

Realizace řídicího systému linky na likvidaci odpadních chromových vod

Bc. Marek SÝKORA

Diplomová práce
2006



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
Ústav automatizace a řídicí techniky
akademický rok: 2005/2006

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Marek SÝKORA**
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Automatické řízení a informatika**

Téma práce: **Realizace řídicího systému linky na likvidaci
odpadních chromových vod**

Zásady pro vypracování:

1. Popište linku na likvidaci odpadních chromových vod.
2. Popište současný způsob řízení této linky.
3. Proveďte rozbor linky z hlediska počtu a druhů vstupů a výstupů. Navrhněte způsob měření popř. čidla vhodná k měření všech využitých veličin.
4. Navrhněte posloupnost řízení celé linky a tento algoritmus naprogramujte do vámi zvoleného PLC.
5. Realizujte vizualizaci řízené linky v libovolném programovém produktu.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **Martinásková, M., Šmejkal, L.: Řízení programovatelnými automaty, Vydavatelství ČVUT, Praha, 1998.**
2. **Martinásková, M., Šmejkal, L.: Řízení programovatelnými automaty II, Vydavatelství ČVUT, Praha, 2000.**
3. **Šmejkal, L., Martinásková, M.: PLC a automatizace, Nakladatelství BEN – technická literatura, Praha, 1999.**
4. **Firemní literatura k programovatelnému automatu Teco 600.**
5. **Firemní literatura k programovatelnému automatu Saia.**
6. **Další literatura dle pokynů vedoucího diplomové práce.**

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Tomáš Sysala, Ph.D.

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce:

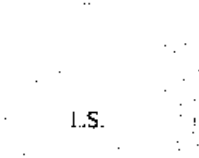
14. února 2006


Termín odevzdání diplomové práce:

26. května 2006

Ve Zlíně dne 14. února 2006


prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
pověřený děkan


I.S.


prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Cílem práce je návrh automatizace procesu řízení neutralizační linky na likvidaci chromu z odpadních oplachových vod po galvanizaci. Práce obsahuje popis neutralizační linky pro likvidaci šestimocného chromu. Součástí je návrh vhodných snímačů a akčních prvků, popis algoritmu a jeho naprogramování do řídicí jednotky, kterou je programovatelný automat SAIA PCD 2. Dále je součástí práce vytvoření aplikace pro vizualizaci celé linky v systému Control Web 2000.

ABSTRACT

The aim of this diploma work is the presentation of operating neutralization regeneration in automation for destroying chromium from sewerage water after galvanization.

This work contains a description of neutralization line for destroying hexavalent chromium. There are suggested suitable sensors and working values, an algorithm description and its programming into control unit, which is a programmable controller SAIA PCD 2. There is also a visual display application in Control Web 2000 system.

Děkuji vedoucímu diplomové práce ing. Tomáši Sysalovi, Ph.D. za odborné vedení, rady a připomínky, poskytnuté při zpracování mé diplomové práce.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé diplomové práce může být naloženo podle uvážení vedoucího diplomové práce a vedoucího katedry. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že na celé diplomové práci jsem pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně květen 2006

.....

OBSAH

1	NEUTRALIZAČNÍ STANICE OBECNĚ	9
1.1	Neutralizační stanice	9
1.2	Odstavný způsob zneškodňovacího systému	11
1.3	Vznik a množství odpadních vod	12
1.3.1	Charakteristika odpadních vod	13
1.3.1.1	Podle druhu závadných látek se dělí na:	13
1.3.1.2	Podle koncentrace můžeme odpadní vody dělit na:	13
2	SOUČASNÝ PROVOZ NEUTRALIZAČNÍ LINKY	14
2.1	Sestava neutralizační stanice	14
2.2	Postup při likvidaci chromových odpadních vod	15
2.2.1	Průběh chemických reakcí	17
2.2.1.1	Redukce Cr^{6+} na Cr^{3+}	17
2.2.1.2	Vysrážení Cr^{3+}	17
3	NÁVRH AUTOMATIZACE LINKY A VHODNÝCH SNÍMAČŮ	18
3.1	Cyklus redukce	18
3.1.1	Algoritmus cyklu redukce	18
3.2	Cyklus neutralizace	19
3.2.1	Algoritmus cyklu neutralizace	20
3.3	Měření pH	22
3.3.1	Princip měření pH	22
3.3.2	Snímač pH	23
3.4	Měření výšky hladiny pomocí změn vodivosti prostředí	24
3.4.1	Princip měření výšky hladiny	24
3.4.2	Snímač výšky hladiny	25
3.5	Solenoidové ventily	26
3.5.1	Přímo ovládaný solenoidový ventil plastový	27
3.5.2	Nepřímo řízený ventil	28
4	PROGRAMOVATELNÝ AUTOMAT	28
4.1	Obecný popis	28
4.2	PLC SAIA	30
4.2.1	PCD 2	31
4.2.2	Analýza vstupně/výstupních signálů neutralizační linky	32
4.2.3	Analogový vstupní modul PCD2.W200	32
4.2.4	Dvouhodnotový výstupní modul PCD2.A400	33
4.3	Vývojové prostředí PG5	33
4.3.1	FUPLA (Function Plan)	34
4.3.2	FUPLA pro neutralizační linku	35
4.3.3	GRAFTEC (SFC)	37
4.3.4	GRAFTEC pro neutralizační linku	38
5	Vizualizace	39
5.1	Control Web 2000	39
5.2	Vývojové prostředí Control Web 2000	39
5.2.1	Textový editor	39
5.2.2	Grafický editor	41
5.2.3	Virtuální přístroje	42
6	CENOVÉ ZHODNOCENÍ	47
6.1	Cena realizace automatizace neutralizační linky	47
6.2	Návratnost investice	48
	ZÁVĚR	50

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	51
Internetové zdroje	51
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	52
Seznam obrázků.....	53
Seznam tabulek.....	54

ÚVOD

Jako téma této diplomové práce jsem si vybral automatizaci linky na likvidaci chromových odpadních vod. Podnětem k vypracování této práce mi byla vlastní zkušenost ze zaměstnání. Tato linka je v podstatě neutralizační stanice, kde se provádí redukce jedovatého a karcinogenního šestimocného chromu na chrom trojmocný, který je následně vysrážen a upraveno pH. Celý proces neutralizační stanice je ovládán manuálně. Tento způsob obsluhy je však již dožitý a navíc zdraví škodlivý, vzhledem k výskytu již zmiňovaného šestimocného chromu a použitým chemikáliím. Je zde větší pravděpodobnost selhání lidského faktoru, vzniku dílčí ztráty chemických surovin při redukci a úpravě pH a tím ke ztrátám ekonomickým. Manuální obsluha má velkou odpovědnost a zároveň jsou na ni kladeny požadavky na přesnost a správnost postupu při obsluhování neutralizační stanice.

Během mého studia jsem se seznámil s možnostmi a výhodami automatického řízení. Pro automatizaci jsem použil programovatelný automat (PLC), u kterého posloupnost naprogramovaných kroků přesně odpovídá postupu při manuální obsluze. Navrhl jsem možné připojení snímačů pH, hladinového snímače a ovládání solenoidových ventilů. Vizualizace průběhu neutralizační stanice je pak vypracována v programu Control Web 2000.

1 NEUTRALIZAČNÍ STANICE OBECNĚ

1.1 Neutralizační stanice

Jsou ekotechnická zařízení sloužící ke zneškodňování odpadních vod z provozů povrchových úprav. Specifickým znakem zneškodňovacích zařízení pro odpadní vody z povrchových úprav kovů je to, že obvykle zahrnují tři čistící jednotky, protože úprava kyanidových odpadních vod se liší od úpravy chromových odpadních vod i od úpravy jiných odpadních vod kyselých i alkalických [1].

Žádný ze systémů zneškodňovacích zařízení není univerzální, tzn. že není ve všech případech výhodnější než všechny ostatní.

V současné době existuje možnost aplikace těchto nejpoužívanějších systémů:

- recyklační systémy, osazené jako součást technologických linek provozů povrchových úprav
- recyklační systémy, které jsou zastoupeny:
 - odstavným způsobem čištění
 - průtočným popř. přerušovaným způsobem
 - přímým způsobem zneškodňování (viz.Obrázek 1)
 - zařízeními iontoměničů

Některé systémy mohou být vhodně kombinovány za účelem zvýšení účinnosti čištění odpadních vod, zavedení recirkulace upravených vod a recyklace cenných složek, obsažených v odpadních vodách (především kovové složky).

Hlavní způsoby čištění odpadních vod, používaná zařízení a jejich další prvky jsou definovány v ČSN 75 6505 následovně:

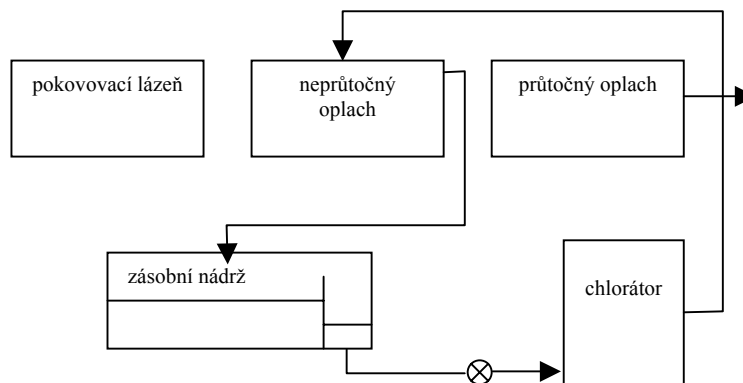
Odstavný způsob čištění – zneškodňování odpadních vod při přerušeném přítoku i odtoku.

Při odstavném způsobu se používají nejméně dvě reakční nádrže.

Průtočný způsob čištění – zneškodňování za současného přítoku i odtoku odpadních vod.

Materiálově a bilančně uzavřený okruh – souhrn postupů umožňujících recyklovat použité chemikálie v provozech povrchových úprav a úplné či částečné opětovné použití odpadních vod.

Neutralizační stanice – soubor zařízení ke zneškodnění odpadních vod včetně separace, popř. další úpravy kalu, popř. i k dočištění odpadních vod



Obrázek 1 Schéma přímého čištění

Akumulační nádrž – nádrž sloužící k zachycení surových odpadních vod před jejich zneškodněním. Slouží také k zachycení a k řízenému vypouštění odpadních koncentrátů na neutralizační stanici.

Reakční nádrž – nádrž, v níž probíhá zneškodnění daného druhu odpadních vod za změny pH, redox potenciálu i za vzniku kalu. Dělí se dle umístění na podzemní a nadzemní – podle použitých materiálů na betonové, ocelové, popř. z plastů.

Sedimentační zařízení – část neutralizační stanice určená ke gravitační separaci vzniklého kalu. Zahrnuje většinou nádrže, které jsou provozovány odstavně nebo průtočně v prostoru s lamelami.

Kalová jímka – nádrž na akumulaci surového kalu před jeho dalším odvodněním či konečnou likvidací.

Sběrná jímka – jímka pod úrovní podlahy neutralizační stanice určená k akumulaci odpadních vod, či odpadních vod uniklých ze zařízení.

Technologický cyklus – časový interval zahrnující dobu přítoku daného druhu odpadní vody.

Pracovní cyklus – časový interval zahrnující dobu přítoku daného druhu odpadní vody, její vstupní kontrolu, dávkování činidel, vlastní technologický cyklus, výstupní kontrolu a dobu vypouštění (u průtočného systému je pracovní cyklus totožný s technologickým cyklem).

Dočištění odpadních vod z povrchových úprav – procesy odstraňující zbytkové obsahy znečišťujících látek po neutralizaci a sedimentaci kalu založené na filtraci, adsorpci, selektivní výměně iontů apod. [1].

1.2 Odstavný způsob zneškodňovacího systému

Při odstavném způsobu (viz. Obrázek 2) jsou vždy k dispozici nejméně dvě reakční nádrže. Do jedné z nich odpadní vody natékají a ve druhé se provádí zneškodnění. Obsah jímky musí být tak velký, aby mohla pojmout přítok odpadních vod za celý pracovní cyklus i s eventuelní rezervou pro případ kolísání přítoku odpadních vod během dne.

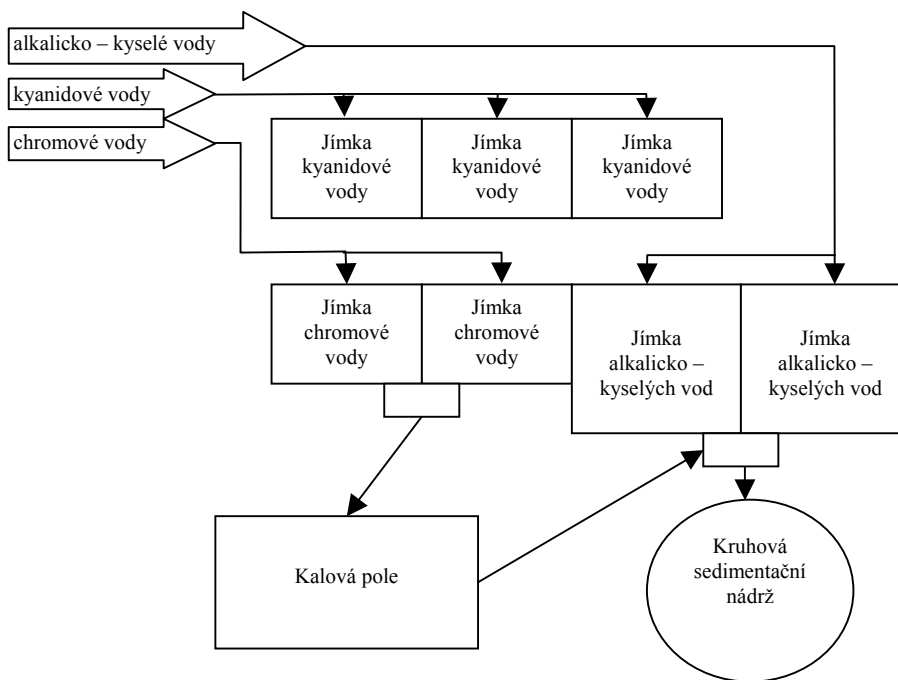
Pracovní cyklus se skládá z dob potřebných pro míchání obsahu nádrže, odběr vzorku a provedení rozboru surových odpadních vod, dávkování činidel, jejich rozmíchání v upravované odpadní vodě, pro průběh zneškodňovacího procesu (doba reakce) a dále pro analytickou kontrolu upravených vod a vypouštění nebo přečerpání obsahu jímky. Po celou dobu potřebnou pro pracovní cyklus úpravy přitékají odpadní vody do sousední jímky.

Uvedený pracovní cyklus je tudíž stejný jako nápuštný cyklus. Pro plynulejší odtok upravených odpadních vod je třeba, aby pracovní cyklus úpravy byl delší než cyklus nápuštný.

V tomto případě musí být k dispozici nejméně tři reakční nádrže. Tento počet reakčních nádrží se nejčastěji buduje pro zneškodňování chromových a kyanidových odpadních vod. Někdy slouží třetí jímka jako rezervní. Tři reakční jímky umožňují pružnější provoz. Velikost reakčních jímek se obvykle volí na dobu trvání pracovních cyklů, který je:

- pro kyanidové odpadní vody dvou až čtyřhodinový
- pro chromové odpadní vody hodinový až dvouhodinový
- pro kyselé a alkalické vody hodinový až dvouhodinový

Při stanovení délky cyklu se přihlíží především ke složení odpadních vod, dále ke kapacitě neutralizační stanice a k vodohospodářským podmínkám [1].



Obrázek 2 Schéma odstavného čištění

1.3 Vznik a množství odpadních vod

Odpadní vody vznikají prakticky ve všech operačních stupních při povrchové úpravě kovů (broušení, leštění, odmaštění, moření, fosfátování, chromování, černění, galvanické pokovování...). Občas se vypouštějí i využitě funkční lázně. Produkce oplachových vod je ovlivněna úrovní oplachové techniky. Na povrchu upravovaných výrobků ulpí vždy určité množství roztoku (elektrolytu) z funkční lázně, které je vynášeno do oplachu. Toto množství závisí na:

- velikosti oplachované plochy
- tvaru výrobků
- drsnosti povrchu
- tvaru závěsů a způsobu upevnění předmětů
- době okapu
- způsobu vyjímání výrobků z lázně
- viskozitě roztoku (elektrolytu) z lázně a na jiných faktorech

Průměrný výnos roztoku z lázně činí na středně členitém povrchu asi 0,25 l/m² upravované plochy [1].

1.3.1 Charakteristika odpadních vod

Odpadní vody z povrchových úprav můžeme rozdělit především podle zastoupení závadných složek a podle jejich koncentrace ve vodách.

1.3.1.1 Podle druhu závadných látek se dělí na:

- odpadní vody kyselé nebo alkalické, které jsou závadné nízkou nebo vysokou hodnotou pH a případně obsahem kovových sloučenin podle druhu pokovení,
- odpadní vody kyanidové, jejichž závadnost je vedle zvýšené hodnoty pH způsobována obsahem toxických kyanidových sloučenin a sloučenin doprovodných kovů,
- odpadní vody chromové, které vedle nízké hodnoty pH jsou závadné obsahem šestimocného chromu,
- odpadní vody s obsahem komplexotvorných látek, závadné hodnotou pH, obsahem kovů, komplexonů a dalších závadných látek,
- odpadní vody s obsahem dusitanů,
- odpadní vody s obsahem fluoridů,
- odpadní vody s obsahem nátěrových hmot.

Nejzávadnější látky v odpadních vodách jsou kyanidové sloučeniny a těžké kovy (především šestimocný chrom) [2].

1.3.1.2 Podle koncentrace můžeme odpadní vody dělit na:

- koncentrované odpady, což jsou vyčerpané nebo znehodnocené pokovovací lázně, výluhy z iontoměničových stanic a příp. úsporné oplachy
- oplachové vody z různých operačních stupňů

Pokud tyto odpadní vody pocházejí ze shodného technologického procesu, liší se pouze koncentrací a nikoli zastoupením obsahových složek [2].

2 SOUČASNÝ PROVOZ NEUTRALIZAČNÍ LINKY

V této části je popsán nynější způsob ovládní neutralizační stanice, chemický průběh reakcí redukce a neutralizace a situační plány.

2.1 Sestava neutralizační stanice

Celá linka na likvidaci Cr z odpadní vody z galvanovny se skládá z těchto částí:

-1.patro:

1 akumulární nádrž s obsahem 4 m³

1 přečerpávací nádrž pro reakční nádrže s obsahem 4 m³

1 přečerpávací nádrž pro odsazovací nádrž s obsahem 8m³

0.patro

3 reakční nádrže s obsahem 4 m³

výstupní nádrž s obsahem 3 m³

odsazovací nádrž s obsahem 25 m³

3 přípravné nádrže s obsahem 3 m³

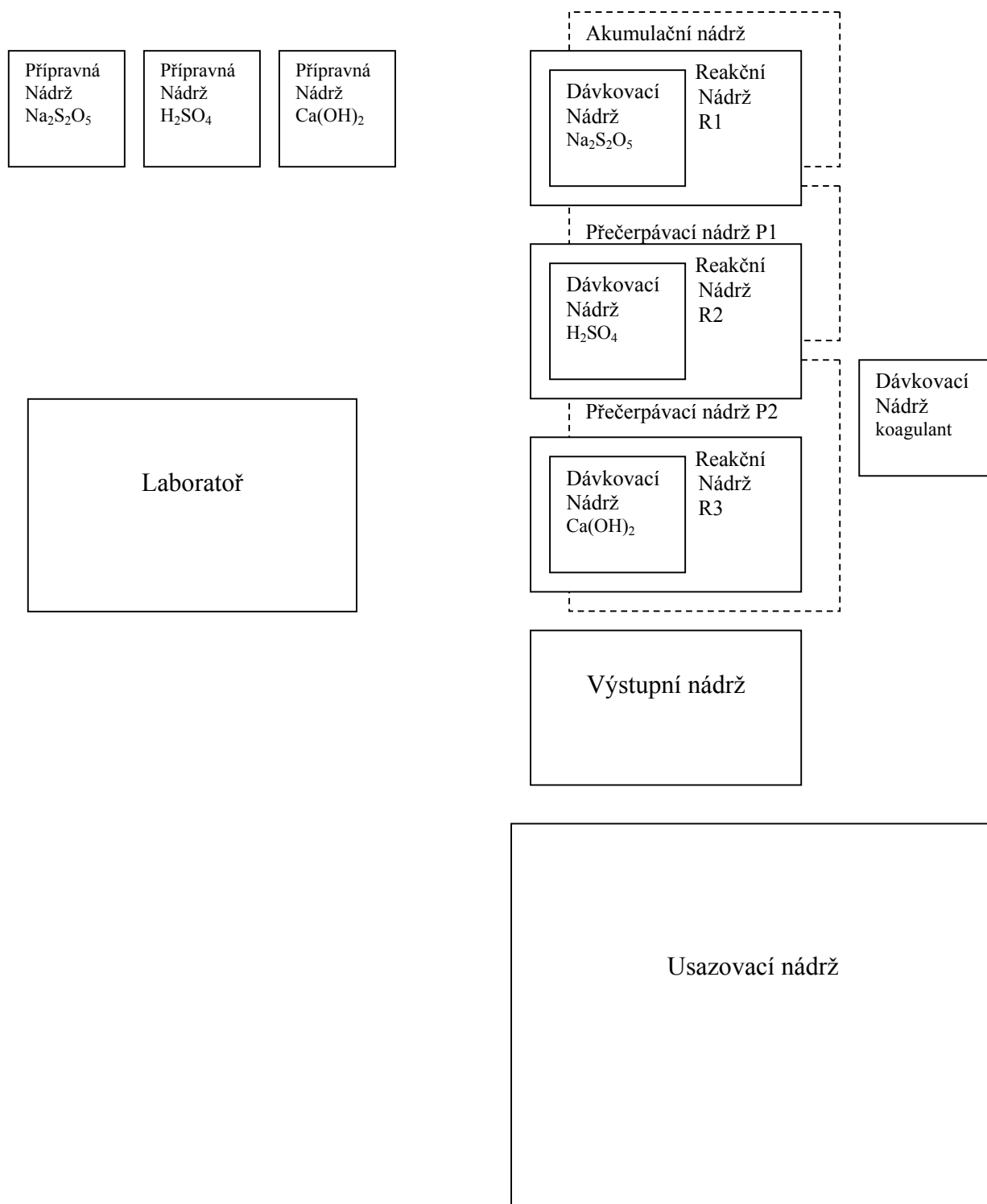
laboratoř

sklad chemikálií

1.patro:

3 dávkovací nádrže chemikálií s obsahem 1 m³

Všechny nádrže, které jsou ocelové s pogumováním, jsou vybaveny napouštěním průmyslové vody. Reakční nádrž pro likvidaci Cr a dávkovací nádrže mají motorové lopatkové míchadla. Reakční nádrže pro úpravu pH a přečerpávací nádrže jsou opatřeny vzduchovým mícháním. Míchání vzduchem je vhodné především k tomu aby nedocházelo k rozbíjení vloček kalů a zhoršení účinnosti separace kalů. Laboratoř je vybavena zařízením pro zjišťování obsahu Cr v odpadních vodách, měření pH, vodivosti a další (viz Obrázek 3).

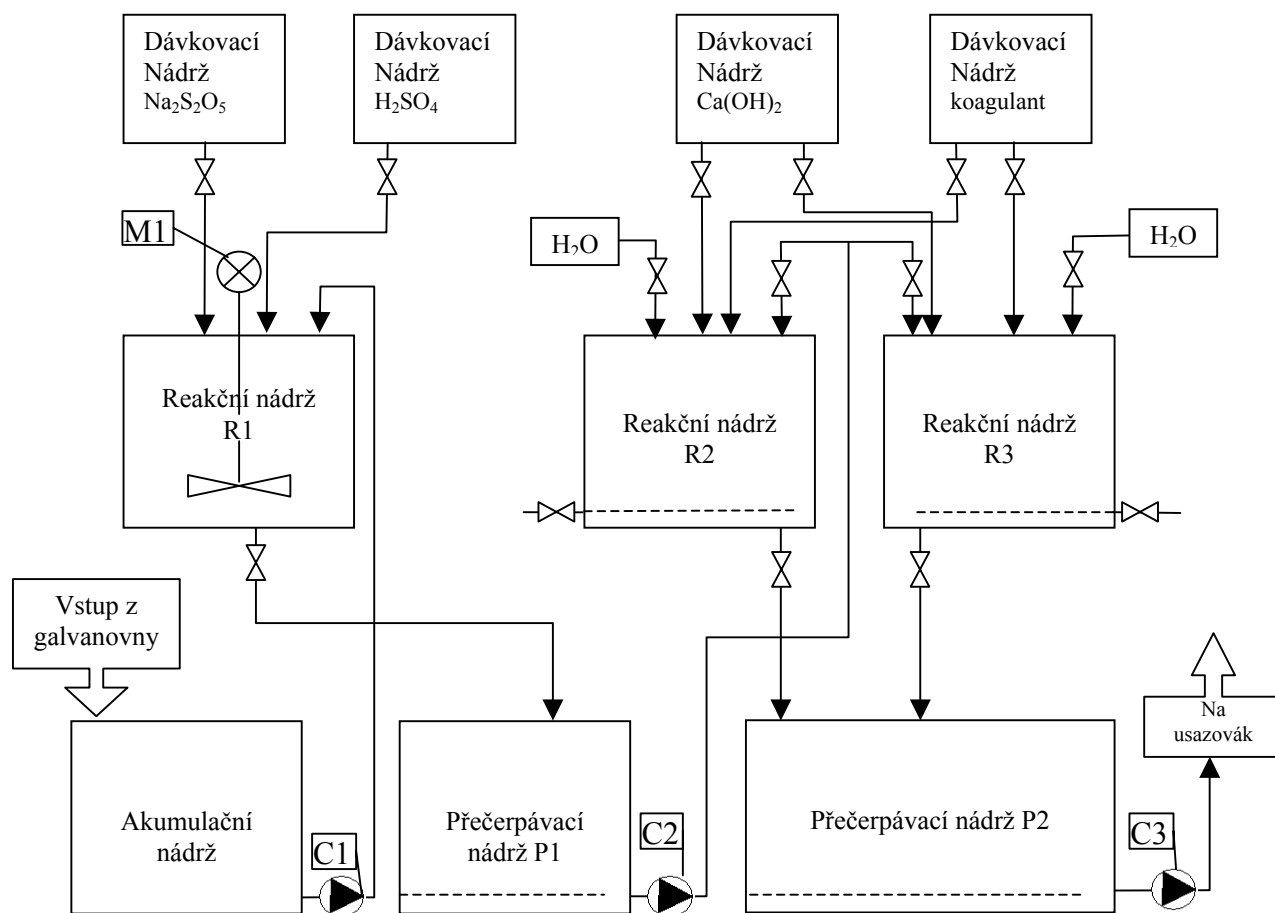


Obrázek 3 Dispozice neutralizační stanice

2.2 Postup při likvidaci chromových odpadních vod

Odpadní oplachové vody z galvanovny jsou čerpány do akumulární nádrže v podlaží. Odtud jsou odpadní vody s obsahem nebezpečného Cr^{6+} čerpány čerpadlem C1 do reakční

nádrže R1. V reakční nádrži R1 se provede likvidace Cr^{6+} pomocí činidel potřebných k proběhnutí reakce, které jsou dávkovány z dávkovacích nádrží umístěných nad reakčními nádržemi. Během reakce je puštěno míchadlo M1 v reakční nádrži R1. Po proběhnutí reakce se zredukované odpadní vody přepouštějí samospádem do přečerpávací nádrže P1 pro reakční nádrže R2 a R3. Z přečerpávací nádrže P1 se čerpadlem C2 čerpají zredukované odpadní vody do reakčních nádrží R2 a R3. V reakčních nádržích probíhá neutralizace kyselých zredukovaných vod a vysrážení Cr^{3+} alkalizací vápenným mlékem a přidáním koagulantu. Při této operaci je puštěn vzduch do vzduchových míchadel M2, M3, M4. Po ukončení cyklu neutralizace zredukovaných odpadních vod se reakční nádrž R2 samospádem vypouští do přečerpávací nádrže P2. Po dočerpání nádrže R2 následuje vypouštění reakční nádrže R3. Z přečerpávací nádrže P2 se odpadní vody za chodu vzduchového míchadla M5 a čerpadla C4 přečerpávají na usazovací nádrž, odkud přepadem odtékají zredukované a upravené odpadní vody přes výstupní nádrž do sběrné vypouštěcí jámky (viz. Obrázek 4).



Obrázek 4 Blokové schéma neutralizační stanice

V laboratoři neutralizační stanice se kontrolují vzorky vstupní odpadní oplachové vody z galvanovny, vzorky po zredukování Cr^{6+} z reakční nádrže R1 a vzorky z výstupní nádrže, Dále se provádí orientační test na Cr^{6+} z nádrže reakčních nádrží R2 a R3.

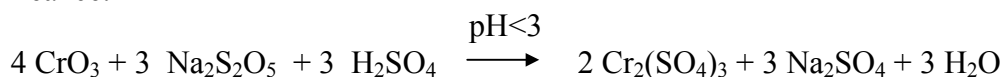
2.2.1 Průběh chemických reakcí

Zneškodňování odpadních vod s obsahem Cr^{6+} spočívá ve dvou fázích. V první fázi se v kyselém prostředí redukuje Cr^{6+} na Cr^{3+} a ve druhé fázi se Cr^{3+} vysráží ve formě nerozpustného hydroxidu chromitého. V našem případě se v první fázi používají činidla H_2SO_4 pro snížení hodnoty pH, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ k redukcii Cr^{6+} a $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pro vysrážení Cr^{3+} . Všechny činidla jsou dávkována jako 10% roztoky. Dále se používá koagulant k vytváření kalových vloček pro lepší separaci kalů.

2.2.1.1 Redukce Cr^{6+} na Cr^{3+}

Redukce disířičitanem disodným $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ probíhá v kyselém prostředí, aby došlo k uvolnění potřebného oxidu siřičitého k reakci. Nejdříve je tedy pomocí H_2SO_4 upraveno pH na hodnotu $\text{pH}=3$, pak se dávkuje $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ a to pod hladinu, aby nedocházelo k úniku oxidu siřičitého do okolí. Množství $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ potřebného k likvidaci Cr^{6+} je dáno koncentrací chromových solí v odpadní vodě. Při naší redukcii se koncentrace pohybuje mezi 0,8 až 0,9 g Cr^{6+} na litr odpadní vody. Pro redukcii tedy stačí otevřít ventil pro dávkování disířičitanu na 1 minutu. To je dostatečné množství i s malým přebytkem. Po zredukování Cr^{6+} na Cr^{3+} se provádí v laboratoři kvalitativní zkouška na přítomnost Cr^{6+} popř. rozbor této vody na zjištění přesného množství, které nesmí dle emisních normativ přesáhnout 0,2 mg/l [1].

Průběh reakce:

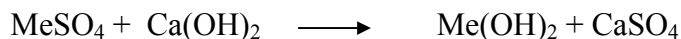


2.2.1.2 Vysrážení Cr^{3+}

K tomu, abychom separovali chromité soli a soli dalších těžkých kovů ze zredukovaných odpadních vod, je zapotřebí tyto vody alkalizovat vápenným mlékem. Pro lepší a rychlejší sedimentaci kalu se přidává koagulant Superfloc.

Průběh reakce obecně:





Kde Me jsou těžké kovy.

3 NÁVRH AUTOMATIZACE LINKY A VHODNÝCH SNÍMAČŮ

Celý způsob ovládání stanice neutralizačních vod je, jak již bylo v úvodu zmiňováno, hodně zastaralý a zdraví nebezpečný. Proto se chci zde pokusit o možnost zautomatizování celého procesu likvidace chromových odpadních vod. Jako řešení navrhuji řízení neutralizační stanice pomocí programovatelného automatu (PLC). Ruční otevírání a zavírání armatur u všech nádrží včetně obsluhování vzduchových míchadel bude nahrazeno solenoidovými ventily. Namísto odebrání vzorků do laboratoře pro měření pH, budou reakční vany opatřeny sondami pro kontinuální měření pH. Množství napouštěné vody do nádrží bude snímáno hladinoměry na vodivostním principu. Výstupní signály ze snímačů budou napojeny na programovatelný automat, který bude umístěn v laboratoři i s rozvodnou skříní. Z PLC bude řízeno sepínání elektromagnetických ventilů a motorů čerpadel a míchadla na základě vstupních hodnot ze snímačů hladiny a hodnot pH..

Řízení neutralizační stanice bude rozděleno na dva cykly, cyklus redukce Cr^{6+} a cyklus neutralizace zredukovaných odpadních vod.

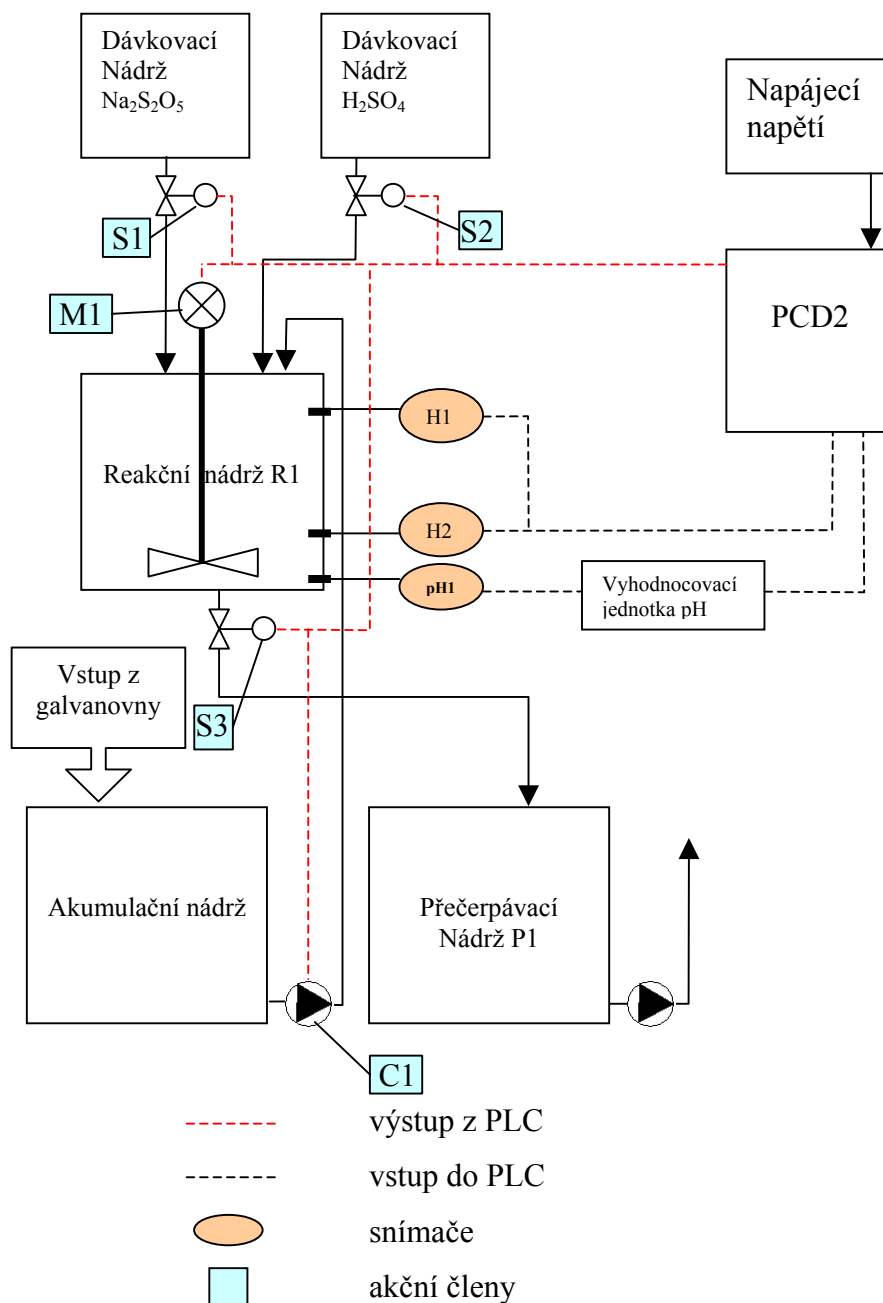
3.1 Cyklus redukce

V tomto cyklu se bude v reakční nádrži R1 redukovat šestimocný chrom na trojmocný. Reakční nádrž bude vybavena dvěma snímači hladiny (H1, H2) a sondou na měření pH (pH1) s vyhodnocovací jednotkou. Ruční armatury u dávkovacích nádrží a ventil pro vypouštění z reakční vany budou nahrazeny solenoidovými ventily (S1 až S3) o daném průměru. U dávkovací nádrže disiričitanu bude ponechán i ventil ruční pro možnost přidání tohoto činidla. Může totiž nastat situace že obsah šestimocného chromu bude větší než je obvyklé a proto bude nutno zvýšit i dávku činidla. Na obrázku je schéma zapojení snímačů a akčních veličin (viz. Obrázek 5)

3.1.1 Algoritmus cyklu redukce

1. C1 Start
2. je-li H1 zap potom C1 stop, M1 start, S2 otv
3. je-li pH1 = 3 potom S2 zav + S1 otv
4. po 30s S1 zav

5. po 60min. S3 otevřeno
6. je-li H2 vypnuto pak M1 zastav, S3 zavřeno



Obrázek 5 Schéma automatizace redukce

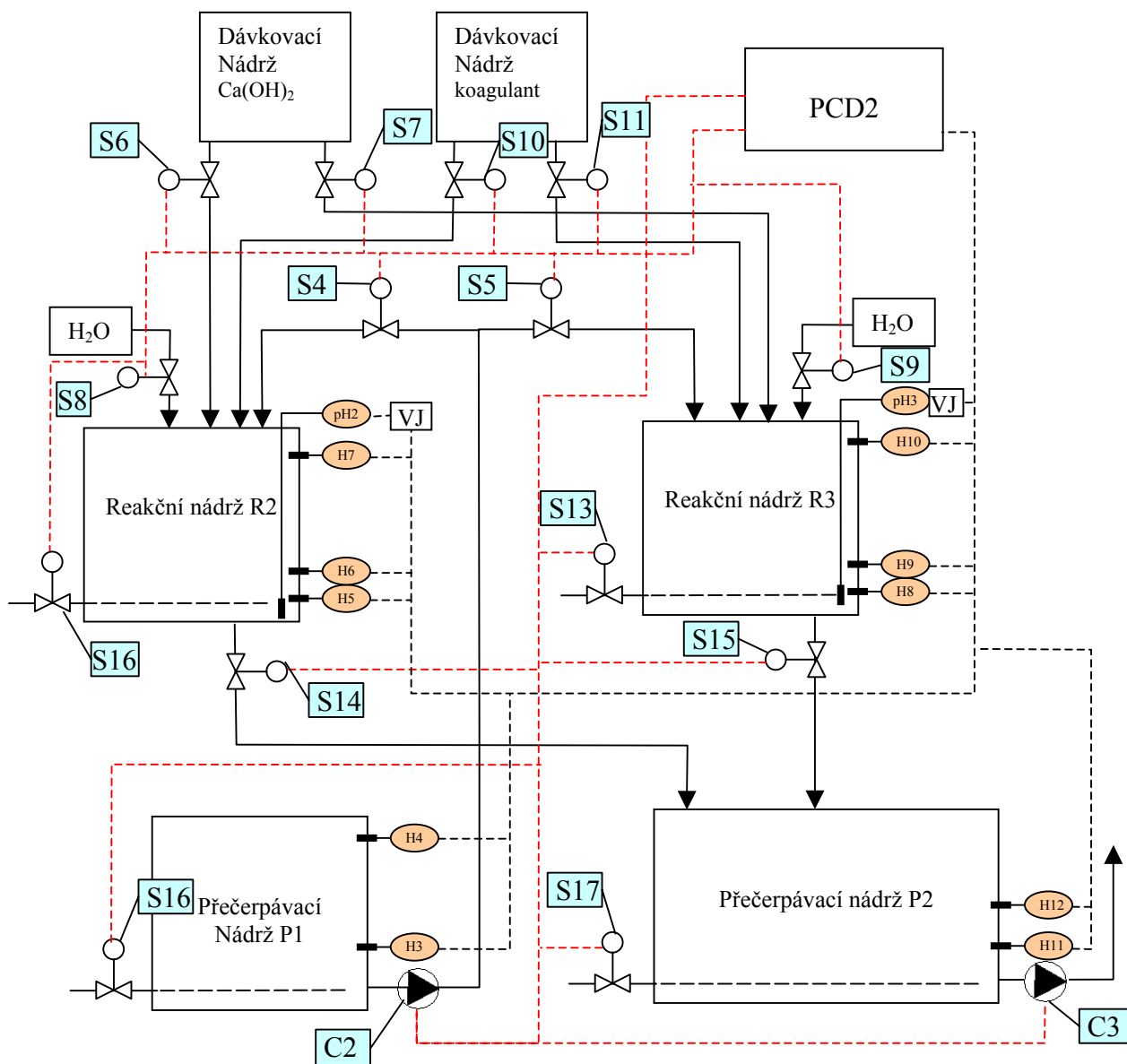
3.2 Cyklus neutralizace

Cyklus neutralizace zredukovaných odpadních vod bude o něco náročnější než cyklus redukce. Je zde větší počet vstupních veličin a výstupních akčních zásahů. Opět budou nahrazeny všechny ruční armatury elektromagnetickými ventily (S4 až S17). Do reakčních a přečerpávacích nádrží budou zabudovány snímače hladiny (H3 až H12). Snímače H6 a

H9 regulují výšku hladiny koncentrované zredukované vody. Snímače H5, H8 a H3 zastavují vypouštění nádrží tak aby vzduchová míchadla byla ponořena a nedocházelo tím k rozstříkávání vody. Snímače H11 a H12, které ovládají sepínání čerpadla C3, budou umístěny tak aby se odpadní voda s vysráženým kalem co nejdříve odčerpala na usazovací nádrž, kde kal sedimentuje. Na obrázku je schéma zapojení všech přístrojů v cyklu neutralizace (viz. Obrázek 6).

3.2.1 Algoritmus cyklu neutralizace

1. S4 otv + S16 otv
2. start C2
3. je-li H6 zap potom S5 otv + S8 otv + S4 zav
4. je-li H9 zap potom C2 stop, S16 zav + S5 zav + S9 otv
5. je-li H7 zap potom S8 zav + S6 otv + S12 otv
6. je-li H10 zap potom S9 zav + S7 otv + S13 otv
7. je-li pH2 = 9 potom S6 zav
8. je-li pH3 = 9 potom S7 zav
9. u R2 po 60min. S10 otv (10s)
10. po 5min. S14 otv
11. je-li H5 vyp potom S14 zav + S12 zav
12. u R3 po 60min. S11 otv (10s)
13. po 5min. S15 otv
14. je-li H8 vyp potom S15 zav + S13 zav
15. je-li H12 zap potom S17 otv + C3 start
16. je-li H11 vyp potom S17 zav + C3 stop



- - - výstup z PLC
- - - vstupy do PLC
- snímače
- akční členy
- VJ vyhodnocovací jednotka pH

Obrázek 6 Schéma automatizace neutralizace

3.3 Měření pH

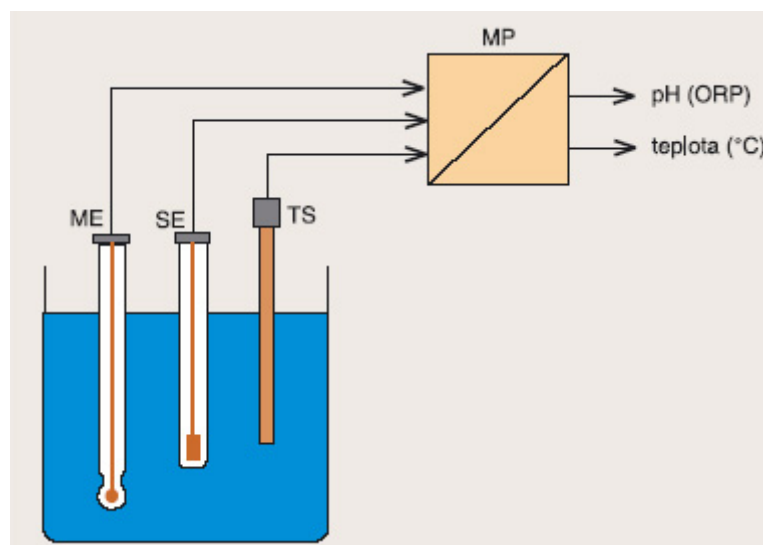
3.3.1 Princip měření pH

Pro měření hodnoty pH se používá potenciometrického principu. Hodnota pH je daná koncentrací hydroxoniových (vodíkových) iontů. Voda způsobuje jednak disociaci rozpuštěné látky na ionty, jednak se sama štěpí na hydroxoniové (H_3O^+) a hydroxylové (OH^-) ionty. V neutrálním prostředí je stejný počet iontů hydroxoniových a hydroxylových. Při přítomnosti kyseliny ve vodě probíhá disociace a vzniká více iontů H^+ a zmenšuje se koncentrace iontů OH^- , ale při disociaci zásady ve vodě vzniká větší koncentrace iontů OH^- a snižuje se koncentrace iontů H^+ . Pro udávání stupně kyselosti nebo zásaditosti bylo zavedeno používání tzv. vodíkového exponentu pH podle vztahu [3]:

$$pH = -\log[H^+]$$

Na základě dohody se rozděluje prostředí na neutrální (pH=7), na kyselé (pH <7 až -1) a na zásadité (pH>7 až 15).

Jako potenciometrické senzory pH slouží elektrodové články, na jejichž rozhraní elektroda – roztok vzniká elektrický potenciál. Při měření se používají elektrody dvě: měrná a referenční. Měrná elektroda dává elektrický potenciál závislý na koncentraci vodíkových iontů v neutralizační jímce. Druhá elektroda – referenční nemá potenciál závislý na hodnotě této koncentrace, ale obsahuje roztok (buffer) o určité hodnotě pH (viz Obrázek 7). Při zapojení měrné a referenční elektrody vzniká elektrické napětí jako rozdíl potenciálů. Pokud nejsou elektrody zatíženy proudem, je napětí mezi nimi podle Nernstova zákona lineární funkcí koncentrace vodíkových iontů, a tedy hodnoty pH. Strmost lineární charakteristiky je ovšem značně závislá na teplotě, a proto se musí měřený údaj pH v měřicím převodníku vždy teplotně kompenzovat, a to buď ručně zadáním teploty měřeného roztoku nebo častěji automaticky podle vloženého algoritmu a aktuální teploty měřené teplotním čidlem vestavěným v měřicí sondě [3]. Elektrický okruh vzniká propojením referenční elektrody s měrnou elektrodou přes měřený roztok v reakční nádrži. Toto napětí je v převodníku převedeno na proudový signál 4...20 mA.



Obrázek 7 Princip potenciometrického měření pH

ME – měřicí elektroda, SE – srovnávací elektroda, TS – teplotní čidlo, MP – měřicí převodník s vyhodnocovací jednotkou

3.3.2 Snímač pH

Pro naši neutralizační stanici jsem si vybral pH sondu 2GE od JSP, s.r.o. Nová Paka. Jedná se o sondu s měřícím rozsahem 0 až 14 pH pro teplotu kapaliny -5 až $+80$ °C. Je to skleněná měřicí elektroda s kulovou zirkon-dioxidovou membránou a gelovou náplní. Sonda je opakovatelně plnitelná[13]. Sondy v reakčních nádržích budou umístěny v polyethylenovém potrubí tak aby byly trvale namočené. Je to vhodné i z hlediska čištění a kalibraci sond. Nákres navrhovaného umístění sondy je na obrázku (viz.Obrázek 8).



Obrázek 8 Umístění sondy v nádrži

Vyhodnocovací jednotky pro sondy 2GE budou opět od firmy JSP, s.r.o. Nová Paka. Jedná se o výrobek dTRANS 01 (viz. Obrázek 9) pro vyhodnocování a monitorování a měřených hodnot pH.

Technické parametry:

- měřicí rozsah jednotky je -1 až $+14$ pH
- teplotní kompenzace je -50 až $+250$ °C
- napájecí napětí je 20 až 53 V_{ST/SS}, 48 až 63 Hz
- výstupní signál 0(4) až 20 mA nebo 0(2) až 10 V
- stupeň krytí je IP 65.

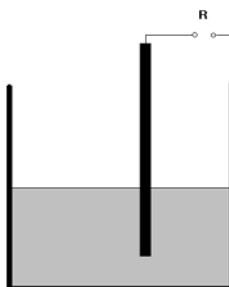


Obrázek 9 Vyhodnocovací jednotka pH

3.4 Měření výšky hladiny pomocí změn vodivosti prostředí

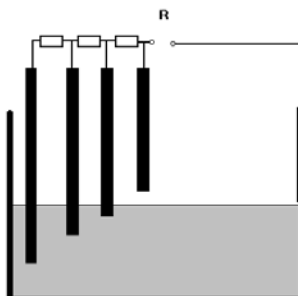
3.4.1 Princip měření výšky hladiny

Měření výšky hladiny pomocí změn vodivosti prostředí se používá v případech vodivé látky v nádržích. U spojitého měření je vložena elektroda o délce měřeného rozsahu ponořena do měřené látky podle výšky hladiny. Výsledná vodivost mění celkový odpor systému senzoru. Negativně působí změna měrné vodivosti látky v nádrži a musí se korigovat. Příklad spojitého měření je na obrázku (viz. Obrázek 10). Vyhodnocování je provedeno nejčastěji zapojením elektrodového systému do můstku a následné zesílení signálu a jeho převedení na unifikovaný signál [3].



Obrázek 10 Spojité měření

Snímače pro měření výšky hladiny změnou vodivosti jsou také provedeny jako bodové pro jeden nebo více bodů. Výstupní signál je nespojitý a to dvouhodnotový nebo číslicový vícebitový [3]. Příklad řešení vícebodové sondy je na obrázku (viz. Obrázek 11).



Obrázek 11 Vícebodové sondy

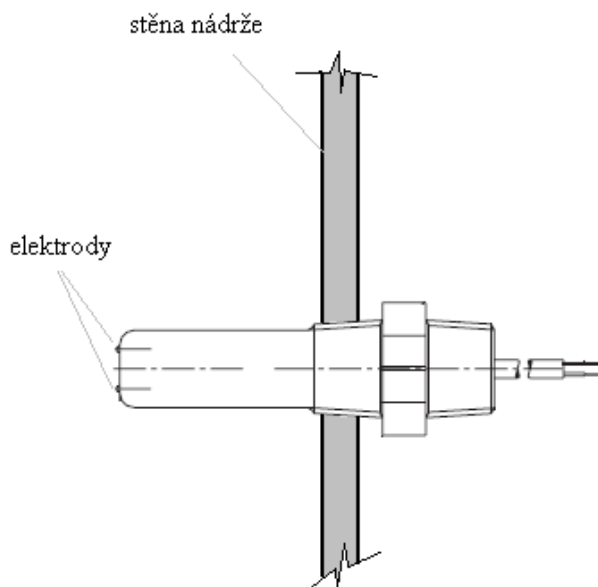
3.4.2 Snímač výšky hladiny

Jako hladinové snímače jsem vybral hladinový spínač firmy Kobold typ NEK (viz. Obrázek 12). Což je kompletní funkční jednotka která byla vyvinuta speciálně ke kontrole vodivých kapalin za extrémních podmínek. S ohledem na druh konstrukce bez pohyblivých nebo vyčnívajících dílů je obzvláště vhodné ke kontrole kritických médií s např. podíly pevných látek, malou hustotou nebo vysokou viskozitou. Dvojitý závit umožňuje nejrůznější druhy montáže. Délku dříku je možné prodloužit pomocí nástavby přídavné ochranné trubky. Přístroj pracuje na vodivostním principu měření, kdy jakmile se kapalina dotýká obou elektrod, protéká přes ní nízký střídavý proud a stav sepnutí se mění [12].

Technická data:

- kryt je z PPS (Rhyton) nebo polypropylenu
- elektrody jsou nerezové (nerez 1.4571)
- provozní teplota $-25...+85$ °C (PPS) $-25...+60$ °C (polypropylen)
- max. tlak: 20 bar (PPS) 6 bar (polypropylen)
- montážní poloha: horizontální nebo vertikální
- osazení kontakty: otevřený kolektor (NPN nebo PNP) s přímým kontaktem s kapalinou nebo relé (měnicí přepínací přepínač)
- elektrické připojení: zalitý kabel 2 m 3-vláknový stíněný (otev. kol.) 5-vláknový nestíněný (relé)
- napájení: 18-29 VDC, <20 mA
- zpoždění reakce: sucho/vlhko: 0,5 s vlhko/sucho: 0,5 s

- spínací výkon pro otevřený kolektor: max. 32 V / max. 100 mA odolný proti zkratu, pro relé: max. 1 A / 30 V odolné proti zkratu, krytí: IP 68.



Obrázek 12 Hladinový snímač NEK

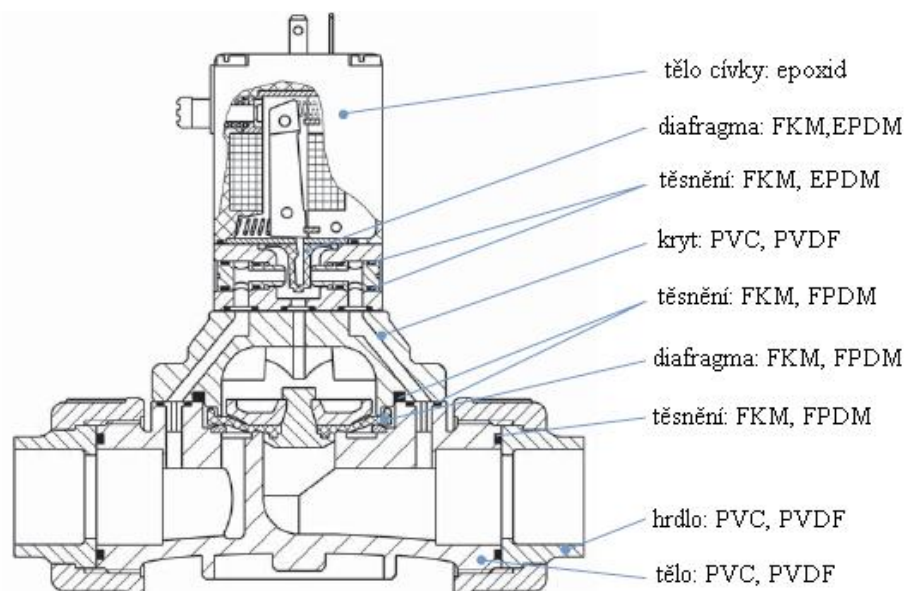
3.5 Solenoidové ventily

Všechny ruční armatury potřebné k provozu neutralizační stanice budou nahrazeny solenoidovými ventily. Ty pracují na principu elektromagnetické cívky, která při zavedení proudu posune jádro cívky, které buďto otevře nebo zavře ventil. Podle funkce ventilů jsem vybral ventil elektromagnetický přímo řízený (viz. Obrázek 13) pro reakční nádrže, přečerpávací nádrže a dávkovací nádrže. Přímě řízené ventily jsou ve standardním provedení v základní poloze uzavřené. Po přivedení elektrického proudu kotva elektromagnetu přímo otvírá ventil. Při vypnutí el. proudu se ventil uzavírá tlakem pružiny za spolupůsobení tlaku média. Ventily větších velikostí vyžadují větší tlakovou diferenci. Jinak je třeba silnějšího elektromagnetického systému.

Pro napouštění nádrží vodou a míchání vzduchem budou použity ventily nepřímě řízené (viz. Obrázek 14). Zde totiž působí větší difference tlaku vody a vzduchu z přívodního potrubí. Nepřímě řízené ventily potřebují ke svému otevření či uzavření určitou tlakovou diferencí, jejíž minimální velikost je vždy uvedena ve specifikaci. Pohon zde plní pouze pomocnou funkci, kterou se uvolní hlavní těsnicí element (membrána nebo píst). Tlak

média, případně tlaková diference, která je k dispozici, zvedne těsnění. Tímto způsobem řízení lze pomocí malých magnetů ovládat poměrně velké tlaky u velkých světlostí ventilu. Pro napouštění vody použijeme ventily pro rozměr 1“, pro dávkování kyseliny, roztoku louhu, pyrosiřičitanu a koagulantu budou mít rozměr ¾“. Navíc ventily pro kyselinu, louh a pyrosiřičitan budou plastové, jelikož se jedná o látky vysoce korozivní. Pro vzduchové míchadla budou ventily o rozměru ½“. Ventily pro vypouštění všech nádrží budou mít rozměr 2“ a budou taky z plastu.

3.5.1 Přímou ovládaný solenoidový ventil plastový



Obrázek 13 Přímou ovládaný ventil

materiál:

FKM fluorkaučuková pryž (pro kyseliny)

EPDM ethylen propylenový kaučuk (pro alkalické médium)

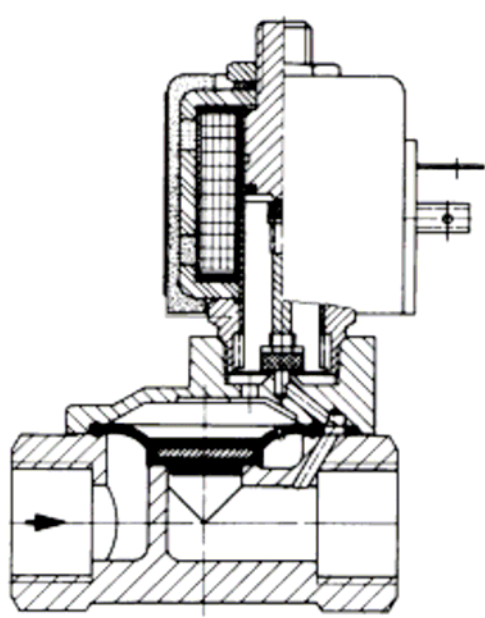
PVC polyvinylchlorid

PVDF polyvinylidenfluorid

Technické parametry:

- ovládací napětí 24 DC, pro tlak 0,5–6 bar
- IP krytí 65
- doba otevření 100–800ms
- doba zavření 1–2s.

3.5.2 Nepřímo řízený ventil



Obrázek 14 Nepřímo ovládaný ventil

Technické parametry:

- ovládací napětí 24 DC
- připojení: G 1/4“ - G 2“
- tlak: 0,3 - 20 bar, pracuje s diferenčním tlakem
- teplota: max. 130 °C.
- těleso: mosaz, Delrin nebo nerezová ocel
- těsnění: NBR, FKM, EPDM nebo membrána s tkaninou.

4 PROGRAMOVATELNÝ AUTOMAT

4.1 Obecný popis

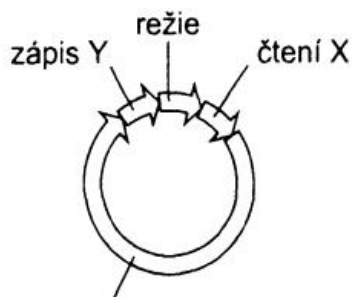
Programovatelný automat nebo-li PLC (Programmable Logic Controller) je programovatelný řídicí systém pro řízení průmyslových a technologických procesů nebo strojů. Původně byly tyto automaty navrženy k řešení úloh logického řízení jako náhrada pevné reléové logiky [6]. V současnosti se však zvyšuje podíl úloh regulačního typu, úloh monitorování řízeného procesu i úloh analogových měření.

Programovatelný automat se skládá z:

- centrální procesorové jednotky
- systémové paměti
- uživatelské paměti
- vstupní a výstupní jednotky
- komunikační jednotky

Programovatelné automaty mohou být v provedení mikro PLC, kompaktní PLC, nebo modulární PLC.

Řídicí algoritmus programovatelného automatu je zapsán jako posloupnost instrukcí v paměti uživatelského programu. Centrální jednotka postupně čte z této paměti jednotlivé instrukce, provádí příslušné operace s daty v zápisníkové paměti a zásobníku, případně provádí přechody v posloupnosti instrukcí, je-li instrukce ze skupiny organizačních instrukcí. Jsou-li provedeny všechny instrukce požadovaného algoritmu, provádí centrální jednotka aktualizaci výstupních proměnných do výstupních periferních jednotek a aktualizuje stavy ze vstupních periferních jednotek do zápisníkové paměti. Tento děj se opakuje a nazývá se cyklem programu (viz Obrázek 15) [4].



řešení uživatelského programu

Obr.2.1 Cyklus řešení uživatelského programu v PLC

čtení X - přepis hodnot ze vstupních jednotek PLC do oblasti X v zápisníkové paměti

zápis Y- přepis hodnot vypočtených programem z oblasti Y do výstupních jednotek PLC

režie - příprava centrální jednotky PLC k řešení dalšího cyklu programu

Obrázek 15 Cyklus programu PLC

Řídicí algoritmy jsou realizovány uživatelským programem, který může být zapsán v různých programovacích jazycích. Programování PLC se dle normy IEC 61131-3 dělí na celkem pět metod – jazyků programování [11]:

1. Kontaktní schémata (*Ladder Diagram – LD*) – jedná se o grafický program, který zobrazuje symboly pro kontakty a cívky pomocí svislých čárek a závorek. Funkční bloky (čítače, časovače, atp.) jsou zobrazovány jako obdelníkové značky.
2. Funkční bloky (*Function Blocks – FB*) – jde opět o grafický program. Základní logické operace jsou popsány obdelníkovými značkami. Výška značky je přizpůsobena počtu vstupů. Značky mají nejen funkční bloky, ale i aritmetické a logické instrukce.
3. Seznam příkazů (*Instruction List – IL*) – programový jazyk mnemokódů který je strojově orientován a je tedy obdobou assembleru (jazyk symbolických adres). Každé instrukci PLC systému odpovídá stejně pojmenovaný příkaz jazyka.
4. Strukturovaný text (*Structured Text – ST*) – Jedná se o jednoduchý programovací jazyk typu autokódu, tzn. jde o jazyk „basicovského“ typu. Patří sem Visual Basic, všechny tzv. skriptové jazyky, kterými jsou vybaveny mnohé současné programové systémy a které slouží k uživatelskému přizpůsobování jejich funkcí.
5. Sekvenční funkční graf (*Sequential Function Chart – SFC*) – tvoří nadstavbu nad předešlými jazyky. K popisu struktury používá značky stavů, přechodů a větvení. Je velmi názorný a podporuje systémový přístup k programování.

4.2 PLC SAIA

Pro řízení neutralizační linky byl vybrán programovatelný automat SAIA PCD2 švýcarské firmy SAIA-Burgess Electronics Ltd.

Modelová řada automatů SAIA PCD (Process Control Device) má společnou základní architekturu, stejnou instrukční sadu, shodný přístup k prostředkům a perifériím. Jednotlivé modely se liší velikostí a stupněm modularity:

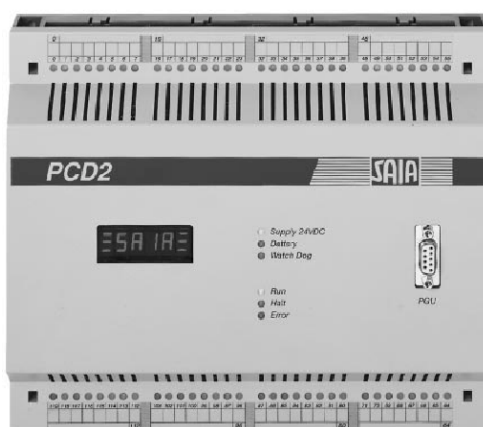
- PCD1 je kompaktní přístroj se čtyřmi pozicemi pro instalaci plochých vstupně-výstupních modulů v jedné rovině se základní deskou. V základním provedení je osazen jedním procesorem, 17 kB paměti rozšiřitelné až na 140 kB, může obsahovat 1 až 2 sériové kanály. Je v úspornou verzi jinak velmi podobného modelu PCD2.

- PCD2 obdobně jako PCD1 je plochý, kompaktní, s možností osazení osmi modulů, čtyři na horním i spodním okraji základní desky. Paměť pro jediný procesor je 32 – 536 kB velká, má 1 – 4 sériová rozhraní.
- PCD4 Již v pravém smyslu modulární, tvořen bloky montovanými na DIN lištu. 1 nebo 2 procesory, paměť 64 – 428 kB, 1 – 4 sériové porty.
- PCD6 je tvořen moduly ve „vanách“ vkládaných do 19“ skříní. 1 až 7 procesorů má k dispozici od 256 kB do 1 MB paměti, 4 až 28 sériových kanálů.

Všechny modely shodně používají procesor Motorola 68340, instrukční sada obsahuje přes 120 instrukcí včetně obsluhy komunikací a aritmetiky s plovoucí desetinnou čárkou, což je významným kritériem při realizaci číslicových regulátorů. Provedení PCD2 bylo vybráno vzhledem ke své velikosti odpovídající rozsahu aplikace [6].

4.2.1 PCD 2

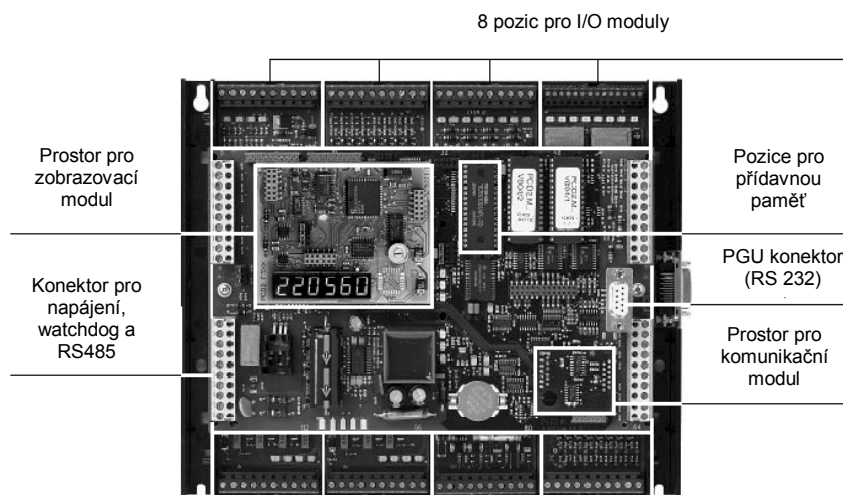
SAIA PCD2 je programovatelný automat kompaktní konstrukce (viz. Obrázek 16). Základní jednotka obsahuje hlavní desku se všemi aktivními prvky, za ní je sběrnice deska s konektory pro připojení vstupně-výstupních modulů – čtyři na horním okraji a čtyři na dolním. Celek je uzavřen v ploché skřínce, jež umožňuje přístup jen ke konektoru PGU (Programming Unit) pro připojení programovacího zařízení a svorkovnicím jednotlivých modulů na stranách přístroje. Světlovody přivádějí od LED diod na plošných spojích na povrch optickou indikací stavu základní jednotky a jednotlivých vstupů a výstupů.



Obrázek 16 Základní jednotka PCD2

Po sejmutí krytu se zpřístupní svorkovnice pro napájení přístroje 24V= $\bar{=}$, komunikační rozhraní a kontakty relé watchdogu (viz. Obrázek 17). Nyní lze na kontakty sběrnice desky zasunout I/O moduly. Na hlavní desce jsou také dvě pozice k instalaci rozšiřujících

piggybacků s komunikačními a zobrazovacími obvody a patice pro rozšíření paměti (RAM i EPROM). Při vypnutí napájení jsou paměti zálohovány knoflíkovým článkem [5].



Obrázek 17 PCD2 bez krytu

4.2.2 Analýza vstupně/výstupních signálů neutralizační linky

Aby se celý proces řízení neutralizační linky mohl realizovat pomocí PLC je potřeba charakterizovat typy signálů, které se budou vyhodnocovat a signály, kterými bude prováděn akční zásah do procesu.

Analogové vstupy:

3 x hodnota pH (0 – 10 V)

Binární vstupy:

12 x výška hladiny (24 V spínací relé)

Binární výstupy:

17 x sepnutí solenoidových ventilů (24V spínací relé)

4 x sepnutí motorů čerpadel a míchadla

4.2.3 Analogový vstupní modul PCD2.W200

Vstupy a výstupy se do PCD přidávají v podobě I/O modulů. Absolutní adresy Vstupů/Výstupů jsou pevně určeny umístěním modulu v sestavě.

Charakteristika:

- 8 kanálů pro signály 0 – 10 V
- bez galvanického oddělení
- číselný rozsah: 10 bitů (0 – 1023)

- doba převodu $< 50 \mu\text{s}$
- nepřesnost ± 1 bit
- vstupní odpor: $200\text{k}\Omega / 0,15\%$

Kontakty 0 – 7 svorkovnice modulu jsou kladné póly analogových vstupů E0 – E7, kontakt 9 je společná zem.

4.2.4 Dvouhodnotový výstupní modul PCD2.A400

Charakteristika:

- 8 MOSFET tranzistorových výstupů
- galvanicky neoddělené výstupy
- spínané napětí 5 – 32 V=
- výstupní proud 5 – 500 mA bez ochrany proti zkratu
- úbytek napětí $\leq 0,5$ V při 0,5 A

zpoždění výstupu: při spínání 10 μs , při rozpínání 50 μs

4.3 Vývojové prostředí PG5

Pro programování stanic PCD dodává výrobce vlastní vývojové prostředí PG5. Tento program pracuje pod Windows 95/98 nebo NT 4.0. Doporučená paměť pro PC je 64 MB RAM a procesor třídy Pentium. PG5 je nástroj, ve kterém jsou integrovány editory pro všechny výše uvedené jazyky (LD, IL, FB, SFC), což nám umožňuje pohodlně vytvářet programy pro nejrůznější oblasti použití. PG5 však není jen editor pro tyto různé jazyky, ale pomáhá řešit i další úkoly, s kterými se setkáváme během zpracování projektu. Těmito úkoly jsou například:

- Vytváření dokumentace
- Konfigurace stanice
- Oživování stanice a kontrola návazností
- Ladění programů za běhu
- Zápis programů do paměti EPROM.

Ve stanicích PCD máme k dispozici následující prvky :

Prvek:	Zkratka:	Počet:	Zvláštnosti:
Inputs Vstupy	I	Závisí na PCD. Max = 8191	Sdílejí společný adresový prostor.
Outputs Výstupy	O	Závisí na PCD. Max = 8191	
Registers Registry	R	4095	
Flags Příznaky	F	8191	Část z nich (vždy od 0) může být volatilní.
Constants Konstanty	K	16383 (32bitů) nebo 8191 (13bitů(##))	
Timers Časovače	T	0 až X	Sdílejí společný adresový prostor. Od 0 jsou Časovače, zbytek jsou Čítače.
Counters Čítače	C	X až 1599	
Texty Data Bloky	X DB	0 až Y Y až 3999	Sdílejí společný adresový prostor.
RAM Texty RAM Data Bloky	RAM X RAM DB	4000 až Z Z až 4999 - PCD1 až 5999 - PCD2 až 7999 - PCD4/6	Sdílejí společný adresový prostor, vždy jsou v rozšířené paměti (" <i>Extended Memory</i> ").

Tabulka 1 Prvky stanice PCD

Každý prvek v projektu (Vstup / Výstup / Registr atd.) může mít jméno. Tato jména se nazývají *symboly*.

4.3.1 FUPLA (Function Plan)

FUPLA je program graficky orientovaný ve kterém se program nepíše, ale s využitím připraveného sortimentu funkcí kreslíme algoritmus požadované činnosti. Programování ve FUPLA je velmi podobné vytváření projektu řídicího systému z jednotlivých přístrojů. Základem pro sestrojování programu jsou tzv. FBoxy (Funkční Bloky). Ve schématu tyto boxy zobrazujeme pomocí obdélníků se vstupními a výstupními signály, které nám představují virtuální přístroje. Vlastní programování pak spočívá ve výběru vhodných FBoxů z dostupného sortimentu, v jejich umístění na kreslicí ploše, nakreslení spojů mezi nimi a případném nastavení jejich parametrů. K dispozici je několik set různých FBoxů [7].

V editoru FUPLA (viz. obrázek 18) je algoritmus zadáván na jednotlivých stránkách, na kterých je pak vykonáván shora dolů a zleva napravo. Vstupní signály jsou vždy v levém poli stránky, výsledky jsou zapisovány do prvků, uvedených v pravém poli.

Identifikace:
Jméno programu a programového souboru.

Výstupní pole:
Prvky, do kterých jsou zapisovány výsledky.

Programová stránka:
Zde se kreslí algoritmus. Program je organizován po stránkách. Jeden soubor může mít až 200 stránek.

Vstupní pole:
Obsahuje prvky, vstupující do zpracování.

Editor symbolů:
Vstupní a výstupní prvky jsou propojeny s editorem symbolů

Stavová lišta:
Zde je uveden typ a číslo bloku (COB, PB, XOB, ST nebo TR) a také název a číslo stránky.

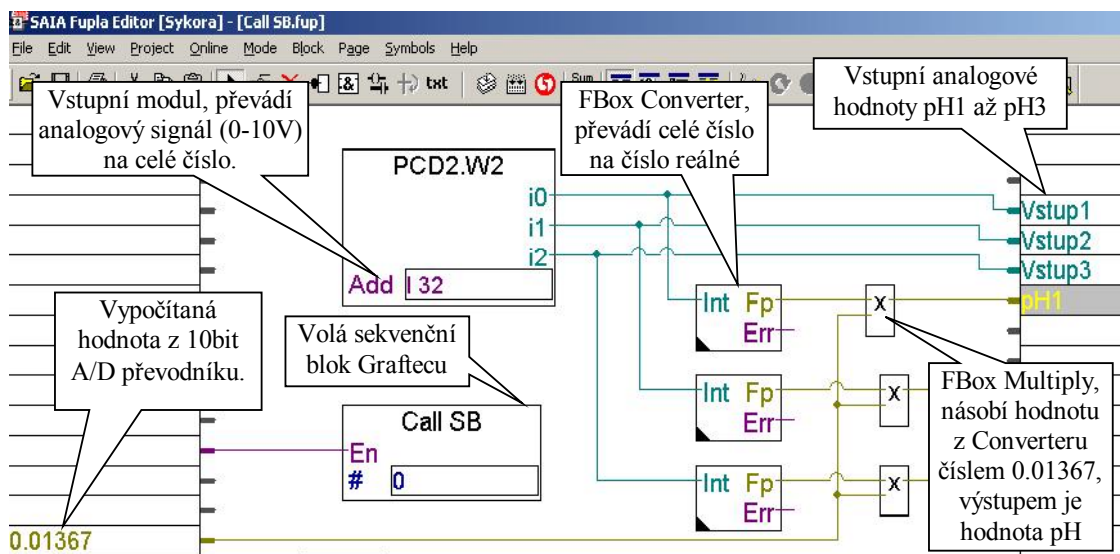
Group/symbol	Type	Address/Value	Comment
Vstup	Input	1	Aktivace poruchové složky v prostoru
Mix	R		Žádaná poloha směšovacího ventilu [%]
Venkovni_T	R		Venkovní teplota

obrázek 18 Editor FUPLA

4.3.2 FUPLA pro neutralizační linku

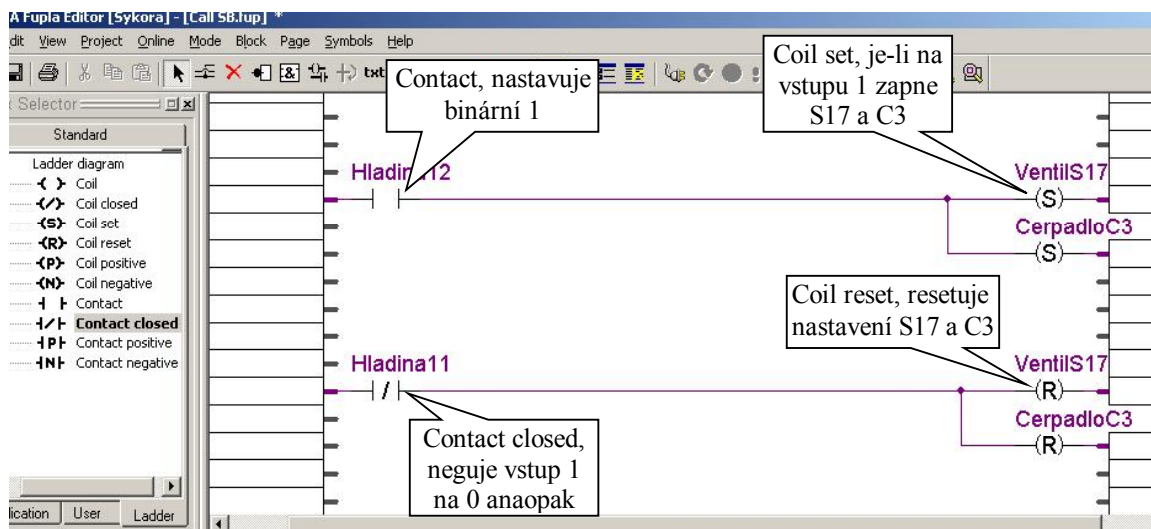
V programu FUPLA pro neutralizační linku jsou vstupní analogové hodnoty z vyhodnocovacích jednotek pH převedeny vstupním modulem PCD2.W2 na celé číslo (integer) pomocí desetibitového A/D převodníku. Funkční blok *Converter* pak převede celé číslo na číslo reálné. Toto číslo se přepočítá v FBoxu *Multiply* a na výstupu dostaneme

hodnoty pH. Funkční blok *Call SB* volá sekvenční blok programu GRAFTEC (viz. Obrázek 19).



Obrázek 19 FUPLA neutralizační linky – hodnoty pH

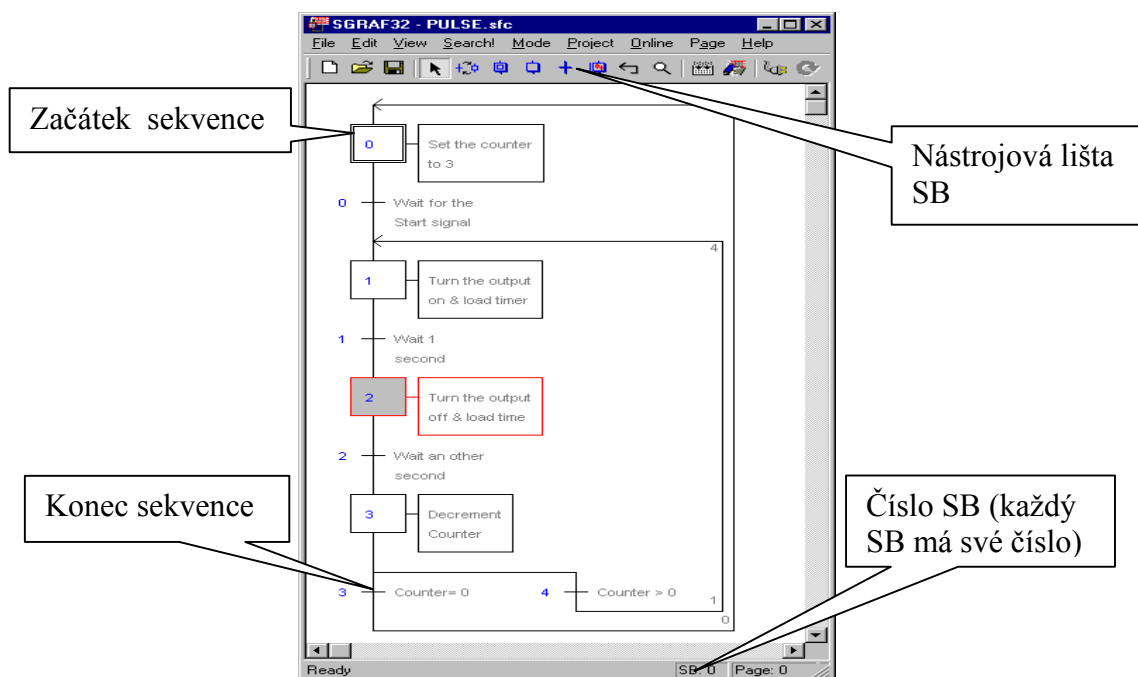
Dalším obrazovka programu FUPLA zachycuje ovládání čerpání odpadních vod z přečerpávací nádrže P2 (viz. Obrázek 20). V kontaktním schématu *Ladder diagram* (doslova "žebříkové schéma") jsou vstupy a výstupy reprezentovány značkami kontaktů a cívek relé. Na každé stránce v prostoru pro kreslení si můžeme představit napájecí sběrnici vlevo, zemnicí sběrnici vpravo. Logická funkce je pak dána tím, jak jsou jednotlivé kontakty a cívky propojeny.



Obrázek 20 FUPLA neutralizační linky – ovládání nádrže P2

4.3.3 GRAFTEC (SFC)

GRAFTEC je název editoru (viz. obrázek 21), pomocí kterého můžeme programovat sekvenční bloky. To je struktura, ve které se jednotlivé technologické operace vykonávají krok za krokem, mezi kroky se vždy kontroluje splnění určité podmínky. GRAFTEC je velmi pohodlný nástroj pro programování typicky sekvenčních úloh, jakými jsou např. řízení manipulátorů, výrobních a montážních automatů, komunikace s obsluhou nebo realizace cizích komunikačních protokolů. Pro sekvenční úlohy se v GRAFTECu používá výraz *Sekvenční Bloky* (SB). SB jsou velmi účinné v aplikacích, kde je třeba provádět určité činnosti v přesně definované posloupnosti (=sekvenci). Mezi jednotlivými činnostmi se vždy čeká na splnění nějaké podmínky [7]. V našem případě např. napouštění nádrží nebo změna hodnot pH.

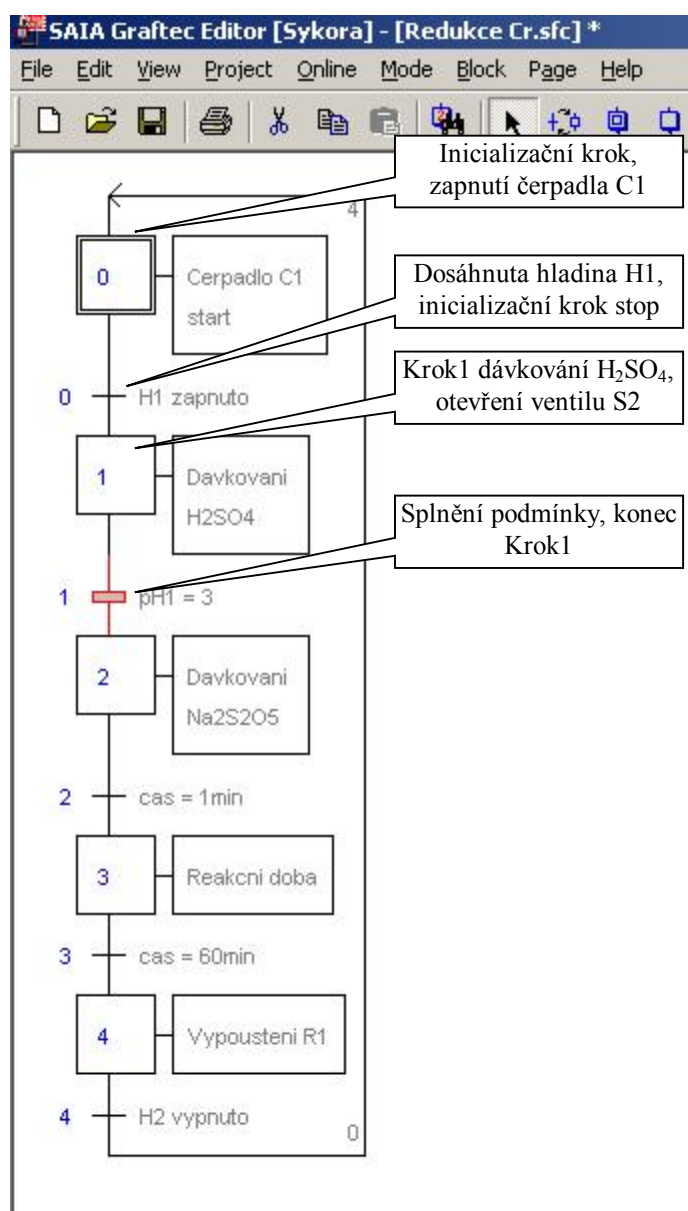


obrázek 21 Vzhled editoru GRAFTEC

Sekvenční bloky jsou volány z cyklického bloku jednou v každém výpočetním cyklu. Cyklické programy se opakují v nekonečné smyčce až do splnění podmínky. Doba trvání jednoho cyklu se pohybuje v rozsahu milisekund. Jestliže tedy známe dobu cyklu programu potom můžeme odvodit jak nejdéle bude PCD trvat, než nějaký výstup zareaguje na změnu vstupních veličin.

4.3.4 GRAFTEC pro neutralizační linku

V programu GRAFTEC se cyklus redukce skládá z pěti kroků (*Steps*) a pěti přechodů (*Transitions*). Do *Steps* jsou vkládány povelové části programu, do *Transitions* pak podmínky pro splnění tohoto programu. Na obrázku (viz. Obrázek 22) je zobrazen průběh sekvenčního programování pro cyklus redukce Cr^{6+} . Dvojitým kliknutím na jednotlivý *Step* či *Transition* se dostaneme do programu FUPLA kde můžeme vybraný element editovat.



Obrázek 22 GRAFTEC program Redukce Cr

5 Vizualizace

Abychom získali přehled o celém chodu, jednotlivých krocích a průběhu cyklů neutralizační stanice je zapotřebí tento proces nějakým způsobem vizualizovat. Pro tuto činnost jsem si vybral produkt Control Web 2000. Tento software bude instalován na PC v laboratoři odkud bude probíhat kontrola chodu neutralizační linky.

5.1 Control Web 2000

Control Web 2000 je univerzální nástroj pro vývoj a nasazování vizualizačních a řídicích aplikací, aplikací sběru, ukládání a vyhodnocování dat. Je to otevřený objektově orientovaný systém reálného času pro operační systémy Windows 95 a vyšší. Rozsah použití Control Web 2000 je od prostých časově nenáročných vizualizací až po řídicí aplikace reálného času.

V Control Web 2000 jsou k dispozici všechny komponenty nutné k tvorbě vizualizačních aplikací – zobrazovací a ovládací prvky, alarmy a archivy, historické trendy apod. Poskytuje skutečnou programovatelnost a otevřenou, komponentovou architekturu. Množina virtuálních přístrojů není pevně dána a zabudována v systému. Není zde problém tuto množinu libovolně rozšiřovat. Control Web 2000 umožňuje práci v reálném čase. Jednotlivé komponenty systému jsou volně programovatelné. Každá komponenta má k dispozici své lokální proměnné a libovolně definovatelné procedury reagující na události. Vizualizace pomocí Control Web 2000 může probíhat i prostřednictvím internetových standardů HTTP a HTML pomocí libovolného klienta WWW. Control Web 2000 nezávisí na použitém hardware. Rozhraní ovladačů je plně dokumentováno a otevřeno, takže si každý může napsat ovladač podle svých potřeb. Snadnost používání může redukovat programování na několik pohybů myši. Různí průvodci navigují uživatele přes počáteční stádia návrhu aplikace. Integrované vývojové prostředí umožňuje kdykoliv přecházet mezi textovým a grafickým módem návrhu [8].

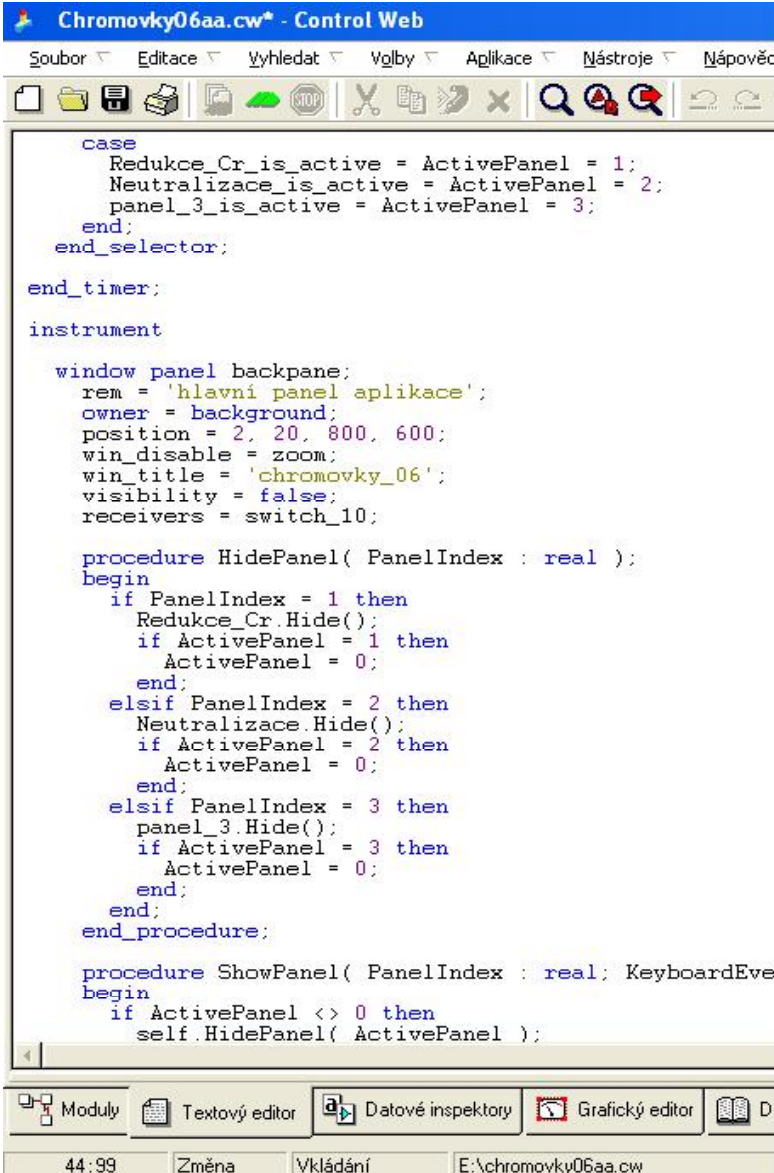
5.2 Vývojové prostředí Control Web 2000

5.2.1 Textový editor

Vývoj aplikace v textovém režimu probíhá ve vestavěném textovém editoru, který pro aplikaci Control Web definuje řadu specifických rozšíření. Zdrojová aplikace je textová. Při převodu do grafické podoby je nutné aplikaci přeložit, opačný přechod se nazývá generování. Překlad je v systému Control Web značně urychlen podporou překladu po

částech. Aplikace je vždy uchovávána v podobě textového popisu. Všechny komponenty tvořící aplikaci (virtuální přístroje, datové elementy i ovladače) spolu s dalšími informacemi (nastavení parametrů aplikace a síťových připojení) jsou zapsány pomocí jmen, klíčových slov, výrazů apod. Zdrojový text je tedy volně čitelný, editovatelný a případně i automaticky generovatelný. Jednotlivé druhy objektů jsou ve zdrojovém kódu uzavřeny do sekcí ohraničených klíčovými slovy začátku a konce sekce. Například všechny přístroje jsou uvedeny v rámci sekce *instrument ... end_instrument*, proměnné se zapisují do sekce *var ... end_var* apod. [8]

Vývojové prostředí podporuje symetricky práci v grafickém i textovém režimu. Mezi oběma módy lze libovolně přepínat a změny provedené v jednom módu se ihned promítnou i ve druhém módu. Ukázka textového editoru (viz. Obrázek 23).



```
Chromovky06aa.cw* - Control Web
Soubor Editace Vyhledat Volby Aplikace Nástroje Nápověd
[Icons: File, Folder, Print, Copy, Paste, Undo, Redo, Find, etc.]

case
  Redukce_Cr_is_active = ActivePanel = 1;
  Neutralizace_is_active = ActivePanel = 2;
  panel_3_is_active = ActivePanel = 3;
end;
end_selector;

end_timer;

instrument

window panel backpane;
  rem = 'hlavni panel aplikace';
  owner = background;
  position = 2, 20, 800, 600;
  win_disable = zoom;
  win_title = 'chromovky_06';
  visibility = false;
  receivers = switch_10;

procedure HidePanel( PanelIndex : real );
begin
  if PanelIndex = 1 then
    Redukce_Cr.Hide();
    if ActivePanel = 1 then
      ActivePanel = 0;
    end;
  elsif PanelIndex = 2 then
    Neutralizace.Hide();
    if ActivePanel = 2 then
      ActivePanel = 0;
    end;
  elsif PanelIndex = 3 then
    panel_3.Hide();
    if ActivePanel = 3 then
      ActivePanel = 0;
    end;
  end;
end;
end_procedure;

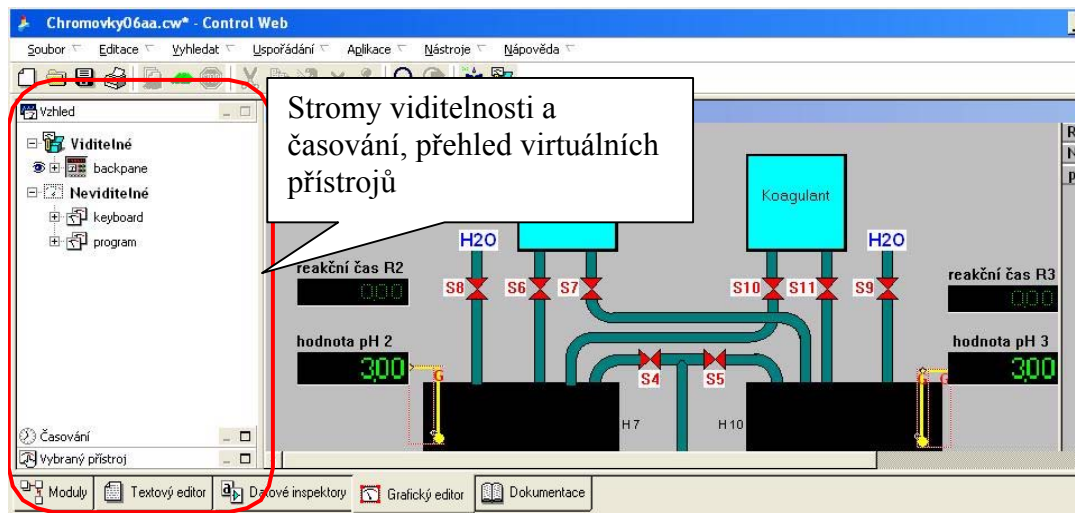
procedure ShowPanel( PanelIndex : real; KeyboardEve:
begin
  if ActivePanel <> 0 then
    self.HidePanel( ActivePanel );
  end;
end;

Moduly Textový editor Datové inspektory Grafický editor D...
44:99 Změna Vkládání E:\chromovky06aa.cw
```

Obrázek 23 Textový editor Control Web 2000

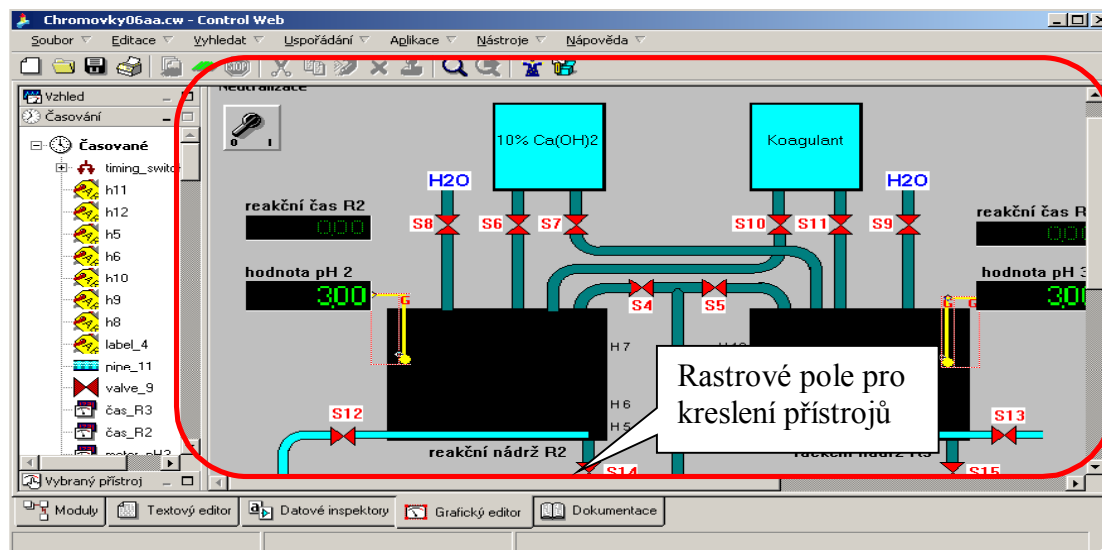
5.2.2 Grafický editor

Grafický editor je rozdělen na dvě velké části: editor vzhledu aplikace (plochu se vzhledem, vizuální editor, (viz. Obrázek 25) a na stromy viditelnosti, časování a vybraného přístroje (viz. Obrázek 24). Obě části od sebe odděluje lišta, kterou můžeme libovolně upravovat jejich vzájemný poměr.



Obrázek 24 Stromy viditelnosti a časování

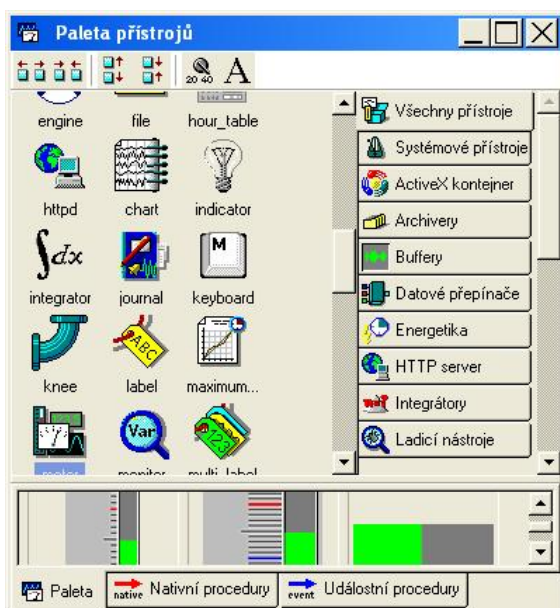
Všechny prvky grafického editoru reagují na klik pravým tlačítkem myši. Otevře se menu, které obsahuje seznam operací, které s vybraným objektem můžeme provést. Jelikož vzhled menu závisí na místě otevření, nazývá se takové menu kontextové. Kontextové menu může být jednoduché i poměrně rozsáhlé. V grafickém uživatelském rozhraní se okna (a jiné objekty) celkem bez problémů mohou překrývat. Přístroje tedy mají svou z-koordinaci (z-order).



Obrázek 25 Editor vzhledu aplikace

5.2.3 Virtuální přístroje

Aplikační program v prostředí systému Control Web 2000 je sestaven z jednotlivých virtuálních přístrojů. Každý virtuální přístroj je zcela samostatnou programovou komponentou. Výhodou je otevřenost systému, není zde žádné omezení počtu a typu používaných virtuálních přístrojů. Tyto přístroje můžeme kdykoliv libovolně doplňovat a mohou vykonávat požadovanou funkci. Virtuální přístroje jsou samostatné a na sobě nezávislé komponenty avšak chceme-li aby dohromady tvořili soudržný aplikační program, musí být nějak propojeny. Základním propojením virtuálních přístrojů v aplikačním programu je struktura časování a struktura viditelnosti. Struktura viditelnosti určuje, kde se na obrazovce bude dotyčný přístroj nacházet a struktura časování stanovuje kdy a za jakých podmínek bude přístroj aktivován. Tyto struktury jsou v levé části vývojového prostředí. Každý přístroj by měl mít jedinečný název [8]. Okno Paleta přístrojů je na obrázku 26.



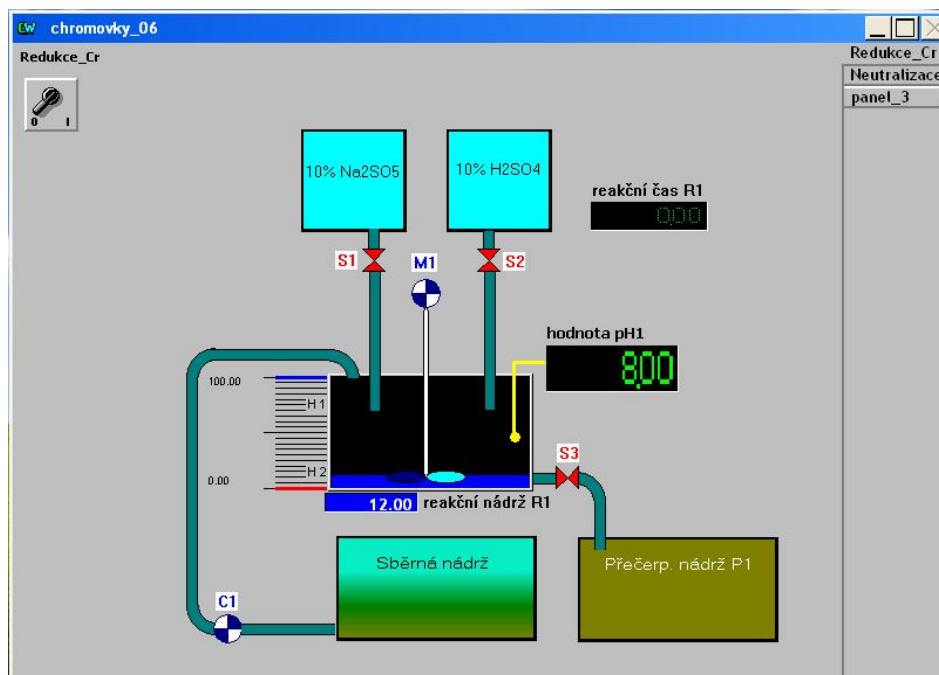
Obrázek 26 Paleta přístrojů

Pro vyobrazení neutralizační linky jsem použil přístroje *meter* pro simulování času, hodnoty pH a napouštění reakčních nádrží. Přístroj *engine* představuje motory čerpadel a míchadla. Přístroj *valve* pak zobrazuje otevírání a zavírání solenoidových ventilů jak na potrubí zobrazující průtok odpadní vody tak na potrubí zobrazující míchání vzduchem. Průtok odpadní vody a vzduchové míchání je prezentováno přístroji *pipe* a *knee*. Dále byl

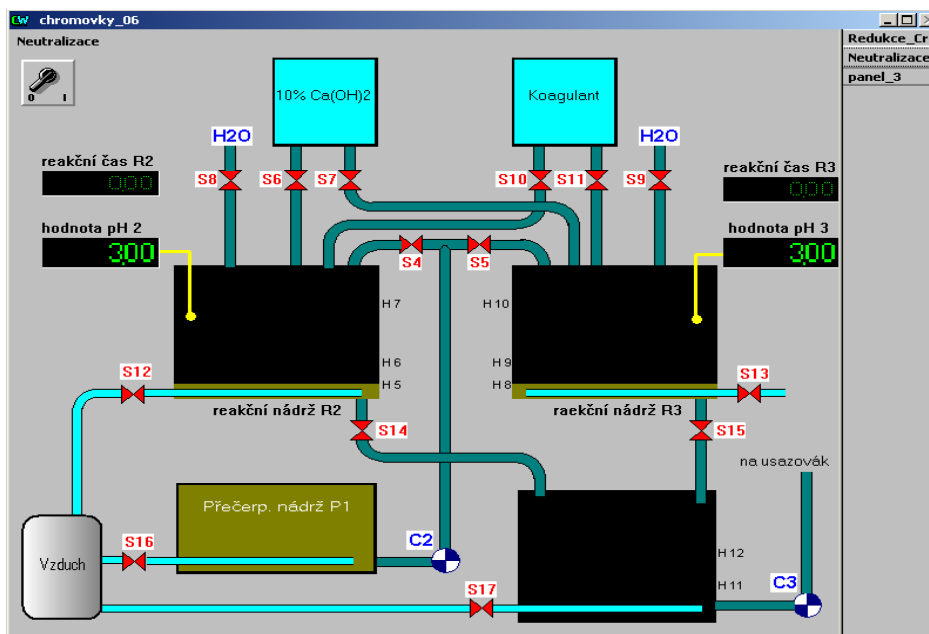
použít přístroj *draw* pro nakreslení míchadla, čidla pH a senzoru pro snímání výšky hladiny. Pro nastartování cyklu redukce a cyklu neutralizace jsem použil přístroj *switch*.

Přístroj Panel

Přístroj Panel je základním prvkem struktury viditelnosti virtuálních přístrojů na obrazovce počítače. J to tedy jakýsi kontejner, který může na své ploše obsahovat další virtuální přístroje. Mezi těmito přístroji mohou být opět další panely a může se tak sestavit potřebná hierarchie viditelnosti. Pro každý přístroj který má být viditelný na obrazovce musíme sdělit jméno panelu, na jehož ploše má tento přístroj ležet. To provedeme v grafickém i textovém módu vývojového prostředí. V našem případě jsou vytvořeny dva panely. Panel Redukce Cr (viz.Obrázek 27) a panel Neutralizace (viz. Obrázek 28).



Obrázek 27 Panel Redukce



Obrázek 28 Panel Neutralizace

Všechny přístroje v aplikaci se upravují pomocí inspektoru přístroje. Inspektor dokáže přístroji změnit jakýkoli parametr a podobně jako celý grafický editor nabízí na přístroj různé pohledy. Pro úpravu jednotlivých parametrů inspektor obsahuje celou řadu vlastních grafických nástrojů.

Data – konstanty, proměnné a kanály.

Většina virtuálních přístrojů potřebuje při své činnosti odněkud přečíst data a výsledek jejich zpracování zase někam uložit. Data systém Control Web uchovává v tzv. Datových elementech. Ty jsou buďto globální nebo lokální.

Globální datové elementy

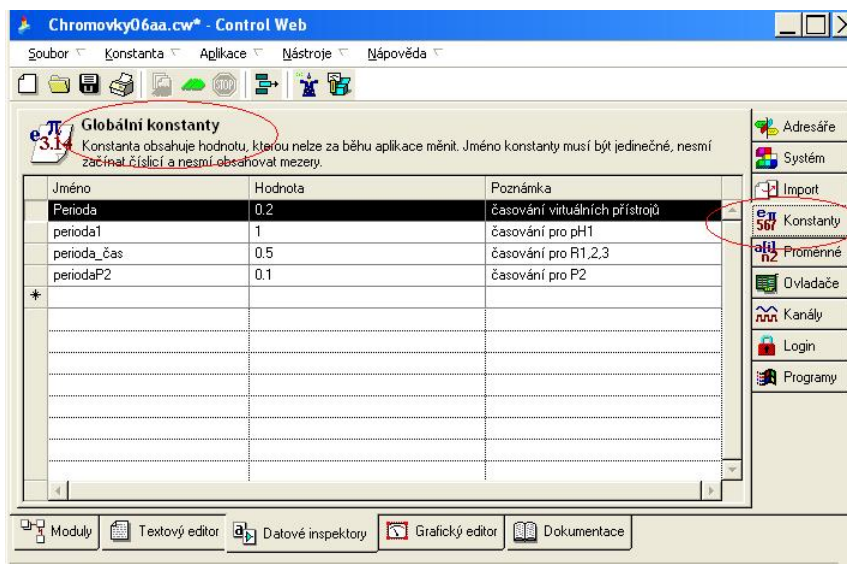
Jsou společné pro celý aplikační program nebo programový modul. Globální datové elementy mohou být používány jakýmkoliv virtuálním přístrojem. Slouží tedy pro přenos nebo sdílení dat mezi jednotlivými přístroji.

Lokální datové elementy

Jsou vlastní jednomu virtuálnímu přístroji. Lokální datové elementy mohou být používány jen uvnitř virtuálního přístroje, v rámci kterého jsou definovány. Pro zbytek aplikačního programu nejsou přístupné. Při shodě jmen globálního a lokálního datového elementu je v přístroji preferováno použití lokálního parametru.

Konstanty

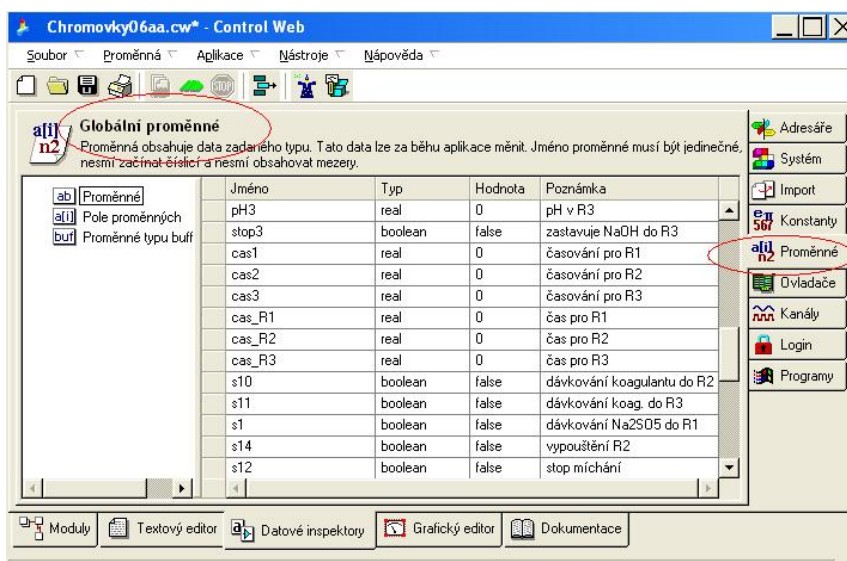
Slouží pro uchování neměnných dat. Konstanty trvale obsahují svou inicializační hodnotu, kterou za běhu programu již nelze měnit. Konstanty mohou být globální (viz. Obrázek 29). i lokální [8].



Obrázek 29 Globální konstanty

Proměnné

Slouží pro uchování dat, která se mění během činnosti aplikačního programu. Do proměnné lze kdykoliv zapsat novou hodnotu. Proměnné mohou být globální (viz. Obrázek 30) i lokální.



Obrázek 30 Globální proměnné

Kanály

slouží pro přenos dat mezi aplikačním programem a vstupně/výstupními zařízeními. Každý kanál je spojen s patřičným ovladačem, který automaticky zajišťuje přenos dat z daného vstupně/výstupního zařízení, kdykoliv je obsah kanálu čten, a přenos dat do daného vstupně/výstupního zařízení, kdykoliv jsou do kanálu uložena nová data. S kanály lze tedy pracovat podobně jako s proměnnými - pro data v kanálech uložená systém ControlWeb automaticky zajišťuje propojení se vstupně/výstupními zařízeními. Podle směru přenosu dat rozlišujeme tři druhy kanálů:

1. *Vstupní kanály* – hodnoty vstupních kanálů jsou čteny ze vstupně/výstupních zařízení. Tyto kanály je možno pouze aplikačním programem číst a nelze do nich data zapisovat.
2. *Výstupní kanály* – hodnoty výstupních kanálů je možno aplikačním programem číst i zapisovat. Při čtení dat z těchto kanálů ale nejsou hodnoty získávány ze vstupně/výstupních zařízení. Je přečtena vždy naposledy zapsaná hodnota. Při zápisu dat jsou hodnoty přenášeny přes ovladače do vstupně/výstupních zařízení
3. *Obousměrné kanály* – hodnoty těchto kanálů jsou při čtení získávány a při zápisu přenášeny přes ovladače do vstupně/výstupních zařízení.

Kanály mohou být vzhledem ke své vazbě na ovladače pouze globální. Ovladače vstupně/výstupních zařízení jsou totiž také v rámci aplikace nebo modulu globálními objekty. Ovladače také nemusí být nutně napojeny na nějaké vstupně/výstupní zařízení. Data poskytovaná některými ovladači jsou např. výsledky složitých matematických modelů a simulací [8].

Konstanty, proměnné a kanály se dělí na tři základní typy podle druhu veličin, které mohou obsahovat:

1. datové elementy pro číselné (analogové) veličiny – obsahují čísla veškerých číselných typů
2. datové elementy pro logické (binární) veličiny – obsahují hodnotu logické jedničky (true) nebo logické nuly (false) binární algebry
3. datové elementy pro řetězcové (textové) veličiny – obsahují texty jako řetězce znaků abecedy

Pro editaci globálních datových elementů slouží pracovní plocha v záložce Datové inspektory.

6 CENOVÉ ZHODNOCENÍ

6.1 Cena realizace automatizace neutralizační linky

Jestli se bude realizovat automatizace neutralizační linky závisí především na ceně celého projektu. Cena je většinou nejdůležitějším faktorem pro novou investici a modernizaci výroby. Pokusil jsem se zde udělat cenový rozpočet z hlediska cen jednotlivých snímačů a přístrojů viz. Tabulka 2.

Přístroj	Název	Počet kusů	Cena za kus	Cena celkem
sonda pH	2GE	3	3 607,00 Kč	10 821,00 Kč
propojovací kabel k vyhodnocovací jednotce, délka 3 m		3	997,00 Kč	2 991,00 Kč
vyhodnocovací jednotka pro pH	dTRANS pH 01	3	15 153,00 Kč	45 459,00 Kč
armatura pro umístění sondy pH		3	820,00 Kč	2 460,00 Kč
sériové rozhraní	RS 485	3	2 373,00 Kč	7 119,00 Kč
hladinový spínač	NEK	12	2 120,00 Kč	25 440,00 Kč
příruba pro hladinový snímač		12	450,00 Kč	5 400,00 Kč
elmag. ventil 3/4" (plastový)	SV 12	4	15 400,00 Kč	61 600,00 Kč
elmag. ventil 1/2"	SC E210D093	4	3 720,00 Kč	14 880,00 Kč
elmag. ventil 1"	SC E210B154	2	6 800,00 Kč	13 600,00 Kč
elmag. ventil 3/4"	SC E210D095	2	4 380,00 Kč	8 760,00 Kč
elmag. ventil DN=50 (plastový)	SV 16	5	17 320,00 Kč	86 600,00 Kč
řídící systém SAIA	PCD2.M110	1	18 800,00 Kč	18 800,00 Kč
výstupní modul digitální	PCD2.A400	3	1 730,00 Kč	5 190,00 Kč
vstupní modul analogový	PCD2.W200	1	5 550,00 Kč	5 550,00 Kč
vstupní modul digitální	PCD2.E160	1	3 150,00 Kč	3 150,00 Kč
			Cena celková =	317 820,00 Kč

Tabulka 2 Cenový rozpočet

6.2 Návratnost investice

Každá investice by se měla vyplatit a časem taky něco vydělat. Největší náklady na provoz neutralizační linky jsou mzdy obsluhy a cena chemikálií potřebných k provozu, respektive jeho množství. Vzhledem k tomu, že nemám všechny potřebné podklady pro přesný výpočet návratnosti nemůžu provést přesný výpočet. Předpokládám ovšem že automatizaci neutralizační linky tyto náklady sníží tím, že obsluha bude zredukována na částečný

úvazek a množství použitých chemikálií se sníží o 20%. Dobu návratnosti investice pak odhaduji na dva a půl roku.

Příklad pro výpočet návratnosti investice statickou metodou:

průměrné roční náklady R:

$$R = O + \dot{U} + V$$

kde

O	jsou roční odpisy
\dot{U}	roční úrok z investice
V	ostatní roční provozní náklady

průměrná výnosnost V_p :

$$V_p = Z/n * I_r$$

kde

Z	je zisk po zdanění za celou dobu životnosti
n	doba životnosti
I_r	průměrná roční hodnota investice

prostá doba návratnosti je definována jako doba a , kdy platí:

$$I = \sum^a (Z_i + O_i)$$

kde

I	je investice
Z_i	roční zisk po zdanění
O_i	roční odpisy

[9]

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout možné řešení automatizace provozu neutralizační linky. V první fázi jsem se zabýval problematikou vzniku a likvidace odpadních vod z procesu povrchových úprav kovů. Dále jsem popsal konkrétní neutralizační stanici na likvidaci chromových odpadních vod. Popisuji zde jakým způsobem je v současnosti provozována a jakým způsobem je likvidován zdraví škodlivý šestimocný chrom.

V další fázi navrhuji automatizaci celého provozu neutralizační linky pomocí programovatelného automatu. K tomuto účelu jsem si vybral automat od firmy SAIA PCD2. Řízenými hodnotami by bylo ovládání elektromagnetických ventilů, míchadel a čerpadel závislých na vstupních signálech a časových sekvencích. Vstupními hodnotami automatu by mohly být navržené snímače hladiny a pH. Program pro modul PCD byl vytvořen v grafických jazycích FUPLA a GRAFTEC. Program je rozdělen do dvou sekvenčních bloků, redukce a neutralizace. Funkčnost programu redukce i s vizualizací byla ověřena na fakultním "kufříkovém" provedení PCD.

Pro sledování chodu neutralizační linky by mohl sloužit program Control Web 2000. Je to objektově orientovaný vizualizační program s možností ukládání a vyhodnocování dat. V tomto programu byly vytvořeny dva vizualizační panely pro cyklus redukce a neutralizace.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] RŮŽIČKA, Jaroslav, FERĚŠ, Jaroslav.: Zneškodňování odpadních vod z provozů galvanických a chemických povrchových úprav kovů. 2. aktualizované vydání MŽP ČR Praha.
- [2] ŽÁČEK, L.: Chemické a technologické procesy úpravy vod. NOEL 2000, Brno 1999.
- [3] HRUŠKA, František: Technické prostředky automatizace. UTB ve Zlíně, 2001.
- [4] MARTINÁSKOVÁ, M., ŠMEJKAL, L.: Řízení programovatelnými automaty. *Skriptum ČVUT*, Praha 1998.
- [5] SAIA-Burgess Electronics: Hardware – Řady PCD1 a PCD2. Vydání 26/737 C5, 1998
- [6] HORNYCH, Jan: Aplikace PLC automatů pro řízení enzymatické hydrolýzy koželužských odpadů. *Diplomová práce*, Zlín 1999.
- [7] SAIA-Burgess Electronics: Úvod do PG5
- [8] BÍLÝ, R., CAGAŠ, P., CAGAŠ, R. : Contol Web 2000. Computer Press 1999.
- [9] HRUŠKA, František: Projektování systémů integrované automatizace. UTB ve Zlíně, 2001.
- [10] ŠMEJKAL, L., MARTNÁSKOVÁ, M.: PLC a automatizace. Nakladatelství BEN – technická literatura, Praha, 1999.

Internetové zdroje

- [11] Historie programovatelných automatů a jejich současné efektivní použití [online] dostupný z <http://www.automa.cz/automa/2003/au060306.htm>
- [12] WWW stránky fy. KOBOLD – vodivostní hladinový spínač [online] http://www.koboldmessring.com/_cz/index.htm
- [13] WWW stránky fy. JSP, s.r.o. Nová Paka
– pH sonda [online] <http://www.jsp.cz/files/k0354cpcz.pdf>
– vyhodnocovací jednotka [online] <http://www.jsp.cz/files/k0424cpcz.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PGU	Programming Unit – programovací jednotka
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory – elektricky vymazatelná programovatelná paměť pouze pro čtení
RAM	Random Access Memory – paměť s libovolným výběrem, náhodným přístupem
A/D	Analog/Digital – analogově digitální převodník
PLC	Programmable logic controller – programovatelný automat pro řízení technologických procesů
FUPLA	Grafický programovací jazyk
GRAFTEC	Grafický sekvenční programovací jazyk
FBox	(Function Box) Obdélník, reprezentující v jazyce FUPLA funkci
PPS	Polyfenylensulfid
MOSFET	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor – tranzistor řízený polem s hradlem izolovaným kyslíčkem
PG5	Programming Generation – nástroj, ve kterém jsou integrovány editory pro programovací jazyky
HTML	HyperText Markup Language – základní značkovací jazyk, ve kterém jsou psány internetové stránky a jejich vzhled
HTTP	HyperText Transfer Protocol – hypertextový přenosový protokol,
PCD	Process Control Device – programovatelné automaty fy SAIA

SEZNAM OBRÁZKŮ

obrázek 1 Schéma přímého čištění	10
obrázek 2 Schéma odstavného čištění	12
obrázek 3 Dispozice neutralizační stanice	15
obrázek 4 Blokové schéma neutralizační stanice	16
obrázek 5 Schéma automatizace redukce	19
obrázek 6 Schéma automatizace neutralizace	21
obrázek 7 Princip potenciometrického měření pH	23
obrázek 8 Umístění sondy v nádrži	23
obrázek 9 Vyhodnocovací jednotka pH	24
obrázek 10 Spojité měření	24
obrázek 11 Vícebodové sondy	25
obrázek 12 Hladinový snímač NEK	26
obrázek 13 Přímo ovládaný ventil	27
obrázek 14 Nepřímo ovládaný ventil	28
obrázek 15 Cyklus programu PLC	29
obrázek 16 Základní jednotka PCD2	31
obrázek 17 PCD2 bez krytu	32
obrázek 18 Editor FUPLA	35
obrázek 19 FUPLA neutralizační linky – hodnoty pH	36
obrázek 20 FUPLA neutralizační linky – ovládání nádrže P2	36
obrázek 21 Vzhled editoru GRAFTEC	37
obrázek 22 GRAFTEC program Redukce Cr	38
obrázek 23 Textový editor Control Web 2000	40
obrázek 24 Stromy viditelnosti a časování	41
obrázek 25 Editor vzhledu aplikace	41
obrázek 26 Paleta přístrojů	42
obrázek 27 Panel Redukce	43
obrázek 28 Panel Neutralizace	44
obrázek 29 Globální konstanty	45
obrázek 30 Globální proměnné	45

SEZNAM TABULEK

tabulka 1 Prvky stanice PCD	34
tabulka 2 Cenový rozpočet	48