

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE  
TECHNICKÁ FAKULTA**

**2123730**

**RIADENIE ČISTIČKY ODPADOVÝCH VÔD SYSTÉMOM  
SIMATIC**

**Nitra 2011**

**Tomáš Segiň, Bc.**

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE  
TECHNICKÁ FAKULTA**

**RIADENIE ČISTIČKY ODPADOVÝCH VÔD SYSTÉMOM  
SIMATIC**

**Diplomová práca**

|                      |  |
|----------------------|--|
| Študijný program:    | Kvalita produkcie                                    |
| Študijný odbor:      | 2386800 Kvalita produkcie                            |
| Školiace pracovisko: | Katedra elektrotechniky, automatizácie a informatiky |
| Školiteľ:            | Ondrej Lukáč, Ing. PhD.                              |

## **Čestné vyhlásenie**

Podpísaný Tomáš Segiň vyhlasujem, že som diplomovú prácu na tému „ Riadenie čističky odpadových vôd systémom Simatic “ vypracoval samostatne v spolupráci s vedúcim práce a s použitím uvedenej literatúry. Som si vedomý zákonných dôsledkov v prípade, ak hore uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Choči dňa 22.apríla 2011

.....

podpis

## **Pod'akovanie**

Touto cestou by som chcel poďakovať Ing. Ondrejovi Lukáčovi, PhD. za poskytnutie cenných rád, odborného vedenia a pripomienok, Ing. Martinovi Olejárovi za cenné rady, poskytnutie materiálov a pomoc pri riešení a spracúvaní mojej diplomovej práce.

## **Abstrakt**

Neustálym zdokonaľovaním strojov sa zvyšuje úroveň mechanizácie a znižuje sa rozsah fyzickej práce vykonávanej človekom. Programovateľné automaty patria k najpoužívanejším riadiacim prostriedkom pre riadenie strojov, výrobných liniek a technologických procesov. Prinášajú so sebou veľké množstvo výhod, širokú oblasť použitia a odbremeňujú človeka od namáhavej práce. V teoretickej časti práca oboznamuje o historickom vývoji programovateľných automatov, cez princíp činnosti a ich štruktúre, až po programovanie PLC a ich využitie v technologických procesoch. Cieľom diplomovej práce je štúdium vybranej čističky odpadových vôd a jej následný návrh automatického riadenia systémom Simatic S7-200 od firmy Siemens. Riadenie pozostáva zo snímania hladiny vody v troch nádržiacich a ich regulácií. Riešenie bolo vytvorené v programe STEP 7 a jeho simulácia prevedená v systéme PLC sim7 – 200.

**Kľúčové slová:** PLC, ČOV, STEP 7, Simatic S7-200, automatické riadenie

## **Abstract**

The level of mechanization is being increased with perpetual improvements of machines and the extent of manual work done by people is being reduced. Programmable automatic machines belong to the most frequently used managerial means that are used for managing of machines, production lines and technological processes. It brings many advantages, the wide area of use and it makes the difficult work much easier. Into the theoretical part introduces the historical development of programmable controllers, through their operating principle and structure, to PLC programming and their use in technological processes. The studies about selected sewage treatment plant and its following proposal of automatic control system of the type Simatic S7-200 which is designed by Siemens is the principal aim of the thesis. The control consists of measuring the water level and regulation in three dams. The solution was created in programme STEP 7 and its simulation was done in the system PLC sim7 – 200.

**Key words:** PLC, sewage treatment, STEP 7, Simatic S7-200, automatic control

# Obsah

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Obsah .....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>Zoznam ilustrácií .....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>Zoznam skratiek a značiek.....</b>                                 | <b>8</b>  |
| <b>Úvod .....</b>   | <b>9</b>  |
| <b>1 Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky.....</b>          | <b>10</b> |
| 1.1 Historický vývoj .....  | 10        |
| 1.2 Súčasný programovateľné automaty .....                            | 12        |
| 1.2.1 Celkové trendy .....  | 12        |
| 1.2.2 Projektovanie automatizácie s programovateľnými automatmi ..... | 12        |
| 1.3 Konkurenti programovateľných automatov .....                      | 13        |
| 1.4 Programovateľné logické automaty (PLC).....                       | 14        |
| 1.4.1 Princíp činnosti PLC regulátora .....                           | 17        |
| 1.4.2 Cyklus činnosti (PLC SCAN).....                                 | 17        |
| 1.4.3 Režimy PLC .....  | 19        |
| 1.4.4 Výhody a nevýhody PLC .....                                     | 19        |
| 1.5 Štruktúra PLC .....   | 20        |
| 1.6 Programovacie režimy PLC .....                                    | 24        |
| 1.6.1 IL – Instruction List .....                                     | 25        |
| 1.6.2 LD – Ladder Diagram .....                                       | 25        |
| 1.6.3 CFC – Continuous Function Chart .....                           | 26        |
| 1.6.4 FBD - Function Block Diagram.....                               | 27        |
| 1.6.5 SFC - Sequential Function .....                                 | 28        |
| 1.6.6 ST - Structured Text.....                                       | 29        |
| 1.7 Komunikácia PLC .....   | 29        |
| 1.8 PLC Siemens .....   | 30        |
| 1.8.1 SIEMENS LOGO! .....   | 30        |
| 1.8.2 SIEMENS SIMATIC S7.....   | 32        |
| 1.9 Budúcnosť programovateľných automatov .....                       | 34        |
| 1.10 Trendy automatizácie technologických procesov .....              | 35        |
| <b>2 Cieľ práce.....</b>  | <b>36</b> |
| <b>3 Metodika práce.....</b>  | <b>37</b> |
| 3.1 Požiadavky na riešenú úlohu .....                                 | 37        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 3.2      | Postup pri návrhu a overovaní funkcií navrhnutého riešenia .....   | 37        |
| 3.3      | Použité vybavenie.....   | 38        |
| <b>4</b> | <b>Výsledky práce .....</b>  | <b>39</b> |
| 4.1      | Popis technického riešenia ČOV v CHOČI.....  | 39        |
| 4.2      | Použité technické prostriedky a pripojenie jednotlivých vstupov a výstupov<br>k PLC Simatic S7 – 200 ..... | 40        |
| 4.3      | Čističky odpadových vôd .....  | 41        |
| 4.3.1    | Systémy s kontinuálnym prietokom.....  | 42        |
| 4.3.2    | Systémy s diskontinuálnym prietokom.....   | 42        |
| 4.3.3    | Priemyselné čističky .....   | 43        |
| 4.4      | Plavákový snímač hladiny MAC-3 .....   | 45        |
| 4.5      | FluidSim .....   | 47        |
| 4.5.1    | Popis použitých premenných v programe Fluidsim.....  | 48        |
| 4.5.2    | Popis programu riadenia ČOV .....  | 49        |
| 4.5.3    | Alternatívne riešenie riadenia ČOV .....   | 50        |
| 4.6      | Simatic S7 – 200.....  | 51        |
| 4.6.1    | Rozširujúce moduly .....   | 52        |
| 4.7      | STEP 7 – MicroWIN v4.0 .....   | 54        |
| 4.7.1    | Popis inštrukcií v programe STEP 7 (LAD editor).....   | 56        |
| 4.7.2    | Popis použitých premenných v programe.....   | 57        |
| 4.7.3    | Programové riešenie automatického riadenia ČOV systémom Simatic .....                                      | 57        |
| 4.7.4    | Simulácia riadenia ČOV v systéme Simatic S7-200 simulator .....  | 61        |
| <b>5</b> | <b>Návrh na využitie výsledkov .....</b>   | <b>62</b> |
| <b>6</b> | <b>Záver.....</b>  | <b>64</b> |
| <b>7</b> | <b>Zoznam použitej literatúry.....</b>   | <b>65</b> |

---

## Zoznam ilustrácií

|  |    |
|--|----|
| Obr. 1 Riadenie objektu pomocou PLC na diaľku      | 15 |
| Obr. 2 Bloková schéma vnútornej štruktúry PLC      | 16 |
| Obr. 3 Zjednodušený operačný cyklus procesora      | 18 |
| Obr. 4 Regulácia pohybu vŕtačky                    | 21 |
| Obr. 5 Cyklus užívateľského programu               | 22 |
| Obr. 6 a) Zapojenie vstupov b) Zapojenie výstupov  | 22 |
| Obr. 7 Plynulá regulácia hladiny kvapaliny         | 23 |
| Obr. 8 Zápis programu v programovacom režime IL    | 25 |
| Obr. 9 Zápis programu v programovacom režime LD    | 26 |
| Obr. 10 Zápis programu v programovacom režime CFC  | 27 |
| Obr. 11 Zápis programu v programovacom režime FBD  | 28 |
| Obr. 12 Zápis programu v programovacom režime SFC  | 28 |
| Obr. 13 Zápis programu v programovacom režime ST   | 29 |
| Obr. 14 Sériové rozhranie RS-232/422/485, typ C114 | 30 |
| Obr. 15 SIEMENS LOGO!                              | 31 |
| Obr. 16 Rad PLC Siemens Simatic S7                 | 33 |
| Obr. 17 Principiálna schéma riadenia ČOV           | 40 |
| Obr. 18 Plavákový snímač hladiny MAC-3             | 46 |
| Obr. 19 Použitie plavákového snímača MAC-3         | 46 |
| Obr. 20 Schéma automatického riadenia ČOV          | 48 |
| Obr. 21 Alternatívne riešenie riadenia ČOV         | 50 |
| Obr. 22 Simatic S7-200 s CPU 222                   | 51 |
| Obr. 23 Rebríkový diagram LAD                      | 55 |
| Obr. 24 Strojový jazyk STL                         | 55 |
| Obr. 25 Jazyk funkčných blokov FBD                 | 55 |
| Obr. 26 Ovládanie prečerpávacej nádrže             | 58 |
| Obr. 27 Proces biologického čistenia v nádrži N2   | 58 |
| Obr. 28 Ovládanie elektromagnetického ventilu V2   | 59 |
| Obr. 29 Automatické spustenie čerpadla Č2          | 59 |
| Obr. 30 Proces biologického čistenia v nádrži N3   | 60 |
| Obr. 31 Automatické spustenie čerpadla Č3          | 60 |
| Obr. 32 Simulácia riadenia ČOV systémom Simatic    | 61 |



---

## Zoznam skratiek a značiek

|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>PLC</b>        | programovateľný automat  |
| <b>GRAFCET</b>    | francúzska skratka názvu Funkčný graf väzieb krokov a prechodov                              |
| <b>IPC</b>        | priemyslový PC   |
| <b>TCP/IP</b>     | internetový protokol   |
| <b>CPU</b>        | centrálne procesorová jednotka   |
| <b>LPT</b>        | paralelný port   |
| <b>Profibus</b>   | komunikačné systémy pre automatizačné technológie  |
| <b>Modbus</b>     | otvorený protokol pre vzájomnú komunikáciu rôznych zariadení                                 |
| <b>A/D modul</b>  | vstupno/výstupný modul   |
| <b>ČOV</b>        | čistička odpadových vôd  |
| <b>BSK5</b>       | biochemická spotreba kyslíka s potlačením nitrifikácie                                       |
| <b>NL</b>         | nerozpustné látky  |
| <b>CP 243-1</b>   | komunikačný procesor ktorý sa dá použiť na pripojenie systému S7-200 k Ethernetu a Internetu |
| <b>FTP</b>        | protokol prenosu súborov   |
| <b>HMI TD 200</b> | je tu uložený program vizualizácie   |
| <b>RS232</b>      | komunikačná linka, sériový port  |
| <b>RS485</b>      | komunikačná linka  |
| <b>IEC</b>        | International Electrotechnical Commission, norma   |
| <b>STL</b>        | Statement List, textový editor   |
| <b>LAD</b>        | Ladder Logic, rebríková schéma   |
| <b>FBD</b>        | Function Block diagram, diagram funkčných blokov   |

---

## Úvod

Existujú obory ľudskej činnosti, v ktorých vývoj prebieha pomaly, obory, ktoré kladú malé nároky na inováciu techniky a znalosti človeka. Na druhej strane existujú oblasti, ktoré sa rozvíjajú extrémne rýchlo, kde niekoľko rokov znamená celú generáciu vo vývoji technických prostriedkov. Automatizačná technika rýchlosťou inovačných cyklov patrí práve do tejto skupiny. Nie je to tak dávno, kedy dominantné postavenie v riadiacich obvodoch mali klasické spojité či nespojité regulátory, často riešené jednoúčelovo. Rýchlo klesajúca cena mikroelektronických obvodov umožnila prechod od tejto koncepcie k číslicovým riadiacim obvodom.

K číslicovým riadiacim obvodom zaraďujeme logické automaty označované ako programovateľné logické automaty, alebo PLC z anglického názvu „Programmable Logic Controller“, ktoré boli pôvodne vyvinuté k programovému riešeniu jednoduchých logických obvodov ako náhrada prvkov klasickej reléovej logiky. Prvé používané programovateľné automaty boli prevažne schopné spracovávať binárnu logiku riadenia. Postupne sa s rozvojom polovodičových súčiastok rozširovalo spektrum použiteľnosti týchto systémov. V dnešnej dobe je už použitie týchto logických automatov oveľa širšie. Umožňujú prevádzať okrem základných logických funkcií i matematické operácie, presuny blokov s dátami, spracovávať spojité signály atď.

---

# 1 Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky

## 1.1 Historický vývoj

Programovateľné automaty (PA), známe pod všeobecnou skratkou PLC (Programmable Logic Controller – programovateľné logické riadiace jednotky), nie sú žiadnou novinkou na našom trhu. V nejakej ich vývojovej forme s nimi projektanti pracujú už 30 rokov.

Myšlienka použitia počítačov v priamom riadení je iba o málo mladšia než samy počítače. Pokusy o konštrukciu počítačov použiteľných v automatizácii a teda vyhovujúcich požiadavkám na činnosť v reálnom čase, sa začali už od konca 50. rokov minulého storočia. Stále rastúca výkonnosť a spoľahlivosť počítačov pri súčasnej klesajúcej cene a požiadavkách na prevádzkové podmienky viedli na začiatku 70. rokov k situácii, kedy bolo možné reálne uvažovať o efektívnom a masovom uplatnení počítačov v automatizácii.

Uvedené špecializované počítače našli uplatnenie v špecifickej oblasti automatizácie – v ovládacích obvodoch automatizovaných strojov a zariadení založených na logickom riadení typu „áno-nie“. Univerzálne počítačové systémy boli príliš drahé a pre danú úlohu zbytočne zložitú. V tejto situácii sa na trhu objavili špecializované logické procesory a špecializované programové vybavenie orientované výhradne na realizáciu ovládacích funkcií. Takéto počítačové systémy boli vtedy vyvíjané a niektoré z nich aj použité v celkom úspešných projektoch – napr. počítač PPC4, vyvinutý v ČKD. V priebehu 80. rokov dosiahol vývoj úroveň zrovnateľnú s dnešným stavom. V tej dobe sa tiež pre PA vybavené počítačom ustálilo označenie PLC. Z hľadiska súčasných možností počítačového oboru sa môže tiež oprávnene úroveň programovania PA hodnotiť ako vcelku jednoduchá záležitosť a vývoj v tejto oblasti ako sústavne menej či viac oneskorený za možnosťami, ktoré poskytoval a poskytuje vývoj softwarových techník pre univerzálne počítače.

Automatizované ovládanie bolo v minulých dobách založené na reléovej technike, ktorá bola v 60. rokoch postupne nahradzovaná polovodičovými integrovanými logickými obvodmi. U nás to boli napr. stavebnice Transimat a Logizet. Matematickým modelom týchto obvodov sú logické rovnice. Súčasne boli vyvinuté simulačné

---

a testovacie programové nástroje, ktoré za prispenia nekomplikovaných úprav hardwaru, boli plne vyhovujúce v roli programovej podpory testovania a uvádzania automatizovaných riadiacich systémov do prevádzky.

Bežným nástrojom projektanta reléových ovládacích obvodov boli líniové schémy. Veľmi jednoduchý grafický popis zapojenia reléovej siete, ľahko formálne prevádzateľný na logické rovnice. V 60. rokoch bolo objavené objektovo orientované programovanie. Niekoľko desaťročí sa vyvíjali algoritmické jazyky pre aplikácie reálneho času, pričom ich vývoj bol završený v polovici 80. rokov jazykom ADA. Medzi objavy zo začiatku 70 rokov sa vyskytol jeden, ktorý mal pre oblasť programovania PA zásadný význam. Boli to Petriho siete, matematický nástroj pre skúmanie koordinácie procesov. Na ich základe bola týmom univerzity v Grenoble vyvinutá metóda GRAFCET. Na vedomie však bola širšou komunitou vzatá až v polovici 90. rokov a to pod označením metóda, popr. Jazyk sekvenčných funkčných grafov (Sequential Function Chart – SFC).

Základom dobrých vlastností metódy sekvenčných funkčných grafov je myšlienka dekompozície ako účinného nástroja zjednodušovania zložitých problémov. Zložitý systém sa dekomponuje na jeho časti. Modulárna dekompozícia rozkladá systém na moduly. Dôležitá je správne zvolená hĺbka dekompozície. Všeobecne platí, že menšie moduly sú jednoduchšie. Automatizácia ovládania, aplikačná doména PA, je príkladom systému, pre ktorý je typickým znakom veľké množstvo vzájomne súvisiacich procesov. Dekompozícia štruktúry je dekompozícia stavu. Pravidlom modulárnej dekompozície je minimalizácia funkčných väzieb. Každý modul, ktorý je časťou systému, je určený obecně menším počtom stavových veličín. Chovanie takéhoto modulu chápané ako jeden proces musí byť vyjadrené algoritmom, ktorý popíše všetky možné zmeny stavu všetkých stavových veličín modulu.

Dekompozícia procesov založená na metóde krokov a prechodov a nadväzujúca na stavovú dekompozíciu vyhovuje konečnému cieľu, t.j. implementácií ovládacieho algoritmu oveľa lepšie. Postupuje sa tak, že pre daný modul sa definujú všetky procesy, poprípade sa rozčlení na ďalšie dielčie procesy. Jednotlivé procesy môžu na seba nadväzovať i prebiehať súčasne. K popisu základnej funkcie sa potom pripoja doplnkové procesy, procesy obsluhujúce neštandardné situácie atď. Procesy vždy pracujú len s tými premennými, ktoré sú danou činnosťou ovplyvňované.

---

Táto procedúra neprináša žiadne zvláštne problémy a ako to len bolo technicky možné prevládlo použitie krížových prostriedkov, ktoré umožnia preložiť, odladiť a simulačne overiť program na výkonnom počítači v pohodlnom vývojovom prostredí a hotový program preniesť (download) do cieľového počítača k otestovaniu a spozajzdneniu. Dôležitú úlohu zohrávajú systémové prostriedky, ktoré zaisťujú funkčnosť programu vo vlastnom automate. Myslí sa tu predovšetkým operačný systém. Väčšina PA pracovala a aj dnes ich veľa pracuje pod jednoduchým operačným systémom. Ten je realizovaný jednoduchým cyklom, v ktorom sa stále opakujú fázy vzorkovania vstupných veličín, vyhodnotenie ovládacích algoritmov a prenesenie hodnôt výstupných veličín z počítača na vstupy technologického procesu (Zezulka, 2003).

## **1.2 Súčasné programovateľné automaty**

### **1.2.1 Celkové trendy**

Samostatný vývoj hardwaru PA sa zdá byť uzatvorený a bude pravdepodobne sledovať ďalší vývoj strojov na spracovanie dát. Jedinou novinkou, ktorú sa patrí na tomto mieste uviesť predstavuje vznik tzv. softPLC. Jedná sa o softwarovú realizáciu PA na počítači typu (priemyslového) PC alebo inom priemyslovom počítači, kde špecifický hardware reprezentujú iba doplnené vstupné a výstupné dosky. Rastúca spoľahlivosť týchto počítačov v oblasti hardwaru i softwaru, ich popularita a existujúci okruh vhodných úloh zaisťujú týmto prostriedkom ďalšiu rozšírenú pôsobnosť. Významný vplyv na technické riešenie PA má dnes už prevládajúce riešenie počítačových automatizovaných systémov. Pre PA to znamená klesajúce požiadavky na ich zložitosť. Môžu zostať jednoduchými strojmi, do istej miery špecializovanými. Rastú iba požiadavky na schopnosť komunikácie a v súvislosti s tým možnosť jednoduchého zapojenia do informačných sietí (Zezulka, 2003).

### **1.2.2 Projektovanie automatizácie s programovateľnými automatmi**

Užívatelia a projektanti aplikácií PA sú v porovnaní s viac než tridsaťročným vývojom PA veľmi krátko, najviac päťročné obdobie postavení pred voľbu, ako s PA efektívne pracovať. Prvým dôležitým okruhom otázok, ktoré musia riešiť je to, čo môžeme zhrnúť pod názvom metodika projektovania. Až doteraz sú PA ako počítačové

---

systemy predkladané ako nástroje pre realizáciu algoritmu zapísaného vo forme daného programového modulu alebo sústavy modulov. Uvedené úvodné etapy projektu však boli iba nahradzované generovaním dokumentácie programu PA v celkom primitívnej forme. V súčasnej dobe už je mnohým projektantom jasné, že v každom projekte by vlastnú prácu s PA mali predchádzať i etapy analýzy a návrhu. Dnes sú už dostatočne sprístupnené popisom metód v literatúre i účinnou počítačovou podporou (Zezulka,2003).

### **1.3 Konkurenti programateľných automatov**

Programovateľné automaty nahradili reléovú a bezkontaktnú logiku. Z tejto strany im nehrozí žiadna vážna konkurencia, to bol historický vývoj techniky, ktorý sa ukázal viac než životaschopným. S vývojom mikroelektroniky však PLC významne prekročili pôvodne predpokladaný rozsah svojej pôsobnosti a v istej dobe (ale aj v súčasnosti) tvoria konkurenciu distribuovaným systémom pre riadenie procesov (DCS – Distributed Control Systems). V priebehu posledných desiatich rokov ustúpila do úzadia koncepcia veľkých PLC, radených do pyramídovej hierarchickej riadiacej štruktúry, ktorou sa PLC snažili konkurovať distribuovaným riadiacim systémom, postaveným na báze riadiacich počítačov. Programové prostredie malých aj veľkých PLC nikdy nedisponovalo potrebným programovacím a projekčným komfortom v takej miere, v akej ju poskytujú DCS. DCS bola a je naďalej najväznejším konkurentom veľkých PLC pre riadenie veľkých celkov. Ďalším konkurentom pre veľké a stredné PLC sú priemyslové počítače označované ako IPC (Industrial PC). Predpokladá sa, že v priebehu ďalších desať rokov vytlačí vo veľkej miere práve IPC programovateľné automaty z ich dominantného postavenia. Majú výhodu v ľahkej a prirodzenej pripojiteľnosti PLC k Ethernetu TCP/IP a tým k internetu. Ďalej vo veľmi krátkom inovačnom cykle implementácia stále výkonnejších procesorov a ďalších mikroelektronických súčiastok v nízkej cene za HW, v dokonalejšom operačnom systéme, v ľahkej implementácii vyšších programovacích jazykov a tým aj možnosti programovať ako systém logického riadenia, tak aj dynamickú optimalizáciu i grafiku a HMI (Human – Machine – Interface). Práve tento operačný systém zatiaľ nevykazuje potrebnú spoľahlivosť pri riadení v reálnom čase, takže spotrebitelia dávajú v mnohých prípadoch stále prednosť programovateľným automatom pred zdanlivo lacnejšími, modernejšími a flexibilnejšími IPC.

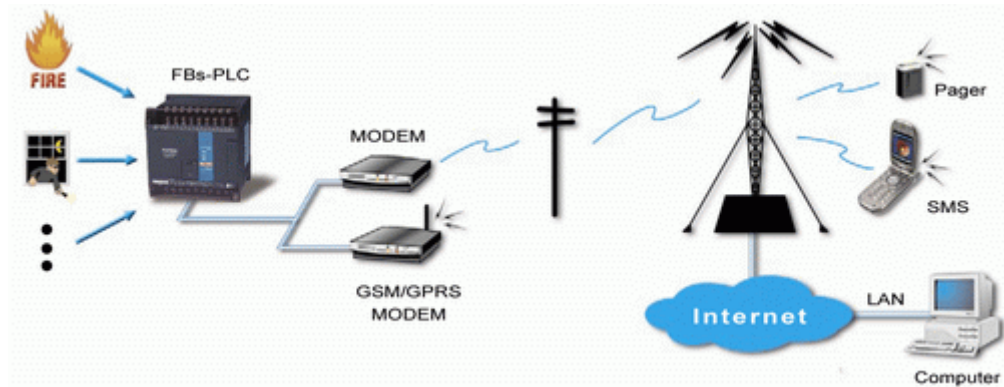
---

Ďalším konkurentom PLC sú totálne distribuované systémy. Tak sa niekedy označujú systémy a prostriedky priemyselnej automatizácie (snímače, elektronické jednotky pohonu, elektrické, pneumatické i hydraulické akčné členy, čítače, časovače, priemyselné regulátory, priemyselné kamery a ďalšie prostriedky). Zostavené sú v zmysle zostavenej inteligencie (mikroradiče s príslušnou pamäťou, systémovými aj užívateľskými programami) priamo do jednotlivých fyzikálnych realizácií, t.j. do snímačov, elektronických riadiacich jednotiek akčných členov, analyzátorov atď. Najvýznamnejším prostriedkom tohto systému sú sériové komunikačné zbernice. Tie umožňujú priamu vzájomnú komunikáciu medzi zberom dát z procesu a ich pretvorením na akčný, ktorý bude adekvátny a včasnú reakciu na situáciu na výstupoch procesu a povedie k ovládaniu, stabilizácii, programovému riadeniu, statickej alebo dynamickej optimalizácii a pod. Spracovanie meraných signálov, linearizácia a ďalšie úpravy (signal processing) sa prevádzajú v mikroradičoch, vstavaných do senzorov alebo koncentrátorov dát (datalogger), prípadne procesorov distribuovaných jednotiek vstupu/výstupu. Výpočet riadiacich algoritmov a generovanie akčných veličín (binárnych aj analógových) pre ovládanie ventilu, klapiek, pohonov, dávkovačov, dopravníkov a ďalších akčných elementov, vrátane špeciálnych, sa potom prevádza v mikroradičoch, vstavaných do týchto akčných zariadení. Vzájomnú spoľahlivú, včasnú a súčasnú komunikáciu (real – time communication) zaisťujú priemyslové sériové komunikačné podsystémy ako sú priemyslové zbernice kategórie senzorová zbernica, zbernica pre pripojenie zložitejších prístrojov a sériová zbernica pre pripojenie väčších riadiacich jednotiek, HMI systémov a prípadných nadriadených systémov (fieldbus). V poslednej dobe je táto kolekcia prostriedkov nie len totálne distribuovaných systémov doplnená najrozšírenejšou lokálnou zbernicou Ethernetom TCP/IP. Táto zbernica potom umožňuje veľmi ľahký prístup z internetu do sledovania procesu a do jeho prípadne neprístupného ovplyvňovania. Najbližším konkurentom klasických PLC, ako kompaktných, tak aj modulárnych sú v tejto chvíli systémy softwarového logického riadenia, tzv. Slot PLC a Soft PLC (Zezulka,2003).

#### **1.4 Programovateľné logické automaty (PLC)**

Zariadenie PLC, často označované ako programovateľné automaty, patrí už dlhodobo k základom automatického riadenia a regulácie rôznych aplikácií a procesov. V súčasnosti ide o jednoduché modulárne a ľahko programovateľné jednotky v podobe

niekoľkých vzájomne prepojených obvodov s mnohými vstupmi a výstupmi pre ľahké pripojenie senzorov, displejov, spínačov a tlačidiel, motorov a rôznych ďalších prístrojov a zariadení. Samozrejmosťou je dnes možnosť dátovej káblovej aj bezkáblovej komunikácie (obr.1).



**Obr. 1 Riadenie objektu pomocou PLC na diaľku**

PLC je číslicovo pracujúci elektronický systém konštruovaný v priemyslovom prostredí, využívajúci programovateľnú pamäť pre interné ukladanie užívateľsky orientovaných inštrukcií pre vykonávanie špecifických funkcií (logických, časovacích, čítacích, komunikačných, organizačných) za účelom riadenia strojov, procesov, a to prostredníctvom digitálnych a analógových vstupov a výstupov.

Vo všeobecnosti sa PLC regulátory rozdeľujú:

- podľa výkonnosti,
- podľa aplikačnej oblasti,
- podľa vonkajšieho prevedenia,
- podľa počtu I/O,
- kompaktné (menšie systémy),
- modulárne (väčšie systémy).

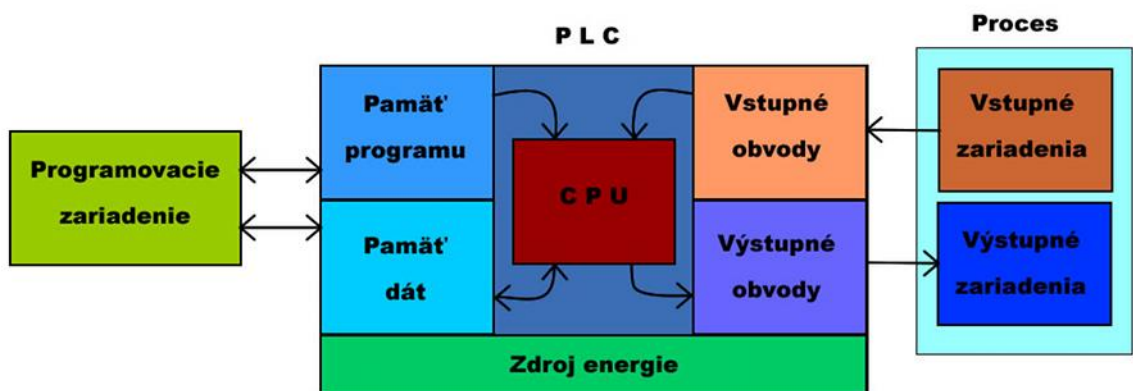
Funkcie celého PLC aj ovládanie pripojených prvkov je riadené uloženým programom, ktorý sa ľahko vytvorí pomocou výrobcom dodávaného grafického „dotykového“ vývojového softwaru pre bežné PC a operačný systém Windows. Ten umožňuje okrem programovania aj priebežnú grafickú simuláciu a po pripojení PLC k počítaču pomocou USB alebo RS-232 káblu aj reálne odskúšanie a testovanie. Ako programová riadiaca jednotka, tak aj periférne zariadenia sú konštruované pre



---

jednoduché začlenenie do systémov priemyselného riadenia. Riadenie logickej úrovne je nemysliteľné bez toho, aby boli k dispozícii v základnom vybavení každého PLC časové funkcie (časovače) a funkcie počítania impulzov (čítače). Preto každé PLC má tieto dve funkcie v základnom programovom vybavení (Vojáček, 2007).

Algoritmus riadenia systému pri použití PLC sa mení samotnou zmenou programu uloženého v pamäti. Bloková schéma PLC je znázornená na obr.2. Vstupom PLC sú normalizované spojité alebo logické signály reprezentujúce stav alebo priebeh regulovanej a žiadanej veličiny, výstupom sú signály určené k ovládaniu akčných členov.



Obr. 2 Bloková schéma vnútornej štruktúry PLC

### Vlastnosti PLC:

Súčasnú PLC prekonal už vyše 40 rokov svojho vývoja. Medzi hlavné vlastnosti, ktoré ich predurčujú pre nasadenie do priemyselných aplikácií patria:

- hardvérová a softvérová flexibilita – modulárnosť, jednoduchosť a efektivita zmien programu,
- prevádzková stabilita a odolnosť – schopnosť bezporuchovej činnosti v náročných priemyselných podmienkach,
- jednoduchá údržba v prevádzke – údržba a diagnostika pomocou štandardných nástrojov,
- flexibilita a recyklovateľnosť – možnosť jednoduchého rozširovania a opätovného využitia v inej aplikácii,
- podpora vstupno-výstupných jednotiek so spracovaním štandardných a unifikovaných signálov (Mrafko, 2010).

---

Súčasné PLC by sme mohli rozdeliť do skupín podľa veľkosti a náročnosti aplikácie na:

- malé – vhodné pre riadenie samostatných strojov s malým počtom vstupov a výstupov. Majú obmedzenú rozšíriteľnosť a komunikačné možnosti, väčšinou teda existujú v kompaktnej forme,
- stredné – vhodné pre aplikácie pri riadení výrobných buniek, liniek až celých prevádzok. Zrejme najčastejšie nasadzované systémy,
- veľké – vhodné na riadenie výrobných liniek, prevádzok, náročné aplikácie s požiadavkou na vysokú rýchlosť odozvy.

#### **1.4.1 Princíp Činnosti PLC regulátora**

Kvôli nárokom na vysokú bezpečnosť prevádzky sa musí práca PLC odlišovať od klasického PC. Pri riadení technického procesu nemožno akceptovať najmä časové požiadavky klasického PC pri štarte (nábeh OS, spustenie programov atď.), preto sa pre riadenie procesu používajú systémy špeciálne vyvinuté, schopné práce niekoľko okamihov po svojom zapnutí, či už plánovaným alebo po výpadku napájania. Tá istá požiadavka na časový odstup je aj na detekciu poruchy pamäti, kedy je potreba o tomto probléme vedieť hneď a nie v čase, keď je táto pamäť potrebná.

PLC program sa vykonáva periodicky, kde sa na vstupno/výstupné rozhranie neprístupuje priamo, ale spracováva sa obraz dát uložený v dvoch pamätiach (Necid, 2009).

V PLC regulátory pracuje nepretržite operačný cyklus, ktorý je znázornený na obr.3. Tento cyklus sa skladá z troch základných krokov, na ktorých je založený celý princíp PLC regulátora. PLC cyklicky vyhodnocuje vstupné signály a na základe programu, ktorý je uložený v pamäti, nastavuje výstupy.

#### **1.4.2 Cyklus činnosti (PLC SCAN)**

Ide o periodicky sa opakujúci uzavretý cyklus znázornený na obr.3, v ktorom sa vykonávajú operácie pre spracovanie programu:

- Vzorkovanie vstupov: načítanie hodnôt vstupov do pamäte obrazu vstupov,
- Výpočet programu: vykonanie celého programu, výpočet nových hodnôt, výstupov a ich uloženie do pamäte,
- Zápis výstupov: zápis obrazu výstupov do výstupných modulov.



**Obr. 3 Zjednodušený operačný cyklus procesora**

V súčasnosti v zjednodušenom pohľade PLC rôznych výrobcov vo väčšine prípadov pracujú so vstupno-výstupnými signálmi na základe rovnakého princípu – s využitím „obrazu procesu“ – „Process image“. Ide o obraz stavov vstupov a výstupov v špeciálnej oblasti operačnej pamäte. Vo väčšine prípadov štandardný užívateľský program pracuje práve s touto pamäťovou oblasťou, nepristupuje priamo na jednotlivé vstupno-výstupné moduly. Spracovanie vstupno-výstupnej informácie zabezpečí transparentne a automaticky samotná jednotka CPU a to v závislosti od nakonfigurovanej hardvérovej konfigurácie. Aktualizácia obrazu procesu je realizovaná v rámci sledu operácií, ktoré vykonáva firmvér PLC a ktorý nazývame operačný cyklus procesora.

V rámci cyklu sa teda najskôr načíta obraz nakonfigurovaných vstupných signálov do vstupnej časti obrazu procesu, následne prebieha vykonanie užívateľského programu, ktorý na testovanie stavu signálov používa takto vytvorený obraz vstupov. Užívateľský program reaguje na prípadné zmeny v stave vstupov akčným zásahom, ktorý zapíše do výstupnej oblasti obrazu procesu. V ďalšom kroku je táto výstupná oblasť prenesená na reálne výstupné moduly, čiže je realizovaná aktualizácia výstupov. V prípade, že je potrebné realizovať komunikáciu napr. so zariadením pre vizualizáciu technologického procesu, je táto vykonaná v ďalšej fáze cyklu. V poslednej fáze nastáva aktualizácia systémových premenných, časovačov, stavových premenných a príprava na nový cyklus. Takýto cyklus sa v bežných situáciách neustále opakuje v rýchlom slede za

---

sebou. Čas trvania operačného cyklu procesora sa nazýva čas cyklu a vo väčšine aplikácií sa pohybuje rádovo v desiatkach až stovkách milisekúnd. Čas cyklu je ovplyvnený počtom vstupov a výstupov, zložitosťou programu – teda počtom inštrukcií a ich výpočtovou náročnosťou (Mrafko, 2010).

### 1.4.3 Režimy PLC

- **RUN** - prebieha celý proces klasického PLC scanu, vrátane zásahov do technológie,
- **STOP** - nebežia užívateľské programy, režim sa používa spravidla pre nahrávanie novej verzie programu apod.,
- **TEST** - nie je u všetkých automatov, vykonáva sa celý program z načítaných vstupov, ale bez ovplyvnenia hodnoty reálnych výstupov - menia sa len hodnoty obrazu výstupov v programe - beh bez zápisu výstupov (Necid, 2009).

### 1.4.4 Výhody a nevýhody PLC

Programovateľné automaty majú nasledovné výhody:

- rovnaké PLC môže riadiť širokú škálu rôznych procesov od jednoduchých sekvenčných procesov až po komplexné úlohy riadenia,
- možnosť rýchleho preprogramovania,
- ak už bol vyvinutý program, možnosť rýchleho nakopírovania programu na mnohé PLC pre riadenie rovnakého procesu,
- rýchle časy odozvy riadenia,
- implementácia čítačov a časovačov priamo v PLC, možnosť ich rýchleho použitia prostredníctvom programu,
- použitie PLC je ekonomicky výhodné už v aplikácii pre riadenie systému so 4 a viac relé,
- možnosť komunikácie PLC so špeciálnymi zariadeniami –displeje, snímače, enkóдеры, ...,
- komunikácia s HMI systémami.

---

Napriek mnohým výhodám majú programovateľné automaty aj nevýhody:

- nižší programátorský komfort ako u minipočítačov,
- vyššia cena ako IPC ekvivalentného výkonu pri nižšom programátorskom komforte PLC,
- menšia flexibilita v porovnaní s IPC,
- použitie nedostatočne štandardizovaných sériových komunikačných zberníc pre pripojenie automatov do siete,
- potreba hierarchickej architektúry pre pripájanie do väčších celkov (Nagy, 2008).

## 1.5 Štruktúra PLC

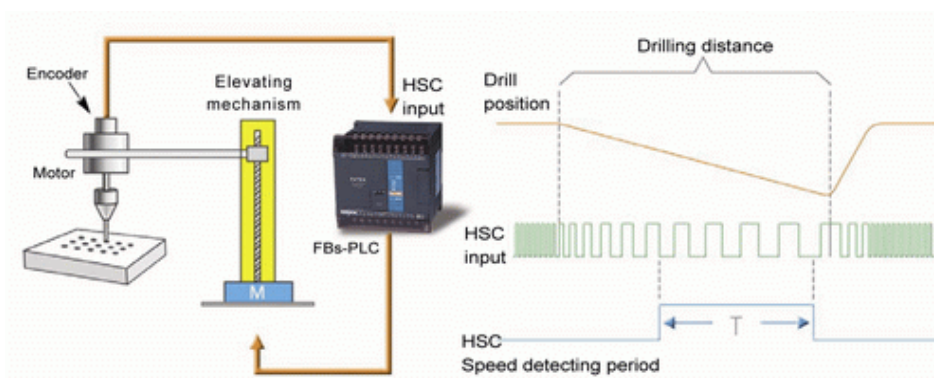
V minulosti sa z pohľadu prevedenia PLC jednalo o veľké systémy s výslednými rozmermi aj mnoho desiatok cm, no v dnešnej dobe sa aj na tomto poli elektroniky presadzuje miniaturizácia. Stále častejšie sa dnes môžeme stretnúť s prevedením vo forme niekoľkých „veľkých škatuliek od zápaliek“ pripevnených vedľa seba na DIN lište. Tým sa výrazne znižuje priestorová náročnosť. Pre tie väčšie PLC vybavené výkonnými procesormi dnes niektorí výrobcovia prijali označenie PAC (Programmable Automation Controller), na druhej strane tie najjednoduchšie PLC bývajú niekedy uvedené ako tzv. programovateľné relé.

Typické PLC je zložené z nasledujúcich častí:

- **Základná riadiaca/CPU jednotka (*basic/CPU modul*)** – základný blok PLC, ktorý obsahuje:
  1. zdrojovú časť – napájanie jednotky, príp. ďalších modulov,
  2. procesorovú časť – tvorenú CPU, FPGA alebo špeciálnymi SoC obvody,
  3. komunikačné rozhranie – základné prepojenie s PC a s ďalšími PLC,
  4. niekoľko binárnych/logických vstupov a výstupov.
- **Rozširujúce moduly (*expansion modules*)** – rozširujú základnú jednotku o ľubovoľné ďalšie prvky vyžadované užívateľom:
  1. ďalšie vstupy – logické a analógové (napät'ové/prúdové/diferenčné),
  2. ďalšie výstupy – tranzistory spínané, reléové a analógové výstupy, výkonové,

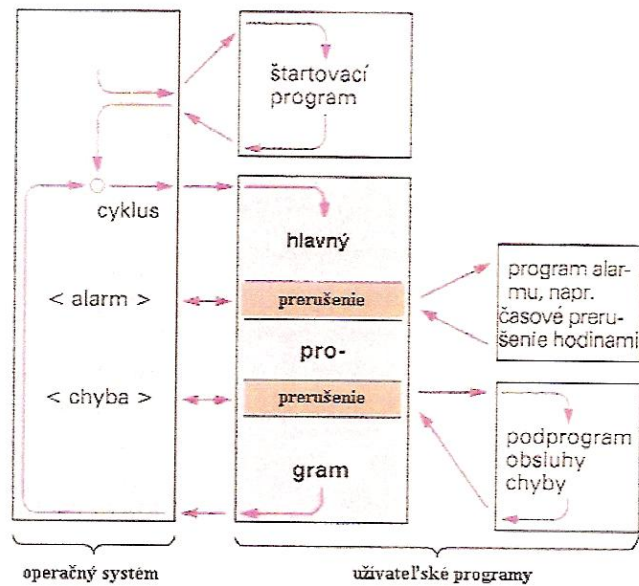
3. rôzne komunikačné zbernice – RS-232/422/485, LPT, Ethernet (TCP/IP), PROFIBUS, MODBUS, GSM a pod.,
4. špeciálne moduly – napr. regulátory motorov, PWM výstupy, zosilňované/kompenzované vstupy pre tenzometre/termočlánky/termistory, zbernicové opakovače a pod. (Vojáček, 2007)

Každý PLC systém musí mať vždy aspoň jednu základnú jednotku CPU, ktorá inicializuje samotné vykonávanie uloženého programu, číslicové spracovanie signálov a digitálnu komunikáciu s okolím. Táto jednotka je obvykle vybavená tak, že v jednoduchých aplikáciách môže pracovať samostatne bez akýchkoľvek ďalších pridaných prostriedkov. Pre tento účel sa v nej nachádza aj niekoľko vstupov a výstupov (často so skrutkovacími svorkami), obvykle len logickými/spínanými, umožňujúcimi pripojenie tlačidiel či signalizácie, zapínanie/vypínanie zariadenia a privedenia niekoľkých riadiacich signálov. Na obr.4 je znázornená možnosť regulácie, kde stačí použiť len základnú CPU jednotku (Vojáček, 2007).



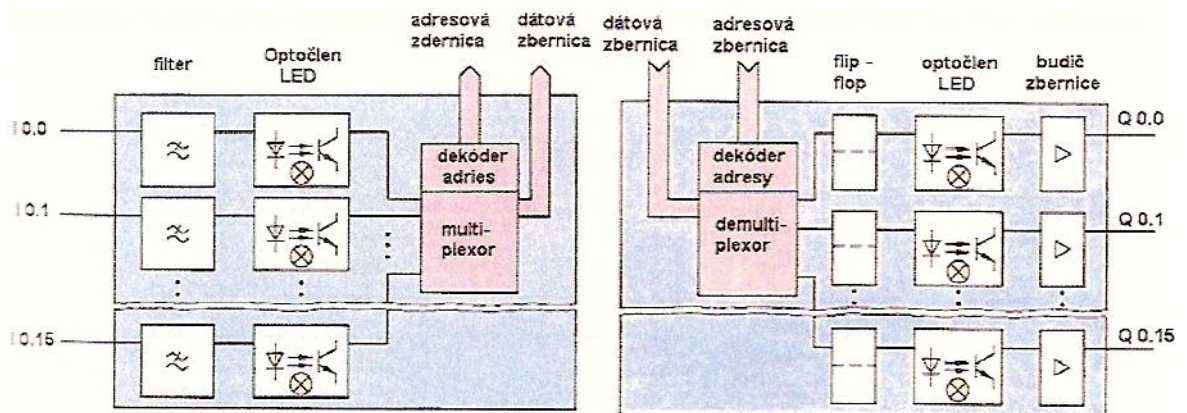
**Obr. 4** Regulácia pohybu vŕtačky

Ak je prevádzkový prepínač v polohe RUN, je program cyklicky spúšťaný, napr. s periódou 7ms (obr.5). Najskôr je vždy prečítaný zo systémovej pamäti stav vstupov (signálov o stave procesu). Program následne spracuje tieto vstupné premenné a výstupné premenné (riadiace signály) uloží do výstupných registrov (bufferov) systémovej pamäti. Potom sú do vstupných registrov načítané aktuálne stavy signálov z procesu a program je znova spustený. Doba jedného pracovného cyklu (perióda programu) je tým väčšia, čím dlhší je program programovateľného automatu a čím pomalší je CPU. Pracovný cyklus väčšinou trvá niekoľko ms.



**Obr. 5 Cyklus užívateľského programu**

Vstupná jednotka je rozdelená na skupiny po 8 alebo 16 binárnych vstupoch (obr.6a). Vstupná jednotka obsahuje obvody pre prispôsobenie vstupných signálov, napr. deliče pre zníženie napätia a RC filtre pre potlačenie rušenia. Na jednosmerných vstupoch býva dióda ako ochrana proti prepólovaniu a na striedavých vstupoch diódový usmerňovací mostík. Kvôli potenciálovému oddeleniu sú signály ďalej vedené cez optočleny. Stavov vstupov sú signalizované na čelnom paneli diódami LED. Rozsvietená LED dióda indikuje stav logickej 1. V prípade vstupu dát po sériovej dátovej zbernici sú dáta rozdelené v multiplexore riadenom dekodérom adresy na paralelné spracovanie.

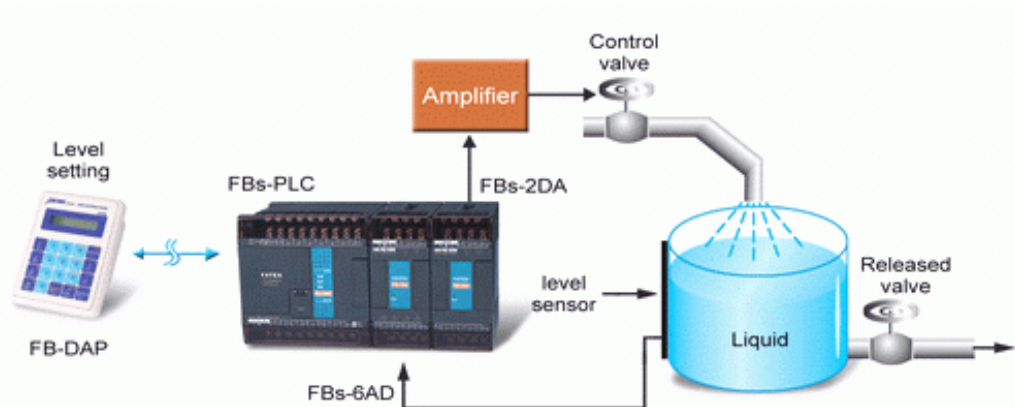


**Obr. 6 a) Zapojenie vstupov b) Zapojenie výstupov**

---

Výstupná jednotka je rovnako rozdelená na skupiny po 8 alebo 16 binárnych výstupoch (jednabitových pamätí) a je znázornená na obr.6b. Výstupná jednotka obsahuje obvody budičov zbernice, napr. tranzistory pre binárne jednosmerné signály (24V, 240mA) alebo triaky (obojsmerné elektronické spínače) k priamemu riadeniu striedavého prúdu záťaží, napr. pri 230V, 50Hz. Ak sa oneskorí vplyvom nejakej poruchy pravidelný programovací cyklus, vynulujú sa po uplynutí času pre programový cyklus výstupné pamäte a nastavovacie členy v riadenom procese sa uvedú do východiskového stavu. To zabraňuje vzniku nebezpečných riadiacich stavov. Jednotlivé výstupy sú procesorom nastavované na základe svojich adries. Demultiplexor riadený dekodérom adries vytvorí výstupný signál vysielať na dátovú zbernicu (Šmejkal, 1999).

Pre náročnejšie aplikácie je možné jednotku rozšíriť o požadované funkcie a rozhranie pomocou rozširujúcich modulov. Príkladom môže byť plynulá regulácia hladiny kvapaliny v nádobe, kde je potrebné použiť k základnej PLC jednotke aj rozširujúce A/D a D/A moduly (obr.7).



**Obr. 7 Plynulá regulácia hladiny kvapaliny**

Moduly sa pripojujú pomocou výrobcom definovanej špeciálnej prepojovacej zbernice v podobe konektorov vyvedených buď na boku každého modulu základnej jednotky alebo na ich zadných stranách. Niektoré PLC, obzvlášť tie veľké a výkonnejšie, využívajú špeciálne nosné sokle (backbones), ktoré realizujú uvedené prepojenie a kde sa majú jednotlivé moduly a jednotky zasúvať. Podľa zamerania a zložitosti PLC je k dispozícii rôzna široká ponuka typov modelov. Tie najjednoduchšie systémy poskytujú len základné rozšírenie počtu vstupov a výstupov, zatiaľ čo u výkonnejších a univerzálnejších PLC sú k dispozícii aj špeciality, ako



---

napríklad viacosé regulátory pohybu (otáčania motora) alebo rozhrania priemyslových zberníc typu PROFIBUS (Vojáček, 2007).

## 1.6 Programovacie režimy PLC

Jednou z požiadaviek na PLC už od ich vzniku bola možnosť jednoduchého preprogramovania na vykonávanie žiadaných úloh. Bolo požadované, aby takýto systém mohol preprogramovať skúsený elektrotechnik a keďže v tých časoch boli zaužívané riadiace systémy na báze reléových systémov, prvé jazyky pre programovanie PLC vychádzajú práve z možnosti prepisu reléových schém na program pre PLC (Mrafko, 2010).

Každý výrobca programovateľných automatov poskytuje aj softwarovú podporu, dnes už v podobe jedného vývojového PC, najčastejšie pre operačný systém Windows. Často sú pre prvé zoznámenie v ponuke tzv. štart kity, často veľmi lacné, ktoré v rámci jedného balíčka obsahujú ako základnú jednotku PLC, tak aj prepojovací kábel či rozhranie a software na CD-ROMe. Programovať PLC je možné rôznymi spôsobmi. Každý spôsob je potom výhodnejší pre iný druh aplikácie. Základné programovacie režimy štandardizuje norma IEC 61131-3, ktorá je skôr známa pod názvom vývojového prostredia CoDeSys.

Pod označením štandardu IEC 61131-3 sa skrýva definícia programovateľných režimov (jazykov) pre programovateľné automaty (PLC). Tento súbor je v praxi známy pod označením CoDeSys, čo je skratka pre Controlled Development System. Znamená to univerzálne vývojové prostredie pre aplikačné programy riadiacich systémov PLC vytvorených spoločnosťou 3S-Smart Software Solutions GmbH práve podľa štandardu IEC 61131-3, bez ohľadu na použitý hardware. Vďaka tomuto systému je možné vytvárať jednotné dátové a programové štruktúry a spôsoby ovládania nezávisle na výrobcovi a typu PLC, pretože „napasovanie“ na daný hardware prebieha až následne pri preklade (Vojáček, 2011).

Definované programovacie režimy:

- **IL – Instruction List** (postupnosť inštrukcií),
- **ST – Structured Text** (vyšší programovací jazyk – obdoba Pascalu),
- **LD – Ladder Diagram** (kontaktný plán/líniové či reléové schémy),
- **SFC – Sequential Function Chart** (vývojové schémy),

- 
- **FBD – Function Block Diagram** (schéma funkčných blokov),
  - **CFC – Continuos Function Chart** (voľne prepojané bloky).

### 1.6.1 IL – Instruction List

Jedná sa o najzákladnejší popis programu, znázornený na obr.8 a podobá sa programovaniu mikrokontrolérov v assembly (ASM). Program sa skladá z postupnosti jednoduchých operácií tvorených základnými inštrukciami (napr. MOV pre presun dát medzi registrami, ADD pre sčítanie dvoch hodnôt apod.) a operánd reprezentujúcich jednotlivé registre a pamäťové miesta. Tento spôsob programovania sa vyznačuje dokonalým prehľadom a nadvládou programátora nad konštrukciou a štruktúrou programu. Umožňuje tak čo najviac optimalizovať program na jeho veľkosť aj rýchlosť vykonávania, pretože možno ho vytvoriť bez všetkých zbytočných presunov dát, odskokov a volaní. Je preto vhodný pre písanie krátkych vysoko optimalizovaných častí programu (Vojáček, 2011).

**Mnemo technický zápis**

|         |
|---------|
| U E 1.0 |
| S A 4.1 |
| U E 1.2 |
| R A 4.7 |

**Obr. 8 Zápis programu v programovacom režime IL**

### 1.6.2 LD – Ladder Diagram

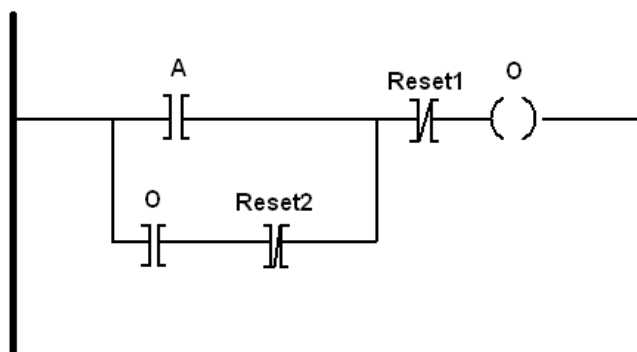
U väčšiny PLC, aj u tých, ktoré nepoužívajú CoDeSys, je LD základný programovací prostriedok a spolu s IL režimom aj najrozšírenejší. Prakticky ide o grafické znázornenie vyššie uvedeného systému IL, kde bitové operácie sú znázornené ako postupnosť vzájomne prepojených ovládacích a výstupných kontaktov relé a zložitejšie príkazy a funkcie typu čítač, časovač, presun dát či aritmetické operácie sú vkladané v podobe "obdĺžnikov" s vývodmi.

Historicky LD zápis programu (obr.9) vychádza z dôb reléové logiky, keď namiesto procesorov či mikrokontrolérov alebo integrovaných logických obvodov typu NAND, NOR alebo XOR, sa využívala sústava vzájomne prepojených relé. S ich pomocou možno ľahko realizovať logické funkcie AND (sériové prepojenie kontaktov

---

typu NO) a OR (paralelné pripojenie kontaktov NO) alebo NAND a NOR (to isté, ale kontakty typu NC). A práve pomocou reléových schém sa ľahko tieto logické sústavy "zapisovali". Svojou štruktúrou je potom prakticky ideálne pre rýchle a prehľadné spracovanie veľkého množstva logických (spínaných vstupov a výstupov) a ich čítanie a časovanie. Tiež je vhodný pre jednoduché vyhodnotenie hodnôt analógových signálov.

Hlavnou výhodou tohto zápisu je však jasne definovaná postupnosť programu a teda aj veľká prehľadnosť, ktorá však niekedy býva na úkor kompaktnosti. U väčších a zložitejších programov či pri masívnejšom nasadení funkcií typu presunu dát (napr. funkcia MOV apod.) potom môže dĺžka zápisnice dosť rýchlo narastať až sa zápis začne stávať neprehľadným. Vhodné je tak častejšie členenie do podprogramov a masívne nasadenie komentárov. Na druhú stranu u menších programov či menších častí veľkého programu (podprogramov) s veľkým zastúpením logických operácií je LD režim výhodný. Je vhodný pre realizáciu logických riadiacich sekcií a sekvencií programu a spracovanie vstupných a výstupných signálov (Vojáček, 2011).



Obr. 9 Zápis programu v programovacom režime LD

### 1.6.3 CFC – Continuous Function Chart

Zápis programu v programovacom režime CFC (obr.10) je naopak ideálny pre toho, kto vyznáva skladanie programu z jednotlivých "škatuliek" vzájomne prepojených cez vývody. Teda niečo pre elektrokonštruktérov, ktorí sú zvyknutí vytvárať klasické schémy zapojenia súčiastok. Tu je plocha, na ktorú sa postupne vkladajú a prepájajú jednotlivé funkcie v podobe "súčiastok" s danými vlastnosťami.

V prostredí CoDeSys máme k dispozícii voľnú plochu, kam sa voľne vkladajú jednotlivé bloky ("škatuľky") reprezentujúci jednotlivé funkcie či už logické, aritmetické, časovanie, počítanie apod. Jednotlivé bloky sa potom prepájajú čiarou

---

reprezentujúcou vodiče po ktorých sa šíria signály. Tento zápis je vhodný pre časti programu (podprogramy) spracúvajúci súčasne analógové aj logické signály. Pri správnom rozvrhnutí plochy môže byť menší program veľmi dobre prehľadný najmä z pohľadu sledovania "toku" signálu od vstupu k výstupu. To je výhodné pre prehľadné naprogramovanie spätnoväzbových regulačných algoritmov. Na druhej strane pri zložitých "zapojeniach", kedy sa plocha už dosť zaplní, sa výhoda prehľadnosti stráca a môže prechádzať aj chaos. Tento zápis ďalej nie je vhodný pre intenzívnejšiu prácu s dátami v pamäti (databázy), ASCII znaky alebo pre realizáciu dátovej komunikácie. Je vhodný pre časti programu spracováajúce analógovo-digitálne signály (Vojáček,2011).

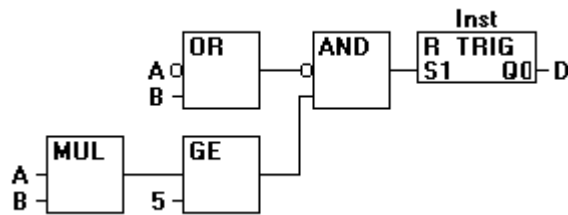


Obr. 10 Zápis programu v programovacom režime CFC

#### 1.6.4 FBD - Function Block Diagram

Zápis programu PLC v tzv. funkčných blokoch FBD (obr.11), je v prípade programovacieho prostredia CoDeSys určitou kombináciou líniovej schémy s CFC režimom. V iných programovacích softvéroch rôznych výrobcov PLC (tých neštandardizovaných) však môžete pod skratkou FBD nájsť aj vyššie uvedený režim CFC.

Rovnako ako v CFC sa i v FBD postupnosť programu vyjadruje sústavou za sebou prepojených blokov, ktoré realizujú rôzne funkcie, avšak tu už nie je voľná programovacia plocha, ale všetko je organizované do riadkov (línii) podobne ako v LD režime. Prakticky sa dá povedať, že FBD režim v prostredí CoDeSys je v podstate LD režim, kde sa u logických operácií miesto sériovo-paralelného zapojenia symbolov kontaktov relé využívajú klasické značky hradiel AND, OR apod. Tento zápis je vhodný pre toho, kto potrebuje vlastnosti líniovej schémy, teda prehľadnosť a pevne dané rozdelenie programu, ale nevyhovuje mu "reléový" zápis logických operácií. Je vhodný pre realizáciu riadiacich sekcií programu a spracovanie vstupných a výstupných signálov (Vojáček,2011).

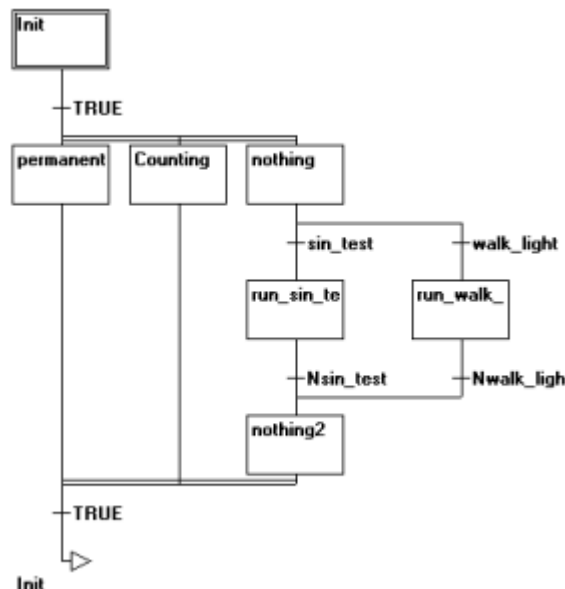


Obr. 11 Zápis programu v programovacom režime FBD

### 1.6.5 SFC - Sequential Function

Programovací režim SFC znázornený na obr.12 je graficky orientovaný zápis pre jednoduché definovanie správania programu, teda jeho beh a reakcie na rôzne rozhodovacie situácie. Prakticky umožňuje definovať správanie programu prostredníctvom všeobecne známej vývojovej schémy, teda vetvenia programu na základe splnenia rozhodovacích podmienok.

Tento režim je ideálny pre definovanie postupnosti volania jednotlivých častí programu (podprogramov) napísaných niektorým z vyššie uvedených programovacích režimov na základe hodnôt stavových premenných. Tiež sa s ním dobre realizuje sekvenčná logika. Je vhodný najmä pre hlavné vetvy programu, odkiaľ sa volajú podprogramy (Vojáček,2011).



Obr. 12 Zápis programu v programovacom režime SFC

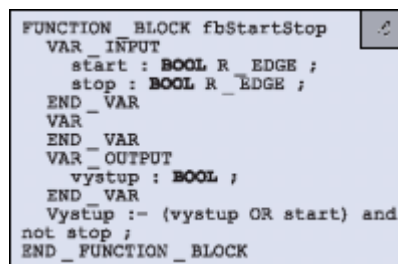
---

### 1.6.6 ST - Structured Text

Programovací režim ST (obr.13) je ideálny pre klasických programátorov mikroprocesorov, pretože jeho zápis je tvorený postupnosťou symbolických inštrukcií, kde jedna inštrukcia reprezentuje v "IL" zápise celú postupnosť základných inštrukcií. Ide teda o programovací jazyk vyššej úrovne, podobne ako napríklad Pascal či C. Svojou štruktúrou (syntaxou) sa tiež Pascalu veľmi podobá.

Tento zápis je ideálny pre prácu s dátami, reťazcami a databázami a pre naprogramovanie zložitých výpočtových algoritmov. Je tak vhodný pre náročné spracovanie analógových signálov, ako napríklad pre realizáciu digitálnych filtrov, linearizáciu signálov a zložité riadiace algoritmy alebo pre prácu s textovými reťazcami.

Výhodou je jednoduché a rýchle naprogramovanie aj zložitých aritmetických vzorcov a relatívne ľahká manipulácia a práca s blokmi dát a databázami (ľahká realizácia viacnásobných podmienkových slučiek s indexáciou pamäťových miest). Nevýhodou je horšia prehľadnosť logických operácií a "toku" signálu štruktúrou programu. Tiež je nutné poznať príkazy a syntax zápisu (Vojáček, 2011).



```
FUNCTION_BLOCK fbStartStop
VAR_INPUT
    start : BOOL R_EDGE ;
    stop  : BOOL R_EDGE ;
END_VAR
VAR
END_VAR
VAR_OUTPUT
    vystup : BOOL ;
END_VAR
Vystup := (vystup OR start) and
not stop ;
END_FUNCTION_BLOCK
```

Obr. 13 Zápis programu v programovacom režime ST

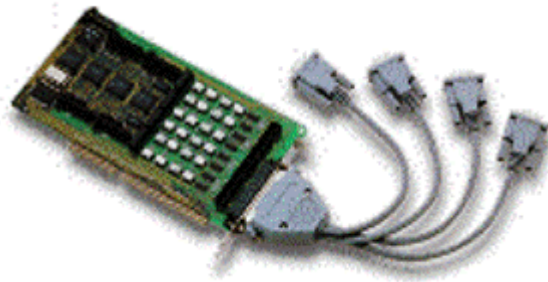
## 1.7 Komunikácia PLC

Komunikácia a diaľkové riadenie sú termíny, ktoré sa používajú pri takmer všetkých ľudských činnostiach. Stáva sa samozrejmosťou, že celé systémy sú jednoducho riadené z jedného miesta, kde sú k dispozícii všetky informácie o stave systému a odkiaľ sú zasielané všetky ovládacie povely, a sú začlenené do veľkých informačných sietí. Pre tento účel sa používa niekoľko rôznych komunikačných technológií.

Klasickým predstaviteľom komunikačných kanálov sú sériové rozhrania RS-232 a RS-422/485 obr.14, ktoré aj keď nie sú ničím novým v oblasti informačných

---

technológií, majú nezastupiteľné miesto v tomto odbore. Medzi ich hlavné výhody patrí ľahká inštalácia a veľká rozšíriteľnosť, čo je výhodné aj pre vývoj aplikácií, ktoré sú založené na komunikácií. Ďalšou skupinou komunikačných liniek sú normalizované komunikácie typu Profibus, Suconet, ControlNet, Ethernet a pod.. Komunikácie na báze rozhrania USB sa na trhu PLC zatiaľ nepresadzujú. Typ komunikačnej linky nehrá v problematike logického riadenia veľkú úlohu, pretože dáta medzi PC a PLC môžu byť prenášané po akejkolvek komunikačnej sieti, kvalitou komunikácie je však podmienená rýchla odozva PLC na rôzne udalosti (Automa, 2000).



Obr. 14 Sériové rozhranie RS-232/422/485, typ C114

## 1.8 PLC Siemens

Spoločnosť Siemens ponúka veľmi široké spektrum komponentov pre riadenie a priemyselnú automatizáciu od najjednoduchších a najlacnejších riadiacich prvkov až po zložité riadiace štruktúry. Pre danú úlohu a svoje riešenie si z tejto ponuky môže každý užívateľ vybrať optimálny prvky. Skupina riadiacich systémov Simatic poskytuje riešenie najrozmanitejších automatizačných úloh pri riadení ako diskretných, tak aj kontinuálnych či hybridných technologických procesov. Najčastejšie sa používajú v automobilovom priemysle v univerzálnych i jednoúčelových strojoch a zariadeniach, vo všeobecnej strojárkej a elektrotechnickej výrobe (takmer vo všetkých strojoch a zariadeniach), pri spracovaní plastov, v baliacich strojoch, v potravinárstve a vo vodárenstve, pri výrobe a rozvoде elektrickej energie a pod .

### 1.8.1 SIEMENS LOGO!

LOGO! (obr.15) predstavuje univerzálny logický modul. Ponúka riešenie pre jednoduché spínanie a riadenie aplikácií v priemysle (napr. ventilačné systémy, závery, vodné čerpadlá, kompresory atď), však možno s výhodou využiť aj v infraštruktúre

---

(napr. pre ovládanie osvetlenia, roliet, výkladných skriň, pre zavlažovanie skleníkov apod). Ďalej je vhodné pre inštaláciu v rozvádzačoch a mechanických prístrojoch.



**Obr. 15 SIEMENS LOGO!**

LOGO! nahrádza samostatné komponenty ako sú spínacie hodiny, časové relé, čítače, pomocné stykače – v LOGO! je všetko obsiahnuté. LOGO! zastúpi so svojimi 8 základnými a 30 špeciálnymi funkciami mnohé spínacie zariadenia. Jednoduchá montáž, odbremenené káblovanie, jednoduché programovanie apod (SIEMENS, 2008).

SIEMENS LOGO! má viaceré výhody, medzi ktoré patrí najmä jednoduchá obsluha, minimálny čas na montáž, ale aj redukcia nákladov a vysoká flexibilita. Prepojenie jeho funkcií sa uskutočňuje kliknutím tlačidlom myši na PC alebo zatlačením tlačidla na prístroji. Pri zapájaní stačí iba elektricky prepojiť vstupy a výstupy. Vďaka paralelnému zostavovaniu a montáže rozvádzača si vyžaduje minimálny čas na montáž. Je v ňom integrovaných množstvo funkcií logického riadenia, čo značne znižuje náklady. Jednoduchá zmena funkcie stlačením tlačidla, varianty pre rôzne napájacie napätia, modulárna konštrukcia a možnosť rozšírenia podľa potreby naznačujú jeho vysokú flexibilitu. Prehľad základných modulov LOGO! je uvedený v tab.1.

#### Vlastnosti SIEMENS LOGO!:

- univerzálne využitie: rôzne napájacie napätia DC 12 V, AC/DC 24 V, AC/DC 115/230 V,
- znižuje nároky na prevádzku: automatické prestavenie z letného času na zimný a naopak,
- ochrana vášho know-how: možnosť hesla,
- 30 integrovaných základných funkcií - znižuje sa počet potrebných prístrojov - napr. počítadlo prevádzkových hodín,



- 8 binárnych vstupov (vč. 2 AI pri DC 12/24 V) a 4 binárne výstupy už v základe,
- zobrazovanie textov a aktuálnych hodnôt na displeji (len LOGO!Basic), nie je potrebný doplnkový displej,
- zabudovaná pamäť údajov - slúži na krátkodobé zálohovanie prevádzkových údajov, jednoducho rozšíriteľné
- ochrana vložených investícií, vhodné pre rôzne aplikácie,
- softvér LOGO!Soft Comfort V5 ponúka možnosť zostavovania a testovania programov komfortne na PC, v operačných systémoch Windows, Mac OS alebo Linux.

**Tab.1 Prehľad základných modulov LOGO!**

| LOGO!                          | 24<br>24o                    | 12/24RC<br>12/24RCo               | 24RC<br>24RCo                     | 230RC<br>230RCo                   |
|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Napájacie napätie              | 24V DC                       | 12/24 DC                          | 24V AC                            | 230V AC                           |
| Integr. binárne vstupy         | 8                            | 8                                 | 8                                 | 8                                 |
| analógové vstupy               | 4x 0-10V                     | 4x 0-10V                          | -                                 | -                                 |
| Max. binárnych vstupov         | 24 (s rozširovacími modulmi) |                                   |                                   |                                   |
| Integrované binárne výstupy    | 4                            |                                   |                                   |                                   |
| Prúdové zataženie              | 0,3A                         | 10A ohmická zátáž<br>3A indukívna | 10A ohmická zátáž<br>3A indukívna | 10A ohmická zátáž<br>3A indukívna |
| Max. počet binárnych výstupov  | 16 (s rozširovacími modulmi) |                                   |                                   |                                   |
| Max. počet analógových vstupov | 8 (s rozširovacími modulmi)  |                                   |                                   |                                   |
| Stupeň krytia                  | IP20, IP 65 s použitím krytu |                                   |                                   |                                   |

### Programové vybavenie:

LOGO! Soft Comfort je komfortný, prehľadný a viacjazyčný programovací softvér, ktorý umožňuje vytváranie, testovanie a simuláciu, modifikáciu, archiváciu a tlač spínacích schém z Vášho počítača. Základné a špeciálne funkcie je možné jednoduchou "drag&drop" operáciou pripojiť do spínacej schémy. Program zabezpečuje jednoduchú a komfortnú tvorbu dokumentácie. Vstupy a výstupy, ako aj funkčné bloky môžu byť opatrené komentármi. Rozmanité možnosti tlače Vám umožnia tvorbu profesionálnej dokumentácie. LOGO! Soft Comfort ponúka viacjazyčnú a rozsiahlu podporu v PDF formáte.

### 1.8.2 SIEMENS SIMATIC S7

Automatizačná technika od spoločnosti Siemens pôsobí na trhu v oblasti automatizácie už viac ako 50 rokov. Názov Simatic bol ako obchodná značka zaregistrovaný 2. apríla 1958. Prvý automat označený Simatic G, neskôr používaný ako

---

prvý PC, bol spočiatku obmedzený len na logické funkcie. V roku 1964 začala spoločnosť Siemens na výrobu svojich PA používať kremík, ktorý je menej citlivý na teplotu a vznikol nový rad Simatic N a špeciálne systémy Simatic H a Simatic P. Veľký úspech automatov od spoločnosti Siemens však zaznamenala až rada Simatic S5, ktorá si uplatnila pevné miesto v takmer všetkých odvetviach priemyslu (Siemens, Automa 2008).

Rad riadiacich systémov SIMATIC S7 (obr.16) ponúka množstvo integrovaných funkcií a voliteľnú výkonnosť pre všetky aplikácie a požiadavky. Zahŕňa programovateľné logické automaty (PLC), kompletne prístroje, pozostávajúce z PLC a panelu operátora, riadiace systémy na báze PC ako aj komponenty pre funkčne a priestorovo decentralizované spracovanie informácií. Pre aplikácie s vysokými požiadavkami na bezpečnosť sú k dispozícii riadiace systémy aj vo vyhotovení s bezpečnosťou v prípade vlastných chýb (failsafe) a s vysokou pohotovosťou (fault-tolerant).



**Obr. 16 Rad PLC Siemens Simatic S7**

**SIMATIC S7 – 200 Micro** ponúka vysoký výkon pri minimálnych nákladoch na inštaláciu a programovanie. Ponúka kompaktné, cenovo výhodné riešenie automatizačných úloh v najnižšej výkonovej oblasti. K dispozícii má optimalizované funkcie pre aplikácie s nízkym stupňom systémového prepojenia, napr. sériová výroba strojov, zariadení, atď. Umožňuje rýchle a cenovo výhodné riešenia s malými rozmermi a s jednoduchým programovaním (konfigurovaním). V ponuke je výkonovo odstupňovaný rad základných jednotiek CPU s veľkým rozsahom základných funkcií logického riadenia na báze PLC. Systém je zároveň modulárne rozšíriteľný pre individuálne prispôbenie zadaniu úlohy automatického riadenia. SIMATIC S7-200 umožňuje jednoduché systémové prepojenie prostredníctvom rozhrania PPI pre

---

programovanie, komunikáciu, obsluhu a sledovanie. Pri použití rozširovacích modulov je možná komunikácia aj v sieťach PROFIBUS, AS-interface alebo priemyselný ethernet. Programovanie sa realizuje prostredníctvom STEP7 - Micro/WIN, ktorý je optimalizovaný špeciálne na rozsah výkonu systému S7-200. Navyše sú k dispozícii tzv. sprievodcovia na mimoriadne jednoduché a užívateľsky komfortné konfigurovanie namiesto programovania.

**SIMATIC S7 – 300 je modulárny riadiaci systém, ktorý ponúka vysokú výkonnosť pre konštrukciu strojov a zariadení v strojárskom priemysle. Nevyžaduje údržbu a ponúka veľa integrovaných funkcií, kompaktnú konštrukciu a veľmi veľký sortiment funkčných modulov.**

**SIMATIC S7 – 400 je systémovo optimalizovaný riadiaci systém s vysokým výkonom, ktorý umožňuje systémové riešenia v oblasti spojitých a nespojitých technologických / výrobných procesov a vyznačuje sa predovšetkým vysokým výkonom pri riešení úloh spracovania informácií a komunikácie (SIEMENS, 2011).**

## **1.9 Budúcnosť programovateľných automatov**

Budúcnosť so sebou prináša stále vyššie nároky na lepšiu kvalitu, nižšiu spotrebu energie a surovín, viac informácií, služieb a komfortu, spoľahlivosť a ľahšiu opraviteľnosť, prispôsobivosť novým požiadavkám užívateľa, dlhšiu životnosť, nižšie prevádzkové náklady počas životnosti (automatizačné zariadenia sú využívané 7 až 15 rokov), to všetko sú podmienky vývoja nových PA.

PA zrejme majú i naďalej zaistenú budúcnosť. Možnosť distribúcie funkcií na samostatné počítačové jednotky, vyplývajúce predovšetkým z nízkej ceny počítačov, poskytne i ďalej priestor pre špecializované počítače. Ich špecializácia však bude spočívať predovšetkým v software. Distribuované riešenie pritom predpokladá, že budú k dispozícii kvalitné, spoľahlivé a rýchle spôsoby komunikácie. I v tomto smere je súčasná situácia dosť uspokojivá. Tým sa však nedá zbaviť problémov vyplývajúcich zo zložitosti riešených úloh. Do istej miery špecifickým produktom so svojimi špecifickými problémami teda budú PA aj v budúcnosti (Zezulka,2003).

---

## 1.10 Trendy automatizácie technologických procesov

Vlastné riadenie nepretržite prevádzkovaných technologických procesov bude smerovať k stále širšiemu využívaniu inteligentných senzorov a akčných členov. Tým sa bude spätно-väzbové riadenie presúvať na najnižšiu úroveň priameho distribuovaného riadenia v prevádzke. Klasické riadiace systémy prevezmú úlohu nadradeného riadenia technologických skupín a celkov. S tým snáď tiež dôjde k širšiemu využívaniu moderných poznatkov teórie automatického riadenia. Štandardizácia nebude využívaná iba v oblasti komponentov a nástrojov pre automatizáciu, ale aj pre riešenie cieľových úloh.

S rastúcou zložitosťou celej sústavy riadenia bude čoraz väčšiu úlohu zohrávať diagnostika ako vlastného riadiaceho systému, tak predovšetkým riadených sústav. Využívané budú stále komfortnejšie a komplexnejšie nástroje pre podporu projektovania a údržby po celú dobu prevádzkového života riadiaceho systému.

Pri požadovanej vysokej miere spoľahlivosti a bezpečnosti cieľových automatizačných riešení bude aj naďalej pokračovať prenikanie prostriedkov z oblasti IT do automatizácie (hardvér, softvér, metódy plug-and-play, internetové metódy atď). Realizované budú tiež nové aplikačné nástroje pre spracovanie on-line aj off-line veľkého množstva získavaných a uchovávaných výrobných dát (Vocátka, 2006).

---

## 2 Cieľ práce

PLC automaty sa v súčasnosti používajú najmä v priemysle na riadenie rôznych technologických procesov. Cieľom tejto diplomovej práce je využiť PLC regulátor od firmy SIEMENS na automatické riadenie sústavy vodných nádrží v mechanicko – biologickej čističke odpadových vôd. Po preštudovaní vlastností a funkcií programovateľných automatov bol navrhnutý riadiaci systém mechanicko – biologickej čističky odpadových vôd, ktorá pozostáva z troch nádrží. Na riadenie bude použitý programovateľný automat Simatic S7 – 200 od firmy SIEMENS a program bude realizovaný v jazyku STEP 7 – MicroWIN v4.0.

---

### **3 Metodika práce**

PLC regulátor je zariadenie vhodné na riadenie spojitých a nespojitých fyzikálnych veličín. Pri navrhovaní riadenia sústavy vodných nádrží, treba mať predstavu, ako bude výška hladiny kontrolovaná a ako budú jednotlivé členy v zapojení riadené (spojito alebo nespojito).

#### **3.1 Požiadavky na riešenie úlohu**

Pre splnenie mojej úlohy som si musel vytvoriť požiadavky, podľa ktorých som mohol úlohu ďalej riešiť:

- oboznámenie sa s problematikou mechanicko – biologického čistenia odpadových vôd,
- analyzovať súčasný stav riadenia ČOV,
- oboznámiť sa s použitými snímačmi,
- zhodnotiť funkčnosť snímačov z pohľadu spoľahlivosti,
- návrh snímačov výšky hladiny ,
- prispôsobenie vstupných a výstupných obvodov PLC na existujúce zariadenie,
- navrhnuť riadenie prečerpávania z prečerpávacej nádrže do dvoch aktivačných nádrží pomocou elektromagnetických ventilov,
- navrhnuť program s možnosťou prestavenia času v procese usadzovania,
- navrhnuť riešenie pri nadmernom zaťažení čističky,
- navrhnuť alternatívu časovej previazanosti pri usadzovaní pomocou časovača v PLC regulátore,
- navrhnuť riešenie na plnoautomatickú činnosť ČOV.

#### **3.2 Postup pri návrhu a overovaní funkcií navrhnutého riešenia**

Úlohou mojej diplomovej práce je navrhnuť riadenie sústavy vodných nádrží v ČOV pomocou PLC regulátorov. Vybral som si preto na riešenie svojej úlohy malú mechanicko-biologickú čističku odpadových vôd v obci Choča.

---

Pri návrhu a overovaní funkcií navrhnutého riešenia som postupoval nasledovne:

- oboznámenie sa s problematikou mechanicko-biologického čistenia odpadových vôd,
- preštudovanie si plánov poskytnutých prevádzkovateľom ČOV v Choči,
- zistenie popisu celkového technického riešenia,
- oboznámenie sa s použitými snímačmi,
- hľadanie alternatívnych riešení na automatické riadenie ČOV,
- na základe vytvoreného algoritmu som navrhol plnoautomatické riadenie ČOV,
- vytvorenie blokovej schémy riadenia nádrží ČOV,
- vytvorenie riadkovej schémy plnoautomatického riadenia nádrží a simulácia schémy v programe FluidSim,
- vytvorenie riadiaceho programu v simulačnom programe STEP 7 – MicroWIN v4.0,
- simulácia riadenia sústavy nádrží s použitím PLC automatu Simatic S7 – 200 v programe S7-200 Simulator.

### **3.3 Použité vybavenie**

Pri návrhu riadenia som použil tieto zariadenia a software:

- osobný počítač Intel Pentium 4 3.0GHz, RAM 2GHz,
- operačný systém Windows XP SP3,
- PLC Siemens Simatic S7 – 200 s CPU 222 a rozširovací modul,
- software Simatic S7-200 simulator,
- software pre PLC SIEMENS, STEP 7 – MicroWIN v4.0,
- simulačný program na vytvorenie riadkových schém FluidSim.

---

## 4 Výsledky práce

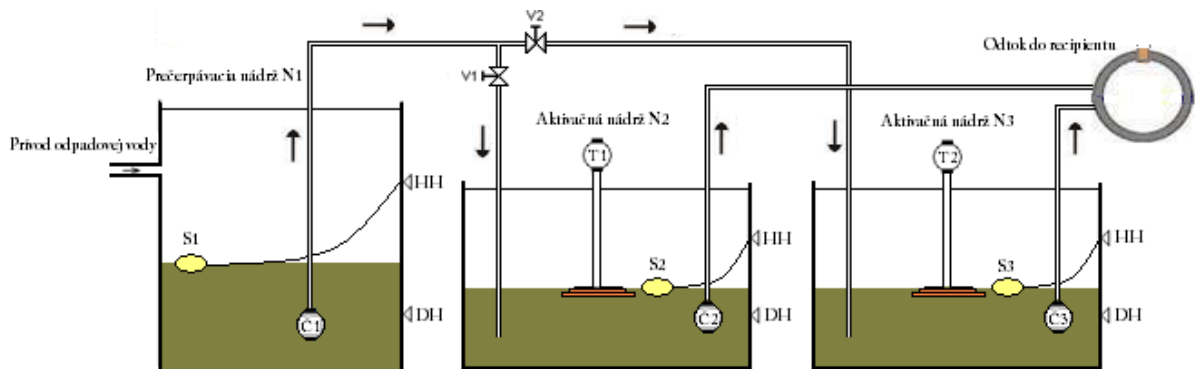
Pri riešení problematiky riadenia sústavy vodných nádrží som použil program FluidSim na vytvorenie riadkovej schémy, PLC regulátor SIEMENS Simatic S7 – 200 a programovací software STEP 7, v ktorom sa vytvoril vhodný program pre riadenie.

### 4.1 Popis technického riešenia ČOV v CHOČI

Vybudovaná ČOV je mechanicko – biologická, kde vlastný biologický proces môže prebiehať vo dvoch železobetónových nádržiach – BIOLOGICKÝCH REAKTOROCH. Odpadové vody prírodnou stokou pritekajú do areálu ČOV a to do vypínacej šachty, kde je umožnený obtok ČOV. Obtok do recipientu sa môže použiť iba v prípade nutnosti a toto je prevádzkovateľ povinný nahlásiť správcovi toku a okresnému vodoprávnemu orgánu. Z vypínacej šachty sú vody privedené do čerpacej stanice, v ktorej je inštalované kalové ponorné čerpadlo FLYGHT (typ: MF 3102.170 LT) a plavákový snímač ENM – 10. Z výtlaku prečerpacej stanice odpadová voda priteká na mechanický stupeň čistenia. V mechanickom stupni čistenia putuje odpadová voda cez jemné ručne stierané česle a lapač piesku, kde sa zachytia hrubé nečistoty, do prevádzkovaného biologického reaktora. V každej aktivačnej (dosadzovacej) nádrži je umiestnený plavákový snímač ENM – 10, ktoré signalizujú výšku hladiny odpadovej vody. Väčšiu časť dňa, 12-20 hod., pracuje biologický reaktor ako aktivačná nádrž so súčasnou stabilizáciou kalu a za prítoku splaškových odpadových vôd. Obsah biologického reaktora je intenzívne prevzdušňovaný a premiešavaný s areátorom, s vertikálnou osou, ktorý je aj s obslužnou lávkou umiestnený na robustných plavákoch. Potom sa časovým spínačom vypne činnosť areátora a nastáva po dobu 2 – 3 hodín usadzovanie aktivovaného kalu v nádrži. Po prebehnutí fáze dosadzovania v nádrži je časovým (alebo ručným) spínačom zapnuté ponorné čerpadlo, ktoré je zavesené pod plavákovou konštrukciou areátora. Čerpadlo odčerpáva vyčistenú vodu z hornej hladiny nádrže a dopravuje ju potrubím do odtokovej šachty. Po vyčerpaní vyčistenej vody na prípustnú hladinu sa automaticky, pomocou plaváka vypne čerpadlo a zapne sa areátor. Uvedené tri fázy vytvárajú jeden cyklus, ktorý sa každý deň opakuje.



Principiálna schéma čističky odpadových vôd spolu s navrhnutými snímačmi a ventilmi je znázornená na obr.17. Z prečerpávacej nádrže N1 je čerpadlom Č1 odpadová voda prepravovaná v závislosti na polohe elektromagnetických ventilov V1 a V2 do nádrže N2 alebo N3. Snímače S1 až S3 identifikujú hornú a dolnú hladinu nádrže. Čerpadlom Č2 a Č3 sa čerpá vyčistená voda a vypúšťa sa do recipientu. Na prevzdušnenie odpadovej vody a jej premiešanie slúžia areátory T1 a T2.



Obr. 17 Principiálna schéma riadenia ČOV

## 4.2 Použité technické prostriedky a pripojenie jednotlivých vstupov a výstupov k PLC Simatic S7 – 200

Ako vyplýva z obr.17, pri mojom návrhu boli použité 3 plavákové snímače na snímanie výšky hladiny odpadovej vody v jednotlivých nádržiach s nasledujúcimi funkciami:

- snímač S1 – sníma minimálnu a maximálnu výšku hladiny vody v prečerpávacej nádrži N1, pripojený na vstup I 0.0,
- snímač S2 – sníma minimálnu a maximálnu výšku hladiny vody v prečerpávacej nádrži N2, pripojený na vstup I 0.1,
- snímač S3 – sníma minimálnu a maximálnu výšku hladiny vody v aktivačnej nádrži N3, pripojený na vstup I 0.2.

Na snímanie výšky hladiny odpadovej vody v jednotlivých nádržiach boli vybrané plavákové snímače vhodné pre čistiarne odpadových vôd MAC – 3.

---

Použité čerpadlá:

- čerpadlo Č1 – kalové ponorné čerpadlo určené k prečerpávaniu znečistenej vody do aktivačných nádrží N2 a N3, pripojené na výstup Q 0.0
- čerpadlo Č2 – kalové ponorné čerpadlo slúžiace k odčerpávaniu prečistenej vody z nádrži N2 do recipientu, pripojené na výstup Q 0.1
- čerpadlo Č3 – kalové ponorné čerpadlo slúžiace k odčerpávaniu prečistenej vody z nádrži N3 do recipientu, pripojené na výstup Q 0.2.

Na prevzdušňovanie a rozmelňovanie boli použité povrchové areátory T1 a T2 umiestnené na oceľovej lávke na plavákoch, pripojené na Q 0.3 a Q 0.4.

V návrhu som uvažoval s 2 ventilmi:

- elektromagnetický ventil V1 – otvára/zatvára potrubie k nádrži N2, pripojený na výstup Q 0.5,
- elektromagnetický ventil V2 – otvára/zatvára potrubie k nádrži N3, pripojený na výstup Q 0.6

### **4.3 Čističky odpadových vôd**

Jedným z vážnych problémov miest a obcí na Slovensku je čistenie komunálnych vôd. V súčasnosti viac ako 40 % obyvateľov Slovenska nemá zabezpečené čistenie odpadových vôd. Dôsledkom je znečistenie povrchových a podpovrchových vôd. V dôsledku používania tzv. netesných žump a starých septikov nie je možné na niektorých miestach Slovenska využívať spodnú vodu zo studní. Voda v týchto miestach je z hygienického hľadiska nevyhovujúca, kvôli vysokému obsahu fosforečnanov, dusičnanov, biologickému a bakteriálnemu znečisteniu

Čistenie odpadových vôd sa môže uskutočniť na základe mechanického, fyzikálno-chemického a biologického čistenia. Existuje množstvo spôsobov čistenia odpadových vôd. K čisteniu odpadových vôd sa používajú jednak mikroorganizmy pevne prisadnuté k podkladu vo forme rôznych systémov biofiltrov a biokontaktorov, ktoré sú zmáčané odpadovými vodami, jednak aktivačné systémy s kalom vo vznášaní, kde sú vločky kalu premiešavané s odpadovou vodou a vzduchom. Doposiaľ známe

---

aktivačné čistiarne odpadových vôd s kalom vo vznášaní možno deliť na systémy s kontinuálnym prietokom odpadových vôd a na systémy s diskontinuálnym prietokom.

#### **4.3.1 Systémy s kontinuálnym prietokom**

Systémy s kontinuálnym prietokom väčšinou obsahujú nádrž primárnej sedimentácie, kde dochádza k zachyteniu hrubých nečistôt a odkiaľ je predčistená odpadová voda zvedená do samostatnej aktivačnej nádrže s jemnobublinkovým prevzdušňovacím systémom. Z aktivačnej nádrže odteká zmes vyčistenej vody s kalom do dosadzovacej nádrže, kde kal klesá do kónického dna a vyčistená voda bez kalu stúpa k prepadu do odtoku. Kal je väčšinou trvalo vracaný vzduchovou pumpou (mamutkou) do aktivačnej nádrže. Obvykle používané malé aktivačné čistiarne s kontinuálnym prietokom vyžadujú obsluhu vzhľadom na zvyšujúcu sa hustotu aktivovaného kalu, ktorá nastáva v procese odbúravania organického znečistenia. To má za následok, že pri nedodržaní predpísaných úkonov sa zhoršujú parametre čistenia. Niektoré typy malých ČOV pracujú s väčšími aktivačnými nádržami a s väčšou hustotou kalu. Tým odpadá obsluha, ale kal je nutné vyvážať fekálnym vozom cca 1 x za 6 mesiacov. Nevýhodou tohto riešenia je, že ČOV nie je vhodná na prerušovanú prevádzku, kedy vysoká hustota kalu spôsobuje problémy s následným rozmiešaním po prerušení aktivácie a usadení na dne nádrže.

#### **4.3.2 Systémy s diskontinuálnym prietokom**

U systémov s diskontinuálnym prietokom sú odpadové vody privedené do vyrovnávacej nádrže a z nej postupne prečerpané do aktivačnej nádrže. Po vyčistení vody sa preruší aktivačný proces, t.j. zastaví sa prevzdušňovanie a prípadné premiešavanie vody v aktivačnej nádrži a po usadení kalu sa vyčistená voda odčerpá do odpadu. Potom sa opäť napustí aktivačná nádrž a opísaný cyklus sa opakuje. V porovnaní s kontinuálnym čistením odpadá dosadzovacia nádrž. Tento systém obvykle vyžaduje aspoň minimálne elektronické riadenie jednotlivých fáz čistiaceho procesu a v praxi je menej využívaný (<http://www.fonhit.sk/radykcov.htm>).

Sortiment čističiek odpadových vôd je rozdelený na:

- domové čističky
- malé čističky

- 
- stredné čističky
  - priemyselné čističky

### 4.3.3 Priemyselné čističky

V mojej diplomovej práci som sa zaoberal návrhom riadenia práve priemyselnej čističky odpadových vôd, preto som sa zamerlal práve na tento druh. Komunálne a priemyselné čističky odpadových vôd (ČOV) sú kategória čističiek pre komunálnu sféru (väčšie obce a mestá, ich časti, aglomerácie, väčšie rekreačné strediská, systémy hotelov, zábavné parky a pod.), resp. pre rôzne priemyselné prevádzky (kedy sú doplnené o čistiace stupne podľa potreby danej priemyselnej prevádzky). Do kategórie komunálne a priemyselné čističky spadajú zväčša čističky nad 200 ekvivalentných obyvateľov resp. čističky odpadových vôd so špecifickým chemickým a látkovým zaťažením. ČOV sú tvorené technologickou linkou, ktorej základom je zvyčajne biologický reaktor s mechanickým predčistením.

Biologický reaktor čističky zaručuje odstránenie organického znečistenia a dusíka z odpadových vôd. V prípade sprísnených požiadaviek na kvalitu vyčistenej vody a potreby sa do technologickej linky ČOV zaradzuje simultánne zrážanie fosforu a terciárne dočistenie resp. iné. Nádrže ČOV sú rozdelené prepážkami na jednotlivé technologické priestory. Do nádrží sú inštalované technologické zariadenia priamo na mieste osadenia ČOV. Nádrže ČOV sú umiestnená sčasti alebo úplne pod terénom. Zakrytie ČOV je riešené oceľovými roštami, plastovým prekrytím, betónovými doskami s revíznymi vstupmi. Pri väčších nádržiach sú nad nádržami inštalované obslužné lávky z ocele s povrchovou úpravou. ČOV je možné taktiež umiestniť v zastrešenom objekte resp. bez prekrytia. Umiestnenie zdrojov tlakového vzduchu a elektrorozvádzača rieši projekt ČOV.

**Technologická linka je zvyčajne tvorená:**

#### **Mechanické predčistenie**

Mechanické predčistenie je zvyčajne tvorené systémom hrablic (hrubé hrablice, jemné hrablice alebo hrablicový kôš) resp. čerpacou stanicou s čerpadlami so sekacím zariadením. V prípade potreby môže byť do mechanického predčistenia zaradený lapač piesku a lapač štrku.

---

## **Biologický čistenie**

Základom biologického čistenia je biologický reaktor s denitrifikačnou a nitrifikačnou časťou. V nitrifikačnej časti je osadený prevzdušňovací systém, pričom zdrojom vzduchu sú dúchadlové agregáty v protihlukových krytoch resp. dúcharňách. Odstraňovanie dusíka zabezpečuje vnútorná recirkulácia aktivačnej zmesi medzi týmito oboma časťami biologického reaktora. Pri odstraňovaní fosforu je ČOV doplnená dávkovaním zrážacieho činidla pre fosfor. Pri väčších ČOV sa môže technológia rozšíriť o regeneráciu kalu, čo umožňuje znížiť potrebný objem aktivácie a prispieť k zlepšeniu sedimentačných vlastností kalu bez zníženia účinnosti čistenia. V separačnej (dosadzovacej) nádrži dochádza oddeleniu vyčistenej vody od aktívneho kalu. Separačný stupeň môže byť aj súčasťou biologického reaktora. Vyčistená voda odteká cez odtokové žľaby vybavené nornými stenami a cez merný objekt do odtoku. Usadený aktívny kal je vonkajšou recirkuláciou prečerpávaný späť na začiatok časti biologickej časti ČOV.

## **Terciárne dočistenie**

V prípade sprísnených požiadaviek na kvalitu vyčistenej vody je možné zaradiť za biologickým reaktorom ČOV ešte stupeň terciárneho dočistenia. Terciárne dočistenie je realizované zvyčajne zemným filtrom, koreňovou čistiarnou alebo samostatným terciárnym dočisťovacím stupňom. Na dočistenie sa využíva mikrofiltrácia, piesková filtrácia resp. filtrácia na filtračných podložiach. Vyčistená voda môže byť ešte dezinfikovaná a biologicky stabilizovaná chlórom alebo UV-žiarením. (s automatickým ovládaním).

## **Kalové hospodárstvo**

Kalové hospodárstvo je zvyčajne tvorené kalojemom (s kapacitou min 100 dní) a prípadne mobilným odvodňovacím zariadením. Prebytočný kal (aeróbne stabilizovaný v biologickom reaktore) je zahusťovaný a uskladnený v kalojeme. Stabilizovaný kal je možné odvodniť na mobilnom odvodňovacom zariadení do rypného stavu a využiť v poľnohospodárstve. Kal sa môže odvázať z kalojemu na skládku alebo na ďalšie spracovanie.

---

## Meranie a regulácia

Čističky sú vybavené systémom automatického riadenia, ktorý umožňuje prevádzkovať čistiareň automaticky - s minimálnymi zásahmi do procesu čistenia. Systém automatického riadenia riadi chod jednotlivých zariadení čistiarne ako aj celej čistiarne v závislosti od množstva odpadových vôd. Súčasťou regulácie je riadiaca a vyhodnocovacia jednotka, ktorá na základe informácií z ultrazvukovej sondy, oxigej sondy a ďalších zariadení z čistiaceho procesu riadi chod jednotlivých strojnotechnologických zariadení v linke čistenia. V prípade dávkovania zrážadla na elimináciu fosforu, dávkovania chlóru a pod. je možné zautomatizovať dávkovanie potrebných chemikálii. Celý systém môže byť napojený na počítač, čím sa zvyšuje spoľahlivosť chodu čistiarne, monitoruje a sprehľadňuje čistiaci proces a zefektívňuje obsluhu (<http://www.bednarmontaze.eu/>).

### 4.4 Plavákový snímač hladiny MAC-3

Na signalizáciu výšky hladín odpadovej vody v jednotlivých nádržiach ČOV v obci Choča som navrhol plavákové snímače typu MAC-3 z dôvodu ľahkej manipulácie, odolnosti voči agresívnym látkam a v neposlednom rade aj z cenového hľadiska. Pomocou jedného snímača je možné snímať dva medzné stavy a teda hornú a dolnú hladinu vody. Plavákové snímače hladiny typu MAC - 3 sú elektromechanické snímače hladiny určené na kontaktné meranie výšky hladiny kvapalín použiteľné pre:

- plnenie a vyprázdňovanie nádrží,
- vodojemy,
- bazénová technika,
- čistiarne odpadových vôd,
- potravinárstvo, úpravné vôd a iné...

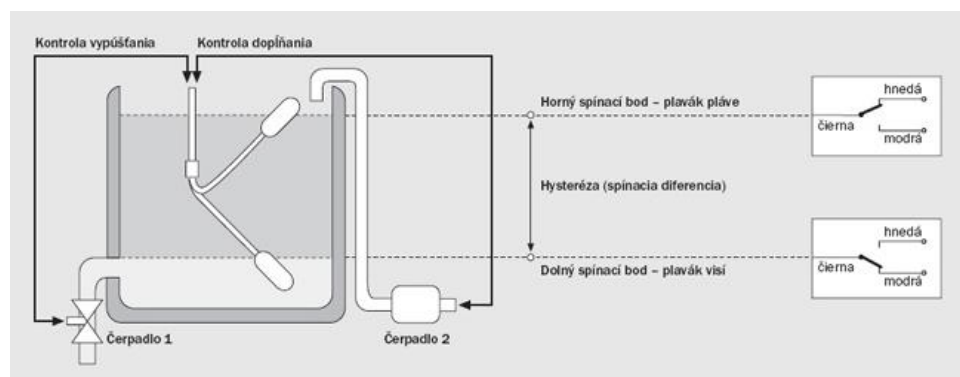
Plavákový spínač hladiny typu MAC-3 uvedený na obr.18, sa používa na rôzne signalizačné, regulačné a ovládacie účely. Teleso plaváku s dvojitou stenou je z materiálu Moplen (netoxický polypropylén), ktorý je vhodný aj pre potravinárske účely a do elektricky vodivých kvapalín. Vodotesnosť je zaistená jediným tlakovým striekaním roztaveného polypropylénu. Vďaka monolytickej konštrukcie s krytím IP 68

je plavák so spínačom dokonale vodotesný a vyznačuje sa spínacou hystereziou (rozdiel medzi max. a min. spínacou hladinou), ktorú je možné nastaviť pomocou polohy závažia na prívodnom kábli. Príklad použitia snímača MAC – 3 je znázornený na obr.19. Bezpotenciálový prepínací mikrosppínač je vhodný na priame spínanie prúdu 10 (4) A, zaručovaná životnosť kontaktu je až 10 miliónov prepnutí.



**Obr. 18 Plavákový snímač hladiny MAC-3**

Snímač tvorí závažie, na ktorom sa nachádza umelohmotný krúžok. Ten sa však pri montáži opatrne odstraňuje vhodným nástrojom. Závažie má z jednej strany kužeľový otvor na prestrčenie kábla. Poloha závažia na kábli je daná vzdialenosťou od plaváku, ktorá je rovná približne polovici požadovanej hysterezie. Na kábel sa pod závažie smerom ku plaváku opatrne navlieka poistný krúžok, ktorý sa posúva do otvoru závažia. Závažie sa dá posúvať po kábli ku plaváku, kým poistný krúžok zaskočí do určenej západky v otvore závažia. Zmenu polohy závažia docielime krútením a súčasným posúvaním závažia na kábli. Kábel je vyvedený cez trojnásobne tesnenú monolitickú konštrukciu polypropylénového krytu plaváku. Káble plavákových spínačov sú medené s priemerom  $3 \times 1 \text{ mm}^2$ . Vnútoraná izolácia môže byť buď z PVC alebo neoprénu.



**Obr. 19 Použitie plavákového snímača MAC-3**

Technické parametre plavákového snímača hladiny MAC – 3 sú uvedené v tab.2.

Tab.2 Technické údaje snímača MAC-3

|                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Teplota kvapaliny</b>      | max. 50 °C                          |
| <b>Tlak kvapaliny</b>         | max. 0,5 MPa pretlak                |
| <b>Hustota kvapaliny</b>      | min. 0,8 g/cm <sup>3</sup>          |
| <b>Spínač</b>                 | postriebrený prepínací kontakt      |
| <b>Typ kontaktu</b>           | mikrospínač                         |
| <b>Spínací uhol</b>           | cca ± 45°                           |
| <b>Životnosť kontaktu</b>     | 10 miliónov prepnutí                |
| <b>Zaťažiteľnosť kontaktu</b> | 10 (4) A, 250 V AC                  |
| <b>Frekvencia prepínania</b>  | max. 600 prepnutí/min.              |
| <b>Krytie</b>                 | IP 68                               |
| <b>Typ kábla</b>              | ø9 mm / 3 x 1 mm <sup>2</sup> , meď |
| <b>Dĺžka kábla</b>            | 3, 5, 10, 20 m (štandardne 10 m)    |
| <b>Vonkajší obal kábla</b>    | ø9 mm, zmäkčené PVCalebo Neopren    |
| <b>Materiál plaváku</b>       | Moplen (netoxický polypropylen)     |
| <b>Rozmery plaváku</b>        | vid'. schému                        |

## 4.5 FluidSim

Simulačný softvér FluidSim je špecializovaný programový prostriedok určený pre simuláciu pneumatických a hydraulických systémov v reálnom čase. Poskytuje široké možnosti pre edukačné účely v oblasti automatizácie a riadenia. Softvér má jednoduché a intuitívne ovládanie s bohatými možnosťami využitia v oblasti automatizácie a riadenia (Siničák, 2008).

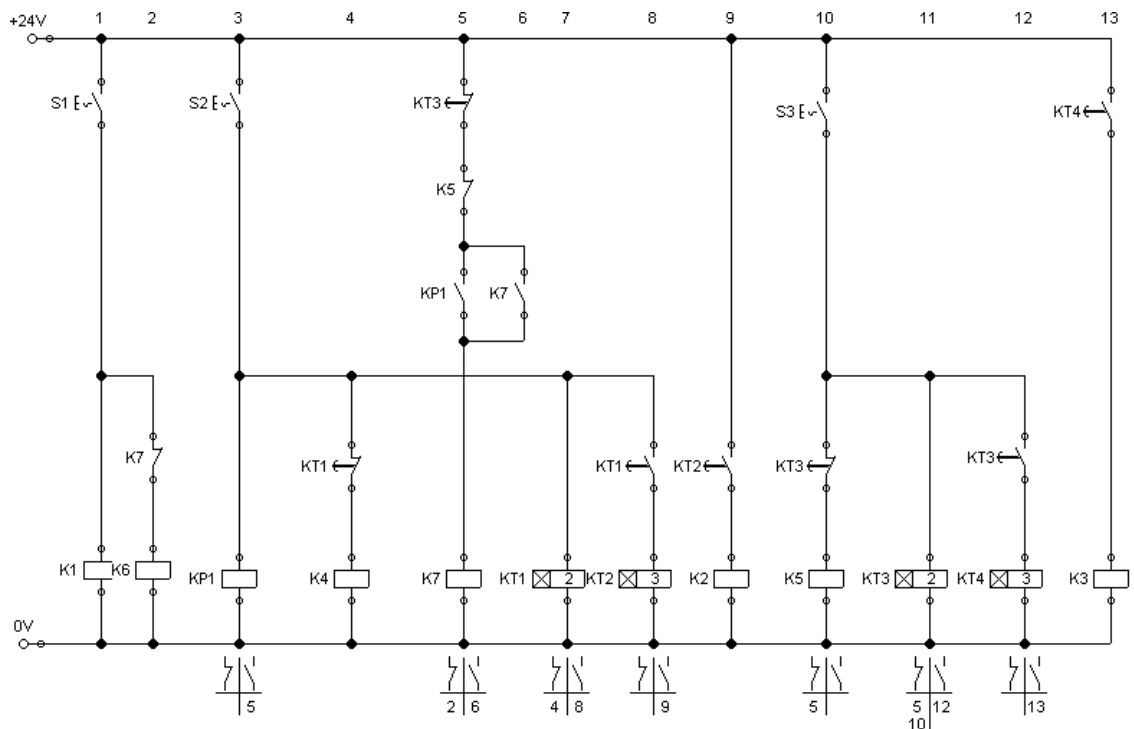
Prostredie FluidSim obsahuje bohatú knižnicu prvkov, ktoré sú hierarchicky zoradené do 5 základných kategórií:

1. Pneumatické prvky,
2. Elektrické prvky,
3. Digitálna technika,
4. Easyport, OPC, DDE knižnica,
5. Rôzne (diagramy, texty, popisy atď.)

Na vytvorenie riadkovej schémy automatického ovládania ČOV som použil program FluidSim, v ktorom je možno po vytvorení ovládacej schémy ju aj následne



odsimulovať. Vytvorenú riadiacu schému automatického ovládania ČOV v Choči, ktorá je uvedená na obr. 20, som následne prekreslil do programu STEP 7.



Obr. 20 Schéma automatického riadenia ČOV

#### 4.5.1 Popis použitých premenných v programe Fluidsim

Vstupy:

S1 – snímač výšky hladiny odpadovej vody v prečerpávacej nádrži N1,

S2 – snímač výšky hladiny odpadovej vody v aktivačnej nádrži N2,

S3 – snímač výšky hladiny odpadovej vody v aktivačnej nádrži N3.

Výstupy:

K1 – stykač čerpadla Č1,

K2 – stykač čerpadla Č2,

K3 – stykač čerpadla Č3,

K4 – stykač povrchového areátora T1,

K5 – stykač povrchového areátora T2,

K6 – stykač elektromagnetického ventilu V1,

K7 – stykač elektromagnetického ventilu V2,

KP1 – pomocné relé slúžiace k zopnutiu elektromagnetického ventilu V2.

---

Kontakty:

K7 – rozpínací kontakt elektromagnetického ventilu V2,

K7 – samodržný spínací kontakt elektromagnetického ventilu V2,

K5 – rozpínací kontakt povrchového areátora T2,

KT1 – spínací a rozpínací kontakt časového relé KT1,

KT2 – spínací kontakt časového relé KT2,

KT3 – spínací a rozpínací kontakt časového relé KT3,

KT4 – spínací kontakt časového relé KT4.

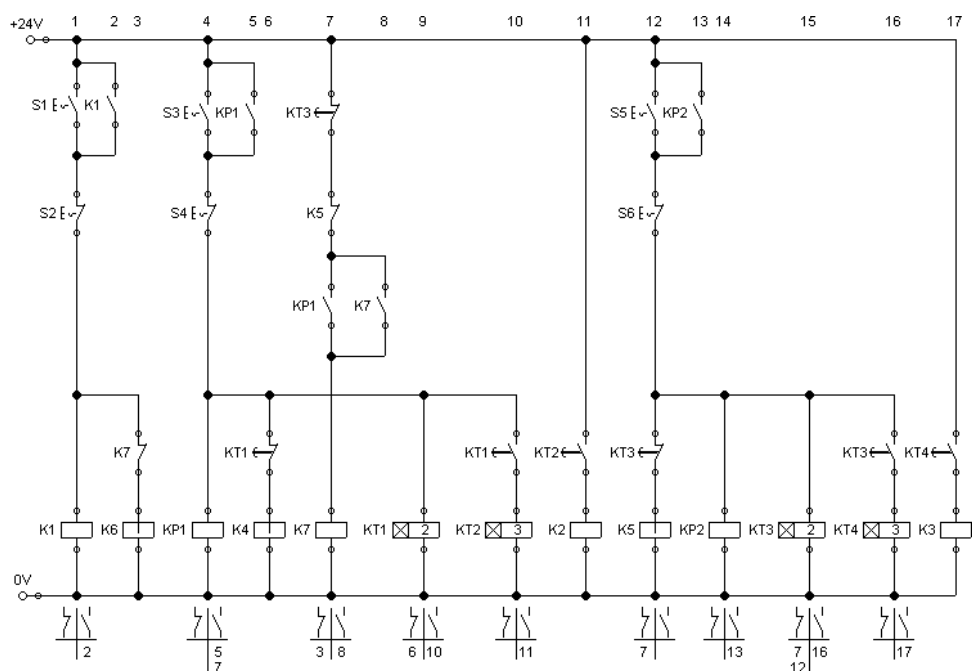
#### **4.5.2 Popis programu riadenia ČOV**

Odpadová voda prírodnou stokou priteká do areálu ČOV a kumuluje sa v prečerpávacej nádrži N1. Riadiaci program je ovládaný koncovými snímačmi S1, S2 a S3. Keď dosiahne výška hladiny odpadovej vody hornú hranicu, snímač S1 automaticky otvorí regulačný ventil V1 a zopne stykač K1. Pomocou stykača K1 je ovládané čerpadlo Č1, ktoré začne ťahať vodu do aktivačnej nádrže N2. Po vyčerpaní nádrže N1 snímač S1 automaticky vypne stykač K1 a tým čerpadlo Č1 prestane čerpať. Proces sedimentácie a čistenia v nádrži N1 nezačne prebiehať, pokiaľ snímač S2 nezaregistruje hornú hranicu výšky hladiny vody. Po naplnení nádrže N2 odpadovou vodou snímač S2 automaticky zatvorí regulačný ventil V1, zopne pomocné relé KP1. Samodržný spínací kontakt KP1 otvorí regulačný ventil V2 a v nádrži N2 začne prebiehať čistiaci proces. Odpadová voda sa tak ďalej čerpá z prečerpávacej nádrže N1 do aktivačnej nádrže N3. Po zopnutí snímača S2 sa taktiež zopne stykač K4. Areátor T1 tak intenzívne prevzdušňuje a rozmelňuje odpadovú vodu po dobu 2 hodín, kedy časové relé KT1 preruší jeho činnosť. Po prerušení jeho činnosti spínací kontakt časového relé KT1 spustí časové relé KT2, ktoré je nastavené na hodnotu 3 hodín, počas ktorej prebieha proces sedimentácie a čistenia. Keď uplynie čas nastavený na časovom relé KT2, toto relé sa vypne a spínací kontakt časového relé KT2 zopne stykač K2. Čerpadlo Č2 následne čerpá vyčistenú vodu do recipientu, pokiaľ snímač S2 nezaregistruje spodnú hladinu a vypne čerpadlo. Obdobný systém riadenia prebieha aj v aktivačnej nádrži N3. Odpadová voda čerpaná z prečerpávacej nádrže N1 sa čerpá do aktivačnej nádrže N3 dovtedy, pokiaľ nedosiahne hornú hladinu nádrže a snímač S3 automaticky vypne stykač K7 (regulačný ventil V2) a zopne stykač K6, čím sa otvorí regulačný

ventil V1 a odpadová voda sa čerpá do nádrže N2. Po zopnutí snímača S3 sa taktiež zopne stykač K5 (areátor T2), ktorý rovnako ako v nádrži N2 prestane miešať po uplynutí doby 2 hodín, kedy jeho činnosť preruší časové relé KT3. Po prerušení jeho činnosti spínací kontakt časového relé KT3 spustí časové relé KT4, ktoré je nastavené na hodnotu 3 hodín, čo stačí na usadenie nečistôt a vyčistenie vody. Po uplynutí tohto času spínací kontakt časového relé KT4 zopne stykač K3. Čerpadlo Č3 následne vyčistenú vodu čerpá do recipientu, pokiaľ snímač S2 nezaregistruje spodnú hladinu a vypne čerpadlo. Celý proces riadenia jednotlivých nádrží sa automaticky reguluje a riadi v jednotlivých cykloch.

### 4.5.3 Alternatívne riešenie riadenia ČOV

Pri navrhovaní som uvažoval aj nad alternatívnym riešením riadenia znázornenom na obr.21. V princípe sa jedná o identickú schému, avšak s rozdielnym snímaním výšky hladiny odpadovej vody v jednotlivých nádržiach, kedy sú v každej z nádrží umiestnené dva snímače. V tomto prípade sa jedná o snímače, z ktorých jeden sníma spodnú hladinu a druhý snímač hornú hladinu vody v nádrži. Snímače S1, S3 a S5 snímajú teda hornú výšku a snímače S2, S4 a S6 snímajú dolnú výšku hladiny odpadovej vody. Vytvorenú schému riadenia som následne prekreslil do programu STEP 7 a odsimuloval v simulačnom softvéri S7-200 simulator. Uvedený program alternatívneho riadenia ČOV v programovacom softvéri STEP 7 je znázornený v prílohe 2.



Obr. 21 Alternatívne riešenie riadenia ČOV

---

## 4.6 Simatic S7 – 200

Simatic S7-200 Micro PLC je výnimočne kompaktný, napriek tomu pozoruhodne schopný, najmä s ohľadom na jeho výkonnosť v reálnom čase. Je rýchly, ponúka skvelé možnosti komunikácie a prichádza s jednoduchým ovládaním hardvéru a softvéru. Zahŕňa programovateľné logické automaty, kompletné prístroje, pozostávajúce z PLC a panelu operátora, riadiace systémy na báze PC ako aj komponenty pre funkčne a priestorovo decentralizované spracovanie informácií.

Simatic S7-200 má dôsledne modulárny dizajn. Pre zákaznicke riešenia, ktoré nie sú príliš veľké v súčasnej dobe, avšak v budúcnosti môžu byť pomocou rozširovacích modulov kedykoľvek rozšírené. To všetko robí Simatic S7-200 vysoko efektívne a hospodárne zariadenie pre automatizované riadenie v kompaktnom výkone. Obsahuje mikroprocesor, integrovaný napájací zdroj, vstupné a výstupné obvody v kompaktnom púzdre, ktoré tak tvorí výkonný programovateľný automat.

Simatic S7 – 200 uvedený na obr.22 monitoruje vstupy a riadi výstupy pomocou užívateľského programu, ktorý môže obsahovať booleovu logiku, počítanie, časovanie, zložité matematické operácie a komunikáciu s inými inteligentnými zariadeniami. Kompaktný design, flexibilná konfigurácia a výkonný inštrukčný súbor sú dôvody, prečo je zariadenie S7 – 200 optimálnym riešením pre riadenie širokej škály aplikácií (SIEMENS, 2000).



Obr. 22 Simatic S7-200 s CPU 222

---

#### 4.6.1 Rozširujúce moduly

##### D/A moduly

S7 – 200 ponúka veľké množstvo rozširovacích modulov, s ktorými je možné rozšíriť automat o ďalšie vstupy alebo výstupy a ďalšie funkcie. Počet vstupov a výstupov môžeme rozšíriť použitím D/A rozširovacích modulov. Podľa požiadaviek aplikácie je možné voliť medzi analógovými alebo digitálnymi.

##### Špeciálne moduly

- Polohovací modul – slúži pre ovládanie od jednoduchých krokových motorov až po vyspelé servopohony. Obsahuje integrované pulzné výstupy pre nastavovanie polohy, rýchlosti a smeru. Umožňuje generovať až 200 000 pulzov za sekundu. Má integrované ovládacie a polohovacie vstupy umožňujúce vykonávať polohovacie úlohy nezávisle na CPU
- Špeciálny modul SIWAREX MS – modul určený pre váženie. K modulu môžeme pripojiť ľubovoľné tenzometre: vážiace prvky, snímače sily, alebo snímače krútiaceho momentu hriadeľa. Modul meria elektrické napätie v tenzometrickom mostíku a následne ho prepočítava na hmotnosť, silu alebo napätie. Umožňuje kalibráciu pomocou kalibračného bremena, alebo aj teoretickú kalibráciu. Podporuje vážiace funkcie tara a nulovanie. K modulu je možné tiež pripojiť externý displej.

##### Moduly pre komunikáciu

- AS interface Master – Priemyslová zbernica AS interface je určená pre pripojenie snímačov a akčných členov k nadriadenému systému. Komunikačný modul umožňuje riadiť chod tejto zbernice. Na zbernicu je možné pripojiť až 62 staníc, z toho môže byť až 31 analógových modulov. V maximálnej konfigurácii môže byť pripojených až 248 digitálnych vstupov a 186 digitálnych výstupov.
- Profibus-DP slave – Pomocou tohto modulu môžu byť automaty S7-200 pripojené na priemyselnú zbernicu Profibus-DP ako riadené stanice (slave). Dosahovaná rýchlosť komunikácie je až 12 Mbit/s.
- Modemový modul – Výhodný pre ušetrenie nákladov za servis. Pre komunikáciu stačia iba dva modemy. Umožňuje Teleservice, t.j. programovanie,

---

odladovanie a sledovanie behu programu prostredníctvom telefónnej linky. Ďalej podporuje dátovú komunikáciu medzi procesorovou jednotkou PLC a PC pomocou protokolu Modbus master/slave, udalosťami vyvolané volanie typu SMS alebo na pager a vzájomnú dátovú komunikáciu medzi procesorovými jednotkami po telefónnej linke.

- Ethernet modul – Sprostredkováva spojenie s priemyslovým ethernetom. Používa sa pre vizualizáciu, archiváciu procesných dát a výmenu dát medzi automatom a PC. Zariadenie podporuje komunikáciu na rýchlosť 100 Mb/s. Procesor dokáže komunikovať s rôznym systémom pripojeným na Ethernet. Môže to byť in riadiaci systém, alebo napr. vizualizačný systém WinCC. S PC je možné komunikovať prostredníctvom serveru S7-OPC Server. Poskytuje možnosť diaľkovej konfigurácie, programovania a diagnostiky systému S7-200. Pomocou CP243-1 je totiž možné k S7-200 pripojiť cez Ethernet programovacie prostredie STEP 7-MicroWIN. Užívateľ tak môže upravovať užívateľský program, alebo trebárs sledovať stav automatu, ktorý môže byť i stovky kilometrov vzdialený.
- IT modul CP 243-IT – Využíva internet k diaľkovému riadeniu procesu. Modul má rovnaké vlastnosti ako Ethernet modul, ale navyše môže slúžiť ako http server, klient FTP alebo SMTP. Pomocou HTTP môžu byť premenné procesu prezentované pomocou webovej stránky. Klient FTP umožňuje preniesť dáta v podobe klasických súborov. V súbore môžu byť uložené hodnoty sledovanej premennej, ktorú je potom možné ďalej spracovávať. Protokol SMTP slúži štandardne k posielaniu e-mailu. Modul spracuje dáta z pamäti automatu a pošle ich ako e-mail. V správe môže byť obsiahnutá informácia o sledovanej premennej, alebo udalosti, ktorá v procese nastala. Týmto spôsobom je tak jednoduché archivovať priebeh technologického procesu. Ďalšou funkciou modulu je ovládanie na diaľku. Poskytuje prehľad o stave hardwaru a umožňuje aj riadiaci systém preprogramovať.
- SINAUT MD 720-3 – Podporuje prenos dát cez GPRS. Umožňuje teleservis cez sieť GSM a zasielanie správ na mobilný telefón (Jeřábek, 2007).

Pri riešení problematiky automatického riadenia sústavy vodných nádrží v priemyselnej ČOV Choča systémom Simatic som si zvolil PLC regulátor od firmy

SIEMENS Simatic S7-200 s CPU 222, kde je možné PLC rozšíriť o 2 nadstavbové moduly. V tab.3 sú uvedené technické údaje a typy CPU Simatic S7 – 200.

**Tab.3 Technické údaje PLC Simatic S7 – 200**

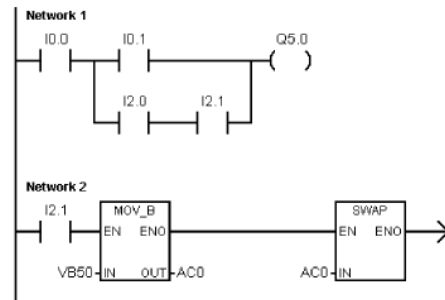
| Vlastnosti  | CPU 221                      | CPU 222                      | CPU 224                      | CPU 224XP   | CPU 226                      |
|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---|------------------------------|
| Fyzické rozmery (mm)                                      | 90x80x62                     | 90x80x62                     | 120,5x80x62                  | 140x80x62   | 190x80x62                    |
| Pamäť programu:<br>- s editáciou v móde<br>RUN            | 4096 B                       | 4096 B                       | 8192 B                       | 12288 B   | 16384 B                      |
| - s editáciou v RUN                                       | 4096 B                       | 4096 B                       | 12288 B                      | 16384 B   | 24576 B                      |
| Pamäť dát   | 2048 B                       | 2048 B                       | 8192 B                       | 10240 B   | 10240 B                      |
| Záložná pamäť   | Typicky 50 hodín             | Typicky 50 hodín             | Typicky 100 hodín            | Typicky 100 hodín                                     | Typicky 100 hodín            |
| Počet I/O<br>- digitálne<br>- analógové                   | 6/4<br>-                     | 8/6<br>-                     | 14/10<br>-                   | 14/10<br>2/10   | 24/16<br>-                   |
| Rozširujúce moduly  | 0                            | 2                            | 7                            | 7   | 7                            |
| Vysokorychlostné čítače<br>- jedna fáza<br><br>- dve fázy | 4 – 30 kHz<br><br>2 – 20 kHz | 4 – 30 kHz<br><br>2 – 20 kHz | 6 – 30 kHz<br><br>4 – 20 kHz | 4 – 30kHz<br>2 – 200 kHz<br>3 – 20 kHz<br>1 – 100 kHz | 6 – 30 kHz<br><br>4 – 20 kHz |
| Pulzné výstupy (DC)                                       | 2 – 20 kHz                   | 2 – 20 kHz                   | 2 – 20 kHz                   | 2 – 100 kHz   | 2 – 20 kHz                   |
| Hodiny reálneho času                                      | Cartridge                    | Cartridge                    | Vstavané                     | Vstavané  | Vstavané                     |
| Komunikačné porty   | 1 x RS-485                   | 1 x RS-485                   | 1 x RS-485                   | 2 x RS-485  | 2 x RS-485                   |

## 4.7 STEP 7 – MicroWIN v4.0

Pre prácu s programovateľnými automatmi rady S7-200 sa používa vývojový software vyvinutý firmou Siemens STEP 7 MicroWIN. Obsahuje všetky potrebné nástroje pre nadviazanie komunikácie medzi PC a programovateľným automatom, pripojenie k rôznym typom priemyselných zberníc a vytváranie riadiaceho programu. Pomocou svojich nástrojov umožňuje tiež konfigurovať niektoré typy operátorských panelov. Disponuje širokým súborom inštrukcií pre vytváranie riadiaceho programu. Prostredie STEP 7 Micro WIN podporuje niekoľko programovacích jazykov, pomocou ktorých je možné vytvoriť riadiaci program. Program je možné vytvoriť pomocou rebríkového diagramu LAD, strojového jazyka STL, alebo jazyka funkčných blokov FBD. Tieto spôsoby vytvárania riadiaceho programu sú navzájom ekvivalentné. Medzi kódmi napísanými v jednotlivých jazykoch je možné jednoducho prepínať, pretože prostredie dokáže z programu napísaného v jednom z typov jazykov automaticky vygenerovať kód pre ďalšie dva typy (Jeřábek, 2007).

**Rebríkový diagram LAD (Ladder diagram)** – Založený na grafickej prezentácii releovej logiky. Riadiaci program je vyjadrený sieťou prepojených grafických prvkov (obr. 23). Sieť je zložená z priečok, ktoré predstavujú paralelné vetvy reálneho

obvodového zapojenia. Priečky sa môžu rôzne vetviť podľa požadovanej funkcie. Do priečok je možné vložiť vstupy (kontakty), výstupy (cievky), funkcie alebo funkčné bloky. Použitie rebríkového diagramu je vhodné, predovšetkým keď realizujeme jednoduché logické riadenie. Pokiaľ sa používajú zložitejšie inštrukcie, stáva sa program menej prehľadný.



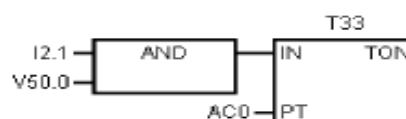
Obr. 23 Rebríkový diagram LAD

**Strojový jazyk STL (Stratement list)** – Vyšší programovací jazyk, ktorý má základy v jazykoch Pascal a C. Syntax jazyka je daná povolenými výrazmi a príkazmi (obr.24). Výraz sa skladá z operátorov a operandov. Operandom môže byť konštanta, premenná, funkcia, alebo iný výraz. Pre zjednodušenie si môžeme predstaviť, že jednotlivé príkazy sa prevádzajú ako operácie nad zásobníkom. Používa sa ako vhodný nástroj pre definovanie funkčných blokov.

```
LD    I0.0    //Načtení jednoho vstupu
A     I0.1    //Logický součin s jiným vstupem
=     Q1.0    //Zapsání hodnoty na výstup 1
```

Obr. 24 Strojový jazyk STL

**Jazyk funkčných blokov FBD (Function block diagram)** – Jednotlivé funkcie sú predstavované blokmi (obr.25). Bloky majú vstupy, výstupy a vnútorné premenné. Vytvorenie požadovanej funkcie vychádza z pospojovania jednotlivých funkčných blokov, ktoré vyjadrujú elementárny proces (SIEMENS, 2000).



Obr. 25 Jazyk funkčných blokov FBD



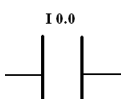
---

#### 4.7.1 Popis inštrukcií v programe STEP 7 (LAD editor)

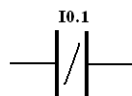
Pri zostavovaní programu pre riadenie sústavy vodných nádrží v ČOV Choča som použil LAD editor z niekoľkých dôvodov:

- jednoduchosť rebríkovej logiky aj pre začínajúcich programátorov,
- grafická prezentácia je populárna a často oveľa zrozumiteľnejšia aj pre tých, ktorí program neotvorili,
- kedykoľvek však môžete použiť STL editor na zobrazenie programu vytváraného v LAD editore.

Pri navrhovaní riešenia ovládania ČOV som použil nasledovné inštrukcie:

Spínací kontakt : 


- popis operácie – spínací kontakt je zopnutý, pokiaľ hodnota odpovedajúca bitu je rovná 1, tok energie je možný, ak je kontakt zopnutý

Rozpínací kontakt: 

- Popis operácie – spínací kontakt je zopnutý, pokiaľ hodnota odpovedajúca bitu je rovná 0, tok energie je možný, ak je kontakt vypnutý

Výstup: 

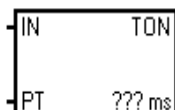
- Pri aktivácii výstupu je fyzický výstup zopnutý a bit na príslušnej adrese je nastavený na 1

Pomocný výstup: 

- Slúži ako dočasný výstup (marker) a využíva sa najmä z dôvodu zložitosti programu

---

Časovač:



- Používa sa ako časovač zopnutia, odpočítava čas od zopnutia vstupu, je vhodný aj na intervalové časovanie

#### 4.7.2 Popis použitých premenných v programe

Spínacie kontakty:

I 0.0 – snímač výšky hladiny odpadovej vody v prečerpávacej nádrži N1

I 0.1 – snímač výšky hladiny odpadovej vody v aktivačnej nádrži N2

I 0.3 – snímač výšky hladiny odpadovej vody v aktivačnej nádrži N3

M 0.0 – spínací kontakt dočasného výstupu M 0.0

Q 0.6 – spínací kontakt elektromagnetického ventilu V2

T 37 – spínací kontakt časovača areátora T1

T 38 – spínací kontakt časovača usadzovania v nádrži N2

T 39 – spínací kontakt časovača areátora T2

T 40 – spínací kontakt časovača usadzovania v nádrži N3

Rozpínacie kontakty:

Q 0.6 – rozpínací kontakt elektromagnetického ventilu V2

T 37 – rozpínací kontakt časovača areátora T1

T 39 – rozpínací kontakt časovača areátora T2

Q 0.4 – rozpínací kontakt areátora T2

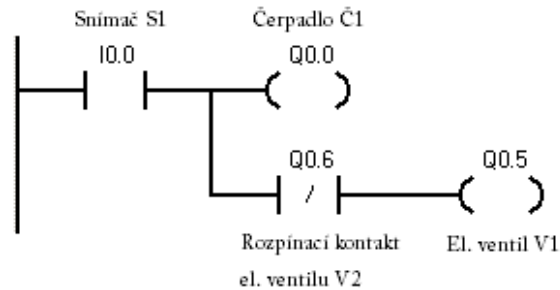
#### 4.7.3 Programové riešenie automatického riadenia ČOV systémom Simatic

Riadkovú schému vytvorenú v programe FluidSim som následne prekreslil do vývojového softvéru STEP 7 a vytvoril tak program riadenia ČOV systémom Simatic.

#### Ovládanie prečerpávacej nádrže N1

Ako je možné vidieť na z obr.26 čerpadlo umiestnené v prečerpávacej nádrži Č1 je spustené koncovým snímačom S1, ktorý po zosnímaní hornej výšky hladiny odpadovej

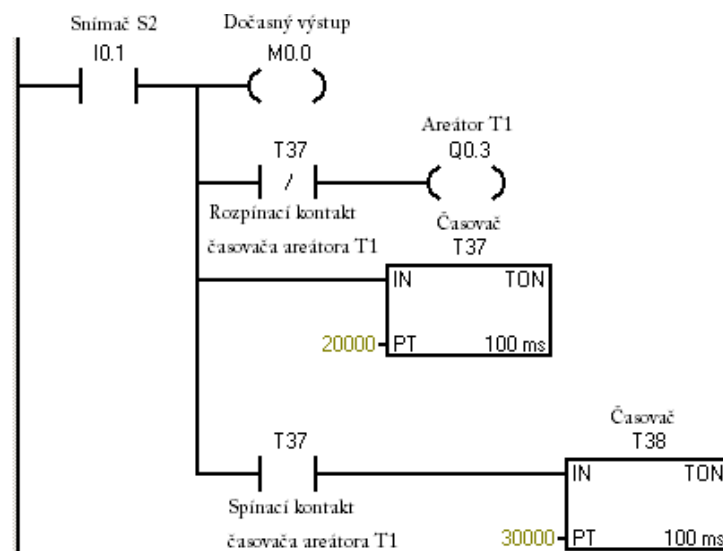
vody spustí čerpanie. Súčane je týmto snímačom ovládaný elektromagnetický ventil V1, ktorý sa otvorí a odpadová voda je tak čerpaná z nádrže N1 do aktivačnej nádrže N2. Rozpínací kontakt elektromagnetického ventilu V2 slúži k zatvoreniu elektromagnetického ventilu V1.



Obr. 26 Ovládanie prečerpávacej nádrže

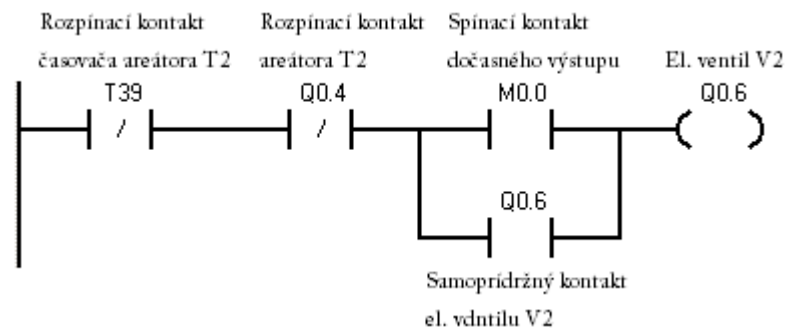
### Ovládanie aktivačnej nádrže N2

Odpadová voda čerpaná do nádrže N2 je snímaná koncovým snímačom S2, ktorý po zosnímaní hornej hranice hladiny vody privedie signál na areátor T1. Ten začne prevzdušňovať a rozmelňovať odpadovú vodu, pokiaľ neuplynú nastavený čas 2 hodín na časovači T37 a jeho rozpínací kontakt nepreruší jeho činnosť. Spínací kontakt časovača T37 následne po uplynutí dvoch hodín uvedie do činnosti časovač T38, počas ktorého činnosti bude prebiehať v aktivačnej nádrži N2 proces biologického čistenia a sedimentácie. Pomocný výstup M0.0 slúži na zopnutie jeho spínacieho kontaktu, ktorý uvedie do činnosti elektromagnetický ventil V2. Uvedený opis časti programového riešenia je znázornený na obr.25.



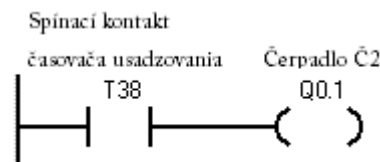
Obr. 27 Proces biologického čistenia v nádrži N2

Koncový snímač S2 následne ako privedie signál na pomocný výstup M0.0 zopne jeho spínací kontakt a tým otvorí elektromagnetický ventil V2. Na prerušenie elektromagnetického ventilu V2 je použitý rozpínací kontakt areátora T2, ktorý je umiestnený v nádrži N3 a uvedený do činnosti snímačom S3. Ovládanie elektromagnetického ventilu V2 je znázornené na obr.28.



**Obr. 28 Ovládanie elektromagnetického ventilu V2**

Spustenie automatického čerpania čerpadla Č2 umiestneného v aktivačnej nádrži N2 je znázornené na obr.29. Signál na výstup čerpadla sa privedie až vtedy, akonáhle uplynie na časovači T38 nastavený čas 3 hodín, kedy sa pomocou spínacieho kontaktu časovača usadzovania zapne čerpadlo Č2, ktoré čerpá vyčistenú vodu do recipientu.

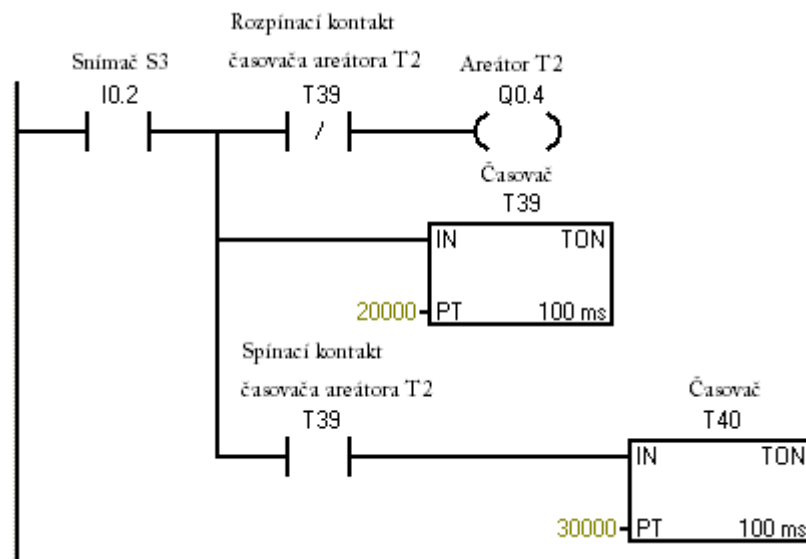


**Obr. 29 Automatické spustenie čerpadla Č2**

### Ovládanie aktivačnej nádrže N3

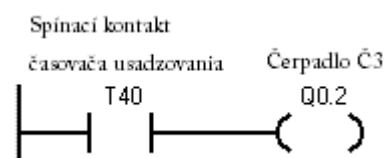
Proces ovládania v aktivačnej nádrži N3 je obdobný ovládaniu nádrže N2. Po tom, ako rozpínací kontakt elektromagnetického ventilu V2 preruší signál dostávajúci sa na výstup elektromagnetického ventilu V1, je odpadová voda čerpaná do aktivačnej nádrže N3. Koncový snímač S3 sníma výšku hladiny vody v nádrži. Ak dosiahne výška vody v aktivačnej nádrži N3 hornú hranicu, snímač S3 automaticky privedie signál na výstup areátora T2. Rozpínací kontakt areátora T2 vzápätí preruší signál dostávajúci sa na výstup elektromagnetického ventilu V2. Tým potom rozpínací kontakt ventilu V2 otvorí

opäť elektromagnetický ventil V1. Odpadová voda z prečerpávacej nádrže je tak opäť čerpaná do aktivačnej nádrže N2. Areátor T2 začne rozmelňovať a intenzívne prevzdušňovať odpadovú vodu dovtedy, pokiaľ rozpínací kontakt časovača T39 nastaveného na hodnotu 2 hodín nepreruší jeho činnosť. Po uplynutí stanoveného času spínací kontakt časovača T39 uvedie do činnosti časovač T40, počas ktorého v nádrži prebieha proces biologického čistenia a usadzovania po dobu 3 hodín. Proces automatického ovládania čistenia aktivačnej nádrže N3 je uvedený na obr.30.



**Obr. 30** Proces biologického čistenia v nádrži N3

Spustenie automatického čerpania čerpadla Č3 umiestneného v aktivačnej nádrži N3 je znázornené na obr.31. Signál na výstup čerpadla sa dostáva až vtedy, akonáhle uplynie na časovači T40 nastavený čas 3 hodín, kedy sa pomocou spínacieho kontaktu časovača usadzovania zapne čerpadlo Č3, ktoré čerpá vyčistenú vodu do recipientu.

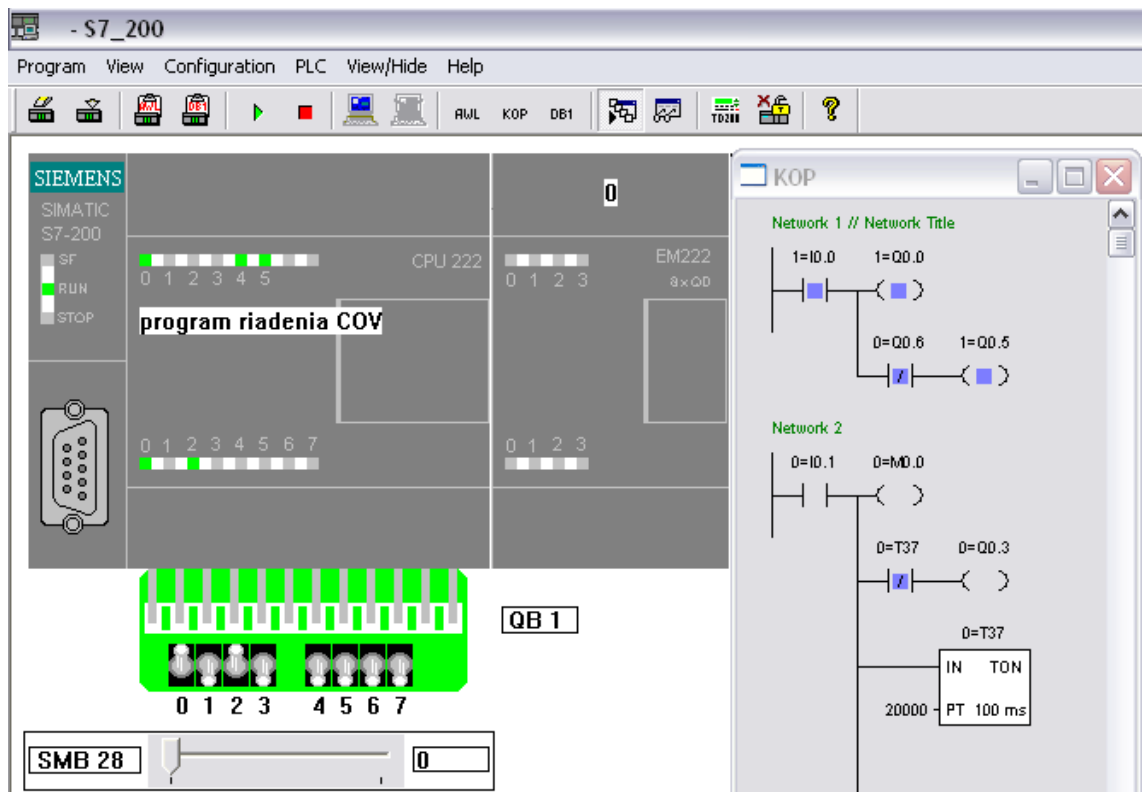


**Obr. 31** Automatické spustenie čerpadla Č3

Po vyčerpaní vyčistenej vody po spodnú výšku hladiny v nádrži N3 koncový snímač S3 preruší činnosť čerpadla Č3 a aktivačná nádrž N3 je opäť v aktívnom režime.

#### 4.7.4 Simulácia riadenia ČOV v systéme Simatic S7-200 simulator

S7-200 simulator je program, ktorý sa používa na simuláciu PLC S7-200 a HMI TD 200. Je to ideálny produkt pre testovanie programov napísaných v STEP 7 MicroWIN v prípadoch, ak nie je k dispozícii simulácia priamo pomocou PLC. Exportovaním napísaného programu z programovacieho softvéru STEP 7 a vložení do simulátora je možné overiť funkčnosť riešenia aj bez zložitého zapájania k reálnemu PLC. Na obr.32 je znázornená simulácia navrhnutého riešenia pre riadenie čističky odpadových vôd systémom Simatic S7-200 simulator. Vytvorený program v STEP 7 MicroWIN v4.0 som exportoval do S7-200 simulatora. V S7-200 simulatore som si zvolil typ CPU 222. Pre riešenie môjho zapojenia bolo potrebných 7 výstupov a preto som použil jeden rozširovací modul. Spustil som program a overil tak funkčnosť navrhnutého riešenia.



Obr. 32 Simulácia riadenia ČOV systémom Simatic

---

## 5 Návrh na využitie výsledkov

Cieľom tejto diplomovej práce je využiť PLC regulátor od firmy Siemens na riadenie sústavy vodných nádrží v čističke odpadových vôd. Po preštudovaní vlastností a funkcií programovateľných automatov som si pre riešenie úlohy vybral malú mechanicko-biologickú čističku odpadových vôd v obci Choča. Po oboznámení sa s celkovým procesom ovládania a čistenia som navrhol riadiaci systém mechanicko – biologickej čističky odpadových vôd.

Na riadenie som použil programovateľný automat Simatic S7-200 od firmy Siemens a program bol realizovaný v jazyku STEP 7-MicroWIN v4.0 a jeho následná simulácia prevedená v programe S7-200 simulator.

Pre danú problematiku, pre ktorú som sa rozhodol riešiť, bol použitý PLC regulátor od firmy Siemens Simatic S7-200, ktorý je vhodný na využitie v procese riadenia sústavy vodných nádrží. Na snímanie výšky hladiny odpadovej vody v jednotlivých nádržiach som navrhol plavákové snímače vhodné pre čistiarne odpadových vôd MAC-3. Vytvorenie riadkovej schémy sa vytváralo v simulačnom softvéri FluidSim, ktorý je špecializovaný pre simuláciu pneumatických a hydraulických systémov v reálnom čase. Vytvorenie programu sa realizovalo v programovacom softvéri STEP 7-MicroWIN v4.0, ktorý vyvinula firma Siemens pre programovanie svojich programovateľných automatov. Program pozostáva z 3 vstupov, ktoré tvoria plavákové snímače hladiny a 7 výstupov, ktoré sú tvorené tromi čerpadlami, dvomi areátormi slúžiacimi k premiešaniu odpadovej vody a dvomi elektromagnetickými ventilmi. PLC regulátory od firmy Siemens rada Simatic S7 sú vhodné pre riadenie technologických procesov z dôvodu ich univerzálnosti a možnosti pripojenia rozširovacích modulov.

Na Slovensku žije asi 5,4 milóna obyvateľov a z toho 43% obyvateľov nie je pripojených na stokové siete. Najmä malé obce, ktoré zatiaľ nemajú zriadené inžinierske siete a čističku odpadových vôd a snažia vybudovať tieto stavby, výrazne hľadajú aj na ekonomickú otázku pri ich realizácii.

Navrhnuté riešenie ovládania čističky odpadových vôd je jednoducho realizovateľné, ľahko uplatniteľné a najmä ekonomicky výhodné. Zostavil som program, ktorý je najmä pre malé obce ľahko zrealizovateľný a je možné ho ľahko zapracovať aj na už existujúcich riešeniach čističiek odpadových vôd. Celý riadiaci

---

program som sa snažil navrhnuť tak, aby bol plne automatický a tak znížil potrebu ľudskej sily pri ovládaní čističky. Program som odsimuloval a overil funkčnosť navrhnutého riešenia. Pri realizácii môjho technického a programového riešenia je tak potreba ľudskeho faktora znížená na jedného kvalifikovaného pracovníka, ktorý bude vykonávať kontrolnú činnosť a v prípade poruchy niektorého zo zariadení tak ihneď zasiahne.

Pri návrhovaní automatického riadenia čističky odpadových vôd som uvažoval aj s alternatívnymi možnosťami ovládania a najmä snímania výšky hladiny vody v jednotlivých nádržiach (Príloha 2). Pri mojom návrhu som využil plavákové snímače MAC-3, ktoré z hľadiska jednoduchého princípu a nízkej ekonomickej investície sú vhodné pre snímanie výšky hladiny odpavodej vody v jednotlivých nádržiach.

Alternatívnym riešením automatického riadenia ČOV je využitie iných typov snímačov. Prípád využitia dvoch snímačov umiestnených v každej z nádrží je ďalším z možných riešení snímania výšky hladín v jednotlivých nádržiach.

Program je v tomto návrhu tvorený vstupmi I0.0 až I0.5, ktoré sú pripojené na jednotlivé snímače. Počet výstupov sa však nezmení a proces ovládania má len čiastočne iný charakter.



---

## 6 Záver

Automatické ovládanie aplikácií a zariadení v oblasti technologických procesov sa stáva v súčasnom svete samozrejmosťou. Bez nej by nebolo možné riadiť kúrenie či chladenie, vozit' sa v dopravných prostriedkoch, zabezpečiť naše obydlia alebo automatizovať výrobu. Pre tieto účely sa môžu okrem veľkých a zložitých počítačov, použiť aj malé a lacné riadiace jednotky označované ako PLC s rôznymi schopnosťami a funkciami.

Na trhu vo svete aj na Slovensku môžeme nájsť veľké množstvo rôznych menej či viac známych výrobcov, ktorí ponúkajú rôzne PLC so širokým cieľovým zameraním. Okrem veľkých výrobcov výkonných a drahších systémov ako napríklad SIEMENS, Allan Bradley, TECOMAT a pod., možno nájsť aj menej známych výrobcov s menšími a jednoduchšími PLC, ktoré sú pre väčšinu aplikácií plne postačujúce. Patrí medzi ne napríklad PLC FATEK, ktorého cena je podstatne nižšia ako už spomenuté výkonnejšie systémy.

Cieľom diplomovej práce bolo vytvoriť program na automatické riadenie čističky odpadových vôd systémom Simatic. Riadenie bolo prevádzkované na mechanicko – biologickej čističke odpadových vôd v Choči, ktorá pozostáva z troch nádrží. Realizácia bola simulovaná a riešenie overené. Automatizované riešenie riadenia ČOV sa dá veľmi efektívne využiť v praxi a zjednodušuje prácu človeka.

---

## 7 Zoznam použitej literatúry

1. ZEZULKA, F. – BRADÁČ, Z. – FIEDLER, P. et al. 2003. Programovateľné automaty. Brno: VUTIUM, 2003. 79s.
2. STRÍBRSTÝ, A. a kol. 1994: Technické prostriedky pro řízení. Praha: ČVUTES, 1994. 224 s. ISBN 80-01-01099-6.
3. ŠMEJKAL, L. – MARTINÁSKOVÁ, M. 1999. PLC a automatizace. Praha: BEN, 1999. 223 s. ISBN 80-86056-58-9
4. NAGY, P. 2008. Riadenie vodárne PLC regulátorom. Diplomová práca. Nitra SPU Katedra elektrotechniky a automatizácie, 2008. 54 s.
5. SINIČÁK, V. 2008. Simulačné softvérové prostredie Fluidsim – I. Košice: KEGA, 2008. 135s.
6. ZEZULKA, F. 2003. Prostředky průmyslové automatizace, FEKT VUT, BRNO, 159s
7. NECID, J. 2009. Řídící systém kalící hlubinné pece. Bakalárska práca. Praha ČVUT Katedra řídicí techniky, 2009. 56 s.
8. JEŘÁBEK, L. 2007. Technologický model. Bakalárska práca. Praha ČVUT Katedra řídicí techniky, 2007. 52 s.
9. MRAFKO, L. 2010. PLC a ich programovanie – 1. Čo je to PLC? [on-line], [cit. 2010-04-21]. Dostupné na internete <http://www.posterus.sk/?p=6903>
10. VOJÁČEK, A. 2011. Programovací režimy pro PLC dle IEC 61131-3 (CoDeSys) [on-line], [cit. 2011-03-03]. Dostupné na internete <http://www.automatizace.hw.cz/programovaci-rezimy-pro-plc-dle-iec-61131-3-codesys>
11. VOCÁTKO, J. 2006. Mílniky a trendy automatizace technologických procesů. [on-line], 2006, [cit. 2006-09]. Dostupné na internete [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=34396](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=34396)
12. VOJÁČEK, A. 2007. Co se skrývá pod označením PLC? [on-line] [cit. 2007-08-06] Dostupné na internete <http://www.automatizace.hw.cz/co-se-skryva-pod-oznaceni-plc>

- 
13. PROTELCONT. 2008. Plavákový snímač hladiny MAC-3 [on-line], 2008, [cit.2008-06-17]. Dostupné na internete  
<http://www.protelcont.sk/produkty-mac3.html>
  14. SIEMENS. 2000. Simatic S7-200- Systémová príručka. Bratislava: Siemens 2000,850s.
  15. SIEMENS. 2008 Logo!- logické relé [on-line] , 2008, [cit. 2008- 03-13] .Dostupné na internete  
[http://www.siemens.com/index.jsp?sdc\\_p=c163fi2000001338640116mo200001338640ps2t15uz2&sdc\\_bcpath=1169888.s\\_2%2C1222109.s\\_2%2C2000001258297.s\\_2%2C%3A&sdc\\_sid=4613023065&](http://www.siemens.com/index.jsp?sdc_p=c163fi2000001338640116mo200001338640ps2t15uz2&sdc_bcpath=1169888.s_2%2C1222109.s_2%2C2000001258297.s_2%2C%3A&sdc_sid=4613023065&)
  16. SIEMENS, 2011. Simatic S7 – 200 [on-line], 2011,[cit. 2011-03-13]. Dostupné na internete  
[https://www.cee.siemens.com/web/slovakia/sk/corporate/portal/produkty/divizie/automatizacna/ponuka/priemyselne/Pages/simatic\\_controllers.aspx](https://www.cee.siemens.com/web/slovakia/sk/corporate/portal/produkty/divizie/automatizacna/ponuka/priemyselne/Pages/simatic_controllers.aspx)
  17. SIEMENS, 2008. Padesát len značky Simatic. In Automa [on-line], 2008, roč. 9, č. 8. Dostupné na internete  
[http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=37740](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=37740)
  18. SIEMENS, 2004. Programovateľný automat S7-200 – Systémový manuál.
  19. Firemní článok, 2000. Komunikace a dálkové řízení. In Automa [on-line], 2000, roč. 1, č. 6. Dostupné na internete  
[http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=27756](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=27756)
  20. Rady k ČOV. [cit. 2010-12-01] Dostupné na internete  
<http://www.fonhit.sk/radykcov.htm>
  21. Priemyselné čističky odpadových vôd. [cit. 2011-03-31] Dostupné na internete  
<http://www.bednarmontaze.eu/priemyselne-cisticky-odpadovych-vod.html>

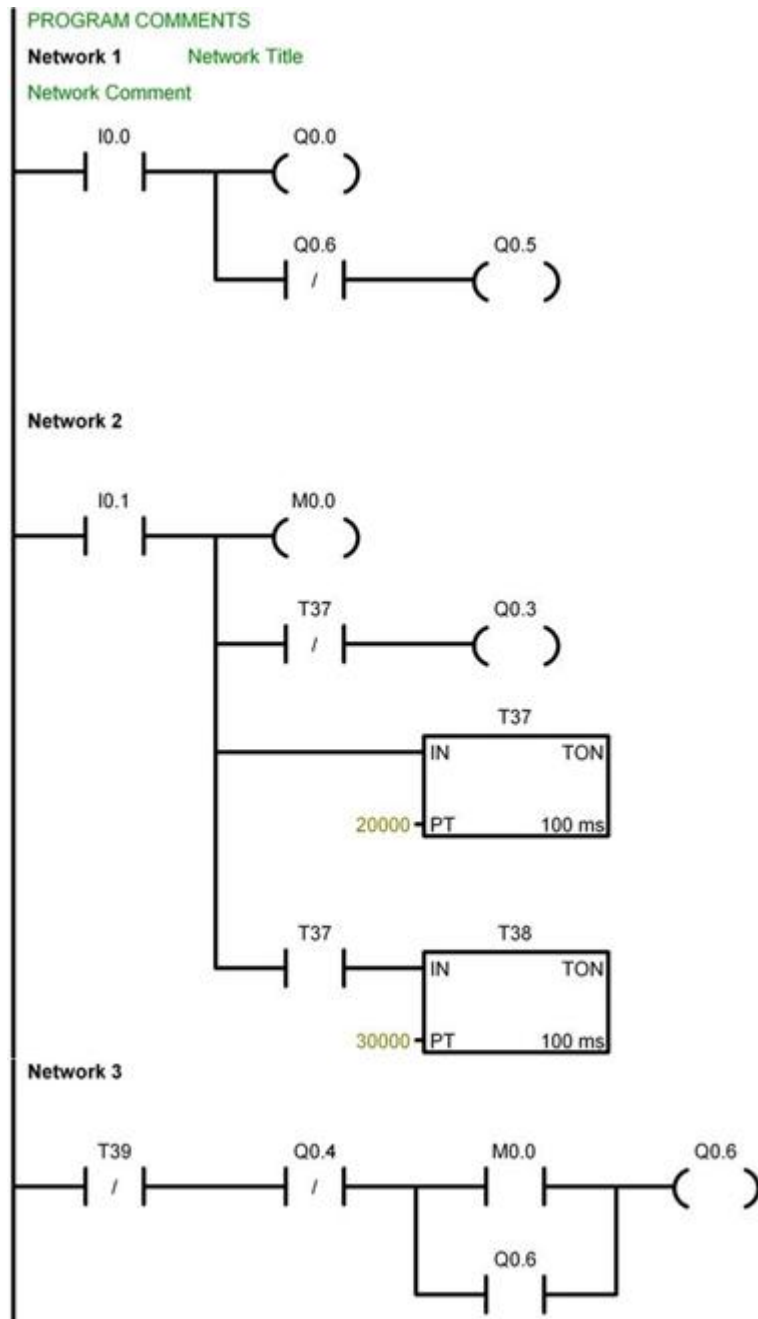
---

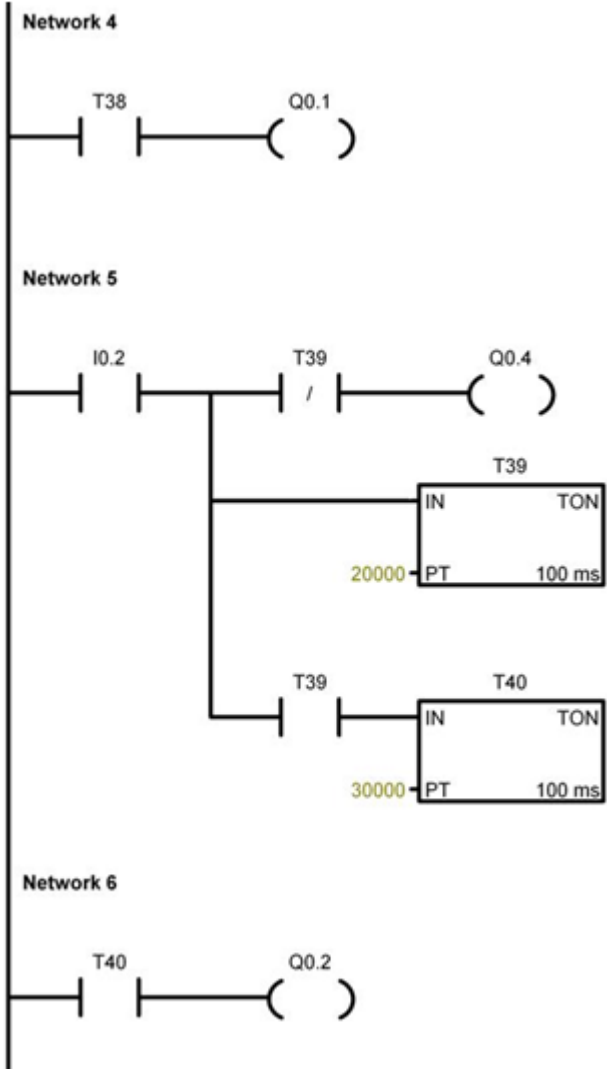
## **PRÍLOHY**

---

## Príloha 1

### Program automatického riadenia čističky odpadových vôd systémom Simatic





---

## Príloha 2

### Alternatívne riešenie programu automatického riadenia čističky odpadových vôd

