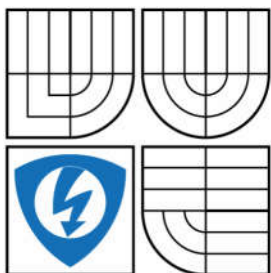


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

## Automobilová portálová mycí linka

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Vojtěch Zborovský

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. Radek Štohl PhD.

BRNO 2016

## **Abstrakt**

Bakalářská práce je zaměřena na problematiku vztahující se k portálovým mycím linkám a jimi vykonávanými procesy, systémy pro řízení, SCADA systémy pro řízení a vizualizaci, komunikaci mezi řídicím PLC a SCADA systémem. Práce zahrnuje literární rešerši o daném problému návrh laboratorní úlohy a její realizace. Seznámíme se se systémy SCADA, s programem ControlWeb, který patří do skupiny SCADA systémů. Nalezneme zde také popis vytvořeného programu a jeho funkcí, Návrh řízení pomocí PLC, kterým bude řízen virtuální model automobilové mycí linky a vizualizace probíhajících procesů, obě tyto části byly vytvořeny v programu ControlWeb. Z důvodu náročnosti problému byla laboratorní úloha navržena jako ukázková, jež se od fyzického použití v průmyslu významně vzdaluje. Veškeré operace s modelem jsou pouze v paměti PLC nikoli operacemi s fyzickými vstupy a výstupy. Ačkoliv by po úpravách bylo možné řídicí program použít pro řízení fyzického modelu, finanční náročnost realizace by vzrostla.

## **Klíčová slova**

PLC (programmable logic controller), SCADA, CW (ControlWeb), TIAportál

## **Abstract**

This bachelor thesis is focused on portal car wash lines and associated processes, control systems, SCADA control systems and visualization, communication between master PLC and SCADA system. The thesis contains research concerning this topic, laboratory example design and its realization. Reader will become acquainted with SCADA systems and ControlWeb which also belongs to the SCADA systems group. Detailed description of the designed program along with its features, control design using PLC and virtual model of the car wash line controlled by the PLC is also to be found in this work. Both of these two parts have been developed using ControlWeb. Regarding the complexity, the laboratory example was designed only as a demonstration, which differs from a real life solution. All the operations associated with the model are represented only as memory entries inside the PLC, no physical input output operations have been performed here. However, the designed control program is ready to be used in real physical model, the financial side would be significant.

## **Keywords**

PLC (programable logic control), SCADA, CW (ControlWeb), TIAportal

## **Bibliografická citace**

ZBOROVSKÝ, V. *Softwarový model automyčky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2016. 35 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Radek Štohl, Ph.D..

## Prohlášení

„Prohlašuji, že svou diplomovou (*bakalářskou*) práci na téma Automobilová portálová mycí linka jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové (*bakalářské*) práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové (*bakalářské*) práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové (*bakalářské*) práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: **20. května 2016**

.....  
podpis autora

## Poděkování

Děkuji vedoucímu práce, Ing. Radku Štohlvi. PhD, za cenné rady a za přátelský přístup. Zvláštní poděkování věnuji obsluze čerpací stanice SHELL Brno Olomoucká za možnost nahlédnutí do prostor automobilové myčky a také servisnímu technikovi fy WashTec, Petru Blábolilovi, za poskytnutí technických informací k tomuto problému.

V Brně dne: **20. května 2016**

.....  
podpis autora

# Obsah

|       |                                          |    |
|-------|------------------------------------------|----|
| 1     | Úvod .....                               | 9  |
| 1.1   | Ruční mytí automobilu .....              | 9  |
| 1.2   | Průběžné automyčky .....                 | 9  |
| 1.3   | Portálové automyčky .....                | 10 |
| 1.4   | Mycí programy .....                      | 10 |
| 1.5   | Proces mytí .....                        | 12 |
| 1.5.1 | Zahájení provozu .....                   | 12 |
| 1.5.2 | Režim namáčení .....                     | 12 |
| 1.5.3 | Režim šamponování .....                  | 12 |
| 1.5.4 | Režim kartáčování .....                  | 12 |
| 1.5.5 | Voskování .....                          | 13 |
| 1.5.6 | Sušení .....                             | 13 |
| 1.5.7 | Ukončení provozu .....                   | 13 |
| 1.6   | Snímání vozidla .....                    | 14 |
| 2     | Recyklace vody a čištění .....           | 14 |
| 2.1   | Princip filtrace vody .....              | 14 |
| 2.2   | Dezinfekční Okruh .....                  | 15 |
| 3     | SCADA .....                              | 16 |
| 3.1   | Control Web .....                        | 16 |
| 4     | Řízení procesu .....                     | 17 |
| 4.1   | PLC systémy .....                        | 17 |
| 4.2   | Vývojové prostředí TIAPortal .....       | 18 |
| 4.3   | Přenos dat pomocí MODBUS protokolu ..... | 19 |
| 5     | Návrh realizace projektu .....           | 20 |
| 5.1   | Návrh řízení automyčky .....             | 20 |
| 5.2   | Návrh modelu automyčky .....             | 20 |
| 5.3   | Návrh vizualizace .....                  | 21 |
| 6     | Realizace .....                          | 22 |
| 6.1   | Realizace modelu .....                   | 22 |
| 6.2   | Realizace řízení .....                   | 23 |
| 6.2.1 | Volby mycích programů .....              | 24 |
| 6.2.2 | Nájezd .....                             | 25 |
| 6.2.3 | Oplach .....                             | 26 |

|             |                             |    |
|-------------|-----------------------------|----|
| 6.2.4       | Šamponování .....           | 26 |
| 6.2.5       | Kartáčování .....           | 26 |
| 6.2.6       | Voskování a sušení.....     | 27 |
| 6.2.7       | Výjezd .....                | 27 |
| 6.3         | Realizace vizualizace ..... | 27 |
| Závěr ..... |                             | 29 |

# 1 ÚVOD

Cílem této bakalářské práce je seznámení se s problematikou týkající se mytí automobilů a zařízení používaných k tomuto účelu. Portálové mycí linky jsou v praxi nejčastěji aplikované, nabídka těchto mycích systémů na trhu je největší, i když se vyrábí i jiné typy auto umýváren. Pro zákazníka není nic příjemnějšího, než si nechat za pár minut umýt automobil aniž by musel vysednout z vozu. Provoz těchto myček je omezen běžně do  $-5^{\circ}\text{C}$  a musí být vybaven podlahovým vytápěním. Na světovém trhu je mnoho technologických variant těchto zařízení a z tohoto důvodu je nutné se zaměřit na konkrétní typ. Pro tento účel jsem použil předlohu fy WashTec produkt EasyWash [2]. Některé automobilové portálové myčky nepoužívají kartáče, ale jen vysoký tlak a to převážně na americkém trhu (například: fy Oasis s variantou Eclipse), Využívá se studená voda nebo i ohřívána až do cca  $40^{\circ}\text{C}$ .

## 1.1 Ruční mytí automobilu

První často užívanou možností je ruční mytí, zde se využívá pouze tlakové vody generované systémem WAP (vysokotlaké čerpadlo) a polymerových částic zvané mikro štěrk, který spolu s tlakovou vodou tvoří emulzi, která podle výrobců lépe čistí a je šetrnější ke karoserii automobilu a nedochází k poškozování laku automobilu kartáči mycích linek. V tomto případě však musí řidič nebo obsluha ručně umývat automobil. Práce již není tolik pohodlná a technologie nezajímavá.

## 1.2 Průběžné automyčky

Automobil je vlečen posuvným pásem na jedné straně, nejčastěji na straně řidiče. Procesy jsou vykonávány v jednotlivých sekcích, podle přesného technologického postupu. Takovou myčku můžeme vidět například v areálu Globus Brno.

Vozidlo musí být odbrzděno, vypnutý motor a zařazen neutrál. Auto přijede k posuvnému pásu, kde je zachyceno a poté je tímto pásem vlečeno. U prvního portálu dochází k namáčení automobilu a nástřiku aktivní pěny. Po nanesení šamponu se auto posunuje pod odstříkovací trysky k čištění podvozku. Následně je čištění boční strany auta, kol a ráfků. Poté vertikální a horizontální kartáče objíždí automobil podél jeho křivek, podle dat o momentu motoru z frekvenčního měniče, je řízen přítlak horizontálního kartáče na automobil. Na základě hodnoty momentu je vykonán takový pohyb, aby nedošlo k poškození nebo zničení portálu nebo automobilu. Po kartáčování se provádí sušení. Všechny etapy cyklu mytí jsou zdvojené a probíhají ve dvou etapách, aby došlo k dokonalému odmočení a odstranění nečistot a vysušení automobilu. Orientaci portálu a kartáčů zajišťují optické senzory.

## 1.3 Portálové automyčky

Nejčastěji jsou v provozech používány portálové automyčky. Hlavním znakem těchto systémů je posouvání portálu po kolejnicích podél automobilu, který stojí na místě a přesně definuje pracovní oblast mycího portálu. Automobil je pod portál naváděn světelnou signalizací a kolejnicemi, které definují maximální rozchod kol automobilu a instalován bývá jeden multifunkční portál, někdy i více, a nese veškeré nutné komponenty, jako jsou kartáče, trysky pro různá média (voda, saponát, aktivní pěna, vosk) a výkonné sušicí ventilátory s rozvodem vzduchu na celou karoserii. Vzácně se setkáme i s dvou-portálovými mycími linkami, které jsou schopny urychlit proces mytí ještě více. U těchto typů myček také probíhá každý proces dvakrát, pro co nejdokonalejší očištění vozidla. Řídící jednotka přesně ví, v jaké poloze se nachází který komponent díky pozičnímu zařízení, které je Horizontální kartáč, sušicí lišta a pohon portálu jsou spojeny s děrným kotoučem a prostřednictvím indukčního snímače převedeny na impulsy (takty) s kterými program dále pracuje. Přítlak kartáčů je v praxi řešen pomocí měření momentu motoru z frekvenčního měniče v režimu vektorového řízení. Jestliže vzroste moment, vykoná se takový pohyb, aby se moment snížil, tím se zabraňuje nebezpečnému přiblížení k automobilu a poškození nejen automobilu, ale i součástí portálu. Pokud je moment až příliš malý, je kartáč opět přitlačen ke karoserii automobilu. Portály se vyrábí podle požadavků zákazníků, pro mytí osobních automobilů a dodávek, pro nákladní automobily nebo vlakové soupravy. [7]

## 1.4 Mycí programy

Každá mycí linka má několik mycích programů, které jsou na výběr podle požadavků zákazníka automyčky. Někteří chtějí jen umýt automobil a očistit kartáči, někteří chtějí i namydlit a jiní navíc navoskovat. Podle provedených procedur se odvíjí cena zvoleného programu.

- 1) Program: namočení, sušení
- 2) Program: namočení, nanesení saponátu, kartáčování, sušení
- 3) Program: namočení, nanesení saponátu, kartáčování, voskování, sušení

Tabulka 1 Příklad rozměrů portálové myčky EasyWash [2]

|                                           |                                                                      |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Šířka mytí                                | 2480 mm                                                              |
| Výška mytí                                | 2300 mm /2900 mm                                                     |
| Rozchod kol                               | 2050 mm                                                              |
| Hloubka portálu                           | 1750 mm                                                              |
| Výška portálu                             | 3110 mm / 3710 mm                                                    |
| Šířka portálu                             | 3500 mm                                                              |
| Seznam motorů                             |                                                                      |
| Horizontální kartáč                       | 1 motor rotační + 1 posuvný pohon                                    |
| Vertikální kartáče                        | 1 motor rotační + 1 posuvný pohon                                    |
| Sušicí lišta                              | 1 posuvný pohon + 2 ventilátorové + 1 servomotor pro vyklápění lišty |
| Ventilátory stranové                      | 2 motory ventilátorové                                               |
| Posuv portálu                             | 1 motor krokový nebo pohon                                           |
| <b>Seznam hlavních snímačů a indikací</b> |                                                                      |
| <b>Optické závory</b>                     | Sušicí lišta, vjezd, výjezd                                          |
| <b>Indukce</b>                            | Pro motory, koncové spínče                                           |
| <b>Světelná signalizace</b>               | VPŘED / STOP / VZAD                                                  |
| <b>Kontaktní snímače</b>                  | Vrata, koncové polohy portálu                                        |

## **1.5 Proces mytí**

### **1.5.1 Zahájení provozu**

Nejdříve zákazník zaplatí a dostane kód pro terminál automobilové umývárny. Poté co jej zadá do systému, je zahájen proces otevření vrat. Pokud jsou vrata otevřena. Koncový spínač zahlásí stav sepnuto, rozsvítí se na portálu příkaz VPŘED a řidič může vjíždět do místnosti. Po průjezdu prostorem vjezdových vrat a přistavením automobilu do výchozí pozice se rozsvítí kontrolka STOP a systém čeká ještě asi 3-5 sekund. Kdyby řidič přešel pásmo STOP, byl by upozorněn, signalizací VZAD k couvání. Poté se uzavře vjezdový prostor a portál se začne vzdalovat od automobilu do koncové polohy.

Všechny polohy portálu a jeho částí jsou známy, protože každá důležitá pohyblivá komponenta je opatřena řemenem k navíjecí cívce, na níž je umístěn děrný kotouč, a díky impulsům snímaným indukčním snímačem jsou pozice komponentů uloženy v systému.

### **1.5.2 Režim namáčení**

Po sepnutí koncového snímače motor portálu obrátí směr pohybu a portál se začne přibližovat k automobilu. Následně je spuštěno čerpadlo tlakové vody a režim namáčení automobilu, voda je vysokým tlakem hnána tryskami z vnitřních stran portálu a horizontální lištou na karoserii automobilu. Na stranách horizontální lišty jsou umístěny tři optické brány, které jsou umístěny tak, aby nedošlo k nebezpečnému přiblížení k automobilu. Umístění optických bran umožňuje portálu kopírovat tvar vozidla i po zaobleném povrchu. Na středu lišty je umístěn bezpečnostní spínač, který linku vyřadí z provozu a zabrání tak poškození automobilu a případným zraněním. Automobil je namáčen při pohybu portálu vpřed i vzad. Tlak vody [6] v tryskách je běžně 0,1 MPa. To je vysoký tlak proto, aby bylo dostatečně dobře opláchnuto vše včetně hrubých nečistot na podvozku. Pro mytí podvozku se používá tlak 85 barů = 8,5 MPa.

### **1.5.3 Režim šamponování**

Šamponování, je podobné jako namáčení, jen je používán roztok saponátu místo vody. Lehce tlaková voda vytváří v potrubí podtlak a natahuje saponát, ten je míchán s malým množstvím vody a vytváří tak emulzi dokonale se rozlévající po povrchu karoserie automobilu. Opět se provádí posun portálu vpřed i vzad za stálého nastřikování emulze.

### **1.5.4 Režim kartáčování**

Od sepnutí pravé krajní polohy na kolejnici portálu se čeká na spuštění kartáče do požadované výšky. Jakmile je kartáč na správné pozici, spustí se posuv portálu k

automobilu a rotace horizontálního kartáče (měří se výkon rotačního motoru), výkon motoru musí být stále stejný a tedy i proud tekoucí do něj. Ve chvíli, kdy portál na masku automobilu přitlačí horizontální kartáč, nejdříve se rotací horizontálního kartáče čistí kapota, portál se pohybuje vpravo a horizontální kartáč vzhůru to vše se děje na základě programu a přitlaku kartáče. Při rozpojení obou optických závor na portálu, se po několika krocích od zastaví posun portálu. V tento okamžik jsou kartáče na správném místě, a lze vyčistit masku automobilu. Vertikální kartáče provedou posun ke středu automobilu (čelní pohled) poté synchronně oba provádějí pohyb na levý a pravý koncový bod ty jsou signalizovány indukčně. Poté se opět přiblíží ke středu automobilu, a každý se vrátí na svou původní pozici. Tímto skončila první fáze kartáčování. V další fázi se kartáče roztočí proti sobě, tak aby saponát tlačili před sebou. V této fázi přichází na řadu mytí kol. Portál je v pohybu po konec automobilu, když se dostane k pneumatice, inicializuje ji, roztočí kartáč na kola, vysune ho proti disku kola, rotace na disku kola trvá asi 3 vteřiny, poté se kartáč vrátí do původní polohy a rotace se zastaví. To samé se opakuje u druhého páru kol, horizontální a vertikální kartáče stále rotují. Jelikož je známá přesná hloubka portálu při zjištění konce automobilu, (sepnutí druhé optické závory na portálu) portál se jen posune o nutnou vzdálenost vzad, aby mohl bezpečně provést další operaci čištění vertikálními kartáči. Na konci automobilu je zastaven horizontální kartáč, a vertikální kartáče reverzují rotaci a portál se pohybuje na začátek svých kolejnic stejným procesem jako vzad. Kartáče jsou nejčastěji z pěnového polyetyleny.

### **1.5.5 Voskování**

Vosk tedy chemikálie s protekcí laku je nastříkována tryskami stejně, jako je prováděno šamponování automobilu. Nastříkuje se v jednom směru, aby se nespotřebovalo příliš mnoho chemikálie a také aby nevznikala velká vrstva a tím i skvrny ze zaschlého vosku. Po této operaci je portál umístěn do výchozí polohy.

### **1.5.6 Sušení**

Pohybová část zůstává stejná jako u namáčení s rozdílem že není čerpaná voda vysokotlakým čerpadlem, a jsou spuštěny ventilátory. Automobil se suší dvakrát, při pohybu portálu vřed a vzad z pohledu zpředu. Důležité je, aby voda byla co nevíce vysušena, proto musí být ventilátory s velmi vysokým průtokem vzduchu.

### **1.5.7 Ukončení provozu**

Portál ukončí práci, zastaví se na svém koncovém spínači a umístí veškeré kartáče a sušící lištu do koncových poloh, aby mohl řidič s vozem odjet. Otevrou se výjezdová vrata a rozsvítí signál VPŘED. Po zaznamenání průjezdu automobilu jsou výjezdová vrata uzavřena a dalšímu zákazníkovi je povolen nový program.

## 1.6 Snímání vozidla

Existují dva typy orientace portálu a snímání vozidla. V levnějších variantách automobilových myček se používá jednoduchého řízení pomocí optozávoru, tato technologie je s rostoucím výpočetním výkonem PC dávno překonána a díky rychlým procesorům a novým technologickým možnostem je často využíváno 3D zobrazování předmětů, tvar vozidla se převede do paměti řídicího systému při namáčení, poté se nastavuje dle naměřených hodnot program a jednotlivé pohyby portálu. Tato varianta je poněkud dražší a náročnější na realizaci, není součástí projektu, a proto ji zmiňuji jen okrajově.

## 2 RECYKLACE VODY A ČIŠTĚNÍ

Recyklace vody [12] je nezbytnou součástí pro povolení provozu automyčky, snížení provozních nákladů ve formě uspořené množství vody pro mytí. Jakákoliv voda použitá v provozech, kde může být kontaminována, musí být zadržena a čištěna. Z důvodu časové tísně jsem čištění vody nebral ve svém modelu v potaz.

Jedná se o zařízení, které na principu mechanické filtrace čistí vodu na takovou kvalitu, aby ji bylo možné znovu použít pro proces mytí, zároveň nezvyšuje provozní náklady ani hodnoty rozpuštěných látek. Zařízení se skládá na míru dle určitého provozu a požadavků na výstupní odpadní vodu.

### 2.1 Princip filtrace vody

Primární přítok vody je napojen na okruh vody recyklované, ta po znečištění v provozu mytí je v odlučovačích čištěna od hrubých nečistot a olejových a pohonných hmot, a dále chemicky čištěna ve speciálním systému čistírny odpadních vod. Olejové a pohonné hmoty jsou odlučovány a musí být ekologicky zlikvidovány, proto jsou ve speciálních zásobnících, které se musí za určitou dobu vyčerpat.

K úpravě - filtraci vody se používá několik druhů čištění podle výrobce mechanické, chemické, biologické nebo jejich vzájemná kombinace. Nejčastěji je používána mechanicko-chemická kombinace (pískový filtr a flokulant – „vločkovač“ kdy chemická reakce vytvoří substanci podobnou škrobu)

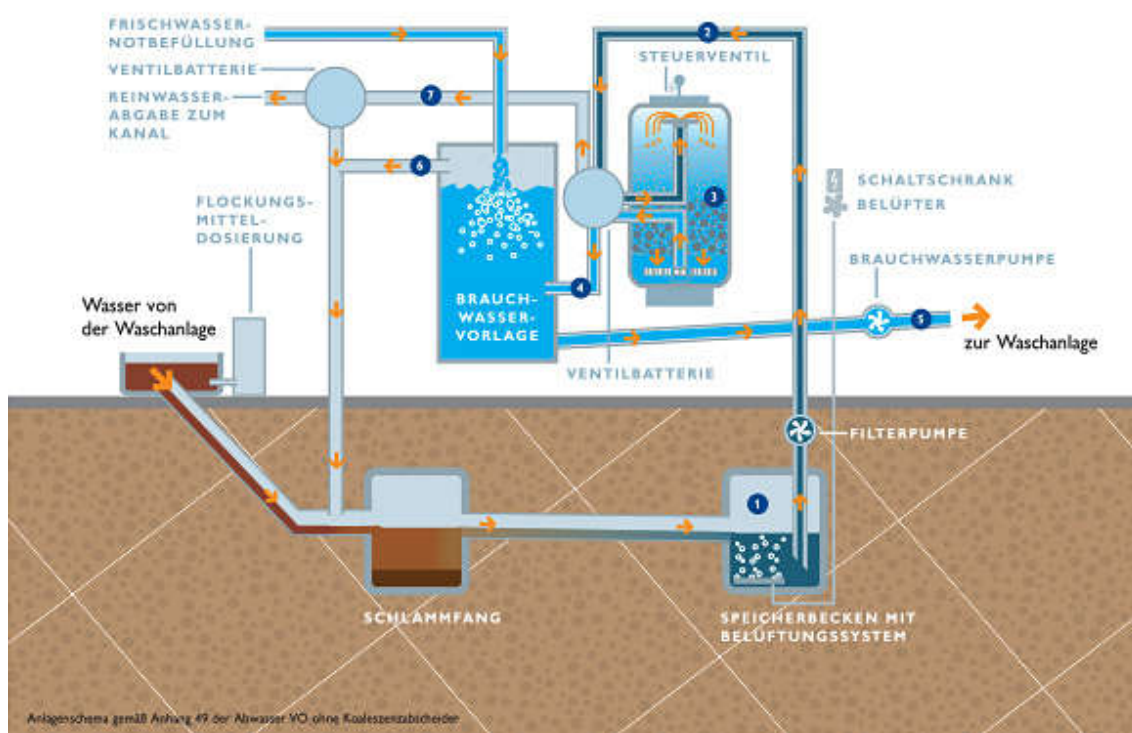
Likvidace odčerpaných kalů a vody z okruhu recyklace se provádí zpravidla dvakrát ročně a to před a po zimní sezoně. Kdy se nádrže vyčerpají a vyčistí a vše se odveze jako nebezpečný odpad. Spotřeba vody na umytí vozidla je závislá na konkrétním mycím programu a pohybuje se mezi 200 a 400 litry vody z recyklace a cca 10 až 20 litry čisté vody. To je voda, která doplní vzniklou ztrátu při mytí vozidla a zároveň částečně obměňuje vodu v okruhu.

## 2.2 Dezinfekční Okruh

Dezinfekční okruh slouží především k likvidaci nepříjemného zápachu. V provozech, kde se sledují hodnoty mikrobiologickými stěry, jako např. vozy veřejné přepravy MHD, vozy přepravující potraviny apod. je možné dezinfekční okruh vystavět i na principu dávkování ozónu výrobou ze vzdušného kyslíku. Takové zařízení je pak investičně dražší, ale provozní náklady má naopak velmi malé.

Odpadní voda je sbírána a v odkalovací nádrži jsou zachytávány hrubé nečistoty.

1. – chemická fluktuace vody,
2. – čerpání do mechanické pískové filtrace,
3. – odstranění jemných nečistot v pískové filtraci,
4. – odtok z pískové filtrace do zásobníku čisté vody
5. čistá voda je ze zásobníku tlačena do trysek tlakovým čerpadlem. Při nedostatku vody se dopouští do nádrže čistá voda z vodovodní přípojka a při přebytku je vypouštěna.



Obrázek 1: Princip filtrace vody [12]

## 3 SCADA

SCADA [1], [10], [11] je zkratka pro "Supervisory Control And Data Acquisition", v překladu "dispečerské řízení a sběr dat". Obvykle se tento pojem používá pro software, který z centrálního pracoviště monitoruje průmyslová či jiná technická zařízení a procesy a umožňuje jejich ovládání. SCADA systémy jsou například APROL od rakouského B&R, ControlWeb od české firmy Moravské Přístroje, WinCC (TIA) od německé firmy Siemens

SCADA systémy umožňují operátorovi vzdálené řízení technologie nebo zařízení, zobrazení aktuálních stavů, historii událostí a poruchy na jedno místo. Výhodou SCADA je řízení celé technologie umístěné v několika halách z jednoho místa.

### 3.1 Control Web

ControlWeb 5 je produktem české firmy Moravské přístroje [1], [3], je to programový nástroj spadající do SCADA systémů, který umožňuje komunikaci s PLC, a umožňuje jejich vzdálené řízení z jednoho místa, k tomu využívá komunikační protokoly, jako jsou Powerlink od B&R, Profibus od Siemens nebo CanOpen, který je volně přístupný a další. Pro každého výrobce je politika obchodu směřovaná k zisku, a proto chtějí, aby se používalo co nejvíce komponent a produktů z jejich nabídky.

ControlWeb je velice přátelské prostředí a ke každému kroku, který v programu uděláme, máme český komentář, je používán nejen v rozsáhlých aplikacích ve velkých firmách, ale i v malých a vestavěných aplikacích a také ve školách, ve vědě a výzkumu. Program umí nejen zprostředkovat prosté operátorské pracoviště s vizualizací a případným sběrem dat. Ale obsahuje také rozhraní pro webové klienty. Většina současných systémů je zapojena, často bezdrátově, do počítačových sítí, obvyklá je spolupráce s nějakým databázovým informačním systémem. Také se často systémy skládají z více částí, které spolu musejí komunikovat. I malá vestavěná řídicí jednotka může obsahovat Ethernet, USB, Wi-Fi, Bluetooth, také HTTP server. Webový klient, dokáže posílat e-maily, posílat a přijímat SMS zprávy. V řadě případů dokáže malý a levný průmyslový počítač nahradit kombinaci PLC a počítače pro operátorské řízení. Zde pak výhoda jednoho programového prostředí pro vývoj aplikací nabývá na ceně. ControlWeb tedy řeší veškerou funkčnost SCADA systémů

## 4 ŘÍZENÍ PROCESU

### 4.1 PLC systémy

PLC - Programovatelný Logický Controler [4], Zařízení je malých rozměrů nižších výkonů, s pasivním chlazením, pro maximální životnost při aplikacích v průmyslu. Je užíván jako základní řídicí člen ve výrobních linkách, továrnách či strojích. Zpracovávání programu je cyklické v pevných opakovaných časových intervalech. V našem případě 150ms. PLC má vnitřní paměť a fyzické vstupy a výstupy. Vstupy digitální (DI) jsou využívány nejčastěji pro senzoriku, digitální výstupy (DO) pro spínání binárních akčních členů. Další částí jsou analogové vstupy (AI) pro přenášení dat například ze snímačů rychlosti, analogové výstupy (AO) k řízení motorů.

Systémy dělíme na Kompaktní a Modulární. Kompaktní systémy jako je například PLC S7-1200, který obsahuje v jednom modulu zdroj, procesor, paměť i několik portů se vstupy a výstupy. Modulární jsou takové, které se dají rozšiřovat a v každém modulu je jedna dílčí část zařízení. Rozšiřování je možné podle typu dané sběrnice, často se umísťuje v provozech více dílčích podřadných PLC, které si mezi sebou vyměňují datové informace.

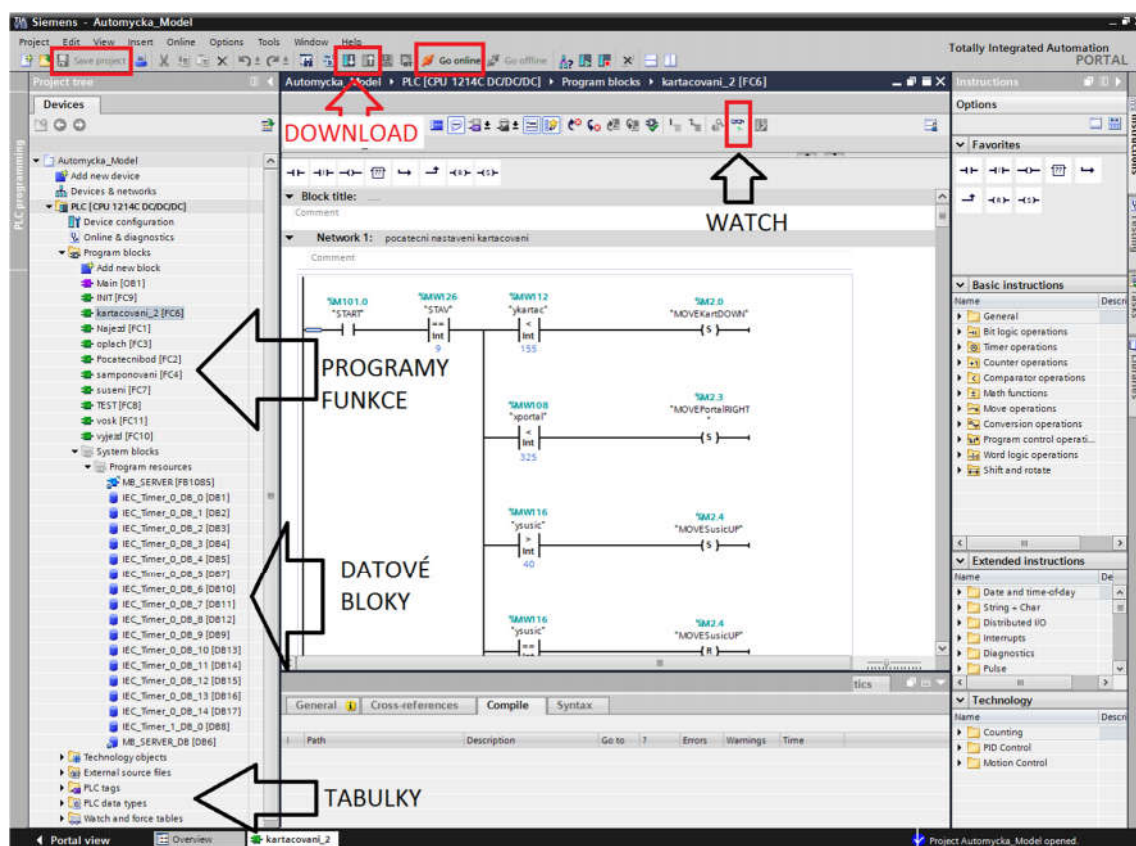
Každé PLC je vybaveno programem (operačním systémem), který uživateli poskytuje funkce pro práci s daty, pro řízení vstupů a výstupů. Koloběh cyklu v controleru je načtení vstupů, vykonání programu a zápis na výstupy aktualizace časovačů a systémových registrů. Systém pracuje s obrazy vstupů a výstupů, které pak posílá na periferie fyzických modulů.

Pro programování jsem využil jazyk kontaktních reléových schémat, zvaný Ladder Diagram. Tento grafický jazyk, využívá logické operace, kontakty  $-|$  a cívky  $-(S)-$ , je výhodný pro ladění programů a identifikaci chyb, pokud vývojové prostředí, ve kterém je programován umožňuje zvýraznit část kódu, která je právně aktivní a zobrazuje vodivou cestu. Dalšími jazyky jsou Logická schémata, sekvenční grafy nebo strukturovaný text, jazyk symbolických adres nebo jiné grafické jazyky.

Paměť PLC Siemens S7-1200 je organizovaná podle přístupu. K datům lze přistupovat dvoustavově (bit - M), po byte (8 bit slovo - MB) či po dvou byte (16 bit slovo - MW).

## 4.2 Vývojové prostředí TIAPortal

Prostředí pro tvorbu programu v PLC, umožňuje programování ve standardních jazycích, TIAPortal (Totally Integrated Automation Portal) je produktem firmy Siemens, a dodávané licence jsou určeny právě pro jejich systémy průmyslových automatů. Defaultním jazykem je zde Ladder Diagram. Prostředí umožňuje sledovat aktuální hodnoty v paměti, v obrazech vstupů a výstupů, chybová hlášení a poruchy PLC a ztráty komunikace. Výhodou je také zobrazení a zvýraznění prováděného programu, včetně logických stavů a hodnot jednotlivých proměnných, kontaktů a cívek. Implementovány jsou základní funkce, časovače, čítače a další. V Default tag table, je nutné definovat proměnné v paměti nebo adresy vstupů a výstupů. Teprve pak je možno programovat samotný kód. V TIAPortalu je k dispozici i WatchTable, který dovoluje sledovat ty proměnné nebo vstupy či výstupy, které právě potřebujeme, stačí si je jednoduše nadefinovat ve Default tag table a pak napsat jejich název do Watch Table. Zde pak vidíme hodnotu či stav (true/false)



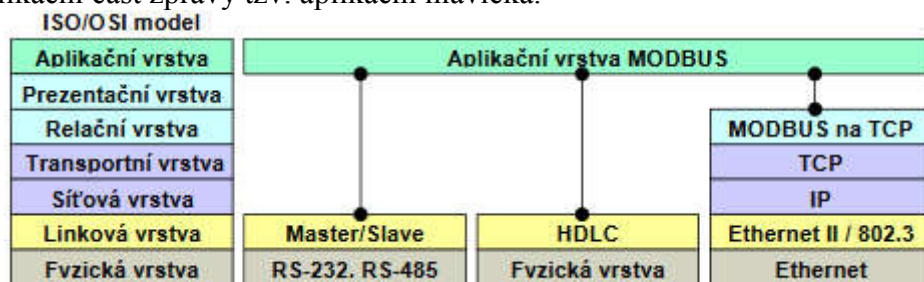
Obrázek 2: Prostředí TLAPortál

Na obrázku 2 vidíme vlevo program (OB1) funkce (FC), a tabulky proměnných (PLC tags a Watch table) vpravo prvky instrukcí (časovače, bitové operace, logické a další). Na bílém plátně máme naprogramovaný kód. V horní liště můžeme projekt ukládat a nahrávat. Pro nahrávání slouží ikona automatu se šipkou dolů, tou naprogramovaný kód nahrajeme (download) do PLC. Go online slouží pro připojení PLC k PC po síti LAN. Sledování běhu programu v reálném čase umožní funkce watch

## 4.3 Přenos dat pomocí MODBUS protokolu

Přenos je zajištěn pomocí protokolu Modbus [5]. Modbus TCP/IP je otevřený protokol (volně upravitelný, modifikovatelné soubory .par, .dmf pro přístup do vnitřní paměti PLC) po kabelu průmyslového ethernetu. Komunikace byla zajištěna z PC do PLC a zpět, v pevném počítači je aplikace ControlWebu, která zajišťuje vizualizaci a virtuální model, PLC zajišťuje vykonávání procedur potřebných k mytí automobilu, řízení pohonů, získávání dat ze snímačů, které ukládá do paměti. **Modbus** je otevřený protokol pro vzájemnou komunikaci různých zařízení (PLC, dotykové displeje, I/O rozhraní apod), ten umožňuje přenášet data po různých sítích a sběrnicích. Komunikace funguje na principu předávání datových zpráv mezi klientem a serverem (master a slave). Jako Server je zde stolní počítač s programem ControlWeb, klientem je právě PLC.

Modbus protokol se nachází v aplikační vrstvě ISO/OSI modelu, vytváří základní zprávu Protokol Data Unit, ta zahrnuje kód zprávy a data, a podle typu sběrnice se přidává aplikační část zprávy tzv. aplikační hlavička.



Obrázek 3: Umístění protokolu v OSI/ISO modelu[5]

Princip komunikace je takový, že Klient vyšle požadavek, a server sestaví zprávu a odešle ji klientovi. Reprezentace dat je v „Big endian“, což znamená, že vyšší byte je odeslán jako první, nejčastěji se posílá 16 bitové slovo nebo 1bit. Lze nastavit komunikaci na jednosměrnou, (input /output) nebo obousměrnou, (bidirectional). Protokol odesílá také chybové stavy a hlášení (poruchy komunikace).

## 5 NÁVRH REALIZACE PROJEKTU

### 5.1 Návrh řízení automyčky

Hlavní myšlenka byla, aby po odpojení virtuálního modelu a jednoduché úpravy programu v PLC respektive změna ovládání paměti na ovládání fyzických vstupů a výstupů, a program by mohl být program použit pro řízení reálného modelu Automobilové portálové mycí linky.

Model bude generovat data jako skutečná portálová automobilová myčka, všechna důležitá data ze senzorů pro vjezd a výjezd, na sušící liště či na samotném portálu. Dále data z frekvenčních měničů pro pohony kartáčů a hodnoty koncových spínačů.

PLC bude řídit celý proces, a bude zahrnovat tři mycí programy. Jednotlivé stavy budou definovány a vykonávány podle daného seznamu.

Vizualizace bude poskytovat dispečerovi poruchová hlášení, informace o vykonávaném stavu, náhled na polohy aktuálních částí zařízení, signalizaci pro řidiče možností povolovat činnost procesu.



Obrázek 4: Princip komunikace a funkčnosti programu

### 5.2 Návrh modelu automyčky

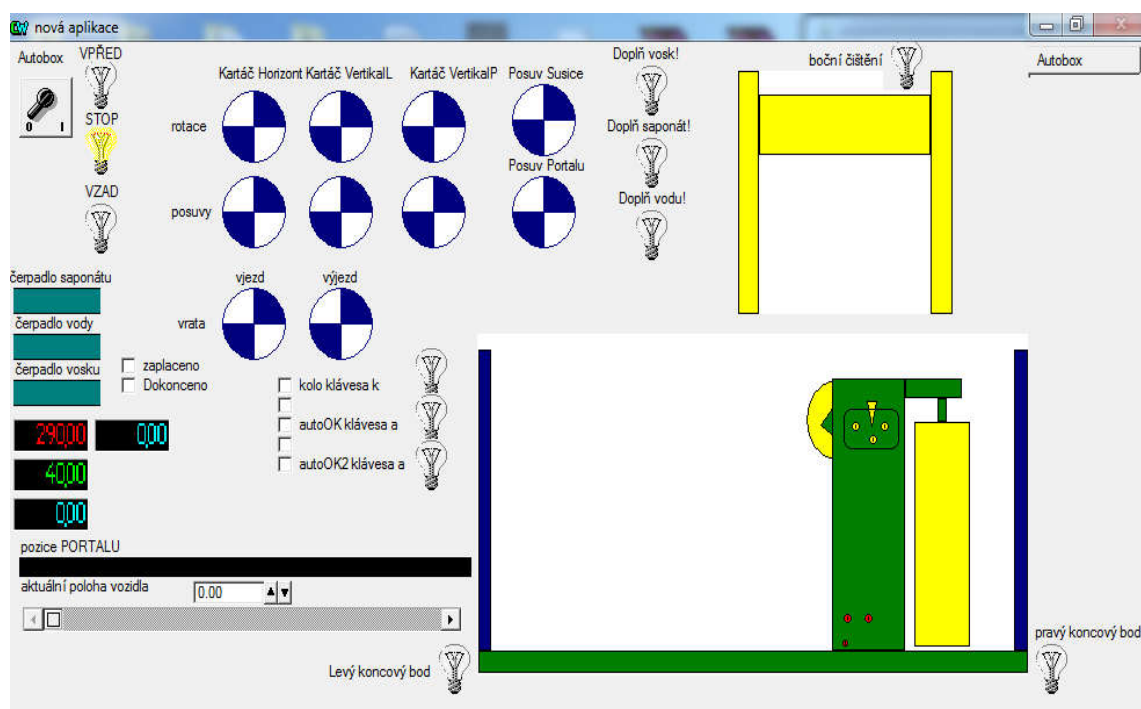
Virtuální model bude vytvořen v programu ControlWeb, bude poskytovat data jednotlivých senzorů a informace o pohyblivých částech, jako jsou poloha portálu, kartáčů a sušící lišty, a co nejvíce napodobovat chování reálného modelu. Model bude generovat data jako skutečná portálová automobilová myčka. Všechna důležitá data ze senzorů pro vjezd a výjezd, na sušící liště či na samotném portálu, dále data z frekvenčních měničů pro pohony kartáčů, velice důležité jsou hodnoty momentu z horizontálního kartáče, podle kterého je řízen proces kartáčování. Na základě polohy automobilu bude definováno spínání senzorů OK1 a OK2 umístěných na portálu. Na základě definovaného autíčka v modelu bude generovat hodnotu momentu hodnotu indukčních snímačů k identifikaci polohy vertikálních kartáčů a výskytu kol pro jejich čištění. Sensorika sušící lišty bude ovládána šipkami na klávesnici, bude také poskytovat volbu pro prázdný i plný zásobník chemikálií či o poklesu tlaku vody pod dolní limit. Bude také poskytovat aktivitu koncových spínačů vjezdových a výjezdových vrat.

## 5.3 Návrh vizualizace

Vizualizace by měla operátorovi poskytovat důležité informace o stavu a poruchách a o vykonávaném procesu dané technologie. V automobilové mycí lince bychom potřebovali hlídat stav nádrží chemikálií, zobrazovat poruchové stavy, kdy se vyskytne chyba v programu nebo se přestane vykonávat pohyb určité části stroje.

Měla by umožňovat náhled na stroj v reálném čase, tím jsou na mysli skutečné pohyby a pozice. Rotační a posuvný pohyb motorů bude zobrazovat pomocí prvků engine, pro posuvné pohyby a náhled na bude použit také přístroj DRAW, díky němu bude vizualizace přehlednější a názornější. A bude v ní zobrazen čelní a boční pohled na technologii. Zobrazení signalizace pro řidiče automobilu, nouzové stop tlačítko pro okamžité vypnutí stroje. Indikace provozu čerpadel nebo servoventilů.

V neposlední řadě je možnost zatrhnutí zaplacení jako podmínky pro spuštění programu a výběr programu pro vykonávání a nouzové STOP tlačítko.



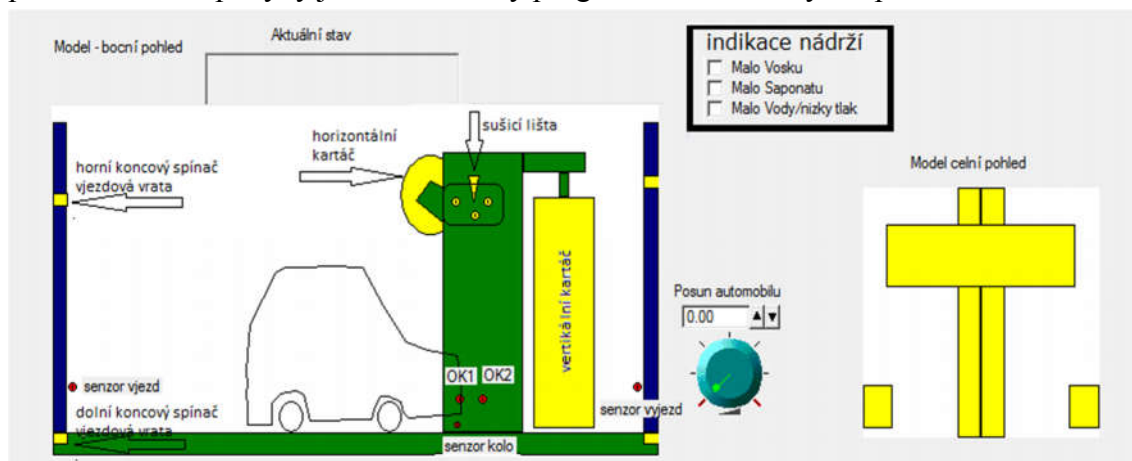
Obrázek 5: Vizualizace automobilové mycí linky

## 6 REALIZACE

### 6.1 Realizace modelu

Model automyčky je konstruován v programové části ControlWebu označena jako MODEL, čas opakování je každých 100ms, což je dostatečná doba, se kterou si poradí i přenosová soustava. V modelu je zajištěno spínání senzorů a model automobilu pro definování momentu motoru pro čištění kartáčem.

Nutnou součástí je i DRAW model pro získání pozic krokových motorů, které by byli ve skutečnosti řešeny mírně jiným způsobem. Pro softwarovou aplikaci a pro výukové podmínky je dostačující tento pohled. Z objektu DRAW umístěného na panelu ControlWebu, jsou sbírány hodnoty pozic horizontálního kartáče, sušiče a samotného portálu. Ostatní pohyby jsou definovány programem a koncovými spínači.



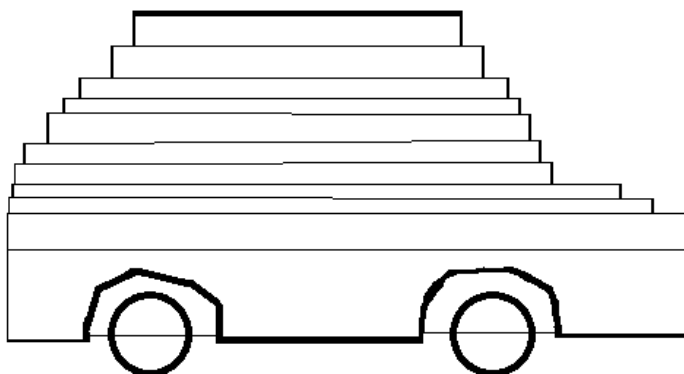
Obrázek 6: Náhled na model portálové myčky

Otázkou bylo řešení spínání čidel sušicí lišty, abychom nemuseli tvořit náročný model, byla využita klávesnice a pomocí šipek tuto senzorku tím dokážeme simulovat velmi přesný pohyb kopírující tvar automobilu.

Zpracování vizuálního modelu je pohled zepředu a zboku, je znázorněn pouze pohyb kartáčů, sušicí lišty a samotného portálu. Využíváme známosti poloh těchto prvků jako v reálném modelu. Simulací čidel na klávesnici lze docílit přesného kopírování tvaru automobilu. Řízení Automyčky je řešeno pomocí optozávor, indukčních snímačů, hlavní řídicí jednotkou, a speciálním zařízením zvaným polohový kotouč, kde se indukčními snímači měří polohy kartáče portálu a sušicí lišty, tyto data jsou pak předávána programu.

Každý přístroj musí být časován, aby jeho činnost byla vůbec prováděna. Přístroj bez časování je prakticky pro systém neviditelný a v podstatě neexistuje, provedení činnosti takového přístroje se provede pouze jednou a to při spuštění programu, nebo pokud je vyvolána změna jeho hodnoty. V programu byly použity viditelné a neviditelné přístroje, viditelné jsou vidět na panelu vizualizace (model, otočné knoflík) neviditelné jsou programy

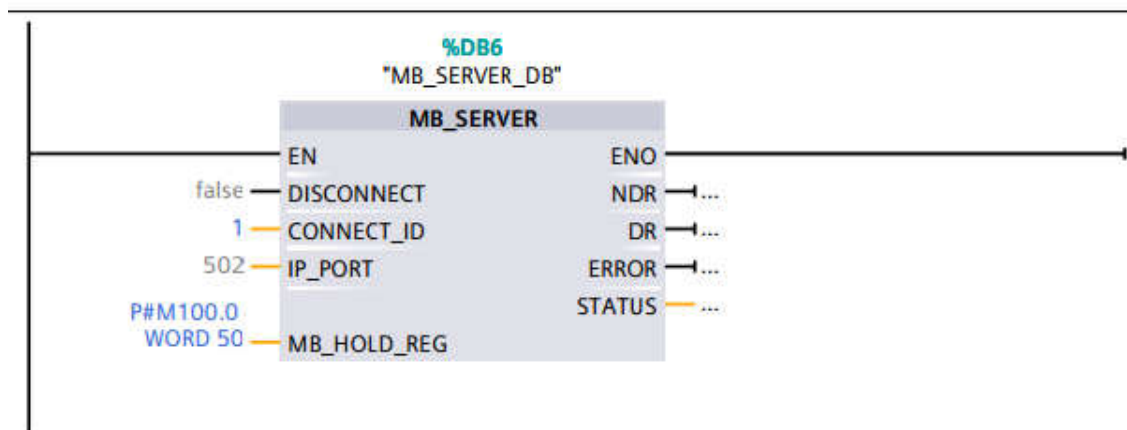
V modelu není tak zřetelná výhoda, neboť model je definovaný v kostkách nikoliv jemnými křivkami. Proto ve vizualizaci vidíme „schody“ při pohybu kartáče. Na modelu vidíme tvar automobilu, který značí maximální hodnotu momentu, a okolí automobilu tvoří minimální hodnotu momentu horizontálního kartáče. (viz obrázek 7).



Obrázek 7: Definování momentu Horizontálního kartáče

## 6.2 Realizace řízení

Automyčku řídí jednotka PLC (Programovatelný logický controler) je to hlavní mozek řízení celého procesu automyčky, zajišťuje sled po sobě jdoucích událostí. Ty jsou dány, třemi programy, z nichž program č. 1 je nejrozsáhlejší, jsou v něm všechny procesy, které mohou být prováděny. Program č. 2 je bez voskování a program č. 3 je pouze s opláchnutím automobilu a osušením. Využíváme základních logických funkcí, časovačů přesunů dat mezi proměnnými, abychom mohli komunikovat mezi PLC a aplikací ControlWeb musíme definovat přenos pomocí bloku MB server

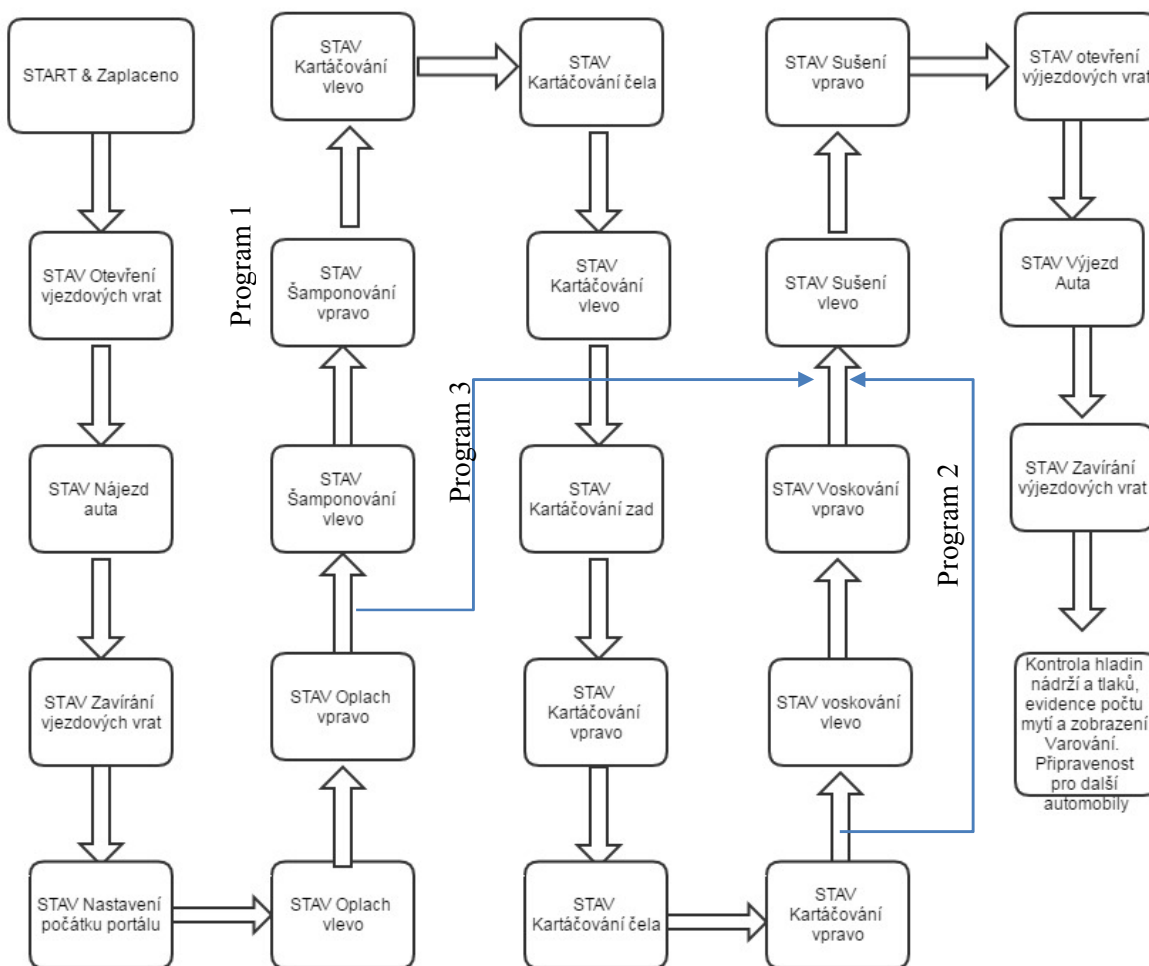


Obrázek 8 Komunikační blok v PLC

MB\_HOLD\_REG – udává počet slov (16bit) od adresy P které se budou s každým cyklem odesílat

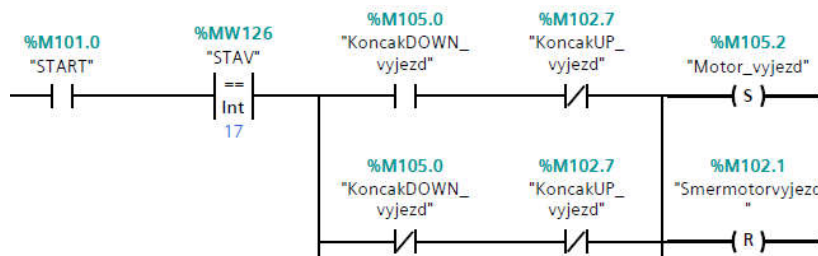
### 6.2.1 Volby mycích programů

Vždy je možné zvolit pouze jeden program, který má přesně definované stavy. Posloupnost těchto stavů lze sledovat na stavovém diagramu (obrázek 8).



*Obrázek 9 Stavový diagram programu automyčky*

Program je navržen v prostředí TIAPortál, v jazyku Ladder, tento jazyk je nejvhodnější pro jednoduché řízení, binárních vstupů, a výstupů, a také analogových. Není vhodný pro rozsáhlé programy, neboť program je grafický a jeho velikost dokumentace pak narůstá. Pro řízení jednoduchého modelu automyčky je tedy velice vhodný



Obrázek 10 Ukázka programu v Ladder Diagramu

Abychom mohli řídit proces, jsou nutná data, která získáme z modelu, data nám poskytuje v našem případě model v ControlWebu, pomocí komunikačního protokolu Modbus. Jelikož využíváme komunikace pomocí Modbusu, můžeme přistupovat jak bitově tak 16bit slovem. Avšak reprezentace v PLC je trochu jiná. Nejdříve je nutné si uvědomit, že slovo má 2x8 bitů, tedy dva byte, to znamená, MW 112 zahrnuje (MB 112 a MB 113) v ControlWebu k němu přistupujeme pod adresou channel 106

## 6.2.2 Nájezd

Otevírání vjezdových vrat je řízeno pouze pomocí koncových snímačů. Pohyb samotných vrat je naprogramován v programovém kódu modelu. Při otevírání svítí na semaforu červený nápis STOP. Po otevření vrat se rozsvítí zelená Vpřed a je zhasnuta červená STOP, poté se čeká na snímač OK1 umístěný na portálu, který při sepnutí vrátí hodnotu True a spustí zavírání vrat. Tím je zajištěno, že automobil už je uvnitř mycí haly. Pokud by automobil byl delší než mycí hala, infrazávora těsně u vjezdových dveří by byla stále rozepnutá, to způsobí zákaz pohybu spuštění vjezdových vrat a po čase by byla přivolána obsluha. Pokud je OK1 rozepnutý a zároveň vjezdová závora sepnutá, ještě je nutné, aby byl sepnutý i OK2 pokud není signál přerušen a není přerušen ani v následujících 5 vteřinách kdy je možné že se řidič ještě rozhodne s autem popojet, předpokládáme, že automobil je na správné pozici a může začít proces mytí. Jestliže v již zmíněných pěti vteřinách bude OK2 rozpojen, zhasnou všechna světla semaforu a rozsvítí se nápis Zpět. Jestliže je automobil zastaven a na požadovaném místě, je spuštěno zavírání vjezdových vrat. Po sepnutí dolního koncového spínače je vypnut pohon motoru vrat a povolena činnost následujícího procesu.

### 6.2.3 Oplach

Proces mytí je sestaven z následujících částí, nejprve se portál nastaví do výchozí pozice (horizontální kartáč i sušící lišta je umístěna nahoře a vertikální kartáče včetně polohovacího zařízení kartáčů kol je skryto do portálu). V tento moment je vše připraveno na předmáčení. Pohyb sušící lišty, která je nejprve spuštěna do úrovně podvozku automobilu, nese trysky na tlakovou vodu, je řízena třemi optickými závory, které utváří rovnoramenný tupý trojúhelník, směřující vrcholem směrem do podlahy. Optické závory simulujeme pomocí šipek na klávesnici (vlevo, dolů a vpravo), tak docílíme přesného kopírování karoserie automobilu. Proces se vykonává zepředu dozadu a zpět. Po namočení se sušič opět vrátí do výchozí pozice.

### 6.2.4 Šamponování

Po namočení je na automobil nanášen roztok vody a saponátu ve směru z přední části automobilu k zadní části. Portál pomocí závory OK2 (OK1=true, OK2 = true) zjistí, zda už je za automobilem, pokud ano, reverzuje se směr pohybu portálu a vrací se zpět do původní pozice. Poté je čerpadlo saponátu vypnuto.

### 6.2.5 Kartáčování

Ve třetím kroku přichází na řadu kartáčování, z modelu jsou získávána data momentu, tyto data generujeme v modelu. To nám zajistí určitou bezpečnostní vzdálenost hřídele kartáče a automobilu. Štětiny kartáčů jsou totiž dostatečně dlouhé a díky přilnavému materiálu vzniká dostatečný třecí odpor pro zvýšení momentu, při přiblížení kartáče k automobilu. Vertikální kartáče jsou spouštěny podle signálů z OK1 a OK2, od kterých se definuje začátek a konec automobilu, a od nich se počítá hloubka portálu, poté se spustí kartáčování masky a kufru automobilu. Vertikální kartáče vykonají pohyb ke středu automobilu, tam změní směr a zasunou se zpět za portál. Pokud probíhá kartáčování čel, je zároveň vypnut horizontální kartáč, aby nedocházelo ke zbytečnému opotřebení laku vozidla. Ačkoliv saponát snižuje opotřebení, vlivem dlouhé doby tření na jednom místě by mohlo vzniknout riziko poškození laku. Čištění probíhá jednou v jednom směru na přední a na zadní masce. Poté se portál vrací zpět do základní pozice.

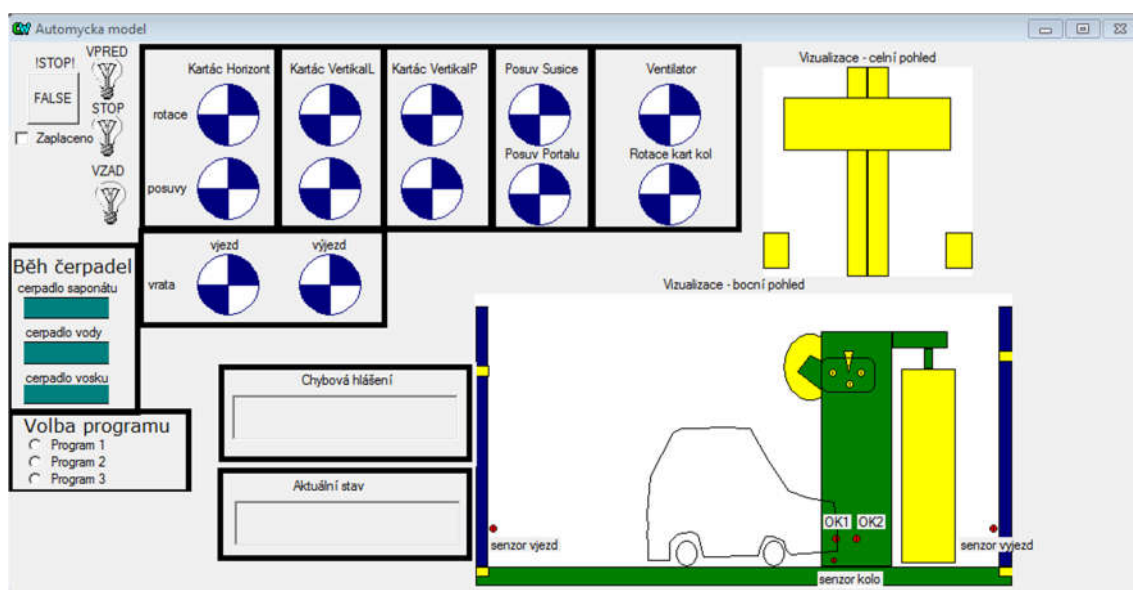
## 6.2.6 Voskování a sušení

Dalším krokem je voskování, z výchozí polohy opět při přisunutí k automobilu se spouští čerpání emulze vosku, ten je nastříkovan tryskami na povrch automobilu. Zde je nanesena pouze jedna vrstva, poté se vypne čerpání a portál se vrátí zpět do původní polohy. Poté je vosk a zbytky vody vysušeny proudem vzduchu z e tří velmi výkonných ventilátorů. Dva ventilátory jsou umístěny na bocích portálu a třetí v sušící liště. Tak kopíruje tvar automobilu pomocí optických závor stejně jako v případě oplachu.

## 6.2.7 Výjezd

Po vysušení započne otevření výjezdových vrat sepnutím Horního koncového spínače výjezdových vrat se vypne pohon. Následné rozsvícení zeleného VPŘED na portálu je znamením, že program čeká, až vozidlo opustí prostor mycí linky. Jakmile výjezdová optická závora je přerušena a následně opět sepnuta, automobil opustil prostor myčky a vrata jsou po časové prodlevě zavřena, opět zavírání trvá tak dlouho, dokud jej nevypne koncový dolní spínač. Nyní může započít nový program s dalším automobilem.

## 6.3 Realizace vizualizace



Obrázek 11: Náhled na vizualizaci pro operátora

Pod nápisem !STOP! je spínač, kterým je v případě potřeby zastavena veškerá činnost programu a zastavení všech pohybů portálu. Vedle je umístěna signalizace pro zákazníka automýčky. (Vpřed, Stop a Vzd). Modrobílé kruhy zobrazují činnost aktivních motorů v daném okamžiku, rotace komponent a jejich posuvy.

Dále je implementována signalizace pro prázdné zásobníky čisticích prostředků. Při jejich indikaci je nahlášen odpovídající stav. Chod jednotlivých tlakových čerpadel je

zobrazen v levé části vizualizace. Obsluha může sledovat všechny pohyblivé části stroje v modelu, pohyby kartáčů, sušící lišty a pohyb celého portálu. K tomu slouží čelní a boční pohled.

Pro reverzaci motorů ve vizualizaci používám nativní proceduru SetMode, která umožňuje na základě binární proměnné měnit směr rotace motoru. Viz následující obrázek.

```
engine Portal_posuv;
timer = 0.01;
owner = VIZUALIZACE;
position = 433, 37, 55, 55;
expression = Susic_posuv;
mode = rotate_right;
step = 1;
procedure OnActivate();
begin
if Smersusice = true then;
SetMode( 1 ) (*up-vlevo*)
else
SetMode( 0 ) (*down-vpravo*)
end; end_procedure; end_engine;

(* ukázka kódu hlášení chyb *)
if(nadrz_sampon = false)then
TEXT2 = 'DOPLN SAMPON!'
end;
if(nadrz_vosk=false)then
TEXT2 = 'DOPLN VOSK!'
end;
if(nadrz_voda=false)then
TEXT2 = 'ZKONTROLUJ STAV VODY!'
end;
if((nadrz_voda=true) and (nadrz_vosk=true) and (nadrz_sampon = true))then
TEXT2 = 'OK'
end;
```

Obrázek 12 Ukázka kódu pro definici a reverzaci motoru

Ukázka zápisu kódu v programu ControlWeb:

```
(* výhoda použití switch pro jednotlivé dílčí stavy *)
switch| STAV of
case 1,3; (* lze definovat kód pro více stavů *)
(*----- START ovladani vjezdovych vrat-----*)
if (YVRATAVJEZDCW >= 8) then
KoncakDown_vjezd = true;
KoncakUP_vjezd = false;
end;
case 4,2;
TEXT = 'STAV POČÁTEČNÍ BOD'
end; (*ukončení switch*)
```

Obrázek 13 Ukázka kódu zápisu if a switch

# ZÁVĚR

Téma bakalářské práce jsem si zvolil sám. Návrh ovšem neodpovídá skutečnosti, a jeho okamžitá aplikace v praxi by vyžadovala značné úpravy a ladění poté bude možné použít vytvořenou aplikaci na fyzický model. Podle průzkumu trhu a dostupných technologií jsem vytvořil literární řešerši. Řešerši jsem se řídil a tvořil podle ní návrh portálové myčky jako laboratorní úlohy.

Mnou navržený model je pouze virtuálního charakteru simuluje měření výkonu motoru horizontálního kartáče, kdy podle ponoření kartáče do obrysu automobilu je generována hodnota momentu a podle toho se rozhoduje program, jak bude pohybovat s portálem a jeho komponenty. Model samozřejmě zajišťuje všechnu potřebnou sensoriku, bez které bychom se neobešli včetně simulování poruchových hlášení. Program ControlWeb se ukázal jako vhodný vytvoření modelu a také pro vizualizaci automyčky, Virtuální model portálu je součástí vizualizace, a je jeho neoddělitelnou součástí. Model není do detailu zpracován, je navržen pouze pro konkrétní typ automobilu a je to velmi zjednodušený pohled na chování automobilu v portálové myčce.

Řídicí část zahrnuje 3 mycí programy, jeden však stačí pro předvedení principu technologie a zobrazení všech pohybových i signalizačních stavů. Program v PLC se chová jako stavový automat, ten zajišťuje dodržení posloupnosti programu mytí. Komunikaci s modelem a vizualizací zajišťuje protokol Modbus, ve kterém jsem upravil soubory .paf a .dmf.

Vizualizace zobrazuje pohyby portálu, rotace kartáčů prostřednictvím prvků engine, signalizaci chyb a indikací pro řidiče. Vizualizace získává data z programu vykonávajícího se v PLC na základě virtuálního modelu.

Přiblížit se skutečné technologii by vyžadovalo poznat reálnou konstrukci důkladněji a získat mnohem více zkušeností. Pro smysl projektu by bylo nejvhodnější vytvořit reálný model řízený PLC a připojit vytvořenou aplikaci. Ve skutečné praxi je použití vizualizace spíše prvkem navíc, protože myčka funguje jako stavový automat a nutné vstupy pro vzdálené řízení jsou jen volba programu tedy zadání nového procesu pro další automobil a hlášení poruch a havarijních stavů signalizace nízkých hladin chemikálií a měření poklesu tlaku vody.

# Literatura a Zdroje

- [1] Přehled trhu SCADA. *Automa.cz*. [online]. 6.2011 [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://automa.cz/res/pdf/43729.pdf>
- [2] *Easy Wash* [online]. 10/2012. [cit. 2016-05-19]. ISBN 905037. Dostupné z: <http://www.washtec.cz/userfiles/images/EasyWash.pdf>
- [3] BÍLÝ, Radek. *Control Web 2000: průvodce systémem pro tvorbu a nasazení aplikací reálného času*. Praha: Computer Press, 1999. Profi. ISBN 80-7226-258-0.
- [4] Ing. Josef Kovář, Ing. Zuzana Prokopová, Ing. Ladislav Šmejkal, CSc. . Programování PLC . *Implementace programování PLC automatů dle evropské normy IEC 61 131 do výuky žáků středních škol*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: [http://www.spszl.cz/soubory/plc/programovani\\_plc.pdf](http://www.spszl.cz/soubory/plc/programovani_plc.pdf)
- [5] Ing. Andrea Ronešová . Přehled protokolu MODBUS. . [online]. květen 2005 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~ronesova/bastl/files/modbus.pdf>
- [6] Jiří Koubovský. *Automyčka Dobřany* . [online]. [cit. 2016-05-17]. Dostupné z: <http://www.koubovsky.cz/automycka/>
- [7] ČT24. Česká televize. *Zpravodajství regiony*. [online]. 2.5.2013 [cit. 2016-05-17]. Dostupné z: (8) <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/regiony/1101849-mycka-vlaku-v-michli-jedna-ze-tri-v-cesku-jedna-ze-sta-v-evrope>
- [8] *S7-1200 Programmable controller System Manual* [online]. 04/2012. [cit. 2016-05-19]. ISBN A5E02486680-06. Dostupné z: [www.generationrobots.com/media/manuel-plc-siemens-s7-en.pdf](http://www.generationrobots.com/media/manuel-plc-siemens-s7-en.pdf).
- [9] Ing. Radek Štohl, Ph.D. Ing. Miroslav Jirgl. Ing. Jakub Arm Ing. Štefan Mišík. *Laboratorní cvičení BPPA*. 1.9.2014. [cit. 2016-05-17]
- [10] Dennis Brandl. *Kdo vytváří vaše HMI?* [online]. 03.10.2013. [cit. 2016-05-19]. ISBN . Dostupné z: [http://www.controlengcesko.com/index.php?id=47&no\\_cache=1&tx\\_ttnews\[tt\\_news\]=5025&cHash=cbeee0a1a5&type=98](http://www.controlengcesko.com/index.php?id=47&no_cache=1&tx_ttnews[tt_news]=5025&cHash=cbeee0a1a5&type=98)
- [11] Ing. Jan Pásek, CSc.. *Programovatelné automaty v řízení technologických procesů* [online]. 30.11. 2007. [cit. 2016-05-19]. ISBN . Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/priloha.php?dpid=45795](https://www.vutbr.cz/www_base/priloha.php?dpid=45795)
- [12] AquaPur. *WashTec Cz, spol. s r. o.*. [online]. 2016 [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://www.washtec.cz/produkty/recirkulace-a-cistení-odpadních-vod/aquapur.html>

## Seznam obrázků

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| Obrázek 1: Princip filtrace vody [12].....                 | 15 |
| Obrázek 2: Prostředí TIAPortál .....                       | 18 |
| Obrázek 3:Umístění protokolu v OSI/ISO modelu[5] .....     | 19 |
| Obrázek 4: Princip komunikace a funkčnosti programu.....   | 20 |
| Obrázek 5: Vizualizace automobilové mycí linky .....       | 21 |
| Obrázek 6: Náhled na model portálové myčky.....            | 22 |
| Obrázek 7: Definování momentu Horizontálního kartáče ..... | 23 |
| Obrázek 8 Komunikační blok v PLC .....                     | 23 |
| Obrázek 9 Stavový diagram programu automyčky.....          | 24 |
| Obrázek 10Ukázka programu v Ladder Diagramu .....          | 25 |
| Obrázek 11: Náhled na vizualizaci pro operátora .....      | 27 |
| Obrázek 12Ukázka kódu pro definici a reverzaci motoru..... | 28 |
| Obrázek 13Ukázka kódu zápisu if a switch .....             | 28 |

## Seznam příloh

|                                                             |
|-------------------------------------------------------------|
| Příloha 1: Tabulka použitých proměnných v PLC               |
| Příloha 2: Tabulka proměnných v CW                          |
| Příloha 3: Zdrojový kód modelu v programu CW                |
| Příloha 4: Zdrojový kód vizualizace v programu CW           |
| Příloha 5: Zdrojový kód pro řízení automobilové myčky v PLC |

# Default tag table [107]

## PLC tags

| PLC tags | Name             | Data type | Address | Retain | Visible in HMI | Access-ible from HMI | Comment |
|----------|------------------|-----------|---------|--------|----------------|----------------------|---------|
|          | START            | Bool      | %M101.0 | False  | True           | True                 | Data CW |
|          | Zaplaceno        | Bool      | %M101.1 | False  | True           | True                 | Data CW |
|          | STAV             | Int       | %MW126  | False  | True           | True                 |         |
|          | CERVENA          | Bool      | %M101.2 | False  | True           | True                 | Data CW |
|          | ZELENA           | Bool      | %M101.3 | False  | True           | True                 | Data CW |
|          | ZPET             | Bool      | %M101.4 | False  | True           | True                 | Data CW |
|          | OK1              | Bool      | %M101.5 | False  | True           | True                 | Data CW |
|          | OK2              | Bool      | %M101.6 | False  | True           | True                 | Data CW |
|          | KoncakUP_vjezd   | Bool      | %M101.7 | False  | True           | True                 | Data CW |
|          | KoncakDOWN_vjezd | Bool      | %M100.0 | False  | True           | True                 | Data CW |
|          | PortalKoncLeft   | Bool      | %M100.1 | False  | True           | True                 | Data CW |
|          | PortalKoncRight  | Bool      | %M100.2 | False  | True           | True                 | Data CW |
|          | Cidlo1           | Bool      | %M100.3 | False  | True           | True                 | Data CW |
|          | Cidlo2           | Bool      | %M100.4 | False  | True           | True                 | Data CW |
|          | Cidlo3           | Bool      | %M103.0 | False  | True           | True                 | Data CW |
|          | Program1         | Bool      | %M100.6 | False  | True           | True                 |         |
|          | Program2         | Bool      | %M100.7 | False  | True           | True                 |         |
|          | Program3         | Bool      | %M100.5 | False  | True           | True                 |         |
|          | V1               | Bool      | %M103.1 | False  | True           | True                 |         |
|          | V2               | Bool      | %M103.2 | False  | True           | True                 |         |
|          | V3               | Bool      | %M103.3 | False  | True           | True                 |         |
|          | V4               | Bool      | %M103.4 | False  | True           | True                 |         |
|          | Cidlo_vjezd      | Bool      | %M103.5 | False  | True           | True                 |         |
|          | Senzorkolo       | Bool      | %M103.6 | False  | True           | True                 |         |
|          | Sinermotorvjezd  | Bool      | %M103.7 | False  | True           | True                 |         |
|          | Sinermotorvjezd  | Bool      | %M102.0 | False  | True           | True                 |         |
|          | Sinermotorvjezd  | Bool      | %M102.1 | False  | True           | True                 |         |
|          | Sinermotorvjezd  | Bool      | %M102.2 | False  | True           | True                 |         |
|          | Sinermotorvjezd  | Bool      | %M102.3 | False  | True           | True                 |         |
|          | Sinermotorvjezd  | Bool      | %M102.4 | False  | True           | True                 |         |
|          | Sinermotorvjezd  | Bool      | %M102.5 | False  | True           | True                 |         |
|          | Sinermotorvjezd  | Bool      | %M102.6 | False  | True           | True                 |         |
|          | Sinermotorvjezd  | Bool      | %M102.7 | False  | True           | True                 |         |
|          | Sinermotorvjezd  | Bool      | %M105.0 | False  | True           | True                 |         |
|          | Sinermotorvjezd  | Bool      | %M105.1 | False  | True           | True                 |         |
|          | Sinermotorvjezd  | Bool      | %M13.1  | False  | True           | True                 |         |
|          | Sinermotorvjezd  | Int       | %MW30   | False  | True           | True                 |         |

| Name | Data type          | Address | Retain | Visible in HMI | Access-ible from HMI | Comment |
|------|--------------------|---------|--------|----------------|----------------------|---------|
|      | Motor_vjezd        | %M105.2 | False  | True           | True                 |         |
|      | Harrac_posuv       | %M105.3 | False  | True           | True                 |         |
|      | Portal_posuv       | %M105.4 | False  | True           | True                 |         |
|      | Susic_posuv        | %M105.5 | False  | True           | True                 |         |
|      | Vkart_posuv        | %M105.6 | False  | True           | True                 |         |
|      | Hkartac_rotace     | %M105.7 | False  | True           | True                 |         |
|      | Vkartac_rotace     | %M104.0 | False  | True           | True                 |         |
|      | kola_rotace        | %M104.1 | False  | True           | True                 |         |
|      | Ventilator         | %M104.2 | False  | True           | True                 |         |
|      | Cerpadlo_voda      | %M104.3 | False  | True           | True                 |         |
|      | Cerpadlo_sampion   | %M104.4 | False  | True           | True                 |         |
|      | Cerpadlo_vosk      | %M104.5 | False  | True           | True                 |         |
|      | nadrz_voda         | %M104.6 | False  | True           | True                 |         |
|      | nadrz_sampion      | %M104.7 | False  | True           | True                 |         |
|      | nadrz_vosk         | %M107.0 | False  | True           | True                 |         |
|      | LeftPortalKoncMat  | %M32.0  | False  | True           | True                 |         |
|      | RightPortalKoncMat | %M32.1  | False  | True           | True                 |         |
|      | xportal            | %MW108  | False  | True           | True                 |         |
|      | XPORTALCW          | %MW110  | False  | True           | True                 |         |
|      | Ykartac            | %MW112  | False  | True           | True                 |         |
|      | YKARTACCW          | %MW114  | False  | True           | True                 |         |
|      | ysusic             | %MW116  | False  | True           | True                 |         |
|      | YSUSICCW           | %MW118  | False  | True           | True                 |         |
|      | xauto              | %MW120  | False  | True           | True                 |         |
|      | XAUTOCCW           | %MW122  | False  | True           | True                 |         |
|      | moment             | %MW124  | False  | True           | True                 |         |
|      | Portal             | %MW50   | False  | True           | True                 |         |
|      | first_start        | %M32.2  | False  | True           | True                 |         |
|      | AUTO               | %MW52   | False  | True           | True                 |         |
|      | MOVEKartDOWN       | %M2.0   | False  | True           | True                 |         |
|      | MOVEKartUP         | %M2.1   | False  | True           | True                 |         |
|      | MOVEPortalLEFT     | %M2.2   | False  | True           | True                 |         |
|      | MOVEPortalRIGHT    | %M2.3   | False  | True           | True                 |         |
|      | MOVESusicUP        | %M2.4   | False  | True           | True                 |         |
|      | MOVESusicDOWN      | %M2.5   | False  | True           | True                 |         |
|      | MOVEKartRIGHT      | %M2.6   | False  | True           | True                 |         |
|      | MOVE-kartLEFT      | %M2.7   | False  | True           | True                 |         |
|      | odjezd             | %M3.0   | False  | True           | True                 |         |
|      | Smerrotaceboky     | %M107.1 | False  | True           | True                 |         |
|      | kola_vysunuta      | %M107.2 | False  | True           | True                 |         |
|      | PAUSE              | %M3.2   | False  | True           | True                 |         |

Tabulka 2: Tabulka proměnných CW (pouze v CW var)

| Název        | Typ     | Poč. hodnota | comment     |
|--------------|---------|--------------|-------------|
| yvratavejzd  | integer | 10           | MODEL       |
| YVRATAVJEZD  | integer | 10           | VIZUALIZACE |
| yvratavyjezd | integer | 10           | MODEL       |
| YVRATAVYJEZD | integer | 10           | VIZUALIZACE |
| xLkolo       | integer | 0            | MODEL       |
| xPkolo       | integer | 170          | MODEL       |
| XLKOLOCW     | integer | 0            | VIZUALIZACE |
| XPKOLOCW     | integer | 170          | MODEL       |
| xkartacL     | integer | 0            | MODEL       |
| xkartacP     | integer | 180          | MODEL       |
| XKARTACLCW   | integer | 0            | VIZUALIZACE |
| XKARTACPCW   | integer | 180          | VIZUALIZACE |
| TEXT         | string  |              | STAVY       |
| TEXT2        | string  | OK           | CHYBY       |

Tabulka 3: Tabulka proměnných modbus (channel)

| Název            | TYP     | Driver_index | direction     | comment                       |
|------------------|---------|--------------|---------------|-------------------------------|
| START            | boolean | 200          | bidirectional | Spuštění                      |
| Zaplaceno        | boolean | 201          | bidirectional | podminka                      |
| Cervena          | boolean | 202          | Bidirectional | signalizace                   |
| Zelena           | boolean | 203          | Bidirectional | signalizace                   |
| Zpet             | boolean | 204          | Bidirectional | signalizace                   |
| OK1              | boolean | 205          | Bidirectional | Senzor model                  |
| OK2              | boolean | 206          | Bidirectional | Senzor model                  |
| KoncakUP_vjezd   | boolean | 207          | Bidirectional | Spínač model                  |
| KoncakDown_vjezd | boolean | 208          | Bidirectional | Spínač model                  |
| PortalKoncLeft   | boolean | 209          | Bidirectional | Levý konec spinac portalu     |
| PortalKoncRight  | boolean | 210          | Bidirectional | Pravý konec spinac portalu    |
| cidlo1           | boolean | 211          | Bidirectional | Čidlo sušiče (šipka dolu)     |
| cidlo2           | boolean | 212          | Bidirectional | Čidlo sušiče (šipka vlevo)    |
| cidlo3           | boolean | 216          | Bidirectional | Čidlo sušiče (šipka vpravo)   |
| PROGRAM1         | boolean | 214          | Bidirectional | Dlouhý program                |
| PROGRAM2         | boolean | 215          | Bidirectional | Střední program               |
| PROGRAM3         | boolean | 213          | Bidirectional | Krátký program                |
| V1               | boolean | 217          | Bidirectional | Levý konc. VkartL             |
| V2               | boolean | 218          | Bidirectional | Pravý konc. VkartL            |
| V3               | boolean | 219          | Bidirectional | Levý konc. VkartP             |
| V4               | boolean | 220          | Bidirectional | Pravý konc. VkartP            |
| cidlo_vjezd      | boolean | 221          | Bidirectional | Cidlo ve vjezdu               |
| cidlo_vyjezd     | boolean | 222          | Bidirectional | Cidlo ve výjezdu              |
| senzorkolo       | boolean | 223          | Bidirectional | Indukční snímač pro kolo      |
| Smermotorvjezd   | boolean | 224          | Bidirectional | Směr motoru vjezdových vrat   |
| Smermotorvyjezd  | Boolean | 225          | Bidirectional | Směr motoru výjezdových vrat  |
| Smersusice       | boolean | 226          | Bidirectional | Směr sušiče                   |
| Smer_portal      | Boolean | 227          | Bidirectional | Směr portálu                  |
| SmerHK           | Boolean | 228          | Bidirectional | Směr posuvu horizont kartáče  |
| SmerrotaceHK     | Boolean | 229          | Bidirectional | Směr rotace horizont kartáče  |
| smerboky         | Boolean | 230          | Bidirectional | směr posuvu vertikál kartáčů  |
| KoncakUP_vyjezd  | boolean | 231          | Bidirectional | horní spínač výjezdových vrat |

|                   |         |     |               |                                  |
|-------------------|---------|-----|---------------|----------------------------------|
| KoncakDown_vyjezd | Boolean | 232 | Bidirectional | dolní spínač výjezdových vrat    |
| Motor_vjezd       | Boolean | 233 | Bidirectional | zapnutí motoru vjezdu            |
| Motor_vyjezd      | boolean | 234 | Bidirectional | zapnutí motoru výjezdu           |
| Hkartac_posuv     | boolean | 235 | Bidirectional | zapnutí posuvu horizont kart     |
| Portal_posuv      | boolean | 236 | Bidirectional | zapnutí posuvu portálu           |
| Susic_posuv       | boolean | 237 | Bidirectional | zapnutí posuvu sušiče            |
| Vkart_posuv       | boolean | 238 | Bidirectional | zapnutí posuvu vertikál kart     |
| Hkartac_rotace    | boolean | 239 | Bidirectional | sepnutí rotace horizont kart     |
| Vkart_rotace      | boolean | 240 | Bidirectional | sepnutí rotace vertikál kartáčů  |
| kola_rotace       | boolean | 241 | Bidirectional | sepnutí rotace kartáčů kol       |
| Ventilator        | boolean | 242 | Bidirectional | Sepnutí ventilátoru              |
| CerpadloVoda      | boolean | 243 | Bidirectional | sepnutí čerpadla vody            |
| CerpadloSampon    | boolean | 244 | Bidirectional | sepnutí čerpadla saponátu        |
| CerpadloVosk      | boolean | 245 | Bidirectional | sepnutí čerpadla vosku           |
| nadrz_voda        | boolean | 246 | Bidirectional | indikace poklesu tlaku vody      |
| nadrz_sampon      | boolean | 247 | Bidirectional | indikace nízké hladiny saponátu  |
| nadrz_vosk        | boolean | 248 | Bidirectional | indikace nízké hladiny vosku     |
| smerrotaceboky    | boolean | 249 | Bidirectional | směr rotace bočních kartáčů      |
| kola_vysunuta     | boolean | 250 | Bidirectional | spuštění výsunu kol (hydraulika) |
|                   |         |     |               |                                  |
| xportal           | real    | 104 | Bidirectional | hodnota pozice portálu z modelu  |
| XPORTALCW         | real    | 155 | input         | hodnota pozice ve vizualizaci    |
| ykartac           | real    | 106 | Bidirectional | poloha horizont kart v modelu    |
| YKARTACCW         | real    | 157 | input         | hodnota pozice ve vizualizaci    |
| ysusic            | real    | 108 | Bidirectional | poloha sušicí lišty v modelu     |
| YSUSICCW          | real    | 159 | input         | hodnota pozice ve vizualizaci    |
| xauto             | real    | 110 | Bidirectional | pozice automobilu z modelu       |
| XAUTOCW           | real    | 161 | input         | hodnota pozice ve vizualizaci    |
| moment            | real    | 112 | Bidirectional | hodnota momentu z modelu         |
| STAV              | real    | 113 | Bidirectional | hodnota stavu ve vizualizaci     |