, Inductive sensors, dewpoint, counter.

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 užití 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 27.4.2009

Podpis

Poděkování

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Jiřímu Jelínkovi Ph.D. za jeho rady a pomoci při realizaci této bakalářské práce.

Dále chci touto cestou poděkovat své rodině za podporu a povzbuzování po dobu mého studia.

Obsah

Seznam použitých symbolů	10
Seznam použitých zkratek	11
Seznam obrázků	12
Seznam tabulek	13
Seznam grafů	13
Úvod	14
1 Metody měření vlhkosti	15
1.1 Psychrometr	15
1.2 Kapacitní sonda	16
1.3 Další senzory vlhkosti	17
1.3.1 Odporový vlhkoměr	17
1.3.2 Vlasový vlhkoměr	17
1.3.3 Kondenzační vlhkoměr	17
1.3.4 Gravimetrický vlhkoměr	18
2 Způsoby regulace vlhkosti	19
2.1 Snižování vlhkosti	19
2.1.1 Speciální materiály absorpce	19
2.1.2 Teplotní	19
2.2 Zvyšování vlhkosti	20
3 Technické prostředky pro testování čidel vlhkosti	21
3.1 Měřicí komora	21
3.2 Měření teploty	21
3.2.1 Odporové elektrické senzory	22
3.2.2 Termočlánky	24
3.3 Koncové spínače	24
4 Konstrukce přípravku	27
4.1 Mechanické uspořádání	27

4.2 Elektrické zapojení	28
4.2.1 Napájecí část	28
4.2.2 Vyhodnocovací část	29
4.2.3 Řídící část	33
5 Realizace vzorku	34
5.1 Montáž součástek do krabice	34
5.1.1 Výběr krabice	34
5.1.2 Osazení krabice	34
5.2 Plošné spoje	35
6 Testování čidel vlhkosti	38
Závěr	39
Literatura	40
Přílohy bakalářské práce	41
Seznam příloh bakalářské práce	42
A Datasheet Motor	43
A Datasheet Induktivních čidel	44
Přílohy v elektronické formě	CD

Seznam použitých symbolů

v, t	[°C]	teplota
φ, RH, RV	[%]	relativní vlhkost
Φ'	[g/m ³]	absolutní vlhkost
ψ'	[g/kg]	absolutní vlhkost
ρ	[kg/m ³]	hustota
p	[Pa]	tlak
T	[K]	teplota
T	[°F]	teplota
R	[Ω]	elektrický odpor
α	[K ⁻¹]	teplotní součinitel elektrického odporu
U	[V]	elektrické napětí
S_A	[μV/K]	Seebeckův koeficient
S_B	[μV/K ²]	Seebeckův koeficient
ω	[min ⁻¹]	otáčky
P	[W]	výkon
l	[m]	délka

Seznam použitých zkratk

PTC	pozitivní teplotní koeficient
NTC	negativní teplotní koeficient
PT100, PT1000	Platinový senzor teploty
Ni1000	Niklový senzor teploty
Mn	Mangan
Co	Kobalt
Cu	Měď
Ti	Titan
U	Uran
aj.	a jiné
LC	indukčně kapacitní
NC	(normally closed) – rozpínací kontakt
NO	(normally open) – spínací kontakt
obr.	obrázek
tab.	tabulka
Vcc	pozitivní napájení
OR	logický součet
AND	logický součin
NOR	negovaný logický součet
RST	reset
R1	reset1
DPS	deska plošných spojů
IP	ochrana proti vniknutí
Q	výstup logického obvodu
\overline{PL}	paralelní čtení
CP _D	čítání dolů (count down)
CP _U	čítání nahoru (count up)
MR	hlavní reset
RS-KO	reset-set klopný obvod

Seznam obrázků

Obr. 1: Psychrometr domácí výroby	15
Obr. 2: Psychrometr FHA846 od firmy Ahlborn	16
Obr. 3: Kapacitní senzor FHA646	16
Obr. 4: Analogový vlhkoměr	17
Obr. 5: Ceresit Stop	19
Obr. 6: Tablety Ceresit	19
Obr. 7: Zvyšování vlhkosti	20
Obr. 8: Uspořádání měřící komory	21
Obr. 9: Převodní charakteristika PTC termistoru	23
Obr. 10: Statická charakteristika termočlánků	24
Obr. 11: Mikrospínač s rolnou	25
Obr. 12: Blokové schéma indukčního snímače	25
Obr. 13: Zapojení indukčních čidel	26
Obr. 14: Použité indukční čidlo	26
Obr. 15: Náskres teflonového víčka	28
Obr. 16: Úchyt čidla	28
Obr. 17: Rozložení transformátoru	29
Obr. 18: Zapojení stabilizovaných zdrojů a resetačního obvodu	30
Obr. 19: Zapojení topné spirály	30
Obr. 20: Schéma zapojení vyhodnocování dvířek	31
Obr. 21: Schéma zapojení čítače 74HC193	31
Obr. 22: Schéma zapojení teplotní indikace	33
Obr. 23: Schéma zapojení indikace hladiny	33
Obr. 24: Řídící část motoru	34
Obr. 25: Rozložení ovládacího panelu	35
Obr. 26: Předloha pro výrobu DPS	36
Obr. 27: Osazovací plánek DPS	37

Seznam tabulek

Tab. 1: Zapojení pinů čítače	32
Tab. 2: Pravdivostní tabulka RS klopného obvodu	32
Tab. 3: Teoreticky dopočtené hodnoty relativní vlhkosti pro psychrometr	38
Tab. 4: Teoreticky dopočtené hodnoty relativní vlhkosti pro kapacitní senzor ..	38
Tab. 5: Naměřené hodnoty vlhkosti	39

Seznam grafů

Graf 1: Termodynamický děj	20
Graf 2: Převodní charakteristika senzoru Pt100	22
Graf 3: Převodní charakteristika senzoru Ni1000	22
Graf 4: Převodní charakteristika termistoru	23
Graf 5: Vlhkost naměřená psychrometrickou sondou	38
Graf 6: Vlhkost naměřená kapacitním snímačem	38

Úvod

S měřením vlhkosti se v běžném životě setkáváme velice často. Nejdéle se sleduje v meteorologii a klimatologii, protože na množství vodních par v ovzduší je závislé počasí a podnebí. Relativní vlhkost vzduchu je na různých místech planety jiná, třeba v deštných pralesích bývá až stoprocentní, naopak pouště jsou většinou beze srážek.

S rozvojem průmyslu vznikla potřeba vlhkost sledovat a měřit, protože v některých průmyslových odvětvích je to důležitý parametr. Například při těžbě a zpracování dřeva pouze dovolená vlhkost zajistí kvalitu a trvanlivost. Při vyšší vlhkosti dřevo napadají plísňe, dřevokazný hmyz a houby. V zemědělství a v potravinářském průmyslu je velmi sledovaná např. u obilí, skladování a uchování potravin obecně. Ve stavebnictví je nízká vzdušná vlhkost žádoucí, protože zrychluje technologický proces vyzrání pojiva a omítek. Zvýšenou vlhkostí trpí stavby, které byly postaveny před mnoha lety, protože izolace proti vztlínání zemní vlhkosti chybí nebo je už porušena.

Vlhkost v domácím prostředí si člověk ovlivňuje vlastní činností, např. vařením, praním, koupáním. Při nedostatečném odvětrávání nadměrná vlhkost zkondenzuje ve stěnách, kde se při přetrvávající vlhkosti dobře daří plísním a houbám, které způsobují různé zdravotní komplikace, nejčastěji záněty kloubů, revma a astma. Proto se doporučuje udržovat relativní vlhkost vzduchu mezi 40 až 60 procenty, protože nižší hodnoty způsobují rovněž zdravotní komplikace, respirační potíže a oslabení imunitního systému.

Dnešní věda se relativní vlhkostí a jejím vlivem na zdraví člověka a životní podmínky seriózně zabývá, nové poznatky a nové stanovování norem pomáhají zkvalitňovat životní podmínky člověka a lépe chránit jeho zdraví.

1 Metody měření vlhkosti

Měření vlhkosti vzduchu je často používané v meteorologii, potravinářství a v průmyslu. Každý obor má jiné požadavky na přesnost, rychlost odezvy, rozměry, odolnost vůči prostředí a cenu vlhkoměrů. Máme několik principů čidel měřících vlhkost vzduchu.

1.1 Psychrometrický snímač

Psychrometr je typ vlhkoměru. Tato metoda určení vlhkosti vzduchu je dána z rozdílu teplot dvou teploměrů. První teploměr je suchý, je umístěn ve vzduchu, jehož vlhkost měříme. Druhý teploměr je mokrý, je obalen mokrým materiálem, z něhož se odpařuje voda a odebírá teplo. Pokud bude vzduch 100% nasycen, bude rozdíl teplot teploměrů nulový. Výsledná vlhkost se určí podle vzorce:

$$v_s - v_m = \frac{p_m'' - p_s'}{Ap_b} \Rightarrow \varphi = \frac{p_m''}{p_s''} - \frac{Ap_b}{p_s''} (v_s - v_m)$$

Kde v_s – teplota suchého teploměru, v_m – teplota mokrého teploměru a

p_b – atmosférický tlak jsou naměřené hodnoty, A je konstanta platná, pokud je rychlost proudění $< 2,5\text{m/s}$. Hodnoty p_m'' , p_s' jsou odečteny z psychrometrické tabulky.

Kazetový – snadno přenosný psychrometr je v podstatě plastová krabice na videokazety, do které jsou zevnitř pomocí gumových oček připevněny dva teploměry. Pod jedním z nich je malá nádobka na vodu. Do nádobky je namočena knotová punčoška, jejíž horní konec je nasazen na dolní konec teploměru. Vodu v tomto kazetovém psychrometru nekonzervujeme acriflavinem, protože jde o množství vody, která se odpaří během jednoho až dvou dnů. Stěna krabice na videokazety, na níž je připevněn vlhký teploměr, je opatřena mřížkou, aby odpařování vody z punčošky vlhkého teploměru probíhalo stejně jako ve volném prostoru a nedocházelo tak ke zkreslení měřených hodnot teploty a následně i relativní vlhkosti vzduchu.



Obr.1: Psychrometr domácí výroby [4]

S měřením vlhkosti vzduchu psychrometry vlastní výroby máme již asi půlroční dobré zkušenosti. Psychrometrické měření relativní vlhkosti vzduchu při troše zkušeností a pokud máme teploměry, měřící s přesností alespoň 0,5 °C, se totiž nemůže odchýlit od skutečnosti více jak o 5 %. Na (obr.1) je zobrazen kazetový psychrometr. [4]

Na obrázku (obr.2) je vidět průmyslově vyráběný psychrometr. Liší se od domácího vyrobeného přesností měření vlhkosti. Jako snímače teplot se používají NTC odporové senzory teploty. Výstupní kabel obsahuje Almeno konektor, to znamená, že ho může rovnou zapojit do Datalogeru, který bývá přenosný a umožňuje nám zaznamenat naměřené hodnoty nebo připojení k PC.



Obr. 2: Psychrometr FH A846 od firmy Ahlborn [5]

1.2 Kapacitní snímač

Absorpci vody v polymerních materiálech využívají i kapacitní čidla. Sledovanou veličinou je u nich změna kapacity kondenzátoru, v němž je dielektrikem polymer. Jedna z elektrod je děrovaná, umožňující okolnímu vzduchu kontakt s polymerním dielektrikem. Přestože je množství absorbované vody poměrně malé, díky její velké dielektrické konstantě jsou změny kapacity měřitelné: řádově činí 0,1 % z celkové kapacity na každé %RH. Tyto senzory se vyrábějí také s integrovaným zpracováním signálu, kdy výstupem je místo kapacity mnohem přijatelnější elektrické napětí, nebo dokonce digitální rozhraní. Kapacitní senzory se vyznačují malou závislostí údaje na teplotě, odolností vůči kondenzaci, dobou odezvy řádu desítek sekund, přesností v jednotkách %RH, poměrně dobrou odolností proti chemikáliím a vyšším teplotám, malými rozměry a v neposlední řadě nízkou cenou. Na (obr.3) je zobrazen kapacitní snímač vlhkosti typ FHA646.



Obr. 3: Kapacitní senzor FHA646 [5]

1.3 Ostatní senzory vlhkosti

V následujících podkapitolách jsou popsány další metody měření vlhkosti vzduchu. Ať se jedná o nejstarší nebo nejnovější senzory vlhkosti. Metody popsané v kapitole 1.1 a 1.2 jsou používány při výuce měřicí techniky 2 na Technické univerzitě v Liberci.

1.3.1 Odporový vlhkoměr

Odporový senzor využívá změnu vodivosti, která u některých hygroskopických (vodu pohlcujících) materiálů doprovází absorpci vody. Dunmorovo provedení používá polyvinylalkohol s přídavkem chloridu nebo bromidu lithného. Přívodní elektrody jsou platinové, provedené jako dvojitá spirála z drátu na válci z izolantu nebo jako dva hřebínky napařené na keramickém podkladu. Aby se předešlo polarizaci elektrod, je nutné měřit střídavým napětím. Ačkoliv změna vodivosti pokrývá jenom třetinu až pětinu celkového rozsahu relativních vlhkostí 0 až 100 %, různé koncentrace lithné soli umožňují měřit v různých pásmech. Senzor je citlivý na orosení (kondenzaci) a nelze ho použít při vyšších teplotách, přesto si udržuje své postavení zejména díky velké přesnosti (desetiny %RH) a poměrně dobré stabilitě.[6]

1.3.2 Vlasový vlhkoměr

Na (obr.4) je zobrazen mechanický analogový (ručkový) vlhkoměr nabízený firmou I&CS spol. s.r.o.



Obr. 4: Analogový vlhkoměr [8]

Vlasové vlhkoměry jsou upravené přírodní materiály (lidské vlasy, koňské žíně, hedvábní) i některé syntetické produkty (nylon či butyrát celulózy). Jsou schopny absorbovat ve své struktuře určité množství vody úměrné relativní vlhkosti okolí. Absorpce je doprovázena změnou rozměru, která se převádí mechanismem na výchylku ručky nebo pisátka. Metoda patří k historicky nejstarším. [6]

1.3.3 Kondenzační vlhkoměr

Kondenzační vlhkoměr patří k velmi přesným měřidlům, předstihuje ho pouze gravimetrická metoda. Sestává se z termoelektricky chlazeného kovového zrcátka, jehož odrazivost se snímá opticky. Orosení způsobuje výraznou změnu odrazivosti a zpětná

vazba zmenšuje či zvětšuje intenzitu chlazení, aby se zrcátko udržovalo mírně orosené. Teplota zrcátka se pak měří platinovým odporovým teploměrem. Alternativou k optickému sledování zrcadla je použití krystalového rezonátoru, jehož rezonanční frekvence je ovlivněna kondenzací vodní páry na jeho povrchu. Za zmínku stojí i starší varianta, kdy se ochlazování zrcátka dosahovalo odpařováním éteru a pozorovatel odečetl teplotu v okamžiku, kdy zaznamenal kondenzaci. Kondenzační vlhkoměr se pyšní z principu dlouhodobou stabilitou, odolností proti chemikáliím a velkou přesností.[6]

1.3.4 Gravimetrický vlhkoměr

Gravimetrický vlhkoměr představuje z metrologického hlediska absolutní standard. Jeho princip je jednoduchý – vhodné sušidlo absorbuje vodní páru ze známého objemu vzduchu a zjišťuje se přírůstek jeho hmotnosti. Měření je ovšem zdlouhavé, zejména při malé vlhkosti, přístroj značně nákladný a použitelný pouze v laboratorních podmínkách. Slouží především k ověřování a kalibraci dalších standardů.[6]

2 Způsoby regulace vlhkosti

Při měření vlhkosti nás zajímá relativní i absolutní vlhkost a rosný bod. Absolutní vlhkost je definována jako hmotnost vodní páry v jednotce objemu vzduchu. Její jednotka je g/m^3 . Relativní vlhkost je poměr skutečného a maximálního obsahu vody ve vzduchu. Udává se v %RV nebo %RH. Dalším měřítkem vlhkosti vzduchu je teplota, na kterou je třeba měřený vzorek ochladit, aby byl vodní párou nasycen. Při této teplotě začíná vodní pára kondenzovat, proto dostala poetický název rosný bod. Jednotkou je Celsiův stupeň, popř. Kelvin.

2.1 Snižování vlhkosti

2.1.1 Speciální materiály

Ceresit funguje jednoduchou metodou, založenou na principu samočinného jímání vlhkosti pomocí speciálních hygroskopických solných krystalů. Krystalky soli mají schopnost absorbovat vlhkost a přeměnit ji na kapalný roztok, který se shromažďuje ve spodní nádobce plastového přístroje. Krystalky soli (chlorid vápenatý) jsou přitom zkomprimovány do tvaru tablety. Tablety mají větší absorpci vlhkosti a lépe se s nimi manipuluje než s peletami. První kapky vody jsou v odvlhčovači vzduchu vidět už po 24 hodinách. Po zhruba 30 dnech je už ze vzduchu odebráno 600 gramů vody. Na obrázku (obr.5) je vidět Ceresit Stop na pohlcování vzdušné vlhkosti a na obrázku (obr.6) je náhradní tableta. [3]



Obr. 5: Ceresit Stop [3]

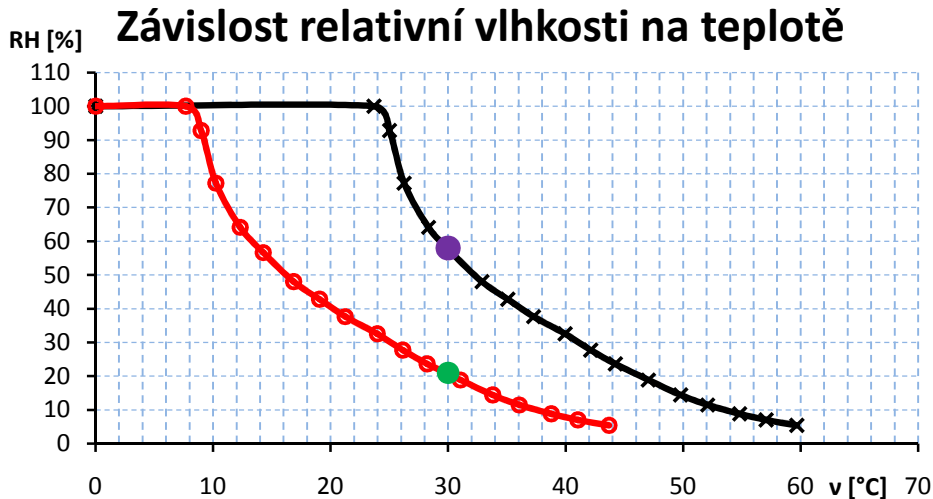


Obr. 6: Tablety Ceresit [9]

2.1.2 Teplotní snižování vlhkosti

Z grafu (graf 1) je vidět, že když bude teplota 30°C a relativní vlhkost 58% (fialový bod), a začneme ochlazovat prostředí, tak nám relativní vlhkost poroste až do 100% (pohybujeme se po černé křivce vlhkosti). Následně nám začne pára kondenzovat.

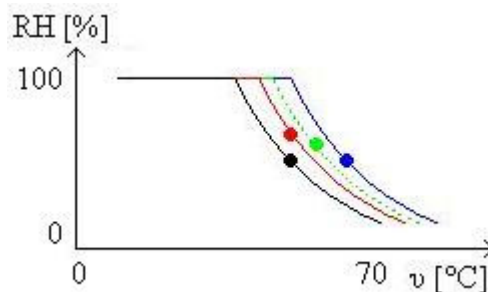
Kdybychom ji zamrazili a následně začali ohřívat, tak bychom se začali pohybovat po červené křivce vlhkosti. Z toho je patrné, že se při teplotě 30°C dostaneme na relativní vlhkost 21% (zelený bod). Tento termodynamický děj je energeticky náročný.



Graf 1: Termodynamický děj

2.2 Zvyšování vlhkosti

Zvyšování vlhkosti není složitý děj, energeticky je tento děj méně náročný než-li snižování vlhkosti. Stačí nechat jen vypařovat do okolí vodní páru a přirozeně se nám začne zvyšovat relativní vlhkost. Na obrázku (obr.7) je vidět zvyšování vlhkosti. Zvyšování začíná v černém bodě, když přidáme páru, tak se nám zvýší relativní vlhkost. Ale nepřesuneme se přímo do červeného bodu, protože se nám zvedne i teplota prostředí. Kdyby se nám zvedla jen teplota, tak bychom se dostali do modrého bodu. Ale protože když přidáme páru, tak se nám zvedne teplota i vlhkost, a proto se dostaneme do zeleného bodu.

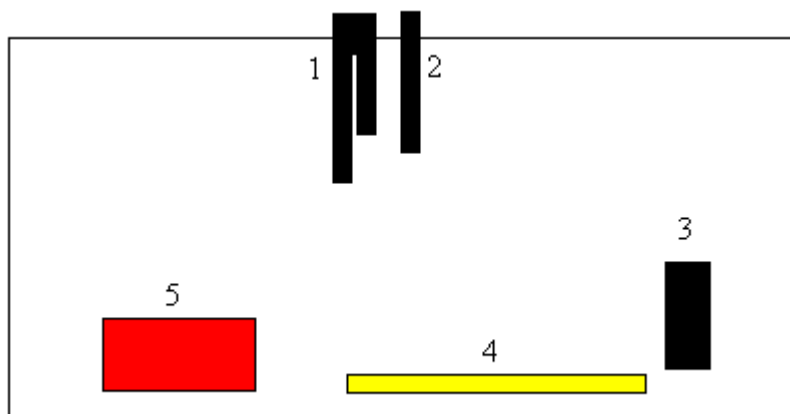


Obr. 7: Zvyšování vlhkosti

3 Technické prostředky pro testování čidel vlhkosti

3.1 Měřicí komora

V laboratoři měřicí techniky na technické univerzitě v Liberci je použito na měřicí komoru pro testování čidel vlhkosti vzduchu akvárium se zavíracím víkem. V měřicí komoře (Obr.8) jsou umístěny tyto věci: 1 - psychrometr, 2 - kapacitní snímač, 3 – ventilátor, 4 – topná spirála, 5 - zvlhčovač.



Obr. 8: Uspořádání měřicí komory

V měřicí komoře slouží pro zvyšování teploty topná spirála. Ventilátor vytváří v uzavřeném prostoru stejnou teplotu. Zvlhčovač byl hlavním cílem této práce, slouží k zvyšování vlhkosti vzduchu. Vlhkost se zvyšuje odpařováním vody, která se ohřívá.

3.2 Měření teploty

Teplota je jedna ze základních jednotek soustavy SI, její jednotkou je 1 Kelvin. V Evropě je zvyklé udávat teplotu ve stupních Celsia, v USA se používá stupeň Fahrenheita. Mezi jednotlivými stupnicemi existují vzorce na přepočet. Nejnižší teplota je 0K, což odpovídá teplotě $-273,15^{\circ}\text{C}$. Převod z $^{\circ}\text{C}$ na K platí vzorec:

$$T = t + 273,15 \quad [\text{K}, ^{\circ}\text{C}]$$

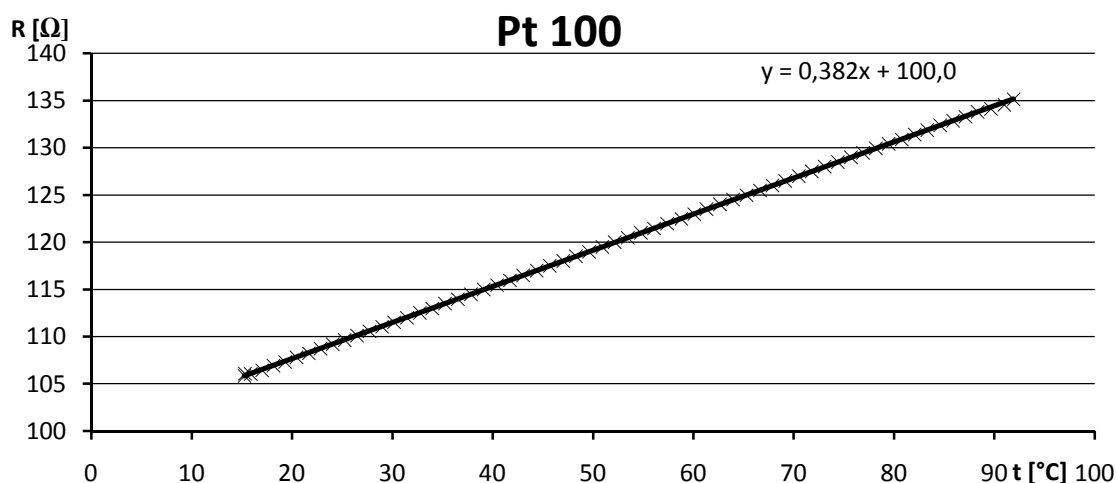
Pokud chceme převádět teplotu ze $^{\circ}\text{C}$ na Fahrenheita, platí tento vzorec:

$$T = \frac{9}{5}t + 32 \quad [^{\circ}\text{F}, ^{\circ}\text{C}]$$

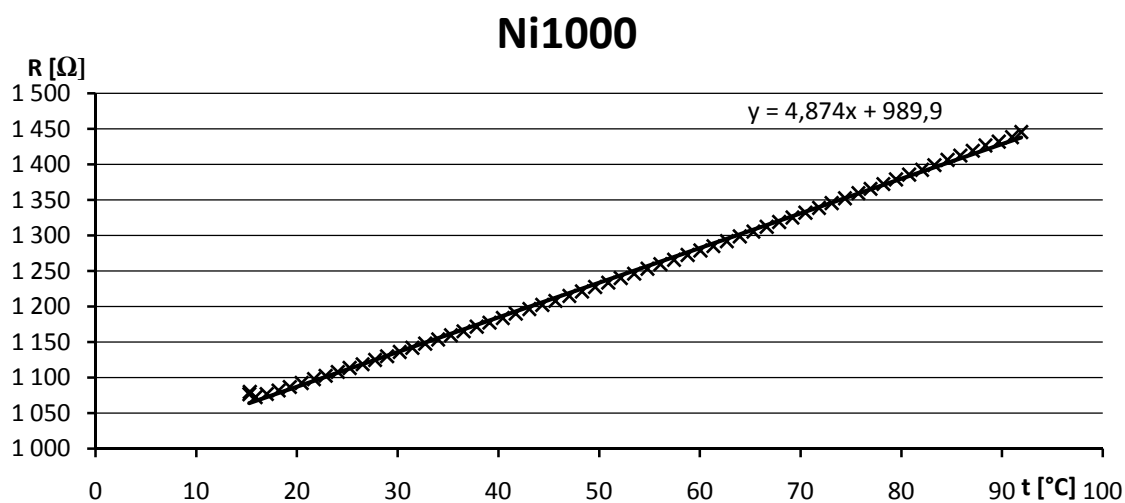
Zařízení na měření teploty se nazývá teploměr. Měření teploty jde rozdělit na dotykové a bezdotykové. Dotykové měření spočívá v kontaktu měřeného tělesa a teploměru. Bezdotykové měření je prováděno pyrometry, pokud jde o zobrazující bezdotykový teploměr, nazývá se termovizí.

3.2.1 Odporové elektrické senzory

Tato skupina jde rozdělit na kovové – odporové senzory teploty a na polovodičové – termistory. Mezi kovové patří snímače Pt100, Pt1000 a Ni1000. Snímač teploty Pt100 je odporový platinový senzor, jmenovitý odpor je $R_0 = 100\Omega$ při teplotě 0°C . Teplotní součinitel odporu je α . Teplota 0°C je označena t_0 a teplota při měření je t . Platina se používá, protože prokazuje velký teplotní součinitel, časovou stálost a chemickou odolnost. Niklové senzory, označované Ni1000 se používají, protože mají ještě větší teplotní součinitel, jsou levnější, citlivější, ale mají větší zakřivení charakteristiky. Toto zakřivení je patrné i na přiložených grafech (graf 2, graf 3) převodních charakteristik čidel Pt100 a Ni1000.



Graf 2: Převodní charakteristika senzoru Pt100

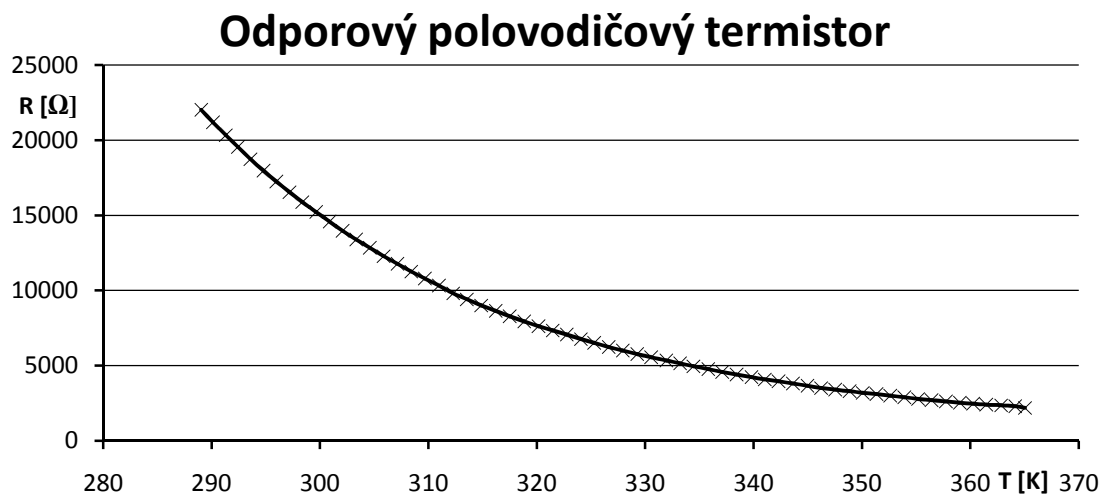


Graf 3: Převodní charakteristika senzoru Ni1000

Dalším senzorem teploty je termistor, který patří mezi polovodičové snímače. Termistory se vyrábějí z oxidu různých kovů (Mn, Co, Ni, Cu, Ti, U, aj.), jež se rozemele na prášek, přidají se další příměsi a pojidlo a poté se za vysokého tlaku slisuje na žádaný tvar a spéká při vysoké teplotě (přes 1000 °C). Výrobek se nechá zestárnout, aby se jeho vlastnosti stabilizovaly. Lisuje se do tvaru tyčinek, perliček, korálek, kotoučků nebo podložek malých rozměrů.[11] Termistory se dají rozdělit na NTC a PTC. NTC znamená, že s teplotou jejich odpor klesá exponenciálně podle vztahu:

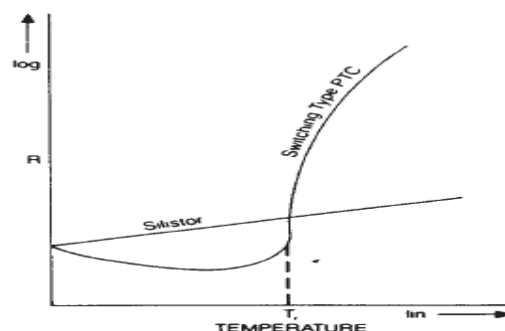
$$R = R_0 e^{-B\left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}\right)}$$

Koeficient R_0 udává odpor termistoru při teplotě $T_0 = 25^\circ\text{C} = 298,16\text{K}$, protože převodní charakteristika termistoru se udává podle vztahu $R = f(T)$. Kde B je energiovaná konstanta termistoru. T je teplota, pro kterou chceme znát odpor termistoru. Na grafu (graf 4) je převodní charakteristika termistoru.



Graf 4: Převodní charakteristika termistoru

Pro termistor typu PTC je charakteristika odlišná od NTC, jak je vidět na příloženém obrázku (obr.9).

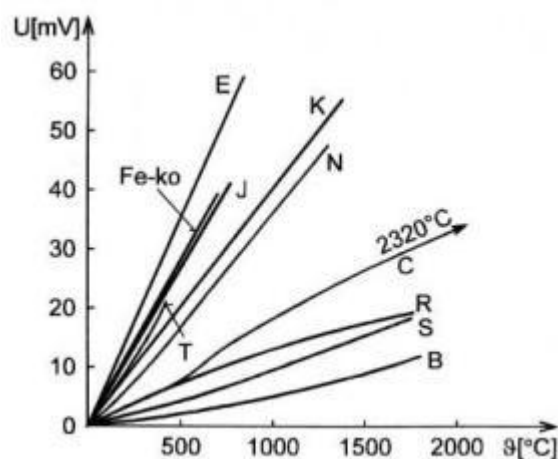


Obr. 9: Převodní charakteristika PTC termistoru [1]

PTC termistory se používají jako ochranné obvody, slouží jako vratné teplotní pojistky. Jejich charakteristika nemění svůj odpor do určité teploty, ale jak překoná mezní teplotu, tak jeho odpor strmě stoupá, což má za následek zmenšení proudu v obvodu a tím dojde k ochraně obvodu. Po vychladnutí termistoru se obvod vrátí do normálního provozního režimu.

3.2.2 Termočlánky

Termočlánek je založen na Seebeckově jevu. Jev je vznik napětí, který nastává při teplotních rozdílech mezi dvěma rozdílnými kovy nebo polovodiči. To způsobuje nepřetržité proudění elektronů, pokud vodiče vytvoří uzavřený obvod. Vzniklé napětí je v řádu několika mikrovoltů na stupeň Celsia. Inverzním jevem k Seebeckově jevu je Peltierův jev. Na obrázku (obr.10) je vidět statická charakteristika termočlánků. Na první pohled je patrné, že každý typ termočlánku má jiné napětí při stejné teplotě. [11]



Obr. 10: Statická charakteristika termočlánků [2]

Termoelektrické napětí se dá dopočítat podle vztahu:

$$U = \int_{T_1}^{T_2} (S_A(T) - S_B(T)) dT$$

S_A a S_B jsou Seebeckovy koeficienty pro kovy použité v termočlátku, jsou teplotně závislé a nelineární. Teploty T_1 a T_2 jsou teploty spojů kovů.

3.3 Polohování dvířek, koncové spínače

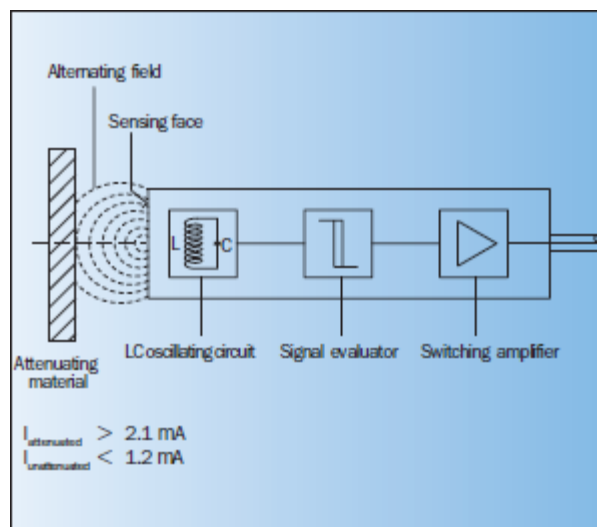
Pro ovládání dvířek zvlhčovače byl použit stejnosměrný motorek s převodovkou, označený GM12-N20VA-07280/298, který byl koupen jako celek ve firmě GM Electronic. Bližší specifikace jsou uvedeny v příloze na 43 straně. Detailní popis mechanických převodů je rozebrán v podkapitole 4.1.

Koncové spínače lze rozdělit na kontaktní a bezkontaktní. Mezi kontaktní spínače se dají zařadit mechanické spínače a tlačítka. Pro sepnutí nebo vypnutí potřebují kontakt s hlídaným objektem. Na obrázku (obr.11) je zobrazen mikrospínač, který by šel použít jako koncový spínač.



Obr. 11: Mikrospínač s rolnou [7]

Do skupiny bezkontaktních koncových spínačů patří indukční a kapacitní senzory. Na obrázku (obr.12) je blokově nakreslen princip přibližovacího indukčního senzoru.

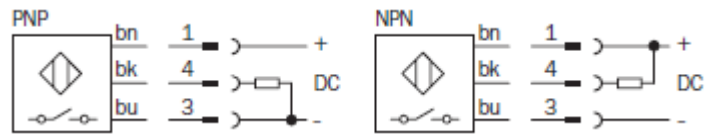


Obr. 12: Blokové schéma indukčního snímače [9]

Induktivní snímač obsahuje LC oscilátor, komparátor a spínací zesilovač. LC oscilátor generuje vysokofrekvenční střídavé elektromagnetické pole, které je vyzařováno z čela senzoru. Pokud se v blízkosti čela objeví feromagnetický předmět, tak oscilátor sníží frekvenci. Pokud frekvence klesne pod určitou mez, tak komparátor přepne spínací zesilovač, výstupní stav senzoru se změní.

V této bakalářské práci byly použity jako koncové spínače indukční čidla. Prokazují dobrou odolnost vůči okolí a velkou spolehlivost. Induktivní čidla použitá v této práci jsou od firmy SICK a jsou v miniaturním provedení, přesné označení čidla je SICK IM05-0B8NS-ZW1. Průměr čidla je 5mm a dlouhé je 25mm. Použitý senzor

má NPN výstup, v normálním stavu je sepnutý. Na obrázku (obr.13) jsou vidět 2 typy výstupu, pro čidla ve tří vodičovém zapojení. Dělají se provedení jak NC, tak NO pro výstupy NPN i PNP.



Obr. 13: Zapojení indukčních čidel [9]

Na obrázku (obr.14) je zobrazeno použité čidlo v této práci.

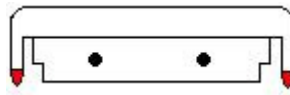


Obr. 14: Použité indukční čidlo [9]

4 Konstrukce přípravku

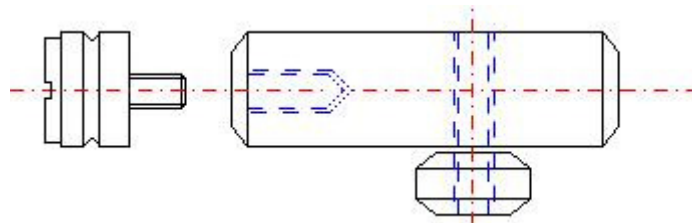
4.1 Mechanické uspořádání

Úkolem bylo vytvořit odolnou krabičku pro keramickou vaničku, která bude mít otvírací dvířka. Pro konstrukci krabičky byl zvolen nerezový plech z důvodu odolnosti vůči korozi, protože krabička bude umístěna ve velmi vlhkém prostředí. Po změření rozměrů vaničky byl navržen rozměr krabičky. Její velikost je 61x65x103mm s tím, že ve vzdálenosti 67mm od jedné stěny se vytvořila přepážka. Má za úkol ochránit konektory před vlhkostí. Tato krabička je sešora uzavřena teflonovou destičkou. Tato destička je úmyslně vyrobena z teflonu, aby po ní mohla přímo jezdit dvířka s minimálním třením. Nákres teflonového víčka je na obrázku (obr.15).



Obr. 15: Nákres teflonového víčka

Zaoblené výstupky na krajích teflonu mají funkci vedení dvířek. Z vrchu krytu je výřez 30,5x35mm na odpar vody při otevřených dvířkách. V teflonovém víčku jsou zabudovány úchyty indukčních čidel. Tato čidla se dají nastavit o ± 2 mm na každou stranu. Induktivní čidla jsou zašroubována ve válečku a pomocí šroubku se dají posouvat. Na obrázku (obr.16) je zobrazen princip úchytu indukčních čidel.



Obr. 16: Úchyt čidla

Na pohon dvířek je použit stejnosměrný motorek se zabudovanou převodovkou. Označení motorku je GM12-N20VA-07280/298, napájení je 5V. Výstupní hřídel motoru se otočí 20 min^{-1} . Na výstupní hřídel motoru byl našroubován pastorek. Pastorek byl kousen v modelářských potřebách. Průměr díry v pastorku je závit M3, který má po obvodě 12 zubů. Pastorek je z mosazi. Protože žádný prodejce pastorku nebyl schopen udat modul zubů, musel se na takto malém pastorku změřit experimentálně. Pastorek se usadil na závitovou tyč a do modelíny se otiskly zuby z pastorku. Na deseti zubech se změřila rozteč. Tímto způsobem došlo ke zmenšení

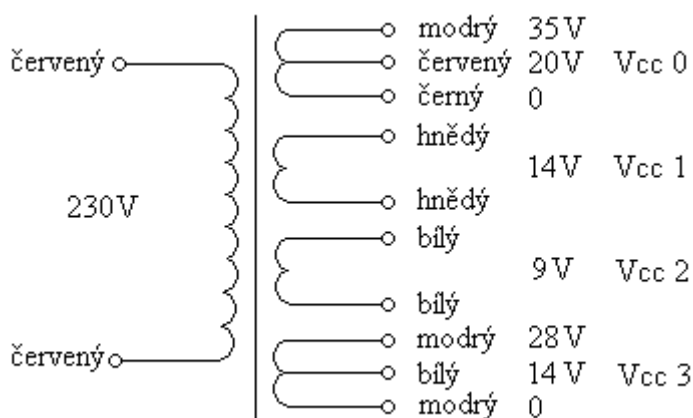
chyby měření, než kdyby se změřily jen 2 zuby mezi sebou, jak se to dělá u klasických pastorků. Následně se na soustruhu vyrobil hřeben. Materiál pro výrobu hřebenu byl zvolen dural, protože pro mechanické soukolí se doporučuje volit jiné materiály hřebenu a pastorku. Zuby se zužovaly a prohlubovaly tak dlouho, dokud v nich nejezdil pastorek volně. Když se povedlo vyrobít hřeben přesně na pastorek, tak se musel vyrobit kryt tohoto spoje. Kryt nám drží motor v dané poloze a ještě navádí hřebínek do zubů pastorku. Kryt byl vyroben z mosazné tyče. Pomocí soustruhu byl obroben na obdélníkový tvar. Následně se do něj svrtaly díry.

4.2 Elektronické uspořádání

V následujících podkapitolách popíši jednotlivé bloky elektrického schématu. Schéma se dá rozdělit na napájecí, vyhodnocovací a řídicí část.

4.2.1 Napájecí část

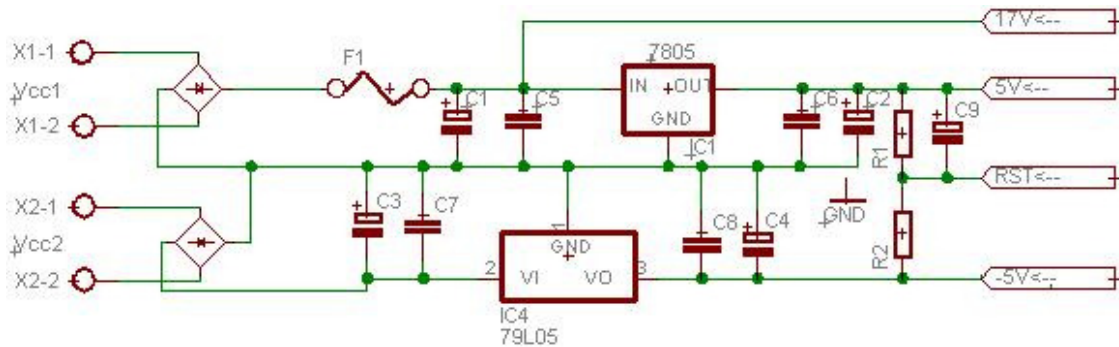
V této bakalářské práci je několik zdrojů napětí, jak stabilizovaných, tak střídavých pro napájení topné spirály a snímače hladiny. Základem všech zdrojů je transformátor, který má jednu primární cívku a čtyři sekundární cívky, dvě z nich mají odbočku. Na obrázku (obr.17) je schematicky nakreslen použitý transformátor s označením sekundárních napětí pro snadnější orientaci ve schématu.



Obr. 17: Rozložení transformátoru

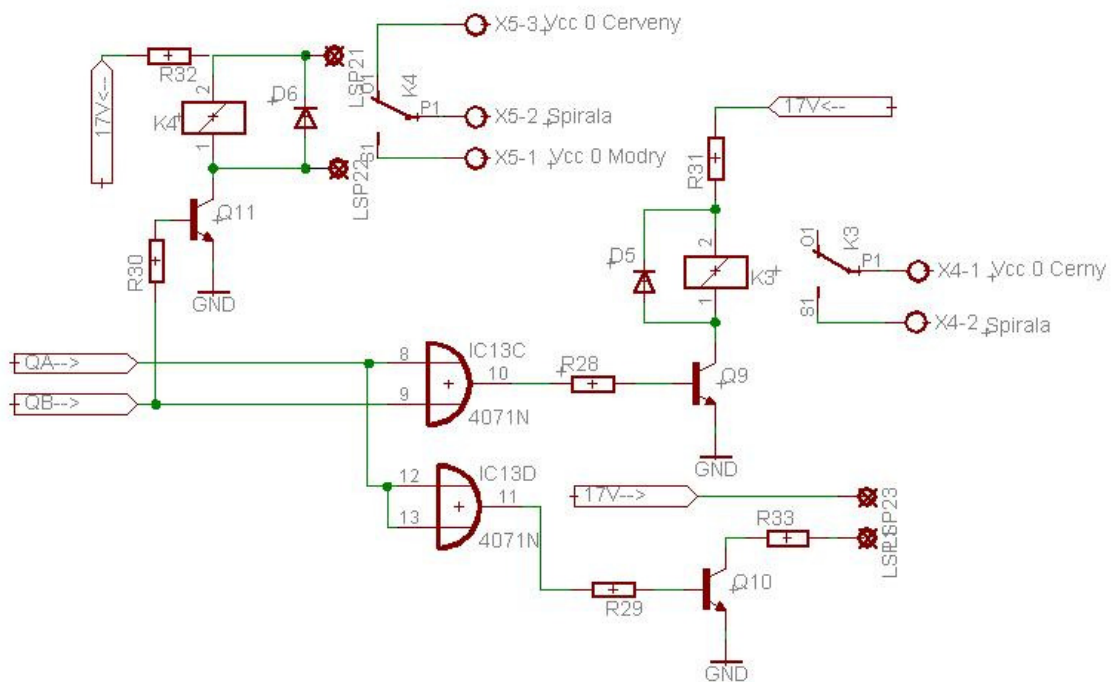
Na obrázku (obr.18) je schéma zapojení stabilizovaného zdroje napětí +5V a -5V s resetačním obvodem. Stabilizátory jsou napájeny přes usměrňovače ze zdrojů Vcc1 a Vcc2. Stabilizátory jsou zapojeny podle doporučeného zapojení od výrobců. Kondenzátory C1 až C4 jsou filtrační. Kondenzátory C5 až C8 slouží jako odrušovací. Resetační obvod slouží k nastavení výstupu integrovaných obvodů do počátečního stavu po zapnutí, tím pádem se integrované obvody nemohou dostat do nedefinovaných stavů.

Po zapnutí se objeví na svorce RST krátký impuls, po odeznění přechodového děje bude na svorce RST 0V vůči zemi.



Obr. 18: Zapojení stabilizovaných zdrojů a resetačního obvodu

Na obrázku (obr.19) je zapojení topné spirály. Topná spirála je napájena ze svorek Vcc0. Podle navoleného výkonu je spirála napájena buď 35V nebo 20V. Nebo se na spirálu nepřivádí žádné napětí, to když nemáme puštěný ohřev vody.



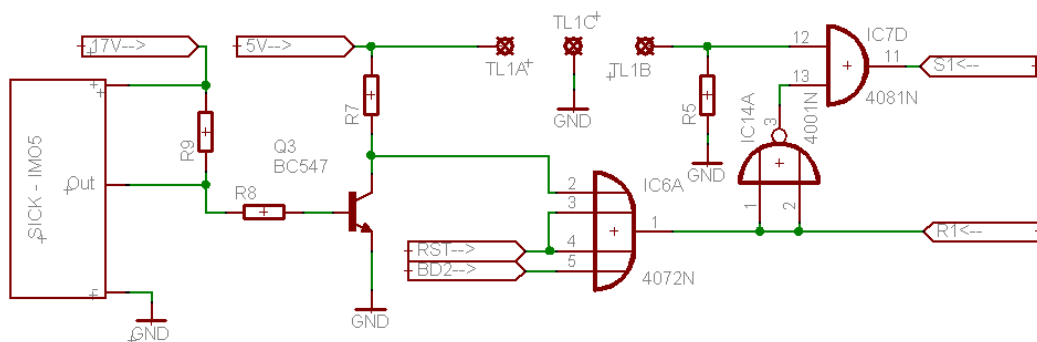
Obr. 19: Zapojení topné spirály

Pro napájení snímače hladiny je použito svorek Vcc3. Používá se napětí 28V, které je odolnější na okolní rušení.

4.2.2 Vyhodnocovací část

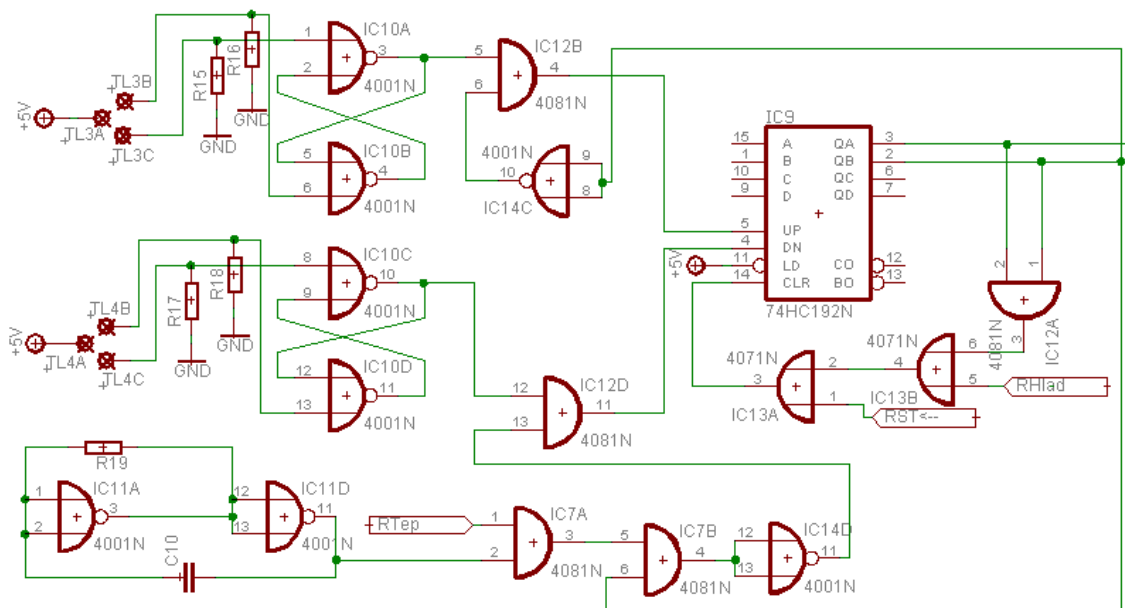
Na obrázku (obr.20) je zapojení vyhodnocovací části pro otevírání dvířek zvlhčovače. Stejné zapojení je i pro zavírání. Pokud je čidlo zakryté plechem, tak se na jeho výstupu objevuje skoro napájecí napětí. Když jsou dvířka úplně otevřena, tak je

v krycím plechu díra, která překllopí čidlo a tím se na jeho výstupu objeví 0V, proto se zavře tranzistor Q3 a na vstupu logického hradla OR přijde 5V. Podle pravdivostní tabulky se tato změna přenese na výstup hradla. Proto se dostane signál R1 do logické 1. Dvířka nám nejdou znovu otevřít z důvodu blokace hradlem AND. Na jeho vstupy přivádím signál z tlačítka a negování R1. Zároveň toto slouží jako ochrana motoru před zničením. Protože kdyby nešla dvířka dále otvírat a motor se točil, došlo by k jeho přetížení a následnému zničení. Tlačítko má přepínací kontakt, aby byl jasně určen vstupní signál hradla AND. Na logickou 0, když je tlačítko neseptnuté, a na logickou 1, když je tlačítko sepnuté.



Obr. 20: Schéma zapojení vyhodnocování dvířek

Na obrázku (obr.21) je zobrazeno schéma ovládání čítače 74HC193N.



Obr. 21: Schéma zapojení čítače 74HC193

Podle datasheetu pro správnou funkci obousměrného synchronního binárního čítače 74HC193N musí být splněna kritéria podle tabulky (tab.1).

Tab. 1: Zapojení pinů čítače [13]

OPERATING MODE	INPUTS								OUTPUTS					
	MR	\overline{PL}	CP _U	CP _D	D ₀	D ₁	D ₂	D ₃	Q ₀	Q ₁	Q ₂	Q ₃	\overline{TC}_U	\overline{TC}_D
count up	L	H	↑	H	X	X	X	X	count up				H ⁽²⁾	H
count down	L	H	H	↑	X	X	X	X	count down				H	H ⁽³⁾

Uvedu zde příklad pro správnou funkci čítání nahoru (count up). Vývody označené jako \overline{PL} , CP_D musí být připojeny na logickou 1, což odpovídá 5V. Vývod MR se musí připojit na zem, tím se na něho přivede log. 0. Na pin označený CP_U je přivede pulz, při náběžné hraně se výstup čítače zvětší o 1 hodnotu výš. Symboly x u vstupů D₀ až D₄ znamenají, že pro funkci čítání je jejich stav nezávislý. Piny \overline{TC}_U a \overline{TC}_D jsou signalizací přetečení čítače.

Aby nedocházelo ke špatnému čítání, musí být tlačítka na vstupu ošetřena proti zákmitům. Ošetření tlačítek lze provést několika způsoby, rozdělil bych je na hardwarové a softwarové řešení. Protože v této bakalářské práci není použit žádný mikroprocesor, tak odpadá softwarové řešení. Proto jsem zvolil ošetření tlačítka pomocí RS klopného obvodu složeného z hradel NOR. V tabulce (tab.2) je zapsána pravdivostní tabulka RS klopného obvodu z hradel NOR.

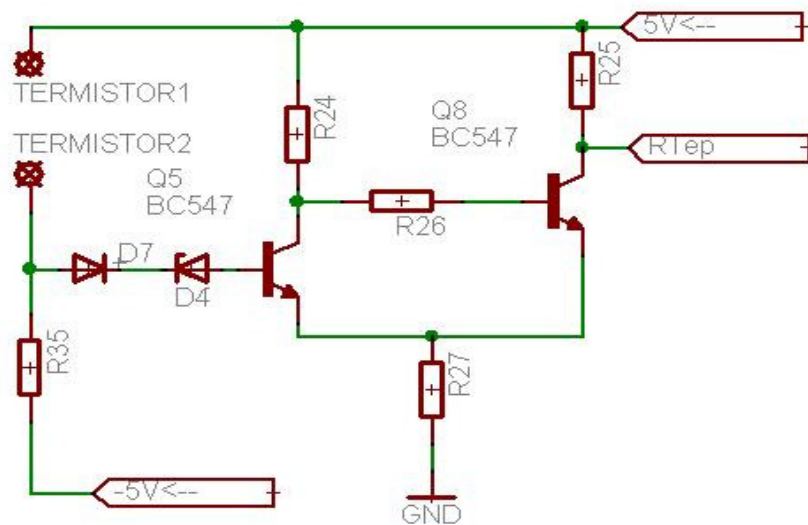
Tab. 2: Pravdivostní tabulka RS klopného obvodu [12]

R	S	Q	\overline{Q}	Poznámky
0	0	Q _n	Q _n	Předchozí stav
0	1	1	0	
1	0	0	1	
1	1	0	0	Zakázaný stav

V základním stavu je na vstupy čítače CP_U a CP_D přiváděna logická úroveň 1 z negovaných výstupů RS klopných obvodů ošetřující zákmit. Zápis na výstup probíhá vždy v okamžiku puštění tlačítka. Pokud je nastaven výstup čítače na nulu, reaguje obvod jen na tlačítka přidávající výkon. Při stisku tlačítka ubrat se na výstupu čítače objeví hodnota 1111, která automaticky resetuje čítač, aby nešlo pouštět výkony obráceně. Výkon se dá nastavit na nižší nebo vyšší úroveň. Výkon se dá snížit pomocí tlačítka ubrat nebo automaticky. Automaticky se snižuje výkon W2 na W1 při dosažení teploty vody v nádobce na 85°C. Potom už nejde ani manuálně přidat na výkon W2. Pokud klesne hladina pod danou mez, automaticky snímač hladiny resetuje čítač, který nelze spustit dříve, než se doplní kapalina. Tato funkce je jako ochrana topné spirály

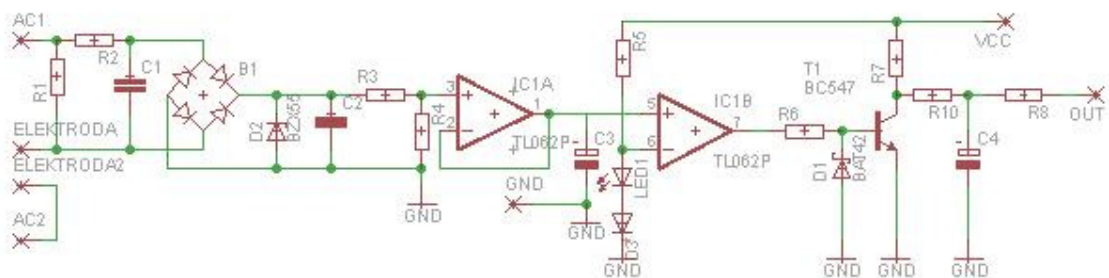
před zničením. Je zřejmé, že pokud by šlo pustit ohřev vody bez kapaliny, spirála by se neměla čím ochlazovat a přehřívala by se a došlo by k jejímu zničení.

Na obrázku (obr.22) je nakreslené schéma zapojení omezovače teploty. Jako měřící člen se používá NTC termistor. Jeho odpor $R_0 = 10\text{K}\Omega$. Termistor je napájen ze stabilizovaných zdrojů +5V a -5V. V sérii s termistorem je rezistor, který omezuje proud termistoru na maximálně 1mA. Jako mez nastavující úroveň pro sepnutí je použit Schmittův klopný obvod, složený z tranzistorů. Výstup klopného obvodu nám ovládá pin CP_D na čítači. Na schématu (obr.21) tento signál vstupuje jako R_{Tep} .



Obr. 22: Schéma zapojení teplotní indikace

Posledním vyhodnocovacím členem je snímač hladiny. Jeho schéma zapojení je na obrázku (Obr.23).



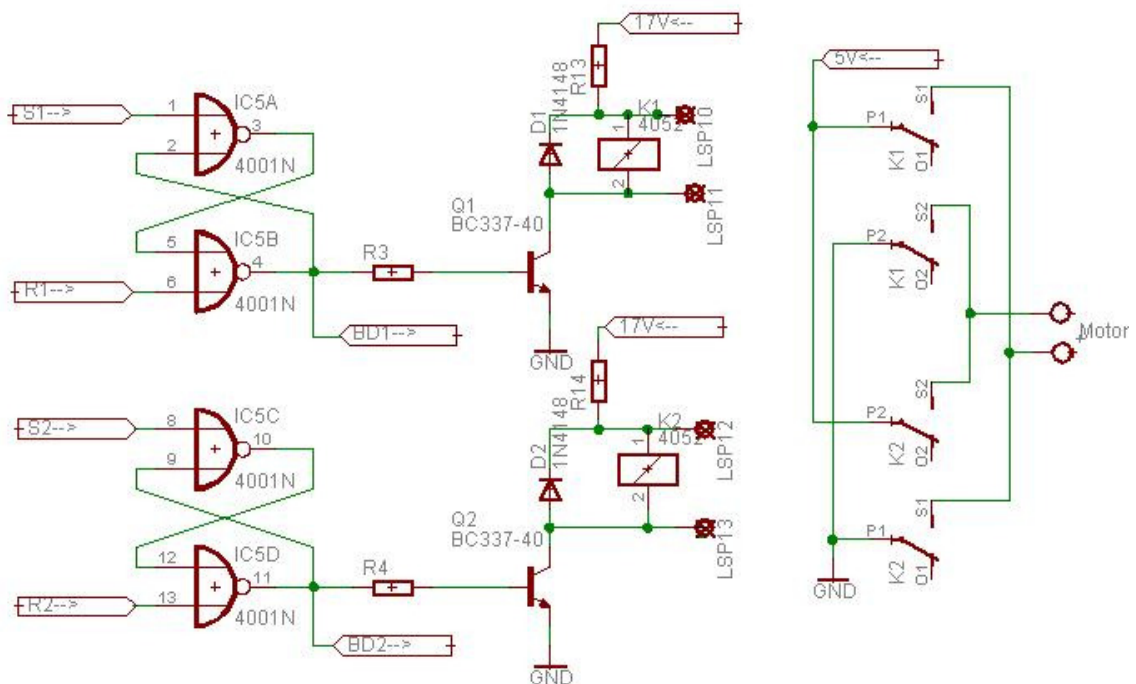
Obr. 23: Schéma zapojení indikace hladiny

S tímto prvkem byly při realizaci problémy s konektorem. Nejdříve použitý konektor vykazoval špatné izolační vlastnosti mezi kontakty, proto se přidal ještě BNC konektor, který má dobré izolační vlastnosti. Pro napájení elektrod z nerezového drátu je zapotřebí střídavé napětí, které zamezí nežádoucí elektrolýze a zanášení elektrod. K tomuto účelu

nám krásně poslouží napájecí svorky Vcc3, kde je použito 28V, protože vyšší napětí není tolik náchylné na rušení.

4.2.3 Řídící část

Jako řídicí obvod pro elektromotor slouží 2 klopné obvody typu RS. Z výstupu těchto obvodů se ovládají tranzistory, které spínají relátka. Pomocí těchto prvků zajišťují chod stejnosměrného motorku nalevo i napravo, jak je vidět na obrázku (obr.24).



Obr. 24: Řídící část motoru

Řízení výkonu je vyřešeno pomocí čítače 74HC193N. Pomocí výstupů QA a AB se ovládají přes tranzistor relátka, které nám vytvoří napětí na spirále 0, 20 nebo 35V. Na obrázku (obr.19) je schéma zapojení, kde je vidět, že paralelně k cívkám relátek jsou zapojeny kontrolky výkonů W1 a W2.

5 Realizace přípravku

5.1 Montáž součástek do krabice

5.1.1 Výběr krabice

Při výběru vhodné krabičky byly nejdůležitějšími parametry rozměry a odolnost, protože je potřeba zamontovat do krabice transformátor o velikosti zhruba 10x10x10 cm a DPS, která je velká 13x20cm. Rozhodoval jsem se mezi krabičkou od firmy Fibox, která byla z hliníku, a plastovou montážní krabicí od firmy ABB. Nakonec jsem vybral plastovou krabici. Byla asi šestkrát levnější a pro potřeby této práce je úplně dostačující. Přesné označení je ABB krabice IP55 s hladkými stěnami a nízkým šroubovacím víkem, její rozměry jsou 320x240x110mm.

5.1.2 Osazení krabice

Před samotnou montáží součástek do krabice bylo potřeba udělat otvory pro vypínač, tlačítka, kontrolky, napájecí konektor, držák pojistky, vývodky, nožičky, distanční sloupky a šrouby na připevnění transformátoru. Po rozmístění všech součástí se začaly dělat otvory. S kulatými otvory nebyl problém, protože se vyvrtaly pomocí vrtáků. Maximálně bylo potřeba dopilovat malý zářez pro držák pojistky, aby se při výměně pojistky neprotácel. Při výrobě čtvercových a obdélníkových otvorů bylo zvoleno prolisování plastu. Z nástrojové oceli se vybrousil nůž a pomocí stojanové vrtačky se plast prolisoval do požadovaného tvaru. Bylo to rychlejší a přesnější než otvory vyřezávat vylamovacím nožkem. Po vytvoření všech otvorů se začala krabice osazovat a propojovaly se jednotlivé součásti. Celý panel je vidět na obrázku (obr.25).

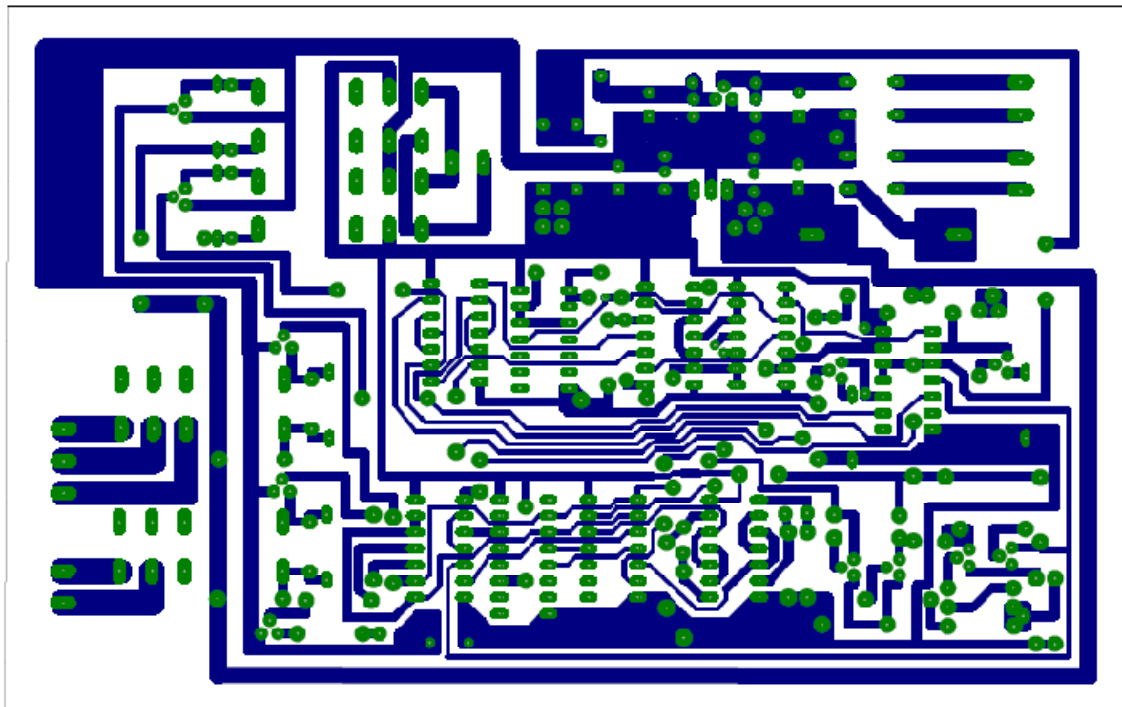


Obr. 25: Rozložení ovládacího panelu

Na závěr se nechal v reklamní agentuře vyrobit popis krabice. Dostal jsem všechna slovní spojení na přenášející folii, nezbylo nic jiného než si udělat tužkou rysky a slova přenést na krabici. Na závěr se strhla přenášející fólie a na krabici zůstal popis z černých písmen.

5.2 Plošné spoje

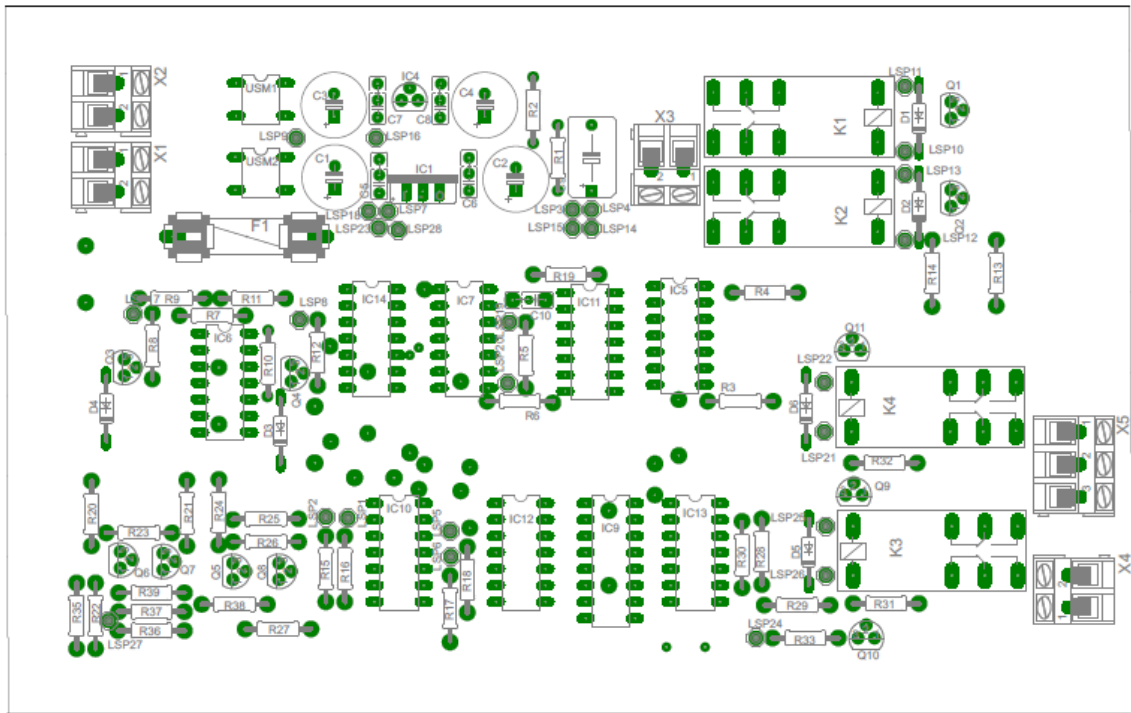
Po návrhu a odzkoušení elektrického schématu na nepájivém poli jsem přistoupil na realizaci DPS. Desku jsem navrhl v programu EAGLE. V schematic editoru jsem překreslil elektrické schéma zapojení a definovala se pouzdra všech použitých součástek. Následně jsem ze schematic editoru otevřel layout editor. V layoutu jsem poskládal součástky a propojil je příslušnými cestami. Když byla celá deska navržena, tak jsem si vytiskl na průhlednou plastovou fólii zrcadlově obrácený návrh desky, jak je vidět na obrázku (obr.26).



Obr. 26: Předloha pro výrobu DPS

Mezi dvě skla jsem vložil cuprexit s fotocitlivou vrstvou a onu vytištěnou fólii. Pomocí výbojky z horského sluníčka, která byla ve vzdálenosti 35cm od desky, jsem provedl osvit předlohy. Trval 5minut. Následně jsem osvícenou desku ponořil do vaničky, ve které byl 1,5% hydroxid sodný. Deska byla smáčena tak dlouho, až nebyl na osvícených místech vidět fotolak. Potom byla deska důkladně omytá vodou. Následně jsem vložil desku do vaničky, ve které byla směs vody, kyseliny

chlorovodíkové a peroxidu vodíku. Deska zůstala v roztoku až do vyleptání. Následně se deska opět důkladně omyla. Pomocí acetonu jsem smyl fotolak. Pomocí štětečku jsem nanesl na desku kalafunový lak pro snadnější pájení. Po zaschnutí laku jsem přistoupil k vyvrtání otvoru do DPS. Používal jsem vrtáky o průměru 0,8mm a 1,25 mm, podle průměru nožiček součástek. Na obrázku (obr.27) je vidět osazovací plánek desky plošných spojů, podle kterého došlo k osazování.



Obr. 27: Osazovací plánek DPS

Nyní jsem mohl přistoupit k pájení. Při montáži součástek jsem postupoval podle osazovacího plánu. Osazoval jsem od nejmenších součástek, jako jsou odpory a kondenzátory, po větší jako jsou tranzistory a patice na integrované obvody. Když jsem dokončil osazování desky, tak jsem celou desku umyl acetonem. Následně jsem ji ošetřil ochranným lakem. Deska ovladače zvlhčovače vzduchu se oživila a zamontovala do krabice.

6 Testování čidel vlhkosti

Vyzkoušení přípravku proběhlo dne 22.4.2009 v laboratoři A-TK8. Do měřicí komory se dala topná spirála, ventilátor pro rovnoměrný rozvod tepla, teploměr, zhotovený přípravek, psychrometr a kapacitní senzor vlhkosti vzduchu. Teplota byla na počátku v měřicí komoře 25°C. Barometrický tlak byl 963hPa. Psychrometr FN A846 ukazoval $\varphi_p = 92,8\%$. Kapacitní senzor FH A646-1 ukázal $\varphi_k=97,3\%$. Z těchto parametrů se dopočítala absolutní vlhkost Φ_p' a Φ_k' pro oba senzory. Pomocí tohoto vzorce se dopočítala hustota vzduchu:

$$\rho = \frac{\rho_0 * P_b}{1 + 0,0036 * v_0 * P_0} = \frac{1,276 * 96300}{1 + 0,0036 * 25 * 100000} = 1,127 \text{ kg/m}^3$$

Absolutní vlhkost Φ_p' pro psychrometrický senzor se spočítá podle vzorce:

$$\varphi = \frac{\Phi'}{\Phi''} \Rightarrow \Phi_p' = \frac{\varphi * \Phi''}{100} = 21,38 \quad v_r = 23,7^\circ\text{C}$$

Absolutní vlhkost Φ_k' pro kapacitní senzor se spočítá podle vzorce:

$$\varphi = \frac{\Phi'}{\Phi''} \Rightarrow \Phi_p' = \frac{\varphi * \Phi''}{100} = 22,42 \quad v_r = 24,49^\circ\text{C}$$

Hodnoty Φ'' je hodnota absolutní vlhkosti z tabulek nasyceného vzduchu. V tabulce (tab. 3) jsou dopočítány hodnoty relativní vlhkosti vzduchu pro psychrometrický senzor pro teploty od teploty rosného bodu do 60°C, což zhruba odpovídá měřenému rozsahu.

Tab. 3: Teoreticky dopočtené hodnoty relativní vlhkosti pro psychrometr

v [°C]	23,7	25	30	35	40	45	50	55	60
φ_p [%]	100,00	92,80	70,40	53,97	41,80	32,67	25,74	20,48	16,42

V tabulce (tab. 4) jsou dopočítány hodnoty relativní vlhkosti vzduchu pro kapacitní senzor pro stejný teplotní rozsah jako psychrometrický.

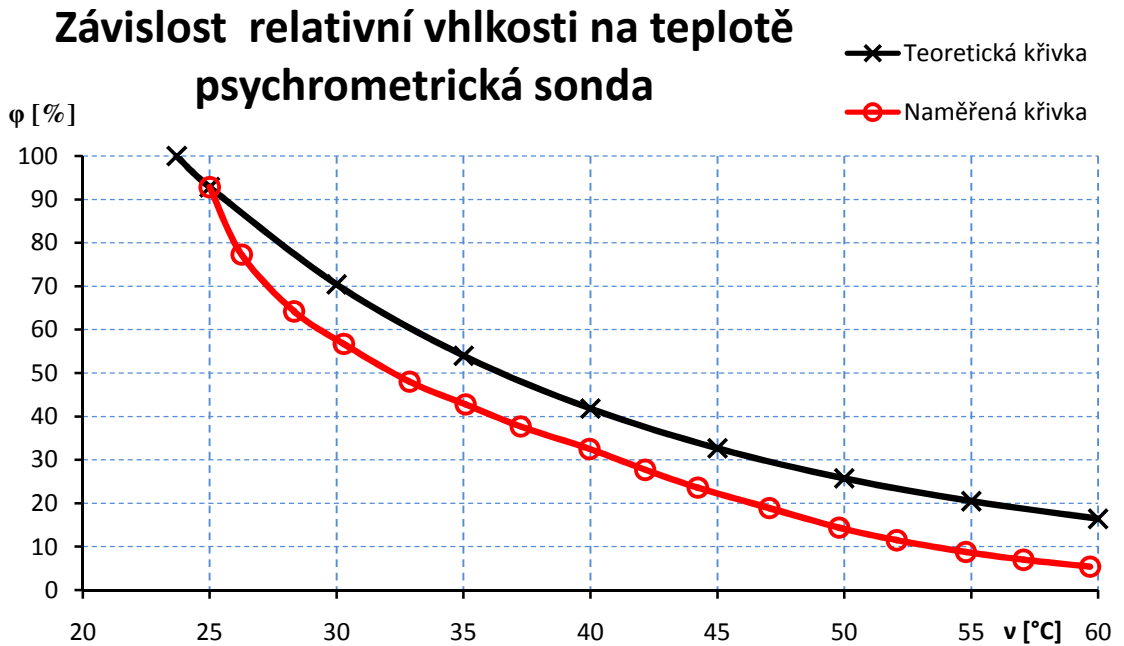
Tab. 4: Teoreticky dopočtené hodnoty relativní vlhkosti pro kapacitní senzor

v [°C]	24,49	25,00	30,00	35,00	40,00	45,00	50,00	55,00	60,00
φ_k [%]	100,00	97,30	73,82	56,58	43,83	34,26	26,99	21,47	17,22

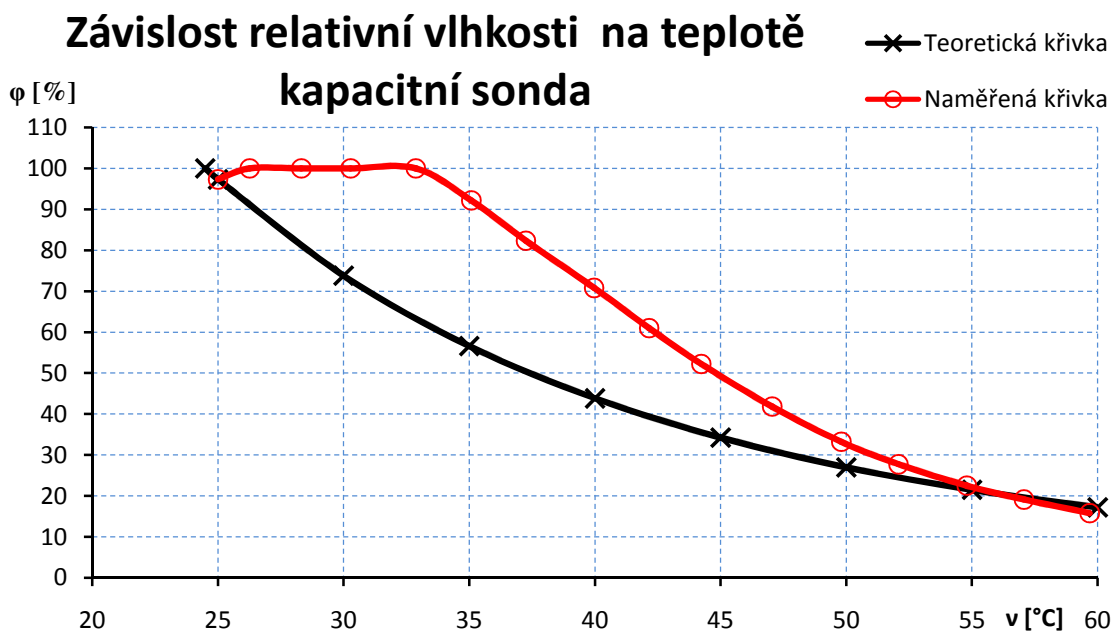
V tabulce (tab. 5) jsou naměřené hodnoty relativní vlhkosti vzduchu v měřicí komoře v závislosti na teplotě vzduchu. Hodnoty s indexem p jsou pro psychrometrickou sondu a hodnoty s indexem k jsou pro kapacitní senzor.

Tab. 5: Naměřené hodnoty vlhkosti

v [°C]	25	26,26	28,32	30,28	32,87	35,08	37,25	39,96
ϕ_p [%]	92,8	77,3	64,2	56,7	48	42,8	37,7	32,5
ϕ_k [%]	97,3	100	100	100	100	92,2	82,3	70,8
v [°C]	42,15	44,23	47,05	49,8	52,07	54,79	57,06	59,68
ϕ_p [%]	27,7	23,6	18,9	14,4	11,5	8,8	7	5,4
ϕ_k [%]	61	52,2	41,8	33,2	27,7	22,5	19,1	15,8



Graf 5: Vlhkost naměřená psychrometrickou sondou



Graf 6: Vlhkost naměřená kapacitním snímačem

Závěr

Cílem této bakalářské práce byla realizace přípravku pro testování čidel vlhkosti vzduchu a testování dostupných čidel vlhkosti vzduchu.

Realizovaný vzorek zvlhčovače pracuje správně. Během prvních pokusů nastal problém s měřením hladiny. Tento problém způsoboval konektor, který s vlhkostí měnil izolační odpor mezi kontakty, kde se místo megaohmových hodnot objevoval odpor v řádu kiloohmů. Po nahrazení konektoru tyto problémy zmizely.

Během testování čidel nastal stav, kdy se na elektrodě kapacitního snímače vysrážela voda, proto, jak je vidět na grafu 6 na stránce 38, nestačilo čidlo reagovat na změny relativní vlhkosti vzduchu. Z výsledků psychrometrického snímače je vidět, že dochází k dopravnímu zpoždění. Psychrometr slušně kopíroval teoretickou křivku. Rozdíl psychrometrického snímače od teoretické křivky mohl být způsoben nedokonalým uzavřením měřicí komory okolo přívodních vodičů a použitím vatové podložky pod topnou spirálou, která mohla pohlcovat vzdušnou vlhkost. Možná by stálo za uvážení lépe dořešit měřicí komoru a odstranit vatou podložku pod spirálou, aby nedocházelo k absorpci páry. Obecně platí, že psychrometrický snímač je lepší používat pro měření malých relativních vlhkostí vzduchu, naopak kapacitní senzor je lepší používat pro vysoké hodnoty relativní vlhkosti vzduchu.

Literatura

- [1] Daďo S., Bejček L., Platil A., *Měření průtoku a výšky hladiny*, Praha: Technická literatura BEN, 2002
- [2] Daďo S., Kreidl M. *Měřicí převodníky fyzikálních veličin*. Skriptum ČVUT FEL. Praha 1990.
- [3] Klíma M., *Nový systém pohlcování nadměrné vlhkosti*. [cit.10.3.2009].
Dostupné z : <<http://www.stavimedum.cz/article.jsp?art=456&catId=2>>
- [4] Tuša I, *Měření relativní vlhkosti vzduchu*. [cit. 18.2.2009]. Dostupné z :
< <http://ivantusa.webpark.cz/udelej/psychrometry.html>>
- [5] Ahlborn CZ. *Vlhkoměry* [cit. 8.4.2009]. Dostupné z:
<<http://www.ahlborn.cz/cs/kategorie/vlhkomery/>>
- [6] Odborné časopisy, AUTOMA č. 11, 2003 *článek Vlhkoměry*. [cit 5.3.2009].
Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=28979>
- [7] GM electronic, Servomechanismy, *datasheet Motor*, [cit 5.11.2008]. Dostupné z:
<http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/671/671-002/czn.671-002.1.pdf>
- [8] I&CS spol. s. r. o., *Vlhkoměry*, [cit 22.3.2009]. Dostupné z:
< <http://www.e-pristroje.cz/vlhkomery.html>>
- [9] Sick, *Inductive Proximity Sensors*, datasheet IM05-0B8NO-ZW1, [cit 2.1.2009].
Dostupné z:< <https://www.mysick.com/saqqara/pdf.aspx?id=im0007580>>
- [10] Slavik P. – Muj shop, *Ceresit*, [cit 7.3.2009]. Dostupné z:
<<http://www.muishop.eu/ceresit-stop-vlhkosti-p-3653.html>>
- [11] Wikipedie, *Termoelektrický jev*. [cit 6.3.2009]. Dostupné z:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Termoelektrick%C3%BD_jev>
- [12] Novák. O, *Přednášky z Číslicové elektroniky*, verze 2008. Dostupné z:
< <http://visper.ite.tul.cz/vyuka/course/view.php?id=5>>
- [13] Philips, Data sheet 74HC193N, [cit. 5.3.2009]. Dostupné z:
< <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet2/5/0q1sogsx0al6s1ark2kd60hdrpfy.pdf>>

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

PŘÍLOHY BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Konstrukce přípravku pro testování čidel vlhkosti vzduchu

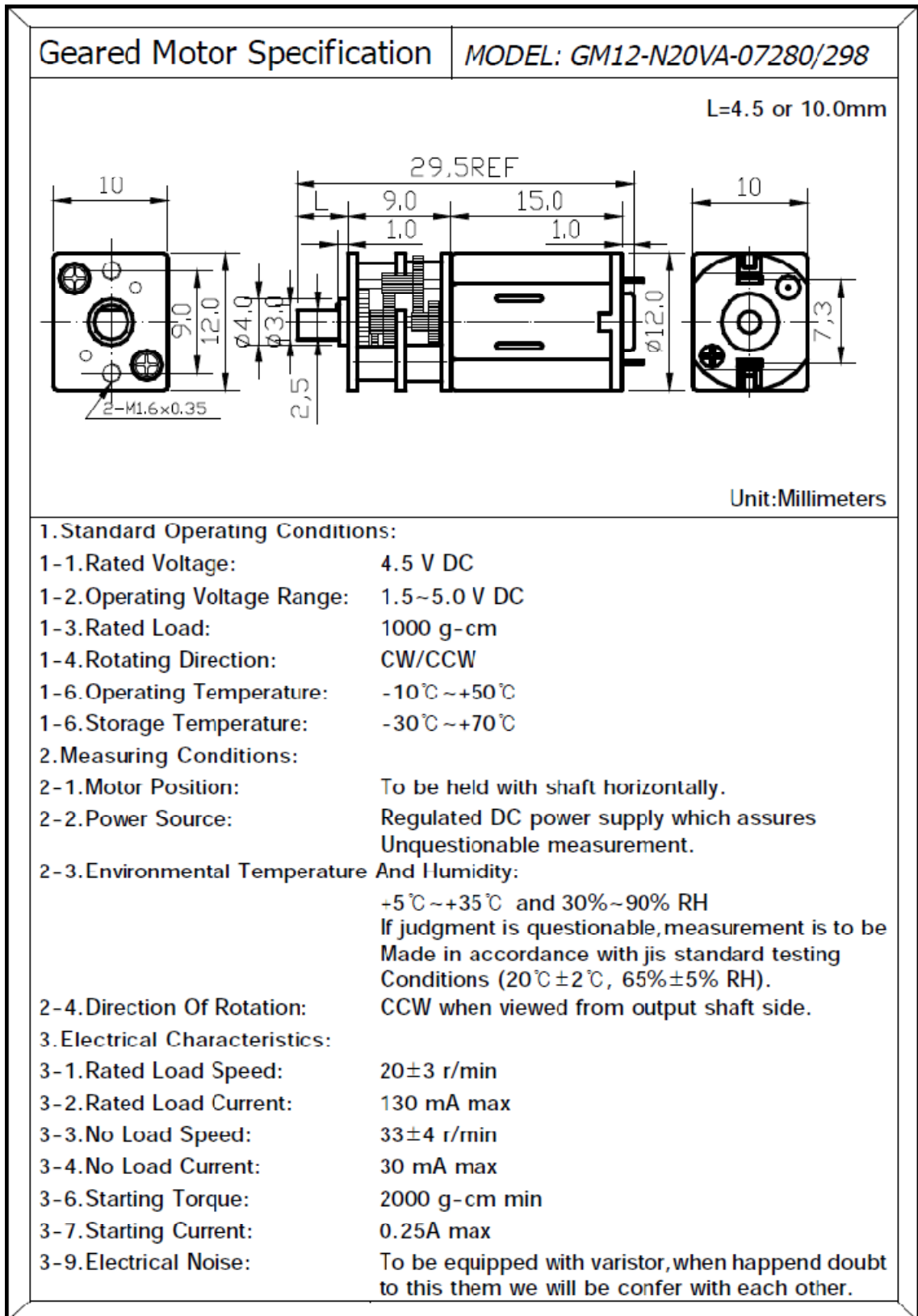
Jiří Zvěřina

Rozsah příloh bakalářské práce: 3 strany

Seznam příloh

A Datasheet Motorku s převodovkou	43
B Datasheet Induktivních čidel	44
Přílohy v elektronické formě	CD

A Datasheet Motorku s převodovkou



B Datasheet Induktivních čidel

IM 05 Miniature

Inductive Proximity Sensors



Highlights

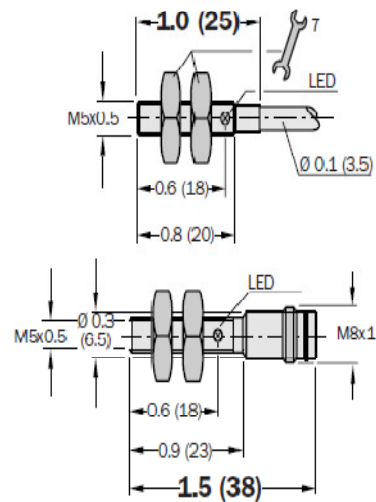
- Shielded
- PNP or NPN output
- Normally open/normally closed function
- High switching frequency
- Short circuit protection (pulsed)
- Robust brass housing, nickel-plated with fine thread M5 x 0.5 mm
- Cable or connector
- Enclosure rating IP 67
- LED status indicator

IM 05 Miniature



Dimensional Drawing

dimensions in inches (mm)



Accessories	page
Cables and connectors	908

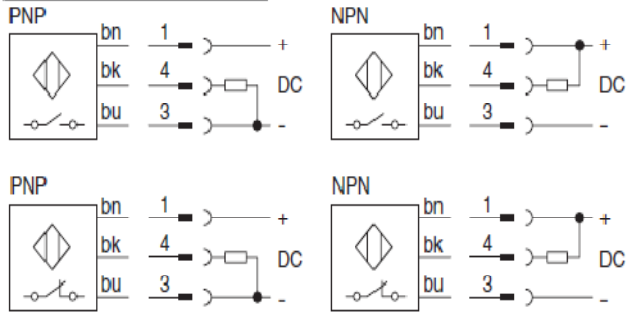
Electrical and Mechanical Data

Operating voltage U_b	10...30 V DC
Ripple U_{pp}	$\leq 20\%$ of U_b
Voltage drop U_b	≤ 2.0 V max. at $I_a = 200$ mA
Power consumption (without load)	10 mA
Continuous current I_a	≤ 200 mA
Time delay before availability t_v	≤ 10 ms
Hysteresis H	10% of s_T
Repeatability R (U_b and T_a constant)	$\leq 1.5\%$
Temperature drift	$\pm 10\%$ of s_T
EMC	to EN 60 947-5-2
Short circuit protection (pulsed)	Yes
Reverse polarity protection	Yes
Power-up pulse suppression	Yes
Enclosure rating to DIN 40050	IP 67
Shock and vibration stress	30 g, 11 ms, 10 to 55 Hz, 1 mm
Ambient temperature T_a	-13...158°F (-25...70°C)
Housing material	Brass, nickel-plated, plastic
Tightening torque	1.5 Nm
Connection cable	PVC, 3 x 0.14 mm ²

Selection Table

Sensing range S_n in (mm)	Installation in metal	Switching output	Output function	Switching frequency f in Hz	Connection type	Type	Part no.
0.02 (0.8)		PNP		5000	Cable 2 m	IM05-0B8PS-ZW1	6 011 591
0.02 (0.8)		NPN		5000	Cable 2 m	IM05-0B8NS-ZW1	6 020 155
0.02 (0.8)		NPN		5000	Cable 2 m	IM05-0B8NO-ZW1	6 020 157
0.02 (0.8)		PNP		5000	Connector M8 x 1 mm	IM05-0B8PS-ZT1	6 020 110
0.02 (0.8)		NPN		5000	Connector M8 x 1 mm	IM05-0B8NS-ZT1	6 020 158
0.02 (0.8)		PNP		5000	Connector M8 x 1 mm	IM05-0B8PO-ZT1	6 020 159

Connection Diagram



Wire color	Contact	Assignment
bn brown	1	+ V DC
bk black	4	NO/NC
bu blue	3	- V DC

