

VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA, STŘEDNÍ ŠKOLA,
CENTRUM ODBORNÉ PŘÍPRAVY



ABSOLVENTSKÁ PRÁCE

Návrh a výroba pneumatického čističe
karburátorů

Sezimovo Ústí, 2020

Autor: Lukáš Fiala



ZADÁNÍ ABSOLVENTSKÉ PRÁCE

Student: **Lukáš Fiala**
Obor studia: 26-41-N/01 Elektrotechnika – mechatronické systémy
Název práce: **Návrh a výroba pneumatického čističe karburátorů**
Anglický název práce: **The design and the manufacture of a pneumatic carburetor cleaner**

Zásady pro vypracování:

1. Popište moderní typ karburátoru značky Honda a vysvětlete problém s jeho zanášením.
2. Navrhněte prototyp pneumatického čističe a uveďte seznam dílů potřebných k jeho výrobě.
3. Navrhněte elektroniku modelu umožňující ovládní pneumatického čističe karburátorů a vytvořte program pro mikrokontroler Arduino, jenž bude řídit základní funkce tohoto čističe.
4. Podle předchozího návrhu vyrobte pneumatický čistič karburátorů a podrobte ho testování na servisovaných karburátorech. Závěr testování popište a uveďte reálný přínos prototypu.
5. Absolventskou práci vypracujte problémově ve struktuře odpovídající vědecké práci.

Doporučená literatura:

- [1] SELECKÝ, M. *Arduino - Uživatelská příručka*. Brno: Computer Press, 2016, ISBN 978-80-251-4840-2.
- [2] HILVERT, J. *Automobilové a motocyklové karburátory*. Bratislava: Alfa, 1978, ISBN 63-154-78

Vedoucí práce: Mgr. Bc. Miroslav Hospodářský, VOŠ, SŠ, COP
Sezimovo Ústí
Odborný konzultant práce: Ing. Martin Hás
Oponent práce: Ing. Jiří Roubal, Ph.D., VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí

Datum zadání absolventské práce: **1. 9. 2019**

Datum odevzdání absolventské práce: **15. 5. 2020**


Mgr. Bc. Miroslav Hospodářský
(vedoucí práce)




(ředitel školy)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou absolventskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

V Sezimově Ústí dne 1.6.2020



podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu absolventské práce panu Mgr. Bc. Miroslavovi Hospodářskému, za celkovou podporu a cenné rady a také mému výbornému kamarádovi Ing. Martinovi Hásovi za neocenitelnou pomoc při tvorbě veškeré elektroniky a softwaru pro tento projekt. Dále firmě Agrozet a.s. za poskytnutí zázemí pro výrobu a finální testování výrobku.

Anotace

Tato absolventská práce se zabývá návrhem, výrobou a testováním pneumatického čističe karburátorů z motorů značky Honda. Základním požadavkem je vytvořit jednoduchý a účinný prototyp čističe, který se bude využívat k čištění a vysoušení znečištěných karburátorů na servisním středisku Honda v Českých Budějovicích. Pro ovládání elektroniky je vybrán mikrokontroler Arduino. Práce stručně popisuje jeho programový kód spolu s popisem tvorby pneumatického a elektronického obvodu. Poslední částí práce je testování a zhodnocení účinnosti a reálného přínosu prototypu.

Klíčová slova: karburátor, ultrazvuková čistička, pneumatika, elektronika, software, mikrokontroler, návrh, automatizace

Annotation

This graduate thesis deals with the design, manufacturing and testing of a pneumatic carburetor cleaner from Honda engines. The basic requirement is to create a simple and efficient prototype cleaner, which will be used to clean and dry dirty carburetors at the Honda service center in České Budějovice. An Arduino microcontroller is selected to control the electronics. The work briefly describes its program code together with a description of the creation of pneumatic and electronic circuit. The last part of the work is testing and evaluating the effectiveness and real benefits of the prototype.

Key words: carburetor, ultrasonic cleaner, pneumatics, electronics, software, microcontroller, design, automation

Obsah

Seznam obrázků	vii
Seznam tabulek	viii
1 Úvod	1
2 Karburátor Honda	3
2.1 Karburátor Honda – stavba a popis částí	4
2.1.1 Hliníkové tělo	4
2.1.2 Plovákový prostor	6
2.2 Čištění karburátoru	7
2.2.1 Postup čištění karburátoru	7
2.2.2 Ultrazvukové čištění	8
3 Návrh čističe	10
3.1 Mechanická část	10
3.1.1 Tělo čističe	10
3.1.2 Pneumatický okruh	10
3.1.3 Elektronický obvod	13
3.1.4 Arduino + shield - ovládací platforma	15
3.1.5 Blokové schéma systému	17
3.2 Software	18
3.2.1 Tvorba programu	18
3.2.2 Popis softwaru	20
4 Vyhodnocení	22
4.1 Testování prototypu	26
4.1.1 Testování v reálném provozu	26

4.1.2	Vyhodnocení	27
5	Závěr	30
	Literatura	32
A	Obsah přiloženého CD/DVD	I
B	Použitý software	II
C	Časový plán absolventské práce	III

Seznam obrázků

2.1	Motor Honda GCV 160	4
2.2	Rozkres — karburátor GCV 160	5
2.3	Obsah plovákového prostoru	6
2.4	Karburátor v ultrazvukové lázni ENE-II-28-4L	8
2.5	Ultrazvuková čistička ENE-II-28-4L	9
3.1	Kompresor Aircraft Airstar 703/270/10H	11
3.2	Regulátor tlaku	11
3.3	Spínač ventilu	12
3.4	Pneumatické schéma	13
3.5	Schéma elektroniky vytvořené v EAGLE	14
3.6	Mikrokontroler Arduino	15
3.7	LCD keypad shield	16
3.8	Blokové schéma systému	17
3.9	Pokročilý program	18
3.10	Jednoduchý program	18
3.11	Ruční ovládání ventilů	19
3.12	Detail ovládacího shieldu	19
3.13	Diagram zdrojového kódu	21
4.1	Spínací deska	22
4.2	Napájecí zásuvka	23
4.3	Napájecí zdroj	23
4.4	Hotový prototyp	24
4.5	Hotový prototyp foto č.2	24
4.6	Hotový prototyp foto č.3	25
4.7	Karburátor vyjmutý z prototypu	28

Seznam tabulek

4.1	Kompletní výsledky testování	27
-----	--	----

Kapitola 1

Úvod

Čistota, průchodnost a správné dávkování – to jsou atributy, které udržují karburátor u zážehového motoru v optimální kondici a účinnosti. Takový karburátor vstřikuje do spalovací komory motoru přesný poměr směsi benzínu a vzduchu, která je nezbytná pro bezproblémový a stabilní chod. Největší podíl na čistotě a funkčnosti karburátoru má bezesporu kvalitní palivo. Dnešní doba však není k uživatelům spalovacích motorů příliš přívětivá.

Kvůli tlaku z nejvyšších institucí, jmenovitě orgány Evropské unie, ve velké části Evropy dochází k regulaci trhu s pohonnými hmotami, upravováním jejich složení a nařízení, kdy paliva musí obsahovat určitý podíl biosložek – biolihu. Biolíh je etanol získávaný z rostlinné produkce a záměrem EU je, aby v nejbližších letech část energie vznikající spalováním pohonných hmot pocházela z obnovitelných zdrojů.

V současnosti česká legislativa, která se ze zákona řídí evropskou normou ČSN EN 228, nařizuje výrobcům a distributorům benzínových paliv, aby podíl biolihu byl mezi 1 % až 5 %. Kromě toho se v dohledné době neustále uvažuje úprava legislativy, která by mohla zvýšit možný podíl bioložek v palivu až na 10 %. To však může představovat značné problémy pro mnoho odvětví, které používají k práci stroje či výrobky osazené spalovacími motory. Ať už běžní uživatelé či odborníci v oboru upozorňují na nárůst potíží a náchylnost moderních karburátorů na zanášení, ztrátu funkčnosti a celkovou „nechuť“ motoru zpracovávat benzín obohacený ve vysokém množství o biolíh. Největším problémem se v této situaci zdá být čas. Palivo, které je neodborně uskladněno nebo dokonce ve zbytkovém množství načerpáno do palivové soustavy, respektive karburátoru, začíná již po několika týdnech, kvůli vysoké vnímavosti bioetanolu k vodě a spolu s působením provozní vlhkosti, narušovat rovnovážný stav a dochází ke vzniku usazenin společně s vodnatěním paliva. Pokud uživatel stroje nepodnikne kroky k zabránění

tohoto efektu, např. přidáním stabilizátoru paliva, stačí, aby takto znehodnocený benzín zůstal v karburátoru po dobu měsíce až dvou a existuje velká pravděpodobnost, že motor při pokusu o start buď nechytne, nebo nebude pracovat správně. (RŮŽIČKA, T., 2010)

V tomto stavu již nezbývá nic jiného než servisní zásah na motoru, propláchnutí palivové soustavy, výměna za čerstvý benzín, a hlavně kompletní rozbor karburátoru, jeho čištění a následné vysušení. **Právě procesem závěrečného pročištění tlakem vzduchu a vysušením těla karburátoru se zabývá tato absolventská práce.**

Cílem této práce je nejen seznámit čtenáře se základní problematikou zanášení karburátorů a s procesem jejich údržby, ale hlavně vytvořit prototyp pneumatického čističe, který by měl usnadnit a zautomatizovat servisní služby na dílně malé mechanizace v servisním středisku AZ Centrum, a. s.

Primárním úkolem prototypu bude s pomocí stlačeného vzduchu vytvořit stabilní přetlak v čisticí komoře po dobu určenou obsluhou čističe. Předchozím stavem bylo, že servisní technik musel po vyprání karburátoru v ultrazvukové lázni karburátor fyzicky vzít k ofukovací pistoli a manuálně ho několik minut vysoušet. To zabíralo čas a zároveň se jednalo o nepříliš komfortní činnost, kterou se navíc při nesprávné manipulaci mohly poškodit citlivé části a mechanismy uvnitř těla karburátoru. Výsadou prototypu by mělo být pohodlné používání, šetření času servisního pracovníka a jeho sluchu, vzhledem k předpokladu, že obal čističe by mohl hlavní část hluku vypouštěného z pneumatických ventilů pohltit. V neposlední řadě je cílem také testování prototypu a zhodnocení reálného přínosu na čištěné karburátory. **Hlavní myšlenka zní, zda je účinnější na karburátor vytvořit souvislý tlak, který bude procházet rovnoměrně kolem těla a skrz něj ze všech stran najednou nebo zda se projeví některé neduhy související s návrhem prvního takového typu čističe.**

Struktura této práce, která je napsána v LATEXu (SCHENK, C., 2009), je následující. V Kapitole 2 je stručně popsán základní typ karburátoru Honda, který výrobce používá téměř na všechny své motory malé mechanizace ať už pro hobby nebo profesionální použití. Zároveň je zde popsán způsob čištění krok za krokem tak, jak to doporučují odborní zaměstnanci této renomované značky. Kapitola 3 se zabývá již samotným návrhem prototypu. Způsob kompletace, výběr součástí společně s popisem kompletního zapojení jak elektroniky, pneumatiky tak i stručný popis tvorby programu pro Arduino. V Kapitole 4 se autor zabývá oživením prototypu, vytvořením základních funkcí spolu s výsledným testováním čističe a popisem zjištěných nedostatků. Závěr práce je popsán v Kapitole 5 – obsahuje shrnutí poznatků a informace, jak fungoval prototyp v reálném provozu.

Kapitola 2

Karburátor obecně, je součástí zážehového spalovacího motoru, v němž dochází k přípravě zápalné směsi benzínu a vzduchu v potřebném množství a poměru podle zatížení motoru a jeho otáček. Hlavním úkolem karburátoru je dávkování a jemné rozprášení benzínu do proudu vzduchu nasávaného do spalovacího prostoru motoru sací komorou. (HILVERT, J., 1978).

Princip karburátoru je známý téměř 130 let a dlouhou dobu měl výhradní místo v motorech určených pro automobilový, motocyklový či strojírenský průmysl. Vzhledem ke své nepřesnosti a technické zastaralosti, spolu s příchodem tvrdých emisních limitů se od jeho používání upustilo a přešlo se na mnohem přesnější elektronicky řízené vstřikování paliva (SMOLKA, J., 2015). To však neplatí pro segment malé mechanizace.

V tomto odvětví karburátor, jako hlavní součást palivové soustavy svých motorů, osazují stále i přední světoví výrobci. K hlavním hráčům na většině kontinentů rozhodně patří i japonská Honda, jeden z největších a nejznámějších výrobců motorů v této kategorii na světě. Právě karburátor pro jednoválcové motory Honda bude v této kapitole detailněji popsán a pro tento typ karburátoru bude uzpůsoben i navrhovaný prototyp čističe. Jednoválcové motory řady GX a GCV mají široký záběr využití – pro své stroje si je vybírají výrobci elektrocentrál, čerpadel, pásových transportérů, sněhových fréz, kultivátorů, vyžínačů, motokár, motorových sekaček a mnoho dalších. Ať už mají motory různé, pro tuto práci nepřilíš podstatné specifikace, vždy obsahují téměř totožný typ karburátoru, lišící se pouze v drobných úpravách těla, uchycení a škrticí klapky.

2.1 Karburátor Honda – stavba a popis částí

Pro popis karburátoru a seznámení s jeho jednotlivými částmi použijeme klasický karburátor pasující do hojně užívaného typu motoru Honda GCV 160.



Obrázek 2.1: Motor Honda GCV 160

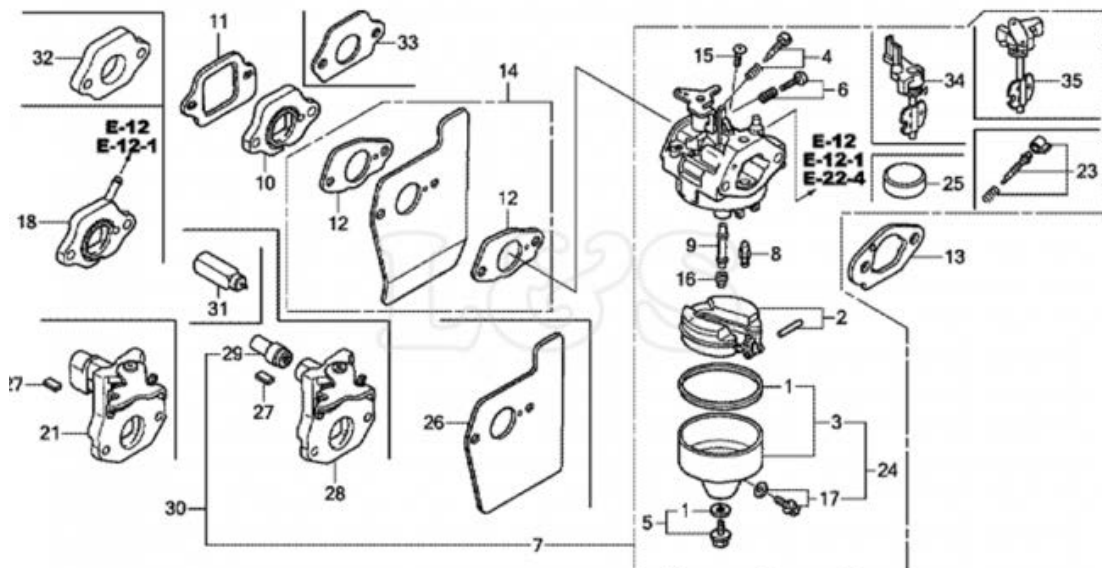
Základní rozdělení, kterým doslova rozpůlíme karburátor napůl, nám odhalí dvě hlavní části – hliníkové tělo karburátoru a plovákový prostor.

2.1.1 Hliníkové tělo

Hliníkové tělo obsahuje všechny důležité součásti zajišťující míchání směsi, toku vzduchu a vstřikování. Jedná se o hlavní trysku, vzdušník, trysku volnoběhu, dorazový šroub plynu, škrticí klapku, klapku sytiče a šroub bohatosti směsi. Při pohledu na stojící karburátor od motoru je nejdříve patrná škrticí klapka. Klapka je na hřídelce, která je vy-

vedena nad tělo a zde je napojena na táhlo vedoucí k regulátoru otáček. Ten je umístěn v zadní části motoru a stará se, jak již název napovídá, o regulaci otáček. Za škrticí klapkou je v těle umístěn šroub bohatosti směsi. Jedná se vlastně o našroubovanou trysku, jež vstříkuje konečnou směs k prostoru klapky. Zanesený šroub bohatosti směsi způsobuje nestabilní volnoběžné otáčky a celkově špatný výkon v nízkých otáčkách. To může způsobovat i další část karburátoru – tryska volnoběhu. Nachází se cca 10 mm od šroubu bohatosti směsi a je zodpovědná za konečnou přípravu poměru benzínu a vzduchu. (SMOLKA, J., 2015)

Přímo ve středu těla karburátoru se nachází dvě klíčové části. Hlavní tryska a vzdušník. Jsou umístěny v silném kanále směřujícím kolmo k zemi do prostoru plováku a při čištění těla karburátoru je nezbytné je demontovat. Při použití nekvalitního paliva či paliva s prošlou dobou životnosti se právě na těchto místech usazují slizovité látky a zbytky vyčpělého benzínu. To se pak projevuje špatným výkonem ve vysokých otáčkách motoru, nestabilními otáčkami či v nejhorším případě naprostou ztrátou funkčnosti dávkování paliva. Jako poslední je na cestě od motoru umístěna klapka sytiče. Ta se stará pouze o zvýšení podílu benzínu při studeném startu a trpí spíše na mechanické poškození či špatné nastavení lanovodu.



Obrázek 2.2: Rozkres — karburátor GCV 160

2.1.2 Plovákový prostor

Plovákový prostor již není tak složitý, jako tělo karburátoru. Obsahuje pouze plovák a jehlový ventil. Plovák a ventil jsou schováni v plovákové komoře. Ta je přichycena k tělu karburátoru šroubem, pod kterým je těsnění. Ze spodu komory je dále našroubován odkalovací šroub, jenž umožňuje vypouštění paliva z komory v případě delšího odstavení motoru. Hlavní a v podstatě jedinou funkcí plováku je díky přiléhajícímu jehlovému ventilu zastavit tok paliva do komory (SMOLKA, J., 2015). Přeplovování a úniky paliva jsou téměř vždy způsobeny usazeninami na jehlovém ventilu, nesprávnému uchycení plováku nebo opotřebenému sedlu ventilu. To však z pravidla nastává až po dlouhých letech užívání a dá se vyřešit pouze výměnou celého těla.

Karburátor je k sání motoru přichycen dvěma šrouby a z obou stran opatřen řadou těsnění spolu s plechovým krytem, jenž má zabránit přenosu žáru od bloku motoru. Z vnější strany je na karburátor vložen vzduchový filtr, který zajišťuje čistotu nasávaného vzduchu při chodu stroje. Řada motorů GCV, GX a dalších samozřejmě prochází vývojem a snahou výrobců co nejvíce zdokonalit své produkty, takže karburátory prodávají nejružnější úpravy, které mají za cíl vždy: snížit emise, optimalizovat výkon motoru a přijít s nějakým sofistikovaným řešením, které osloví konečné spotřebitele.



Obrázek 2.3: Obsah plovákového prostoru

2.2 Čištění karburátoru

2.2.1 Postup čištění karburátoru

Jak již bylo napsáno v úvodu práce, karburátory trpí na zanášení nekvalitním či starým palivem a jedinou možností k uvedení do praceschopného stavu je kompletní vyčištění. Možností, jak čištění provést, je několik, avšak osvědčený způsob je držet se přesného návodu, který doporučuje přímo servisní centrála Honda během svých školení. Postup tohoto čištění je následovný:

1. Demontáž vzduchového filtru a tělesa vzduchového filtru, uvolnění karburátoru od bloku motoru povolením uchycovacích šroubů, vysunutí přívodní palivové hadičky spolu s uvolněním z regulačního táhla.
2. Odšroubování plovákové komory a vypuštění veškerého zbytkového paliva. Odstranění plováku a jehlového ventilu.
3. Opatrné vytočení hlavní trysky plochým šroubovákem a demontáž vzdušníku, který se nachází pod tryskou. Pokud se při vizuální kontrole vzdušníku či trysky objeví nečistoty nebo ucpané kanálky, je nutno jemným štětečkem či měkkým drátkem vše pečlivě vyčistit.
4. Vytočení šroubu bohatosti směsi spolu se šroubem ukrývající trysku volnoběhu. Nyní je tělo karburátoru kompletně odstrojeno a může se vložit do ultrazvukové čističky. Hondou doporučované hodnoty pro čištění jsou 45 minut na teplotu kolem 40 stupňů Celsia.
5. Po ultrazvukové lázni je nutno karburátor řádně vyprat v čisté vodě, aby na něm neulpívaly částičky čisticí látky, která je obsažena v koncentrátu čističky. Nyní před kompletním sestavením karburátoru přichází na řadu vysušení. Zde přichází chvíle pro pneumatický prototyp čističe.

Aby servisní technik nemusel čekat, až tělo karburátoru samo vyschne, či neriskoval poškození důležitých částí při ručním vysoušení tlakem vzduchu, je zde v následujících řádcích popsán pneumatický čistič, který by měl díky stálému a přesně nastavenému výstupnímu tlaku vysoušet karburátor účinně, šetrně a díky několika přesně nastaveným ventilům i poměrně rychle.

2.2.2 Ultrazvukové čištění

Pro nejlepší výsledek při servisním zásahu na karburátoru je vynikajícím způsobem nápomocna ultrazvuková čistička. Oproti klasickému manuálnímu čištění nešetří jen čas a materiál, ale je hlavně o mnoho efektivnější a šetrnější. Používá se ve velké škále různých oborů a lidských činností např. čištění ve strojírenské výrobě, čištění elektrotechniky, dále ve sklářství, lihovarnictví nebo zlatnictví.

UZ čistící zařízení se skládá z čistící vany, UZ generátoru a měniče. Ultrazvukový měnič transformuje vysokofrekvenční energii na akusticko-mechanické kmity v rozmezí 20–100 kHz.



Obrázek 2.4: Karburátor v ultrazvukové lázni ENE-II-28-4L

Čištěné díly a médium v důsledku předmětné absorpce způsobují změnu ultrazvukové energie na tepelnou. Vlivem změny teplot dochází poté k částečnému oddělení nečistoty a čištěného předmětu, což dává prostor ke vniknutí čistícího média. To umožňuje postupně rozrušovat síly držící tyto části k sobě. Vlivem podtlaku na místech s uvolněnou soudržností kapalinových molekul dochází k porušení celistvosti kapaliny a následkem toho vznikají v čistícím médiu bubliny. Ty se poté vlivem střídavého tlaku uzavřou a stlačí. Prudkým stlačením bubliny vzniknou v jejím středu kulové vlny s vysokou mechanickou energií (několik tisíc atmosfér), které definitivně poruší vazbu mezi nečistotou a čištěným předmětem. V případě většího znečištění lze celý postup několikrát opakovat za předpokladu, že se dodrží požadovaná teplota procesu (TAD24 JOSEF TVRDÍK, 2018).

Volba čistícího média (pracovní kapaliny) je důležitým faktorem úspěšného ultrazvu-

kového čištění. Konkrétně pro čištění karburátorů jsou vhodné klasické koncentrované čisticí prostředky pro automobilový průmysl. Míchají se v přibližném poměru 1:1 s destilovanou vodou. Mají velmi dobré odmašťovací účinky, avšak i jednu nevýhodu, a to, že z důvodu vyšší teploty kapaliny se po čištění na povrchu předmětu vysráží jemný zásaditý film, který je nutno odstranit vypráním v čisté vodě. Po důkladném umytí v čisté vodě již přichází na řadu vysušení.



Obrázek 2.5: Ultrazvuková čistička ENE-II-28-4L

Kapitola 3

Návrh čističe

3.1 Mechanická část

3.1.1 Tělo čističe

Na samotnou kostru prototypu byly zvoleny hliníkové L profily díky svojí pevnosti, nízké váze a ceně. Stěny výrobku pak tvoří akrylátové sklo neboli plexisklo, které svými vlastnostmi výborně splňuje požadavky na materiál „obalující“ tělo čističe. Těmi jsou hlavně pevnost, snadná aplikace montážních otvorů a samozřejmě i průhlednost, aby obsluha viděla, jak účinné vysoušení karburátoru bylo. Další části jako například podpěra karburátorů, podpěra desky Arduino nebo středové ližiny, jsou polotovary z klasického železa a byly upraveny přesně pro tento prototyp.

Jako základní tvar byl zvolen klasický kvádr o rozměru podstavce 31x21 cm při výšce 22 cm. Tělo je rozděleno do dvou komor – primární a sekundární. V primární komoře bude umístěn podstavec pro čištěný karburátor spolu s tryskami osazenými v bocích. Sekundární komora bude určena pro elektroniku a ovládací panel s tlačítky. Velikostní poměr bude přibližně 2:3 ve prospěch primární komory.

3.1.2 Pneumatický okruh

Základní funkcí čističe má být vysoušení a zprůchodnění karburátorů stlačeným vzduchem, jehož přívod zajistí napojení na stacionární kompresor Aircraft Airstar 703/270/10H (Obr. 3.1), který se stará o dodávku vzduchu pro celé servisní středisko. Díky kompresoru bude možné na vstupu do pneumatické soustavy neustále držet stabilní tlak okolo 9 barů, přičemž maximální provozní tlak udávaný výrobcem je 10 barů.



Obrázek 3.1: Kompresor Aircraft Airstar 703/270/10H

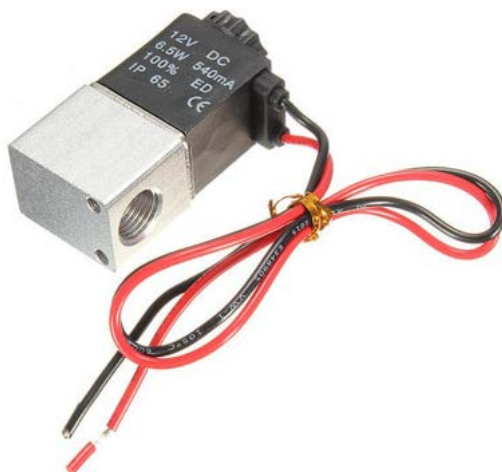
Vzhledem k tomu, že a priori nebylo jisté, zda celá soustava spolu s torzem prototypu bude schopna vydržet maximální tlak vzduchu dodávaného kompresorem – byl jako vstupní prvek zvolen regulátor tlaku s manometrem – ten udržuje konstantní pracovní tlak v pneumatickém systému a obsluha si snadno nareguluje proud vzduchu na vstupu respektive výstupech. Důležitým poznatkem, který se projeví až při finálním testování, bude zjištění, jak moc dochází ke ztrátě tlaku při větvení a vedení systémem hadiček. Pro ideální stav by pokles neměl být nijak markantní, avšak vstupního tlaku se na každé koncové trysce nepodaří dosáhnout.



Obrázek 3.2: Regulátor tlaku

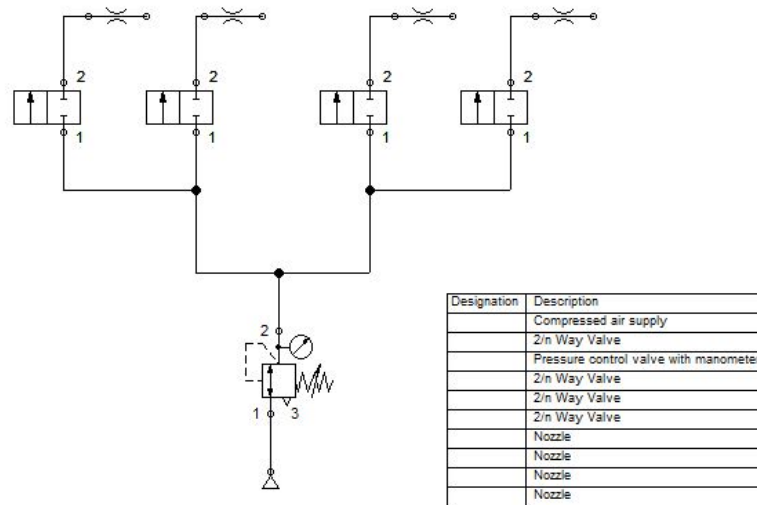
Výstupy se rozumí čtyři dvoucestné přímo působící elektromagnetické ventily pracující

s napětím 12 V. Jejich maximální pracovní tlak je výrobcem garantovaných 12 barů, takže by svou úlohu měly zvládnout bez jakéhokoliv poškození, které by mohlo být zapříčiněno vysokým tlakem vzduchu.



Obrázek 3.3: Spínač ventilu

Ventily budou pneumatickými hadičkami spojeny s regulátorem tlaku díky možnosti rozvětvit soustavu za použití hadicových rozbočovačů/spojek. Pro minimalizaci ztrát tlaku byly zvoleny speciální spojky tvaru Y, které vyrábí firma Festo, specializující se právě na pneumatické prvky. Z každého jednotlivého ventilu poté povede hadička do určeného místa v obalu, odkud bude veden proud vzduchu „tryskou“ přímo na umístěný karburátor. Tryskou je myšleno kovové zakončení hadičky, napevno spojeno se stěnou primární komory čističe. Celá soustava byla navržena tak, aby byla co nejjednodušší a aby bylo možné naprogramováním Arduina dosáhnout i spínání ventilů nezávisle na sobě. Umístění trysek (tři ze stran komory, jedna přímo zasazená do držáku) by mělo zajistit dostatečné vysušení v co nejmenším čase a bez nutnosti dalšího mechanického zásahu. V prvotním záměru byla i myšlenka zakomponovat do výrobku tlakový snímač vzduchu, ale vzhledem k tomu, že jeho nákup by byl spíše nákladem navíc a sofistikovanost čističe by se tím příliš nezvýšila, bylo od tohoto nápadu ustoupeno. Jediným ukazatelem síly protékajícího tlaku vzduchu bude tedy manometr, který je součástí regulátoru – jeho přesnost sice není nejvyšší, ale pro zobrazení orientační hodnoty v reálném čase bude dostačující.



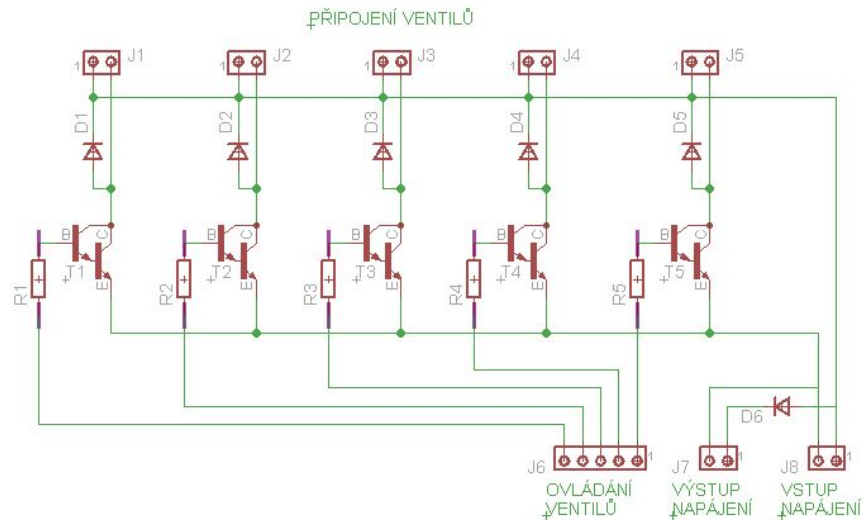
Obrázek 3.4: Pneumatické schéma

3.1.3 Elektronický obvod

Základní částí elektroniky výrobku je Arduino Uno, které v sobě obsahuje mikrokontrolér ATmega 328, který je schopný poskytnout maximální celkový proud do hodnoty 200 mA. Na jeden ventil je ovšem potřeba proud 540 mA, proto je nutná dodatečná spínací deska s tranzistory pro zesílení spínacího proudu. Při celkovém počtu čtyř ventilů bude muset být zesílení výrazné, proto při návrhu padla volba na využití Darlingtonova tranzistoru (NPN, 60 V, 4 A, 40 W). Darlingtonovo zapojení je spojení dvou bipolárních tranzistorů takovým způsobem, že proud zesílený prvním tranzistorem je dále zesílen druhým. Tato konfigurace poskytuje mnohem větší proudové zesílení než v případě klasického tranzistoru, na vstup do báze tedy stačí výrazně menší proud k sepnutí tranzistorů. Podstatnou výhodou je, že Darlingtonův tranzistor bývá integrován přímo na čipu a tato součástka tak zvenčí vypadá jako klasický bipolární tranzistor (BRTNÍK, M. a MATOUŠEK, D., 2011).

Jak již bylo zmíněno, ke spínání elektromagnetických ventilů je potřeba proud o hodnotě 540 mA – u klasických středně výkonových tranzistorů se proudový zesilovací činitel pohybuje někde kolem hodnoty 100. U Darlingtonova tranzistoru se proudové zesilovací činitele obou tranzistorů násobí mezi sebou – běžně tak dosahují proudového zesílení v řádu tisíců. Jsou proto ideální pro aplikace, kde vyžadujeme spínání velkého proudu za použití bipolárního tranzistoru. V našem případě je proud do báze nastaven pomocí

bázových rezistorů R1 – R5 na vhodných zhruba 6,3 mA, a proto lze při udávaném minimálním zesílení 500 (dle datasheetu) spolehlivě uvést tranzistor do sepnutého stavu.



Obrázek 3.5: Schéma elektroniky vytvořené v EAGLE

Jak je vidět na obrázku 3.5, který zachycuje schéma spínací desky vytvořené v programu Eagle, v návrhu je pět svorkovnic (J1 – J5), které představují zdroj i ovládání jednotlivých ventilů a pět již zmíněných Darlingtonových tranzistorů (T1 – T5). Ochranou tranzistorů proti proražení v důsledku přepětí vyvolaného rozpojením velké indukční zátěže (což solenoidový ventil rozhodně je), představují ochranné diody (D1 – D5). Indukční zátěž se při rozpojení chová tak, že kvůli snaze udržet stálý protékající proud generuje velkou napěťovou špičku. V případě spínání velkých indukčností jako zátěží se v praxi může stát, že se při odepnutí zátěže vytvoří přepětí až 30násobné hodnoty napájecího či spínaného napětí (napěťová špička tak může dosáhnout klidně i několika stovek voltů). Nejvíce se přepětí zvýší u rychle elektronicky odpínaných zařízení bez jakéhokoliv přídatného ochranného elementu. V takové chvíli by nejpravděpodobněji došlo k nenávratnému proražení spínacího tranzistoru, neboť jeho maximální dovolené napětí kolektor – emitor se obvykle pohybuje v řádu několika desítek voltů. Proud se proto musí uzavřít skrze ochrannou diodu a napěťovou špičku se tak podaří potlačit. Při návrhu bylo nutné dimenzovat ochrannou diodu na základě počtu spínání, pravděpodobné indukčnosti zátěže a odepínaného proudu (BRTNÍK, M. a MATOUŠEK, D., 2011).

Pro napájení byl zvolen klasický spínaný 12voltový DC napájecí zdroj o výkonu 40 W s maximálním výstupním proudem 3,3 A. Se spínací deskou bude spojen díky kolíkové

zástrčce a pro spuštění prototypu vždy obsluha pouze zapojí zdroj do standardní 230 V zásuvky.

Spojení elektro a pneumatického obvodu ve funkční celek je názorně zobrazeno v části „Blokové schéma systému“. (Obrázek 3.8)

3.1.4 Arduino + shield - ovládací platforma



Obrázek 3.6: Mikrokontroler Arduino

Jak již bylo řečeno, jako základní řídicí prvek celého prototypu byl vybrán jedno-deskový počítač Arduino s mikrokontrolerem ATmega 328 od firmy Atmel. Arduino je otevřená elektronická platforma postavená na prosté počítačové desce a vývojovém prostředí, na kterém si uživatel může vytvořit software. Deska získává údaje od různých vstupů (senzory, snímače či obyčejné tlačítko) a na základě naprogramovaných pokynů ovládá výstupy. Může se jednat o spuštění různých procesů, zapínání světel, anebo, jako v našem případě, spínání ventilů (SELECKÝ, M., 2016). V záplavě nejrůznějších konkurenčních mikrokontrolerů a platforem vyhrálo Arduino z několika důvodů:

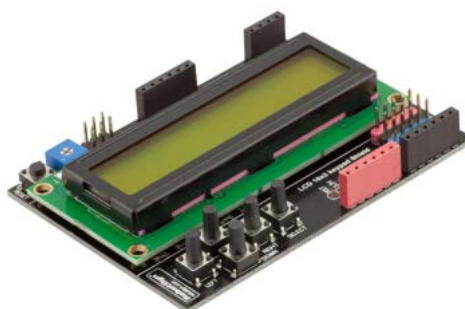
- nízké náklady pořízení – vzhledem k okolnosti, že veškeré peněžní náklady prototypu šly pouze a jenom na vrub autora práce, cena nejnákladnějšího komponentu musela

být maximálně příznivá,

- jednoduchost programovacího prostředí – přehledné a rychlé programovací prostředí okleštěné od zbytečností byla základní podmínka pro programování již tak časově náročného kódu,
- optimální velikost a funkce – kompaktní rozměry a výborná přístupnost pinů přesně splňuje požadavky pro umístění do sekundární komory společně s veškerou další přidruženou elektronikou.

Ovládání prototypu jako takového by však nebylo možné bez rozšiřujícího modulu, takzvaného shieldu. Ten je možné zapojit na standardně dodávané piny Arduina. Existuje velké množství shieldů např. Ethernet Shield nebo WiFi Shield, které, jak již název napovídá, umožňují kabelové, respektive bezdrátové připojení k internetu. Pro potřeby čističe ale byla potřeba rozšíření jediné a to – LCD keypad shield.

RobotDyn



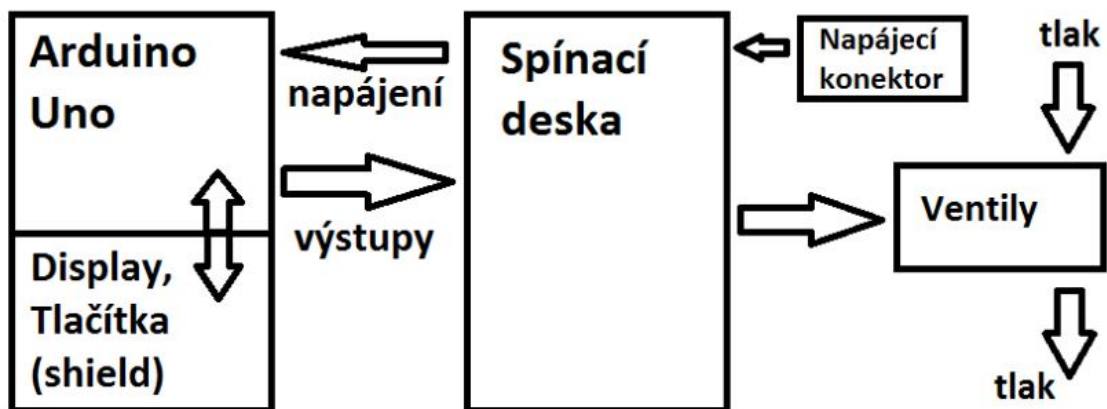
Obrázek 3.7: LCD keypad shield

Jedná se o displej z tekutých krystalů se šestnácti symboly a dvěma řádky. Ten používá standardní ovladač kompatibilní s integrovaným obvodem HD44780, který je jako základní rozhraní osazován pro ovládání malých řádkových displejů. Obvod komunikuje po sběrnici a je spojen s řídicím mikrokontrolerem, který posílá do obvodu údaje o poloze kurzoru a kódy zobrazovaných znaků. Ty pak automaticky zobrazí displej (SELECKÝ, M., 2016).

Shield také obsahuje pětici tlačítek. Tato tlačítka jsou s mikrokontrolerem na desce spojena pomocí rezistorové sítě a zavedena na vstup jeho analogově-digitálního převodníku. Stisk daného tlačítka lze tedy mikrokontrolerem zjistit z čísla získaného digitalizačním převodem.

3.1.5 Blokové schéma systému

Pro ilustraci, jak pracuje a jak je propojena celá struktura systému čističe, bylo vytvořeno blokové schéma (viz Obrázek 3.8). To pomocí obrázků a šipek zevrubně popisuje celkovou koncepci bez nutnosti do detailu rozebírat veškerou komunikaci mezi jednotlivými prvky. Jak je patrné z Obrázku 3.8, srdcem celého systému je spínací deska. Arduino by se pak dalo označit, pokud se budeme držet lékařské terminologie, za mozek výrobku.



Obrázek 3.8: Blokové schéma systému

V centru celého systému je Spínací deska, která je napájena konektorem ze sítě a obstarává napájení i pro Arduino a jeho shield. Na shieldu se zobrazují navolené režimy a časovač (viz Kapitola 3 – „Tvorba programu“). Ten se také postará o přenos informací Arduino, které řídí celý proces a funkce, a které dává pokyn spínací desce, jaký ventil a po jakou dobu má být otevřený. Pneumatický obvod je v tomto podřízen tomu elektronickému – pokud bude uzavřen přívod vzduchu na přívodu do prototypu, elektronika samozřejmě bude fungovat i sama o sobě a ventily budou spínat dle pokynů.

3.2 Software

3.2.1 Tvorba programu

Základní režimy, které program poskytuje, jsou pojmenované následujícími třemi názvy:

Advanced program - jedná se o hlavní režim, nastavený na rychlejší přepínání jednotlivých ventilů. Předpokládá se, že tento program se bude v praxi primárně využívat, protože by měl zajistit nejúčinnější vysušení celého těla karburátoru. Takový je alespoň předpoklad.



Obrázek 3.9: Pokročilý program

Simple program - režim nastavený na pomalejší přepínání jednotlivých ventilů. Určen spíše pro kratší cykly nebo na dosušování, pokud prvotní cyklus nebyl dostatečně efektivní.



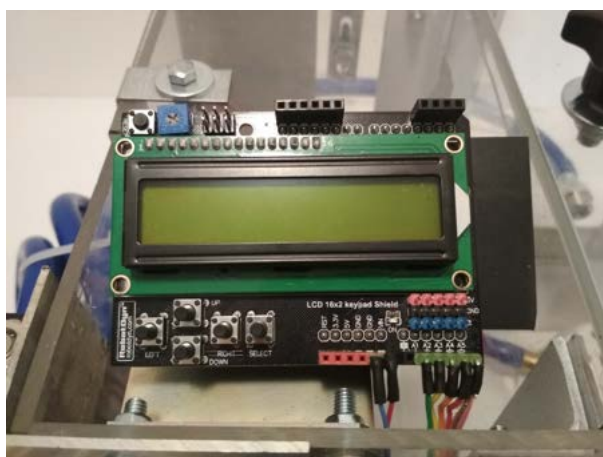
Obrázek 3.10: Jednoduchý program

Ruční režim - program pro manuální spínání zvolených ventilů. V praxi určeno spíše pro kontrolu, zda jednotlivé ventily/solenoidy pracují správně nebo zda nedošlo k poškození či ucpání některé z pneumatických hadiček.



Obrázek 3.11: Ruční ovládání ventilů

Tlačítka „LEFT“ a „RIGHT“ lze mezi těmito programy cyklovat. V případě navolení manuálního programu uživatel tlačítkem „SELECT“ vstoupí do okna, kde lze zbylými čtyřmi tlačítky přímo ovládat a monitorovat stavy čtyř tlakových ventilů. Opětovným stiskem tlačítka „SELECT“ se lze vrátit zpět do nabídky programů. V případě zbylých dvou programů lze pomocí tlačítek „UP“ a „DOWN“ volit čas (s krokem 5 sekund), po který má zvolený program běžet. Běžící program lze vždy opětovným stiskem tlačítka „SELECT“ kdykoliv zastavit. Jednoduchý i pokročilý program jsou definovány jako počet intervalů, na které se rozdělí základní požadovaný čas programu. V každém z těchto časových intervalů je zdefinován stav pro každý ventil. Takto zdefinované programy jsou jednoduše upravitelné pro případ jejich dalšího případného ladění. Základní myšlenka je taková, že jednoduchý program poskytuje jednoduchý běh s malým počtem časových intervalů, zatímco pokročilý program má dlouhý složitý běh se spoustou časových intervalů.

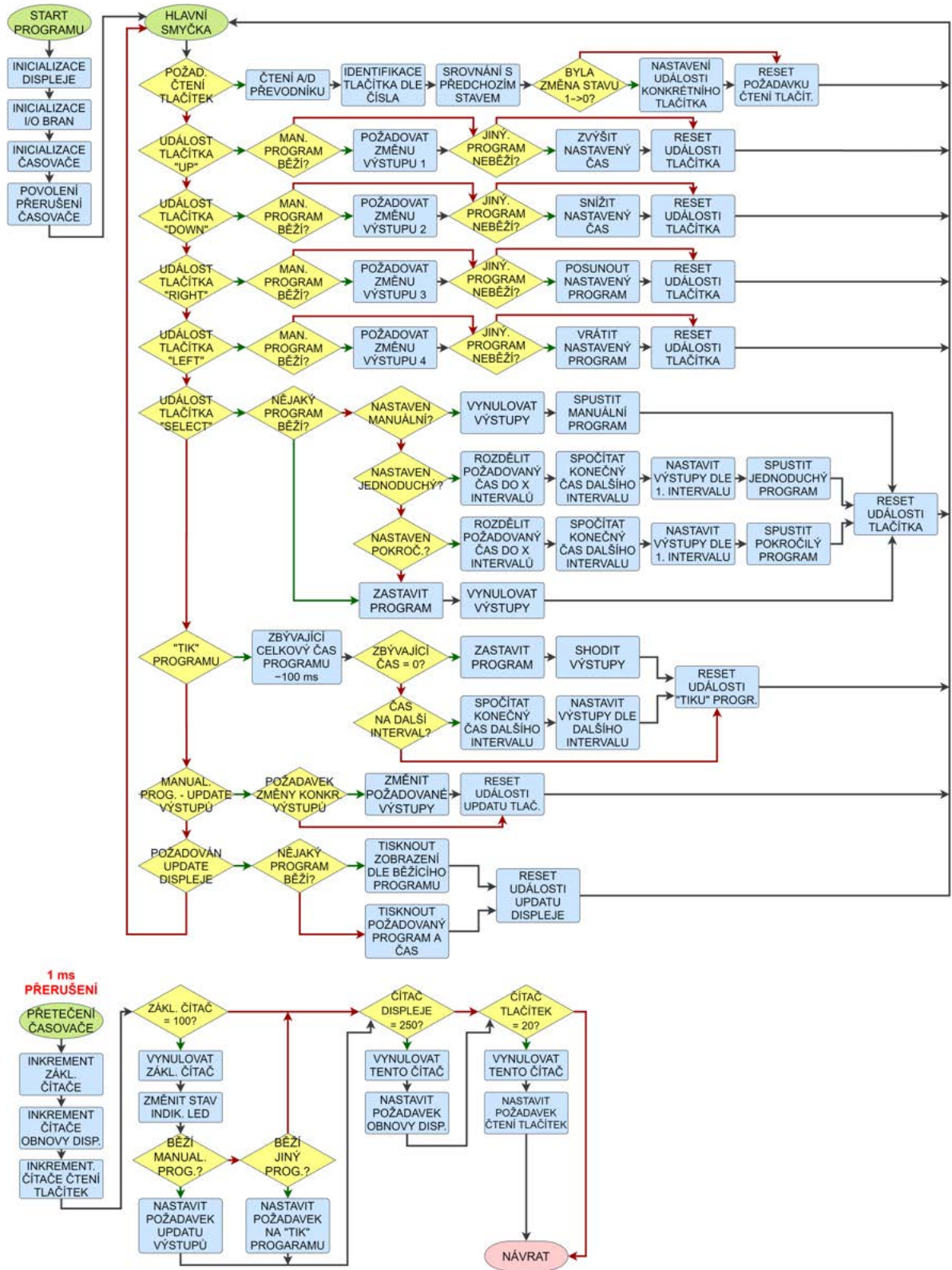


Obrázek 3.12: Detail ovládacího shieldu

3.2.2 Popis softwaru

Z vývojového diagramu programu (viz Obrázek 3.13) vyplývá, že program po spuštění nejdříve inicializuje různé hardwarové příslušenství, jako displej, vstupně-výstupní brány a vestavěný časovač. Následně software vstupuje do své hlavní smyčky, kde se testují různé podmínky. Hlavním spouštěčem těchto podmínek je časovač, který (nezávisle na hlavní smyčce) „tiká“ s periodou 1 ms. S každou takovou událostí jsou inkrementovány samostatné čítače pro různé události (čítač základního času, čítač obnovy displeje, čítač testování stisku tlačítek) a je zjišťován jejich stav – každá taková událost tedy nastává s určitou požadovanou časovou periodou. Tyto události nastavují podmínky, které jsou testovány v hlavní smyčce, která běží neustále dokola. Po obslužení dané události je podmínka vynulována a hlavní smyčka běží opět od začátku.

- V hlavní smyčce je nejdříve testován požadavek na čtení tlačítek. V něm je převedeno a přečteno číslo z analogově-digitálního převodníku. Dle něho je pak identifikován stisk konkrétního tlačítka. Proběhnul-li v porovnání s předchozím stavem přechod 1>0 (tlačítko bylo „odstisknuto“), je nastaven požadavek na obsluhu události tohoto tlačítka.
- Obsluha čtyř tlačítek „LEFT“, „RIGHT“, „UP“ a „DOWN“ je relativně jednoduchá – pokud běží manuální program, slouží k nastavení požadavku změny stavu výstupu a pokud neběží žádný program, slouží ke změně programu či nastaveného času.
- U obsluhy tlačítka „SELECT“ je situace složitější – tlačítko slouží ke spuštění či zastavování programů. Pokud tedy žádný program neběží, je nutné tento program spustit a běží-li nějaký program, je nutné tento program zastavit.
- Událost „tiku“ programů nastává každých 100 ms pouze, pokud běží jednoduchý či pokročilý program. Tato událost slouží jako základní časová jednotka běžícího programu, kdy je testováno, zda nastal čas na další interval programu s jinou konfigurací výstupů či zda již celkový čas pro daný program vypršel.
- Dvěma posledními testovanými podmínkami jsou: 1) požadavek změny výstupu v případě běžícího manuálního programu a 2) update dat zobrazovaných na displeji.

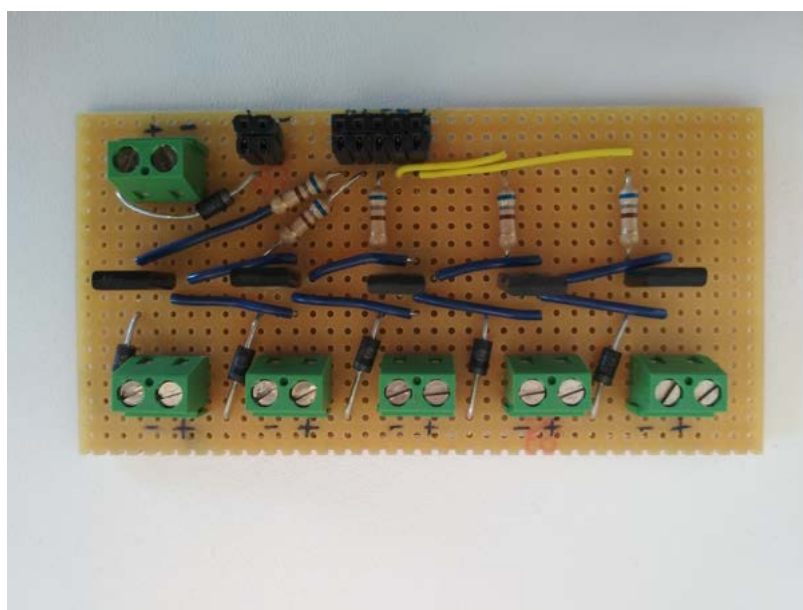


Obrázek 3.13: Diagram zdrojového kódu

Kapitola 4

Výroba a testování

V momentě, kdy se podařilo seskupit na pracovní stůl veškerý materiál, komponenty, součásti a podklady, mohlo se přikročit k fyzické výrobě a montáži čističe. Po základním rozvržení, kam jakou část umístit, bylo hlavní nařezat, vyvrtat a složit kompletní tělo s jasně definovaným prostorem pro obě komory. Z prvotní úvahy umístit pneumatické prvky dovnitř sekundární komory sešlo, jelikož jednoduchost montáže a snadný přístup ke spínačům se ukázaly jako důležitější než vlastní vzhled výrobku. Co však bylo naopak žádoucí umístit uvnitř komory, byla spínací deska – spolu s Arduinem srdce a mozek výrobku.



Obrázek 4.1: Spínací deska

Spínací deska byla spájena na univerzální jednostranný plošný spoj podle předchozího návrhu realizovaného v programu Eagle. Podle návrhu a obrázku 4.1 si nelze nevšimnout, že deska obsahuje vedle svorkovnice k napájení, pět svorkovnic připravených na připojení k jednotlivým spínačům ventilu. V původně zamýšleném konceptu měl prototyp opravdu obsahovat pět ventilů, ale při realizaci se z finančních a prostorových důvodů jeden vynechal. Ve stěně z plexiskla sekundární komory je z druhé strany umístěna DC napájecí vidlicová zásuvka kompatibilní s napájecím zdrojem o výkonu 40 W. Tento zdroj obsluha vždy připojí k 220 V síti a oživí tak celý prototyp.

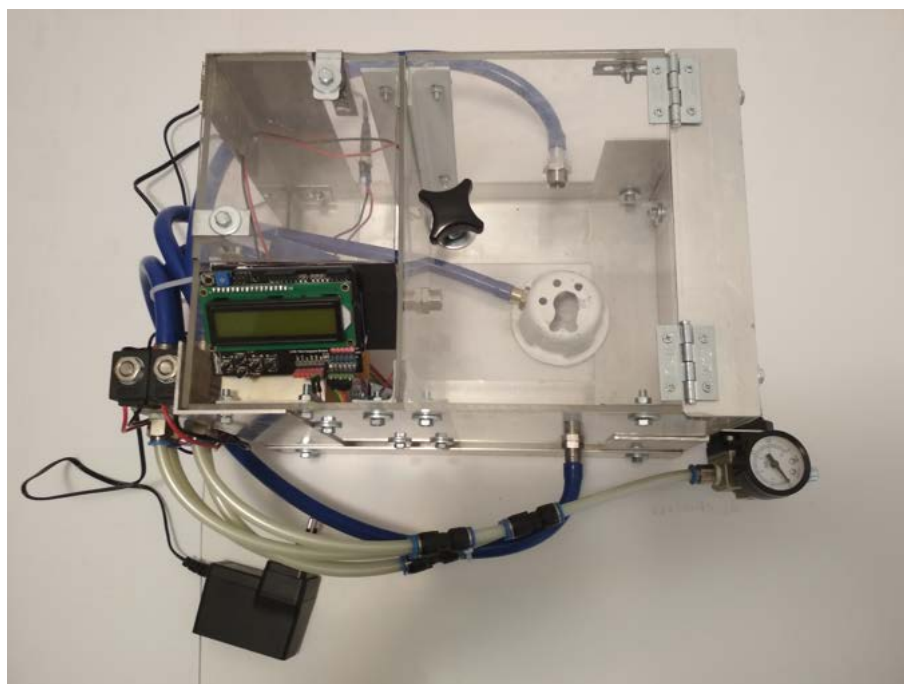


Obrázek 4.2: Napájecí zásuvka

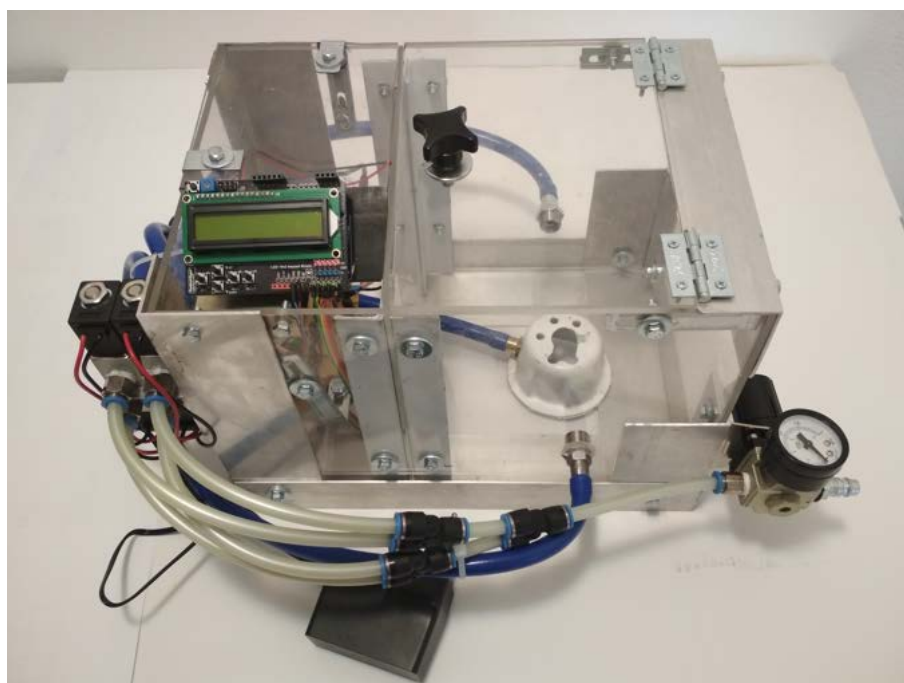


Obrázek 4.3: Napájecí zdroj

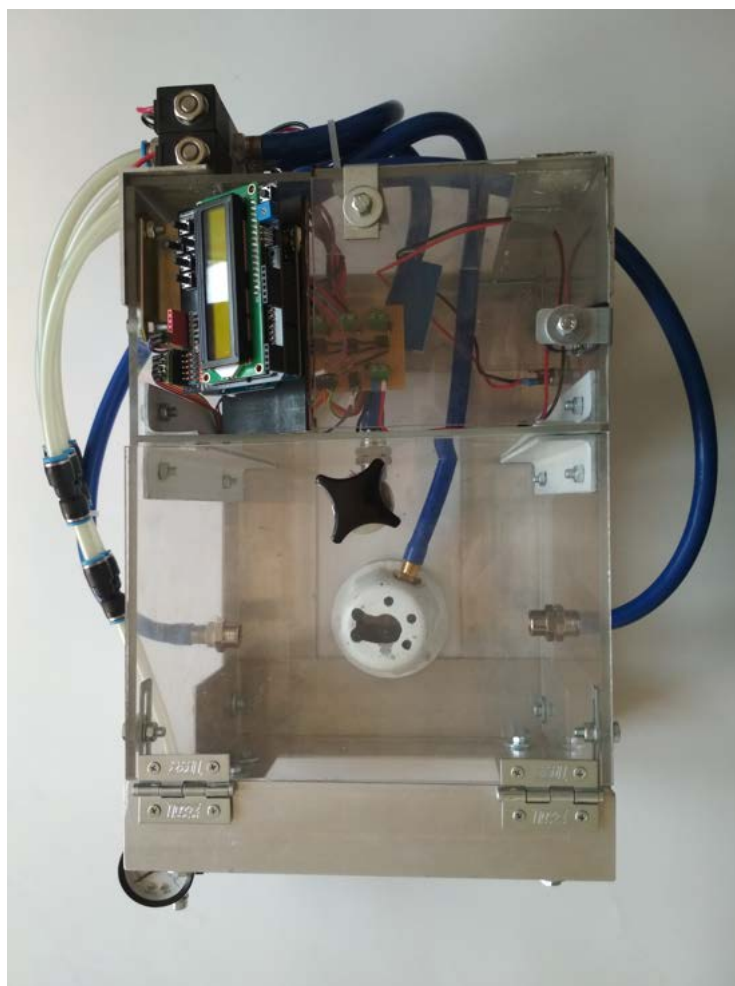
Po úspěšném zkušebním testu elektroniky, kdy se ukázalo, že spínací deska, napájení, Arduino i LCD shield jsou plně funkční, se mohlo přistoupit k finální montáži do hotového těla prototypu. Skládání do celku zahrnovalo samozřejmě i připojení čtyř spínacích ventilů, spolu s rozvedením pneumatických hadic do připravených míst v primární komoře.



Obrázek 4.4: Hotový prototyp



Obrázek 4.5: Hotový prototyp foto č.2



Obrázek 4.6: Hotový prototyp foto č.3

Na Obrázcích 4.4 a 4.5 a 4.6 jsou fotografie kompletního pneumatického čističe. Jak lze vidět, obsluha před samotným vysoušením karburátoru pouze připojí rychlospojkou přívod vzduchu k regulátoru tlaku a připojí do zásuvky napájecí zdroj. Poté odklopí víko, vloží karburátor do držáku, přesvědčí se, zda je správně usazen a po zaklopení víka může spouštět samotný proces. Na LCD shieldu příslušnými tlačítky zvolí program, délku vysoušení a potvrdí start. Celý tento postup by neměl zabrat více než 30 sekund, což je velmi slušná hodnota, pokud bereme v potaz, že při dalším vysoušení již bude stačit pouze vložit karburátor a potvrdit či upravit cyklus.

4.1 Testování prototypu

Důležitým výstupem této práce má být i reálné testování a popsání přínosu prototypu. Proto se ihned po dokončení čističe přešlo do servisního střediska na testování v délce jednoho měsíce.

Kromě hlavního testování karburátorů bylo nejdříve nutné vyzkoušet prototyp jako takový. Veškeré komponenty spolu s materiálem byly vybírány tak, aby při nejnižší možné pořizovací ceně nabídly maximální výkonnost a užitnou hodnotu, takže první test měl potvrdit, zda některá (hlavně pneumatická část) nebyla poddimenzována. Naštěstí zkouška při nejvyšším dovoleném tlaku proběhla bez problémů, takže kromě přetěsnění dvou vývodů hadic nebylo nutné již do výrobku zasahovat.

4.1.1 Testování v reálném provozu

Aby testování mělo relevantní přínos a bylo co nejméně ovlivněno vedlejšími vlivy, bylo podstatné stanovit pravidla a časový harmonogram. Jak bylo již v úvodu zmíněno, délka testování byla jeden měsíc, to znamená 20 pracovních dní. Z toho se polovinu času používal při servisních zásazích nový prototyp a druhou polovinu času předchozí metody – manuální vysušení ofukovací pistolí spolu s klasickým otíráním. Na prototypu se používal rozšířený „ADVANCED PROGRAM“ s časovým rozpětím 70 až 80 sekund. Jako určující prvek, že proces čištění a vysoušení byl kvalitní, lze označit situaci, kdy po celém servisním zásahu a zkoušce motoru se neobjevily žádné známky značící problém s karburátorem, za které lze považovat těchto pět symptomů:

- případ číslo 1 - motor nelze nastartovat i přesto, že zapalování a vše ostatní je funkční
- případ číslo 2 - motor nastartuje, ale okamžitě se zastaví
- případ číslo 3 - nepravidelný chod v minimálních otáčkách
- případ číslo 4 - nepravidelný chod v maximálních otáčkách
- případ číslo 5 - černý kouř z výfuku značící příliš bohatou směs

V následující tabulce je znázorněno, jak si pneumatický čistič vedl v porovnání s klasickou metodou. Aby se během testování minimalizovalo riziko zkreslení údajů, byl vždy

vybrán stroj s maximálním stářím pěti let a byl do nádrže nalit čerstvý benzín o oktanovém čísle 95.

Tabulka 4.1: Kompletní výsledky testování

PROTOTYP	KLASICKÉ VYSOUŠENÍ
čištěných karburátorů 26	čištěných karburátorů 27
symptom 1 - 0x	symptom 1 - 0x
symptom 2 - 0x	symptom 2 - 1x
symptom 3 - 2x	symptom 3 - 4x
symptom 4 - 3x	symptom 4 - 4x
symptom 5 - 1x	symptom 5 - 1x

4.1.2 Vyhodnocení

Z tabulky je možné vyčíst následující. Prototyp čističe byl v testování mírně efektivnější než zažitý proces klasického manuálního vysoušení. Samozřejmě, lze oponovat, do jaké míry se na výsledku podepsaly ostatní faktory (opotrebení a stáří motoru, čistota sací komory nebo celkový stav karburátoru), ale i s ohledem na tyto okolnosti, se dá průběh a závěr testování označit za potěšující. Za úspěch se dá jednoznačně označit nižší číslo problémových karburátorů u symptomů 3 a 4. Právě nepravidelný chod motoru ať už v minimálních či maximálních otáčkách ukazuje, že čištěný karburátor je sice funkční, palivo do spalovací komory dávkuje, ale né v přesné míře, kterou motor potřebuje. To znamená, že některá z trysek stále obsahuje nečistoty nebo usazeniny špatného benzínu, takže při závěrečném vysoušení nebylo profouknuto dostatečně celé tělo a veškeré záhyby karburátoru. Tato situace ukazuje, že souvislý a přesně umístěný tlak vzduchu, který poskytuje prototyp je přeci jen účinnější. Jediný problém nastal poslední testovací den, kdy se ani po několikátém čištění a vysoušení nepodařilo dostat karburátor, respektive motor do bezproblémového chodu. Po výměně za nový karburátor se závada již neprojevila. Dá se tedy téměř s jistotou říci, že se nejednalo o případ, kdy selhal proces čištění, ale projevilo se poškození hliníkových částí uvnitř tělesa, způsobené chemickým účinkem několik let starého benzínu.



Obrázek 4.7: Karburátor vyjmutý z prototypu

Na Obrázku 4.7 je detailní záběr na vyčištěný karburátor vyjmutý z prototypu při použití programu SIMPLE na 80 sekund. Při bližším pohledu je patrná stále mokrá oblast u prostoru trysky volnoběhu. Toto se dá bohužel označit jako záporná vlastnost čističe, jelikož i přes poměrně dlouhou dobu sušícího procesu není možné tuto oblast adekvátně vysušit. Je to způsobeno chybějící tryskou vyvedenou na pravou část primární komory. Jak již bylo napsáno v začátku této kapitoly, v původním návrhu prototyp obsahoval ještě jednu trysku spolu s ventilem navíc, ale z finančních a časových důvodů se zrealizovaly pouze čtyři. Při reálném provozu se však tato absence projevila. Nápad na případné vylepšení a doladění se tedy přímo nabízí.

Co se týká obsluhy a uživatelské přívětivosti, dá se výrobek označit za intuitivní a jednoduchý, což byl jeden ze základních požadavků při návrhu. Za celé testovací období se neprojevily žádné výrazné nedostatky, které by se daly označit jako vážná překážka v používání. Možné problémy může do budoucna představovat odkrytý LCD display s tlačítky, přes který se prototyp ovládá. Jak již bylo popisováno v Kapitole 2, karburátor vyjmutý z ultrazvukové lázně se vkládá do čisté vody, aby se očistil od chemie v ní obsažené. Samotný mokrá karburátor vložený do primární komory nepředstavuje žádný

problém, jelikož primární komora je od zbytku elektroniky dobře oddělena, ale nepozorná obsluha při manipulaci nebo stisku tlačítek může display pokapat či jinak zašpinit. V nejhorším případě by mohlo dojít i k poškození displaye potažmo celého mikrokontroleru. Řešením je poučit obsluhu o opatrném zacházení s mokřými předměty v okolí prototypu a dodržovat základní hygienické předpisy při ovládání výrobku.

Kapitola 5

Závěr

Cílem absolventské práce bylo navrhnout a vytvořit praktický prototyp pneumatického čističe karburátorů, který bude fungovat na servisním středisku AZ Centrum, České Budějovice. Na úvod práce byli čtenáři stručně seznámeni se základní problematikou údržby karburátorů a s problémy, které způsobují přídavky do paliv v podobě biosložek. Tyto nesnáze budou pravděpodobně pokračovat i v budoucnosti, jelikož tlak nejvyšších orgánů na emise a obnovitelné zdroje energie je v současné době silnější, než zájem o udržitelnost spalovacích motorů – prozatím jedné z hlavních hnacích sil naší civilizace. V Kapitole 2 se práce zabývá popisem funkce karburátoru a poté přímo rozбором konkrétního karburátoru z motoru Honda GCV 160 doplněným o informace, jak probíhá proces rozebrání a čištění v ultrazvukové čističce.

Samotný návrh prototypu začíná v nejobsáhlejší Kapitole 3. Zde jsou čtenáři seznámeni s tím, jak probíhal výběr materiálů, od základního korpusu, rozděleného na dvě komory, až po dimenzování pneumatického okruhu a vývoj elektronického obvodu. Nemalá část kapitoly obsahuje informace o hlavních prvcích a shieldu použitých v prototypu a také popis, jak probíhala tvorba programu ve vývojovém prostředí Arduino. Po dokončení návrhu a vytvoření základního programu přišel na řadu neméně zajímavý zadaný cíl, a to realizace a testování samotného výrobku v reálném provozu. Kapitola 4 se zabývá právě tímto bodem absolventské práce. Sestavení a oživení prototypu proběhlo nad všechna očekávání, elektronika fungovala zcela bez problémů a podařilo se i přes počáteční nejistotu dosáhnout při větvení pneumatického okruhu vynikající hodnoty tlaku vzduchu na všech čtyřech tryskách. Výsledky testování v provozu jsou zobrazeny v tabulce 4.1, a potvrdily určitý reálný přínos prototypu. Výrobek dokázal splnit požadavky autora práce a podařilo se mu do určité míry **zautomatizovat** práci na servisním středisku, což se potvrdilo hlavně ušetřeným časem servisních techniků a zkomfortněním nepříliš oblíbené

činnosti vysoušení karburátorů po ultrazvukovém čištění. Pokud se zaměříme přímo na časovou úsporu prototypu, dá se prohlásit, že při jednom cyklu čištění, ušetří prototyp přibližně 2 minuty čistého času. V případě, že se za pracovní směnu vyčistí v průměru 5 karburátorů, jednoduchým výpočtem se dostáváme k úspoře 10 minut za den. To se na první pohled může zdát jako zanedbatelný časový úsek. Avšak za týden to již dělá 50 minut, takže téměř hodinu času zaměstnance. Hodinová sazba na servisním středisku je v současnosti 600 Kč. Při plném využívání tak může měsíčně prototyp firmě ušetřit tisíce korun. A to i zásluhou téměř nulovým nákladům na údržbu. Servis zahradní techniky je ale sezonní záležitostí a časté využití výrobku se tak očekává obzvláště v jarních a letních měsících.

Literatura

- BRTNÍK, M. A MATOUŠEK, D. (2011), *Elektronické prvky*, Praha: BEN - technická literatura. ISBN 978-80-7300-426-2.
- HILVERT, J. (1978), *Automobilové a motocyklové karburátory*, Bratislava: Alfa, vydavatelstvo technickej a ekonomickej literatúry. ISBN 63-154-78.
- RŮŽIČKA, T. (2010), Biopaliva, jejich potenciál, pozitiva a negativa, (Diplomová práce), Univerzita Pardubice. Dopravní fakulta Jana Pernera, Pardubice.
- SCHENK, C. (2009), MiKTeX [online]. [cit. 2009-06-16], <http://www.miktex.org/>.
- SELECKÝ, M. (2016), *Arduino: uživatelská příručka*, Brno: Computer Press. ISBN 978-80-251-4840-2.
- SMOLKA, J. (2015), Malé jednoválcové spalovací motory, (Bakalářská práce), VÚT v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Ústav automobilního a dopravního inženýrství, Brno.
- TAD24 JOSEF TVRDÍK (2018), Vše o čištění ultrazvukem. [cit. 2020-07-03], <https://www.ultrazvukem.eu/vse-o-cistení-ultrazvukem/>.

Příloha A

Obsah přiloženého CD/DVD

K této práci je přiloženo CD/DVD s následující adresářovou strukturou.

- Absolventská práce v \LaTeX 2e: *popis*
- Fotodokumentace: *popis*
- Zdrojový kód pro mikrokontroler Arduino: *popis*
- Schéma zapojení elektroniky: *popis*
- Fiala_AP_2019_2020.pdf – absolventská práce ve formátu PDF

Příloha B

Použitý software

L^AT_EX 2_ε [⟨http://www.miktex.org/⟩](http://www.miktex.org/)

Arduino IDE [⟨http://www.arduino.cc/en/main/software⟩](http://www.arduino.cc/en/main/software)

EAGLE [⟨http://www.autodesk.com/products/eagle/free-download⟩](http://www.autodesk.com/products/eagle/free-download)

FluidSIM [⟨http://www.art-systems.de/www/site/en/fluidsim/⟩](http://www.art-systems.de/www/site/en/fluidsim/)

WinEdt 5.3 [⟨http://www.winedt.com/⟩](http://www.winedt.com/)

Software z výše uvedeného seznamu je buď volně dostupný, nebo jeho licenci toho času vlastní Vyšší odborná škola, Střední škola, Centrum odborné přípravy, Sezimovo Ústí, Budějovická 421, kde autor téhož času studoval a vytvořil tuto absolventskou práci.

Příloha C

Časový plán absolventské práce

Činnost	Časová náročnost	Termín ukončení	Splněno
základní návrh prototypu	2 týdny	15.06.2018	30.06.2018
nákup veškerých komponentů	3 týdny	05.07.2018	06.07.2018
návrh a výroba spínací desky	4 týdny	25.08.2018	23.08.2018
tvorba zdrojového kódu pro Arduino	2 měsíce	20.10.2018	26.10.2018
kompletní montáž a oživení čističe	4 týdny	31.12.2018	06.01.2019
finální testování prototypu	4 týdny	01.02.2019	02.02.2019
AP: kapitola Úvod	3 týdny	22.02.2019	25.02.2019
AP: kompletní text	2 měsíce	21.04.2019	20.04.2019