

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA CHEMICKÉJ A POTRAVINÁRSKEJ
TECHNOLÓGIE**

Evidenčné číslo: FCHPT-123283-76954

**TVORBA VZDIALENÉHO HMI
V SCADA SYSTÉME PROMOTIC
PRE LABORATÓRNY EXPERIMENT
VSÁDZKOVEJ A MEMBRÁNOVEJ PROCESNEJ STANICE**

BAKALÁRSKA PRÁCA

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA CHEMICKÉJ A POTRAVINÁRSKEJ
TECHNOLÓGIE**

Evidenčné číslo: FCHPT-123283-76954

**TVORBA VZDIALENÉHO HMI
V SCADA SYSTÉME PROMOTIC
PRE LABORATÓRNY EXPERIMENT
VSÁDZKOVEJ A MEMBRÁNOVEJ PROCESNEJ STANICE**

BAKALÁRSKA PRÁCA

Študijný program: automatizácia, informatizácia a manažment v chémii a potravinárstve

Študijný odbor: 5.2.14. automatizácia, 5.2.52. priemyselné inžinierstvo

Školiace pracovisko: : Ústav informatizácie, automatizácie a matematiky

Vedúci záverečnej práce/školiťel': Ing. Richard Valo, PhD.

Bratislava 2017

Karol Kiš



ZADANIE BAKALÁRSKEJ PRÁCE

Študent: **Karol Kiš**
ID študenta: 76954
Študijný program: automatizácia, informatizácia a manažment v chémii a potravinárstve
Kombinácia študijných odborov: 5.2.14. automatizácia, 5.2.52. priemyselné inžinierstvo
Vedúci práce: Ing. Richard Valo, PhD.
Miesto vypracovania: Oddelenie informatizácie a riadenia procesov, FCHPT

Názov práce: **Tvorba vzdialeného HMI v SCADA systéme Promotic
pre laboratórny experiment
vsádzkovej a membránovej procesnej stanice**

Jazyk, v ktorom sa práca vypracuje: slovenský jazyk

Špecifikácia zadania:

Práca sa bude zaoberať tvorbou HMI v SCADA systéme Promotic od spoločnosti Microsys pre existujúci priemyselne riadený laboratórny experiment vsádzkovej a membránovej procesnej stanice pripojenej na priemyselný router od spoločnosti EWON.

SCADA je skratka pre "Supervisory Control And Data Acquisition", teda "dispečerské riadenie a zber dát". Obvykle sa tento pojem používa pre software, ktorý z centrálného pracoviska monitoruje priemyselné a iné technické zariadenia, a procesy umožňujúce ich ovládanie.

Rozhranie človek-stroj je časť stroja, ktoré sprostredkúva interakciu medzi človekom a strojom. Klávesnice, kontrolky a dotykové obrazovky sú príklady fyzickej časti rozhrania človek-stroj, ktoré môžeme vidieť aj sa ich dotknúť.

V zložitých systémoch je rozhranie človek-stroj v elektronickej podobe. Termín "Human Machine Interface" sa vzťahuje na tento druh systému.

Úlohy:

- oboznámenie sa s laboratórnym experimentom
- tvorba vzdialeného HMI v SCADA systéme Promotic
- spoznajznenie komunikácie medzi HMI a laboratórnym experimentom

Rozsah práce: 25

Riešenie zadania práce od: 13. 02. 2017

Dátum odovzdania práce: 14. 05. 2017

Karol Kiš

študent

prof. Ing. Miroslav Fikar, DrSc.

vedúci pracoviska

prof. Ing. Miroslav Fikar, DrSc.

garant študijného programu

Pod'akovanie

Touto cestou by som sa chcel poďakovať školiteľovi Ing. Richardovi Valovi, PhD. za vedenie a pripomienky pri tvorbe bakalárskej práce.

Abstrakt

Táto práca sa zaoberá vytvorením vzdialeného SCADA/HMI pre laboratórny experiment vsádzkovej membránovej procesnej stanice. Na vytvorenie SCADA/ HMI bol použitý systém PROMOTIC. Komunikáciu medzi procesom a vizualizáciu zabezpečuje priemyselný router eWON. V prvej časti sa práca venuje SCADA programom a zameraním sa na systém PROMOTIC. V ďalšej časti je popísané fungovanie laboratórneho experimentu, kde je nevyhnutné vysvetliť membránovú filtráciu pre pochopenie procesu a správne vytvorenie SCADA/HMI. V praktickej časti práca opisuje postupné vytvorenie vzdialeného SCADA/HMI, čo bol zároveň hlavný cieľ práce. Vizualizácia obsahuje všetky potrebné vlastnosti, aby bola používaná spolu s experimentom vsádzkovej procesnej stanice pre zjednodušenie používania a sprehľadnenie tohto zariadenia. Zároveň táto práca môže slúžiť ako edukačný materiál pre úvod do fungovania procesnej membránovej stanice aj ako návod pre vytvorenie SCADA/HMI pre ďalšie laboratórne experimenty.

Kľúčové slová: SCADA; HMI; PROMOTIC

Abstract

This work deals with the creation of a remote SCADA/HMI for a laboratory batch membrane process station experiment. The PROMOTIC system was used to create SCADA / HMI. The eWON industrial router provides communication between the process and visualization. The first part is devoted to the SCADA program and focusing on the PROMOTIC system. The following part describes the functioning of a laboratory experiment where it is necessary to explain membrane filtration to understand the process and to correctly create a SCADA/HMI. In the practical part, the work describes the gradual creation of a remote SCADA / HMI, which was also the main goal of the work. The visualization contains all the necessary features to be used in conjunction with the batch process station experiment, for ease of use and clarity of the device. At the same time, this work can serve as an educational material for introducing the functioning of the process membrane station as well as guidance for creating SCADA/HMI for further laboratory experiments.

Key words: SCADA; HMI; PROMOTIC

Obsah

Zoznam ilustrácií	14
Zoznam tabuliek	15
Zoznam skratiek a značiek	16
Slovník termínov	17
Úvod	18
Ciele práce	19
1 SCADA/HMI	20
1.1 Zloženie.....	20
1.2 Funkčnosť systému	21
1.2.1 Kontrola prístupu	21
1.2.2 Grafické prostredie	21
1.2.3 Sledovanie dát.....	22
1.2.4 Alarmovanie	22
1.2.5 Komunikácia s okolím.....	22
1.2.6 Web.....	22
1.3 PROMOTIC	23
1.3.1 Oblasti nasadenia	23
1.3.2 Licencie	23
1.3.3 Komunikačné prostriedky.....	24
1.3.4 Editor aplikácie.....	24
1.3.5 Editor obrazov	25
1.3.6 PROMOTIC dokumentácia	26
1.4 Iné SCADA systémy	26
1.4.1 SIMATIC WinCC.....	26
1.4.2 InTouch.....	26

1.4.3	Genesis32.....	27
1.4.4	Reliance	27
2	Vsádzková a membránová procesná stanica	28
2.1	Princíp použitia	29
2.2	Membránové separačné procesy	30
2.2.1	Spôsoby filtrácie	31
2.2.2	Membrány a ich vlastnosti.....	32
2.2.3	Membránové procesy.....	33
2.3	eWON	35
3	Tvorba vzdialeného HMI v SCADA.....	37
3.1	Práca s premennými.....	37
3.2	Vytvorenie vizualizácie.....	41
3.3	Trendy	44
3.4	Alarmy	45
3.5	Archivácia	47
3.6	Web	49
4	Záver.....	51
	Zoznam použitej literatúry.....	52
	Prílohy	54

Zoznam ilustrácií

Obrázok 1: Časti SCADA systému	21
Obrázok 2: Editor aplikácie	25
Obrázok 3: Editor obrazov	25
Obrázok 4: Vsádzková a membránová procesná stanica.....	28
Obrázok 5: Technologická schéma vsádzkovej membránovej a procesnej stanice	29
Obrázok 6: Schéma membránového deliaceho zariadenia	30
Obrázok 7: Metóda DEF.....	31
Obrázok 8: Metóda CFF	31
Obrázok 9: Priepustnosť membrán vzhľadom k veľkosti pórov	33
Obrázok 10: Pripojenie PLC k modemu eWON	35
Obrázok 11: Vizualizácia ViewON v internetovom prehliadači.....	36
Obrázok 12: Zoznam premenných v systéme PROMOTIC	38
Obrázok 13: Nastavenie protokolu Modbus	39
Obrázok 14: Povolenie protokolu Modbus v zariadení eWON.....	40
Obrázok 15: Pridanie komunikácie premenným	40
Obrázok 16: Vizualizácia v systéme PROMOTIC	41
Obrázok 17: Vizualizácia v systéme WinCC	41
Obrázok 18: Zobrazovanie popisov.....	42
Obrázok 19: Zmena farby objektu pri zmene hodnoty premennej.....	43
Obrázok 20: Prepojenie farby na hodnotu premennej	43
Obrázok 21: Povolenie animácie miešadla R1	43
Obrázok 22: Prepojenie premenných s trendami.....	44
Obrázok 23: Zobrazenie vyskakujúceho okna s trendami.....	45
Obrázok 24: Vyvolanie alarmu a zmena farby tlačidla	46
Obrázok 25: Nastavenie farby tlačidla alarmov	47
Obrázok 26: Povolenie exportu údajov do csv súboru	47
Obrázok 27: Ukladanie do databáze dBase	48
Obrázok 28: Volanie udalosti pomocou tlačidla	48
Obrázok 29: Objekt PmWeb.....	49
Obrázok 30: Povolenie ako WEB komponentu.....	49
Obrázok 31: Aplikácia PROMOTIC spustená cez internetový prehliadač	50

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1: Používané tlaky a veľkosti pórov pre membránové procesy využívajúce zvýšený tlak.....	35
Tabuľka 2: Premenné z PLC zobrazované v SCADA systéme, príslušná zobrazovaná jednotka a číselný formát	37
Tabuľka 3: Farby typov alarmov a ich príslušný stav	46

Zoznam skratiek a značiek

CFF	Cross-Flow Filtration	Spôsob filtrácie
DEF	Dead-End Filtration	Spôsob filtrácie
HMI	Human Machine Interface	Rozhranie človek – stroj
I/O	Input/ Output	Vstup/ výstup
MF	Microfiltration	Mikrofiltrácia
NF	Nanofiltration	Nanofiltrácia
OS	Operating System	Operačný systém
PLC	Programmable Logic Controller	Programovateľný logický automat
RO	Reverse Osmosis	Reverzná osmóza
RTU	Remote Terminal Unit	Jednotka vzdialeného prenosu
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	Dispečerské riadenie a zber dát
UF	Ultrafiltration	Ultrafiltrácia

Slovník termínov

SCADA je skratka pre dispečerské riadenie a zber dát. Jedná sa o kompletný systém komunikácie a zobrazovania. Používaný je najčastejšie v priemysle na úrovni supervízora, pretože sa nejedná o plnohodnotný riadiaci systém.

HMI je rozhranie medzi človekom a strojom. HMI zahŕňa elektrické komponenty na signalizáciu a riadenie automatizovaných systémov, čím sa vytvára spojenie operátorom a riadením priemyselných systémov. Zvyčajne je súčasťou SCADA systému.

PLC je programovateľný logický automat, upravený pre náročné podmienky priemyslu, kde je potrebná vysoká odolnosť a spoľahlivosť pri minimálnej údržbe. Medzi jeho hlavné prednosti patrí flexibilita hardvéru tak aj softvéru. Využíva sa hlavne vo výrobných procesoch pri riadení výrobných liniek, robotických zariadení, strojov alebo procesov s jednoduchou logikou.

RTU pri SCADA systémoch je zariadenie, ktoré zhromažďuje a formátuje dáta a posiela ich na centrálnu stanicu. RTU sú vybavené vstupnými kanálmi na snímanie alebo meranie, výstupnými kanálmi na ovládanie, indikačnými alebo poplašnými signálmi a komunikačným portom.

Modbus je otvorený protokol pre komunikácie medzi rôznymi zariadeniami rôznymi sieťami a zbernicami. Dátové správy sú posielané medzi klientom a serverom „master and slave“.

Permeát je roztok vychádzajúci z filtrácie, ktorý neobsahuje častice, ktoré neprešli cez filter alebo membránu.

Retentát je roztok vychádzajúci z filtrácie, ktorý obsahuje častice, ktoré neprešli cez filter alebo membránu.

Osmóza je typ pasívneho transportu, pri ktorom prestupuje rozpúšťadlo cez polopriepustnú membránu z priestoru s menej koncentrovaným roztokom do priestoru s koncentrovanejším roztokom.

Trend je vizualizácia hodnôt premenných najmä vzhľadom na časovú os vo forme postupnosti bodov alebo čiar.

Úvod

SCADA systémy, systémy dispečerského riadenia a zberu dát sa stali obrovskou súčasťou monitorovania a riadenia priemyselných technologických systémov ako sú elektrárne, výrobné linky alebo výmenníkové stanice. Typický SCADA systém pozostáva z HMI, čo symbolizuje rozhranie medzi človekom a strojom a jedného alebo viacerých PLC automatov. Ku PLC sú pripojené senzory a akčné členy, má vlastnú pamäť do ktorej ukladá údaje zo senzorov a posiela ich do HMI. Rozhranie HMI predstavuje rozhranie medzi systémom a jeho užívateľom. Toto grafické rozhranie zabezpečuje intuitívnu vizualizáciu technologického procesu. Používateľ môže ovládať parametre systému pomocou virtuálnych tlačidiel, nastaviť rôzne poplachy, ktoré sa majú aktivovať určitými udalosťami atď.

Pri riadení procesov uvažujúc veľké automatizované výrobné haly s niekoľkými strojmi a procesmi nie je potrebné, aby bol prítomný supervízor pri každom z nich. Namiesto toho sú údaje posielané do vzdialeného dispečerského centra, kde má dispečer prehľad o každom z procesov pomocou HMI a v prípade potreby má možnosť do týchto procesov aj zasiahnuť. Navyše údaje o procesoch využívajú aj analytici či manažéri pre kontrolu či optimalizáciu výroby. Za pomoci moderných SCADA systémov nie je potrebné, aby boli fyzicky prítomný pri výrobe, ale dáta sa im zobrazujú v ich počítači, tablete či smartfóne.

Pre vytvorenie vzdialeného SCADA/HMI systému bol zvolený laboratórny experiment vsádzkovej membránovej a procesnej stanice. Toto zariadenie využíva membránové procesy používané na filtráciu a ďalšie prečisťovanie kvapalín využívajúc filtre pre ultrafiltráciu, nanofiltráciu a reverznú osmózu. Membránové separácie dokážu separovať častice, ktoré sú molekulárnej veľkosti, čím dokáže splniť veľký počet separačných potrieb. Aby sa dosiahli ciele separácie, nie je potrebná ani zmena fázy. Tieto procesy nie sú samovoľné a vyžadujú hnaciu silu, čo je vo väčšine prípadov zvýšený tlak. Membránové separačné procesy sa používajú na dennej báze vo veľkej časti priemyslu ako je potravinársky, chemický či farmaceutický priemysel. Časté využitie je odsolovanie morskej vody a prefiltrovanie na pitnú vodu.

Toto zariadenie je vo svojej podstate veľmi jednoduché. Nepotrebuje náročnú údržbu čím ponúka prevádzku s nízkou úrovňou údržby. Jednoduchými možnosťami riadenia sa stáva veľmi vhodným zariadením pre názornú implementáciu vzdialeného SCADA/HMI systému PROMOTIC. Pre komunikáciu medzi PLC automatom a SCADA systémom bol využitý priemyselný router eWON. Modbus je jeden z najpoužívanejších komunikačných protokolov

SCADA systémov. Použitím protokolu Modbus je zabezpečené prenášanie dát medzi HMI a PLC.

Systém PROMOTIC je vhodným výberom pre takýto typ práce, pretože obsahuje predpripravené konfigurácie na väčšinu známych komunikačných protokolov. Disponuje rozsiahlou knižnicou grafických prvkov a funkcií pre vytvorenie HMI, napodobňujúc zjednodušený reálny experiment. Veľkým prínosom pre túto prácu je možnosť vytvorenia vlastného web servera pomocou počítača, vďaka ktorému je možno vytvorenú aplikáciu v systéme PROMOTIC zobrazovať cez akýkoľvek internetový prehliadač, čím sa dosahuje vzdialené riadenie a monitorovanie procesov.

Ciele práce

Cieľom tejto práce je vytvorenie vzdialeného HMI v SCADA systéme PROMOTIC pre laboratórny experiment vsádzkovej a membránovej procesnej stanice.

Tento hlavný cieľ možno rozdeliť nasledovne:

- Oboznámenie sa s laboratórnym experimentom.
- Tvorba vzdialeného HMI v SCADA systéme PROMOTIC
- Spojazdenie komunikácie medzi HMI a laboratórnym experimentom

Opísaním laboratórneho procesu sa očakáva pochopenie procesu na základnej úrovni, aby aj čitateľ neznalý daného experimentu pochopil funkčnosť HMI. Pri tvorbe HMI je potrebné využiť možnosti systému PROMOTIC, ktoré zjednodušia používanie laboratórneho experimentu, ako je zavedenie používania trendov alebo alarmov. Komunikácia pre laboratórny experiment využíva router eWON, s ktorým je potrebné pracovať aj v našom prípade.

1 SCADA/HMI

Vizualizačné systémy, známe ako SCADA/HMI, sú nástroje, pre vytváranie programov na ovládanie, kontrolu, sledovanie a dokumentovania činnosti strojov, PLC, regulátorov, procesov, senzorov či celých výrobných hál alebo elektrární. V dnešnej dobe je to už neodmysliteľná súčasť každého výrobného operátorského centra v rôznych priemyselných odvetviach, no aj pri riadení distribučných a dopravných sietí, či v laboratóriách. Vďaka SCADA systémom má operátor kontrolu nad sledovanými veličinami.

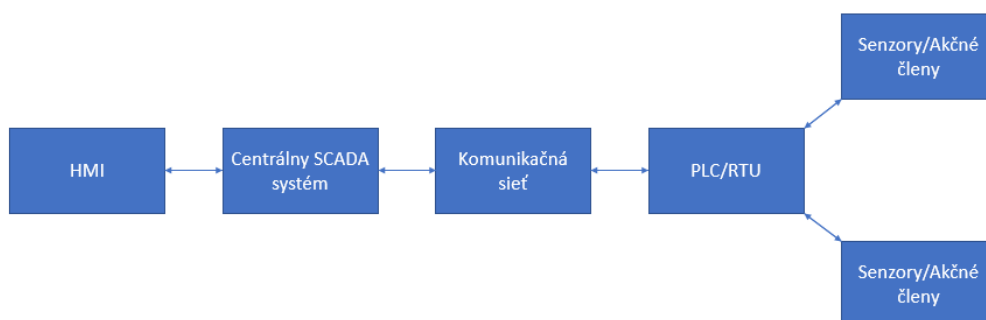
SCADA systémy možno rozdeliť na základe použitia na dve skupiny:

- **Vývojová verzia**, kde programátor vytvára kompletnú vizualizáciu, nastavuje komunikáciu, prideluje užívateľské práva a podobne.
- **Runtime verzia** je určená pre koncového užívateľa, ktorý nezasahuje do funkčnosti systému, ale využíva funkčnú verziu systému.

1.1 Zloženie

Časti bežného SCADA systému (Obrázok 1):

- Senzory / akčné členy.
- PLC, RTU.
- Komunikačné prostredie.
- Centrálny SCADA systém.
- HMI.



Obrázok 1: Časti SCADA systému

Senzory a akčné členy, I/O (z anglického Inputs/Outputs), si vymieňajú informácie o procesoch s PLC alebo RTU ku ktorým sú pripojené. Komunikačné prostredie je zvyčajne zmesou rádiových pripojení a priameho káblového zapojenia. V prípade veľkých a zložitých systémov, ako sú elektrárne, sa zvyčajne používajú optické siete, ktoré používajú optické vlákna. Spracované dáta z PLC, RTU sú preposielané cez centrálny SCADA systém do grafického prostredia HMI v kontrolných miestnostiach. Pri menších systémoch je centrálnym systémom počítač, avšak pri tých väčších sa používajú viaceré servery, softvérové aplikácie a systémy pre obnovu dát.

1.2 Funkčnosť systému

1.2.1 Kontrola prístupu

Užívatelia sú rozdelení do skupín, kde sú jednotlivým skupinám priradené práva na čítanie a editáciu obsahu. Užívatelia sa prihlasujú pod jednotlivými účtami vyžadujúcimi heslo. Správnym rozdelením práv skupinám je z veľkej časti eliminovaný faktor ľudského zlyhania.

1.2.2 Grafické prostredie

Prostredie často pozostáva z viacerých obrazoviek a okien, medzi ktorými je možné prepínať. Je to kombinácia grafických prvkov a textu. Tieto prvky môžu byť navrhnuté užívateľom alebo uložené v preddefinovanej knižnici z ktorej sa metódou „drag and drop“ (z

anglického potiahni a pusti) aplikujú do samotného prostredia [1]. Úpravou vlastností si ich užívateľ môže prispôbiť podľa svojich požiadaviek..

1.2.3 Sledovanie dát

Dáta možno zobrazovať využitím grafických objektov, ktoré obrazne zobrazujú reálne prvky alebo pomocou tabuliek a grafov. Z dlhodobého hľadiska je potrebné, aby tieto údaje boli archivované, prípadne bola možná spätná kontrola vývoju hodnôt. Preto je výhodné ak program podporuje ukladanie údajov do databáz ako napríklad MS Excel, SQL Server, XML databázy.

1.2.4 Alarmovanie

Z bezpečnostného hľadiska a pre efektivitu výroby je potrebné, aby kritické veličiny boli sledované a pri prekročení spodnej alebo hornej zadanej hodnoty bol vyvolaný alarm. Najlepšia kombinácia pre alarm je, keď je vybavený zvukovou stopou aj grafickou zmenou v ovládacom paneli. Grafickou zmenou môže byť blikanie hodnôt, vyskočené okno informujúce o danej poruche alebo zasvietenie červeného, či iného svetla znázorňujúcu alarm. Zvyčajne je potrebné pre kvitovanie alarmu, aby operátor potvrdil, že je o danom probléme informovaný.

1.2.5 Komunikácia s okolím

SCADA systémy komunikujú s okolím pomocou priemyslových liniek ako sú RS-232, RS-485, Profibus, atď. V dnešnej dobe je častejšie využívaná komunikácia počítačovej siete typu Ethernet. Na týchto linkách spravidla prebieha komunikácia prostredníctvom štandardizovaných komunikačných protokolov ako Modbus, M-BUS, S7, SNMP, BACnet [2].

1.2.6 Web

Podpora Web technológie umožňuje otvorenie aplikácie cez akýkoľvek internetový prehliadač bez nutnosti mať nainštalovaný daný softvér v zariadení. Touto technológiou sa otvárajú dvere vzdialenému prístupu aj s využitím tabletov a smartfónov. Štúdia dokázala, že displeje, ktoré slúžia iba na monitorovanie funkcionality, sú vhodnými pre webové používateľské rozhranie [3].

1.3 PROMOTIC

PROMOTIC je produktom českej spoločnosti MICROSYS. Je to komplexný objektový softvérový nástroj pre tvorbu aplikácií, ktoré monitorujú, riadia a zobrazujú technologické procesy v rôznych oblastiach priemyslu. [2]

Vývoj aplikácie začal už od roku 1991. V súčasnosti je dostupná stabilná verzia 8.3.19, pričom vývoj aplikácie stále pokračuje a je dopĺňaná novými technologickými trendami v oblasti informatiky a automatizácie, aby vyhovela požiadavkám užívateľom a udržala potrebný technologický štandard. Vzhľadom na nové aktualizované verzie, systém PROMOTIC nespĺňa tieto verzie a je možné si ich bezplatne stiahnuť z webu stránky PROMOTIC. Podporované platformy pre verziu 8.3 sú OS Windows 10/8/7/Vista/XP/Embedded/2003-12Server. Vývojové prostredie je dostupné v jazykoch angličtina, čeština, poľština. Pri runtime móde sú jazyky slovenčina, čeština, angličtina, poľština, ruština, maďarčina, nemčina a francúzština.

1.3.1 Oblasti nasadenia

Otvorenosť programu a jeho prispôsobenie požiadavkám užívateľa umožňuje použitie takmer v akejkoľvek priemyselnej oblasti, ako sú napríklad:

- Energetika – elektrárne, rozvodne.
- Hutníctvo – pece, valcovacie trate.
- Chemický priemysel, petrochemický priemysel.
- Potravinársky priemysel – pivovary, cukrovary.

Avšak použitie nie je limitované len pre priemysel. Systém umožňuje meranie a reguláciu odberu energií, čiže je možné ho aplikovať aj do domácností alebo správu iných budov. Taktiež, ako v nasledujúcich častiach tejto práce dokážeme, je možné využitie pri laboratórnych procesoch a školstve.

1.3.2 Licencie

PROMOTIC od verzie 8 je možné stiahnuť ako freeware verziu, teda zadarmo. Obmedzením tejto freeware licencie je veľkosť aplikácie a obmedzený počet obrazov. Bezplatná runtime licencia PmRtFree je obmedzená do 30 premenných a 10 grafických obrazov. Bezplatné vývojové prostredie PmDevFree je obmedzené až 100 premennými a hodinovou runtime

verziou. Táto cenová politika umožňuje si vyskúšať všetky možnosti systému bez obmedzení. Je vhodná pre začiatočníkov a aj pre menšie aplikácie. Pri väčších projektoch je potrebné si zakúpiť licenciu.

1.3.3 Komunikačné prostriedky

Pre vytvorenie SCADA systému je nevyhnutnosťou, aby bol zabezpečený zber dát z externých zdrojov. Systém PROMOTIC dokáže komunikovať s mnohými PLC automatmi: Siemens Simatic, SAIA, Mitsubishi, Allen-Bradley DF1, Koyo, Omron, a ďalšími.

Okrem zabudovaných ovládačov rôznych komunikačných protokolov M-BUS, Modbus, PROFIBUS, BACnet, Dali, atď., podporuje štandardné rozhrania typu XML, ActiveX, OPC, DDE, atď.[4]

Akýmsi štandardom pri použití SCADA systémov sa stala aj tvorba decentralizovaných aplikácií v sieťach Intranet a Internet. PROMOTIC umožňuje vďaka integrovanému WEB serveru sprístupnenie grafických obrazov pre zariadenia s webovým prehliadačom protokolmi HTTP a TCP/IP.

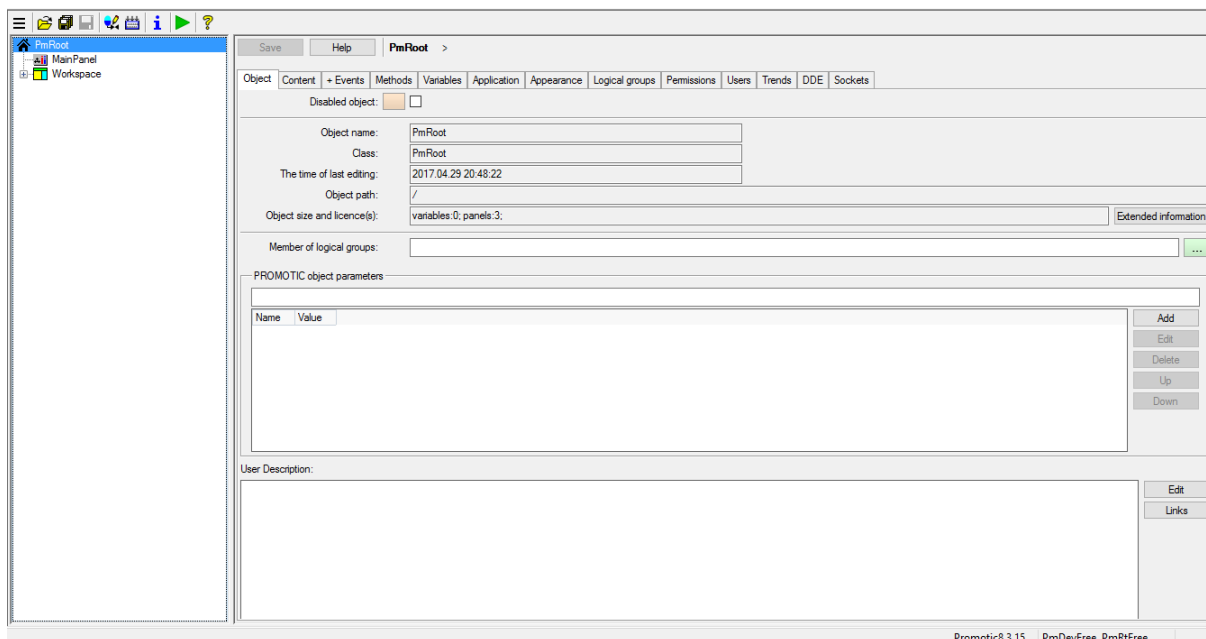
Nezanedbateľný je aj prístup k databázam, ktoré PROMOTIC podporuje: dBase, MS SQL Server, Oracle, MySQL, FireBird, Microsoft Access, Excel, Calc, PARADOX, SYBASE. Prístup k týmto databázam je pomocou objektov PmAdo a PmDatabase [2].

1.3.4 Editor aplikácie

Editor aplikácie (Obrázok 2) je nástroj pre tvorbu aplikácie v systéme PROMOTIC. Je to základné okno s ktorým sa užívateľ stretne pri tvorbe aplikácie.

Na ľavej strane sa zobrazuje stromová štruktúra PROMOTIC objektov „Okno stromu objektov“ začínajúca koreňovým objektom PmRoot. Pridávaním objektov zo zoznamu sa vytvára celý strom aplikácie, kde je na výber všetko podstatné na správne fungovanie, ako je komunikácia, tabuľky pre premenné veličiny, nastavenie alarmov, či vkladanie trendov.

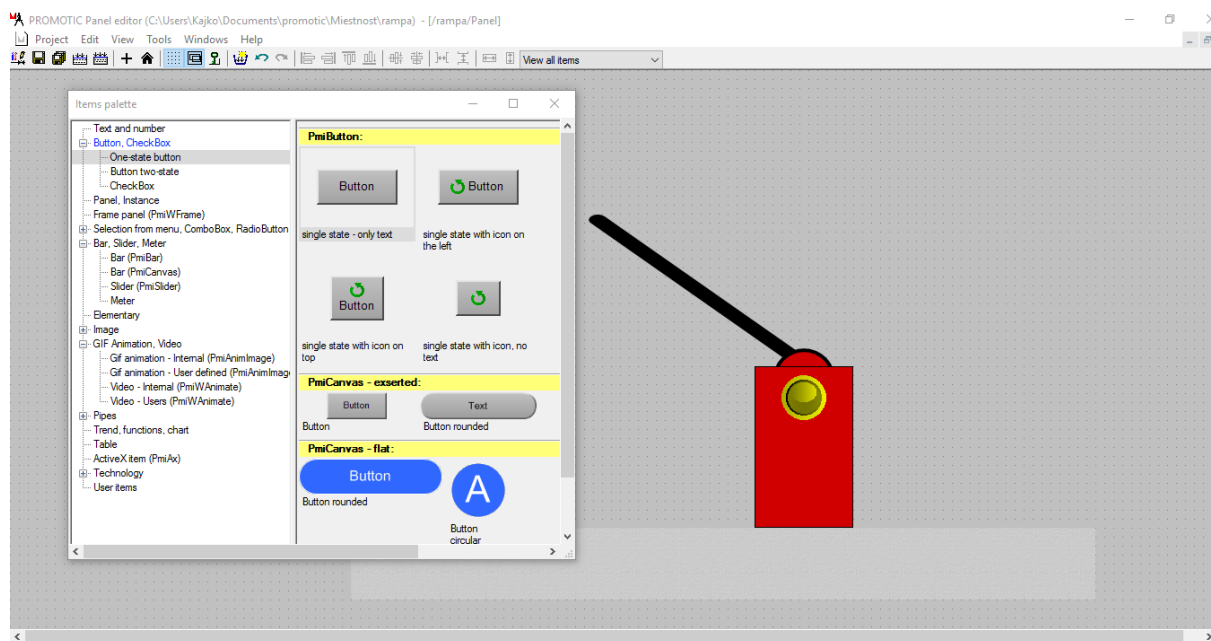
Na pravej strane sa zobrazuje okno otvoreného objektu „Okno definovania objektov“ kde upravujeme jednotlivé vlastnosti, definujeme algoritmy a funkčnosť. Udalosti sú zapisované jazykmi VBScript so syntaxou Visual Basic a JavaScript, kde môžeme pristupovať k jednotlivým premenným, metódam alebo iným objektom, ktoré je možné prepájať.



Obrázok 2: Editor aplikácie

1.3.5 Editor obrazov

Editor obrazov (Obrázok 3) je komponent určený k navrhovaniu grafickej časti obrazov aplikácie. V rozsiahlych knižniciach je na výber množstvo preddefinovaných prvkov ako sú tlačidlá, obrázky, GIF animácie, meracie a znázorňujúce prvky, tabuľky, prvky ActiveX, atď. Tieto stačí napojiť na určitú premennú a vizualizácia je oživená. Navyše grafický prvok PmiCanvas umožňuje nakresliť si vlastné tvary pomocou skriptu JavaScript.



Obrázok 3: Editor obrazov

1.3.6 PROMOTIC dokumentácia

Internetová stránka PROMOTIC-u [2] obsahuje aj dokumentáciu pre aktuálnu najnovšiu verziu systému. Nachádzajú sa v nej vysvetlenia pre všetky časti systému. Okrem toho táto dokumentácia obsahuje aj novinky alebo základnú učebnicu, pre prvé kroky vytvárania aplikácie a oboznámenia sa so systémom. Túto dokumentáciu obsahuje aj samotný program. Pri vytváraní bakalárskej práce bola použitá aj táto dokumentácia. V prípade potreby je možné zdieľať problém na fóre, kde aktívne pomáhajú tvorcovia systému alebo je možné ich priamo kontaktovať.

1.4 Iné SCADA systémy

Nasledujúca časť obsahuje krátky prehľad niektorých systémov ponúkajúcich alternatívu pre tvorbu a implementáciu vizualizácií k systému PROMOTIC. Základné funkcie majú všetky programy obdobné. Líšia sa však použitím skriptovacieho jazyka, možnosťami komunikácie cez rôzne zbernice, či knižnicami. Taktiež nezanedbateľný faktor pre výber softvéru je cena. Niektoré programy sú dostupné ako voľne stiahnuteľné alebo obmedzené voľne stiahnuteľné verzie, pri iných sa môže byť cena ž niekoľko tisíce eur.

1.4.1 SIMATIC WinCC

Jedná sa o systém spoločnosti Siemens. Beží pod operačným systémom Windows. Je to moderný systém s veľmi atraktívnym používateľským prostredím a veľkou otvorenosťou pre pripojenia, tvorbu a spravovanie akéhokoľvek procesu. Aktuálne najnovšia verzia V7.4 a jej webové prostredie WebUX bolo vyvinuté pre akékoľvek mobilné zariadenie podporujúce HTML 5 internetový prehliadač. Je to vhodný softvér pre výrobnú ale aj procesnú automatizáciu s rýchlym spracovaním veľkých dát.

1.4.2 InTouch

Wonderware InTouch je jeden z najobľúbenejších softvérov v hodnotení používateľov. Toto je pravdepodobne zapríčinené veľmi dobre zvládnutým grafickým prostredím v ktorom je možné vytvárať od jednoduchých tvarov až po komplexné obrazce z nich zložené. Okrem bohatých knižníc je možné využívať celú radu komponentov tretích strán. Wonderware Historian Server je databáza pre spracovanie distribuovaných historických dát. Prenos dát je sprostredkovaný hlavne I/O Wonderware servermi.

1.4.3 Genesis32

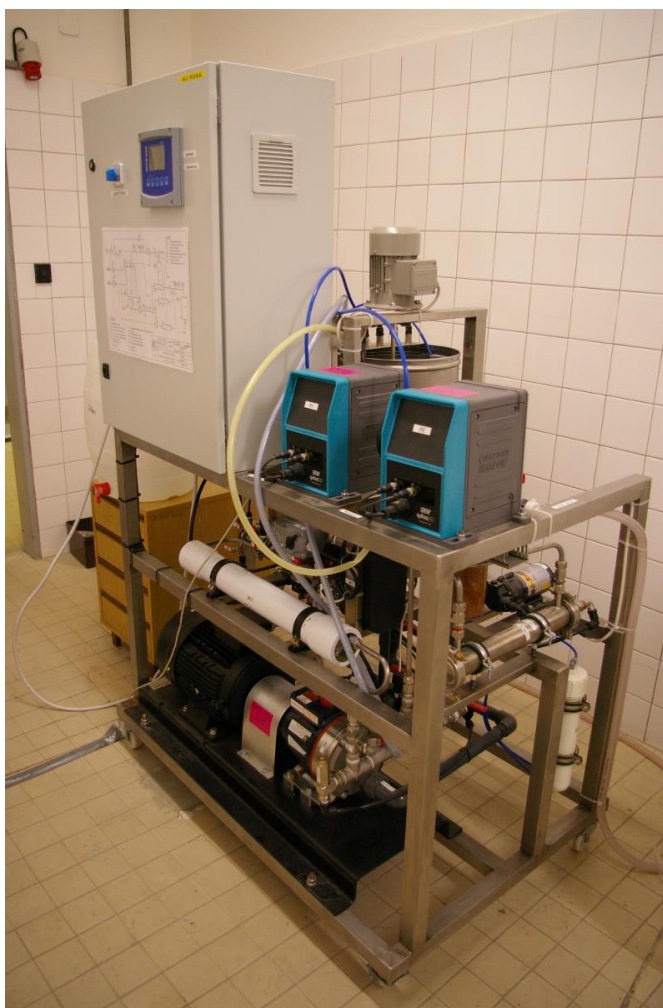
Iconics GENESIS32 je kompletný 32-bitový HMI/SCADA systém priemyselnej automatizácie. Je postavený na obecných štandardoch poskytujúcich maximálnu otvorenosť systému, jeho modifikovateľnosť a škálovateľnosť. Nová verzia zahŕňa aj výkonnú technológiu data-mining na získavanie údajov a integráciu, ktorá umožňuje vizualizáciu a spravovanie dát v reálnom čase použitím MS SQL Server, SAP, Oracle alebo OPC.

1.4.4 Reliance

Reliance je profesionálny SCADA/HMI, vyvíjaný firmou GEOVAP. Systém je určený pre monitorovanie a ovládanie najrôznejších priemyselných technológií a automatizácii budov. Dáta sú získavané z riadiacich alebo telemetrických systémov, ukladané do databáz a prezentované koncovým užívateľom grafickou formou schém, grafov, tabuliek. Reliance obsahuje nástroj pre diagnostiku projektu, ktorý upozorňuje na neplatné väzby alebo chyby syntaxe. Reliance 4 Web Client je určený k zobrazeniu vizualizácie v sieti Internet technológiou Java [5].

2 Vsádzková a membránová procesná stanica

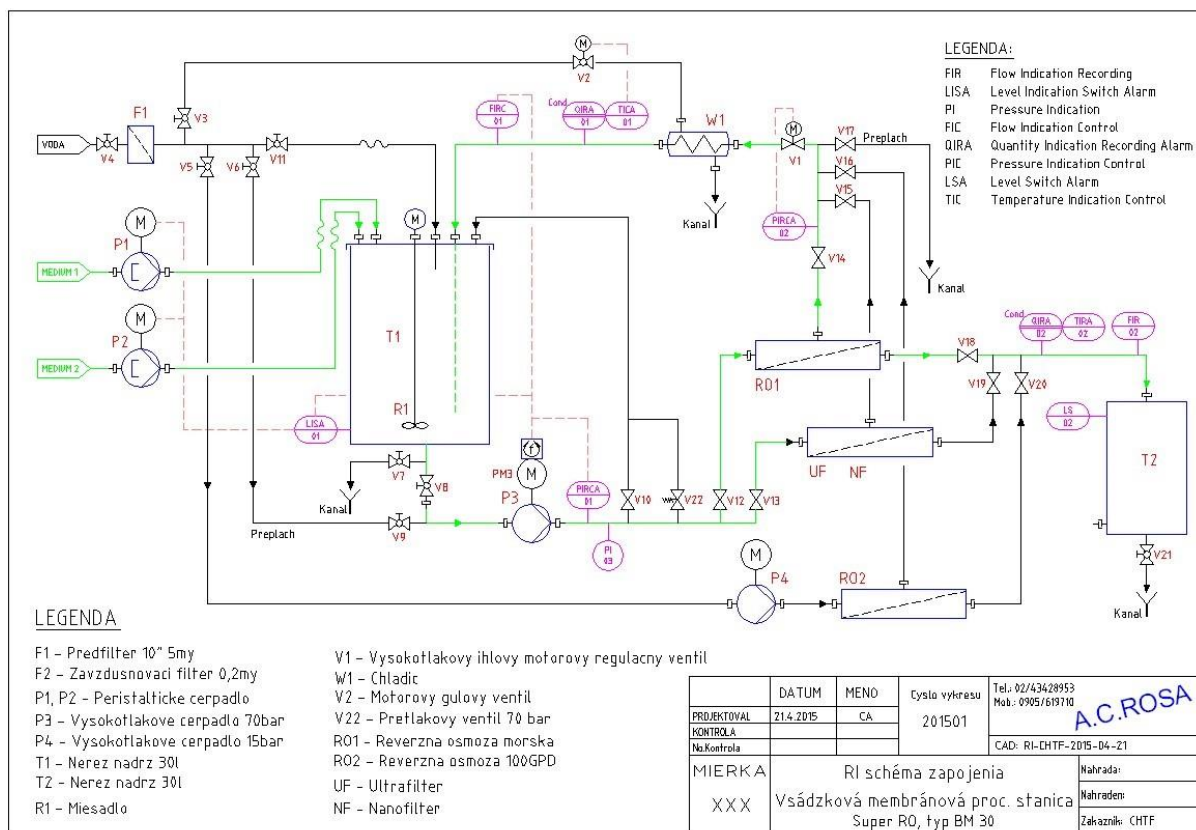
Vsádzková a membránová procesná stanica (Obrázok 4) je mnohoúčelové zariadenie využívajúce filtráciu a separáciu vody a rôznych kvapalných roztokov použitím membránovej separácie. Na separáciu využíva ultrafiltráciu, nanofiltráciu a reverznú osmózu. K zariadeniu je pripojené PLC, programovateľný logický automat, S7 300 od spoločnosti Siemens, vizualizácia v programe WinCC taktiež od spoločnosti Siemens a počítačová operátorská stanica, ktorá sa používa na návrh riadenia a zber dát z rozličných senzorov. Na komunikáciu medzi PLC a vizualizáciou sa využíva router od spoločnosti eWON.



Obrázok 4: Vsádzková a membránová procesná stanica

2.1 Princíp použitia

Nasledujúci proces je popísaný na základe priloženého technologického výkresu vsádzkovej membránovej procesnej stanice (Obrázok 5).



Obrázok 5: Technologická schéma vsádzkovej membránovej a procesnej stanice

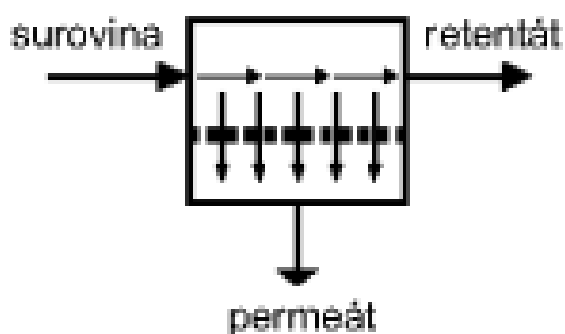
Do zariadenia je možné privádzať dve média pomocou peristaltických čerpadiel P1 a P2, ktoré prúdia do zásobníka T1. Do zásobníka je možné privádzať aj vodu cez filter F1 alebo priamo do membrány reverznej osmózy RO2. Všetky ventily s výnimkou V1 a V2 sú manuálne, a preto treba dávať pozor, kedy je ich potrebné otvoriť. Zásobník T1 je vybavený miešadlom R1, čím je zabezpečené kontinuálne premiešavanie suroviny. Kontinuálnym snímaním hladiny v zásobníku, pomocou sledovania hydrostatického tlaku snímačom LISA01, sú ovládané čerpadlá P1 a P2. K zásobníku T1 alebo k potrubiu vstupujúcej vody je pripojené vysokotlakové čerpadlo P3. Pre reverznú osmózu RO1, pri ktorej sa vyžadujú vysoké tlaky do 70 bar a pre ultrafiltráciu a nanofiltráciu, kedy je tlak do 40 bar. Nerezový servoventil V1 je ovládaný tlakmi na vstupe PIRCA01 a výstupe PIRCA02 pomocou automatizovaného elektromotora. Za týmto ventilom sa nachádza výmenník tepla W1, ktorý slúži na schladenie vracajúceho sa retentátu do tanku T1 vstupnou vodou. Chladiaca voda do výmenníka W1 je

riadená motorovým ventilom V2 pomocou snímača teploty TICA01 vracajúceho sa filtrátu. Na spätnej vetve sa sleduje a prípadne riadi prietok pomocou prietokomeru FIRC01 a vodivosť snímačom QIRA01. Vodivosť výstupného permeátu je meraná pomocou snímaču QIRA02, teplota pomocou snímaču TIRA02 a prietok snímačom FIR02. Permeát vstupuje do nerezovej nádrže T2. Táto nádrž je vybavená plavákovým spínačom LS02 riadiacim čerpadlá P3 a P4, ktoré posielajú médium cez membránové filtre.

2.2 Membránové separačné procesy

Membránová technológia sa v poslednej dekáde stala dôstojnou technológiou separácie, pre vytvorenie vysoko kvalitných výrobkov v chemickom, potravinárskom, biotechnologickom alebo farmaceutickom priemysle. Membránové separačné procesy sa používajú k rozdeľovaniu homogénnych, heterogénnych kvapalných zmesí a roztokov, plyných zmesí a suspenzií tuhých častíc mikroskopických rozmerov (menších ako $1 \cdot 10^{-5}$ m) [7]. Tieto procesy sú založené na prítomnosti selektívne priepustných membrán ako separačných bariér. Keďže membránová filtrácia nie je samovoľný proces, je potrebná externá sila, ktorá zabezpečí prechod látok cez membránu. Takýmito silami sú hlavne rozdiel tlakov a koncentračný rozdiel. Pri membránovej procesnej stanici sa využíva zvýšený tlak pomocou čerpadiel.

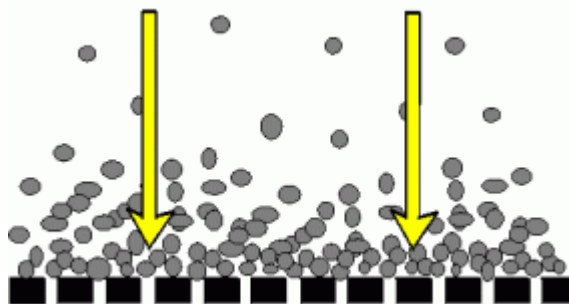
Produktom membránovej filtrácie je permeát (filtrát), čistá kvapalina alebo kvapalina s malými časticami ktoré prešli pórmí membrány. Druhým produktom je retentát, ktorý obsahuje všetko ostatné, čo membránou neprešlo.



Obrázok 6: Schéma membránového deliaceho zariadenia

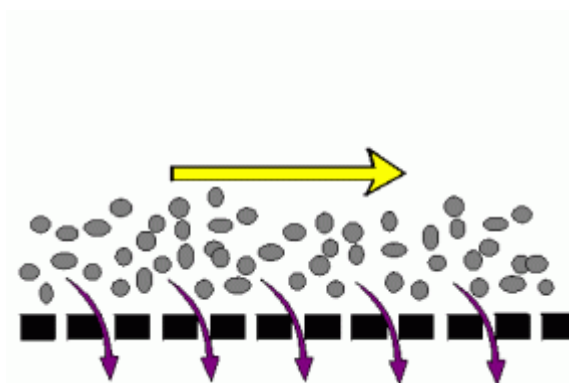
2.2.1 Spôsoby filtrácie

Membránová separácia sa vykonáva dvomi spôsobmi, DEF (z anglického dead-end filtration) a CFF (z anglického cross-flow filtration). Metóda DEF (Obrázok 7) pripomína klasickú filtráciu cez filtračný papier a lievik, kde zmes prúdi kolmo k ploche membrány a filtrát, tekutina bez častíc, prechádza vrstvou usadených častíc a membránou. Pri tomto spôsobe ostáva membrána zanesená a je potrebné ju očistiť. Ekonomicky výhodný je v prípade nízkej koncentrácie častíc v pôvodnej zmesi, napríklad vo farmaceutickom priemysle [8].



Obrázok 7: Metóda DEF

Metódou CFF (Obrázok 8) zmes prúdi rovnobežne s povrchom membrány, kde filtrát odchádza v smere kolmom na povrch membrány cez póry. Je vhodná aj pri väčšej koncentrácii častíc v pôvodnej zmesi, tvorba vrstvy na membráne je nízka. Častice sú unášané pozdĺž membrány silným prúdom [7].



Obrázok 8: Metóda CFF

2.2.2 Membrány a ich vlastnosti

Hlavným rozdelením membrán je na základe ich pôvodu a to na biologické a syntetické. **Biologické** membrány vystupujú medzi bunkou a jej okolím ako selektívne priepustné bariéry. Pracujú veľmi rýchlo s nízkym výdajom energie a samo obnovovacou činnosťou. Ich využitie by bolo pre priemysel výhodou, avšak nemajú fyzikálne a chemické vlastnosti, ktoré priemysel požaduje.

Na druhej strane **syntetické** membrány sú vyrábané tak, aby tieto podmienky spĺňali. Varianty syntetických membrán sú kvapalné a pevné membrány. Pevné sa pri priemyselných separáciách používajú najčastejšie vzhľadom k ich vhodným mechanickým vlastnostiam hlavne odolnosti proti vysokému tlaku.. Podľa materiálu sú syntetické pevné anorganické membrány sklenené, kremíkové, či kovové. Organické sa vyrábajú z prírodných polymérov. Hlavnými vlastnosťami membrán sú:

- Permeabilita.(priepustnosť)
- Selektivita.(déliaca schopnosť)
- Rejekcia (neprijímanie).

Permeabilita P_i pre látku i je definovaná ako:

$$P_i = \frac{\text{tok látky } i \text{ membránou}}{\text{plocha membrány} \cdot \text{hybná sila/hrúbka membrány}} \quad (1)$$

Má vplyv na rýchlosť procesu a teda na náklady na proces. Pre dosiahnutie vyššej permeability pri nízkej rýchlosti sa používajú membrány s väčšou plochou.

Selektivita membrány S_{ij} pre látku i voči látke j je definovaná ako:

$$S_{ij} = \frac{(c_i/c_j)_{\text{permeát}}}{(c_i/c_j)_{\text{retentát}}} \quad (2)$$

c_i a c_j značia koncentrácie zložiek i a j . Hodnota selektivity je daná zložením zmesí na jej povrchoch. Selektivita ovplyvňuje účinnosť delenia, regeneráciu a čistotu produktu. Kladie sa v hodnotení membrány na prvé miesto, pretože nedostatočná selektivita vyžaduje viacstupňové zariadenie, a to je zvyčajne menej ekonomické než prevedenie konvenčným separačným procesom [8].

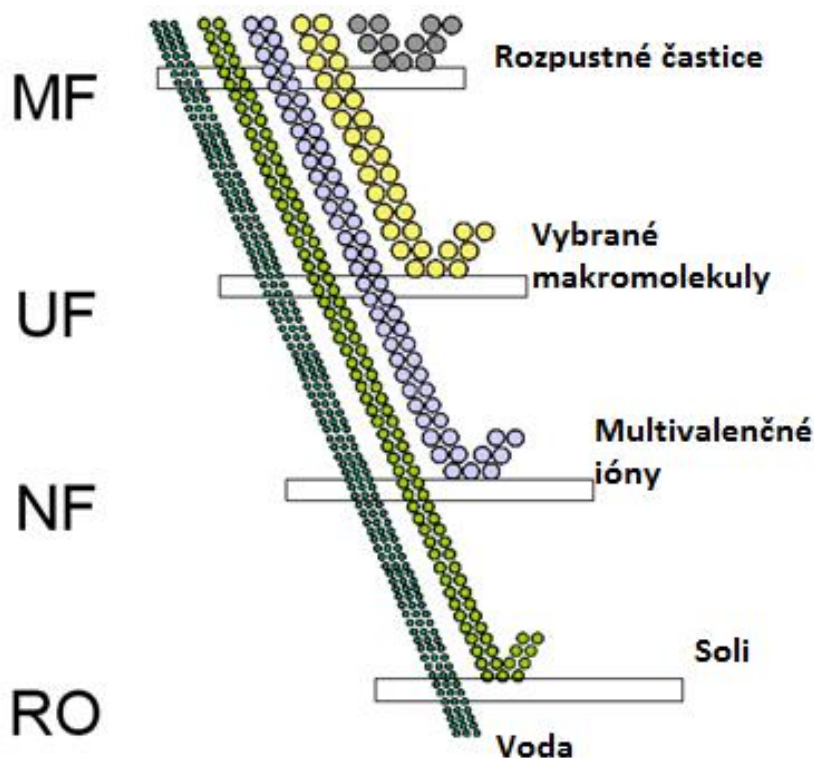
Rejekcia membrány R_i pre látku i je definovaná ako:

$$R_i = 1 - \frac{c_{i\text{permeát}}}{c_{i\text{retentát}}} \quad (3)$$

Zložka i je tá, ktorá má zostať v retentáte a teda $C_{i, \text{permeát}} < C_{i, \text{retentát}}$. Pre ideálnu membránu by sa R_i malo rovnať jednej.

2.2.3 Membránové procesy

Medzi membránové procesy založené na tlakovom rozdiely patria mikrofiltrácia, ultrafiltrácia, nanofiltrácia a reverzná osmóza. Hlavný rozdiel medzi nimi je vo veľkosti pórov a teda aj veľkosti prepúšťaných častíc (Obrázok 9). Nižšie sú popisované jednotlivé metódy a ich využitie. Vzájomné porovnanie veľkosti pórov a používaných tlakov sa nachádza v tabuľke Tabuľka 1.



Obrázok 9: Priepustnosť membrán vzhľadom k veľkosti pórov

Mikrofiltrácia (MF)

Mikrofiltračné membrány majú veľkosti pórov v rozsahu od 0,1 do 10 μm . Spomedzi spomenutých filtrov majú najväčšie póry. Primárne sa používajú pri odstraňovaní veľkých častíc, koloidov, baktérií a mikroorganizmov. Využívajú sa aj ako predpríprava pre iné separačné metódy.

Ultrafiltrácia (UF)

Ultrafiltrácia je proces, ktorý je podobný mikrofiltrácii, ale s menšou veľkosťou pórov v rozmedzí od 0,01 do 0,1 μm . Pri tomto procese všetky zlúčeniny s vysokou molekulovou hmotnosťou, ako proteíny a rozpustené tuhé látky sú zastavené, kým všetky zlúčeniny s nízkou molekulovou hmotnosťou môžu prechádzať. Nedochádza k zamietaniu monosacharidov, disacharidov, solí, aminokyselín, organických látok a anorganických kyselín [6]. UF membrány sa používajú na filtráciu vírusov a polypeptidov. Používajú sa pri koncentrácii proteínov, dialýzy krvi a pri čistení odpadových vôd.

Nanofiltrácia (NF)

Nanofiltračné membrány sú podobné membránam reverznej osmózy. Veľkosť pórov dosahuje od 0,001 do 0,01 μm . Spočiatku sa využívala na spracovanie odpadových vôd či zmäkčenie vody. Dnes našla využitie aj v potravinárskom priemysle, ropnom priemysle pri odstraňovaní dechtu alebo vo farmaceutickom priemysle.

Reverzná osmóza (RO)

Membrány reverznej osmózy sú ešte menšie ako nanofiltračné membrány. Proces je založený na aplikácii vonkajšieho tlaku zo strany koncentrovanejšieho roztoku, čo spôsobuje obrátenie prirodzeného javu osmózy. Zároveň je pre reverznú osmózu dôležitý vysoký prevádzkový tlak. Cez membrány neprejdú ani len monovalentné ióny, jedine molekuly vody. Bežné aplikácie na filtráciu reverznou osmózou zahŕňajú odsolovanie morskej vody a priemyselnú úpravu vody. Keďže prevádzkový tlak pre RO a NF je oveľa vyšší ako tlak aplikovaný MF a UF, celkový výťažok je relatívne nižší ako pri MF a UF membránach.

Tabuľka 1: Používané tlaky a veľkosti pórov pre membránové procesy využívajúce zvýšený tlak

	Tlak [bar]	Veľkosť pórov [μm]
MF	0,1 - 2	0.1 - 10
UF	1 - 10	0,01 - 0,1
NF	5 - 20	0,001 - 0,01
RO	10 - 100	0,001<

2.3 eWON

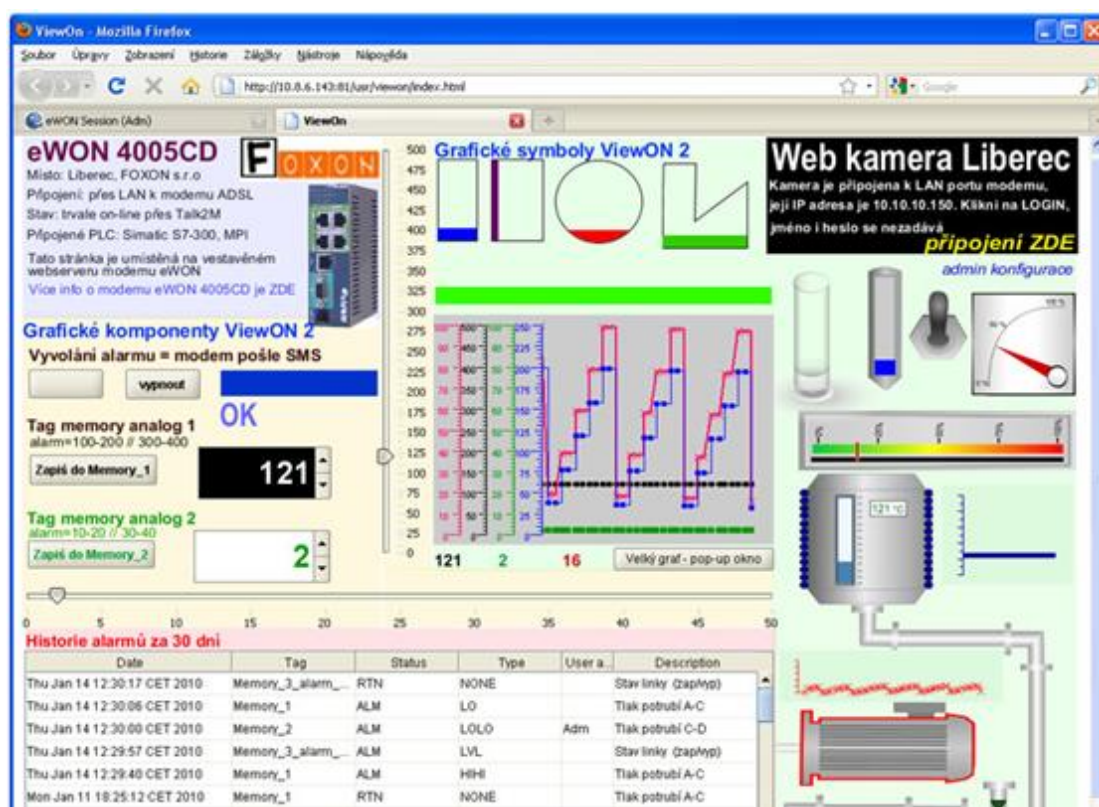
eWON je belgická firma, zaoberajúca sa vzdialeným pripojením pre priemyselnú automatizáciu od roku 2001. Medzi hlavné produkty patria rady routerov eWON Cosy, eWON Flexy, eWON Netbiter a eWON CD. Router eWON 4005CD je použitý pri popisovanom laboratórnom experiment na komunikáciu medzi PLC a systémom SCADA.

Router eWON podporujú množstvo protokolov s predpripravenou konfiguráciou pre rôznych výrobcov PLC. Ako príklad môžeme uviesť najznámejších výrobcov Mitsubishi Electric, Siemens, Rockwell Automation, či Schneider Electric. Router je možné prepojiť s PLC napríklad cez sériový port protokolom, PROFIBUS, MPI, PPI, atď. alebo ethernetovým portom protokolom TCP/IP (Obrázok 10). Ethernetové pripojenie sa využíva aj pre pripojenie PLC membránovej stanice s eWON-om.



Obrázok 10: Pripojenie PLC k modemu eWON

Ku konfigurácii eWON-u sa dá pripojiť cez internetový prehliadač, čo umožňuje napríklad vzdialene konfigurovať operátorský panel, kde sa dajú modifikovať a kontrolovať sledované veličiny. V prípade prekročenia hraníc sledovaných veličín, vďaka vstavaným alarmom, môže byť operátor upozornený cez SMS správu alebo emailom. Router disponuje vstavanou pamäťou pre dáta z PLC. Tie je možné archivovať a graficky znázorniť v internetovom prehliadači pri pripojení na zariadenie. S využitím programu ViewON môže užívateľ vytvoriť SCADA HMI (Obrázok 11). Vďaka tomu cez internetový prehliadač vo vytvorenej vizualizácii číta a zapisuje dáta. Vizualizácia je programovaná v jazyku JAVA.



Obrázok 11: Vizualizácia ViewON v internetovom prehliadači

3 Tvorba vzdialeného HMI v SCADA

Hlavným cieľom práce bolo vytvoriť HMI pre laboratórny proces vsádzkovej a membránovej procesnej stanice. Toto laboratórne zariadenie sa nachádza v budove Fakulty chemickej a potravinárskej technológie Slovenskej technickej univerzity v Bratislave na Ústave informatizácie, automatizácie a matematiky. Pre tvorbu HMI sme použili systém PROMOTIC.

3.1 Práca s premennými

Prvým krokom v tejto časti bolo vytvorenie premenných v systéme PROMOTIC. Vkladali sme premenné, ktoré sú posielané do routera eWON. Ich prehľad je v tabuľke Tabuľka 2. V editore aplikácie sme do stromu súborov pridali objekt PmData. Následne sme v objekte do záložky „+ Data“ vkladali premenné, ktoré zobrazujeme vo vizualizácií, ich dátový typ a pri analógových hodnotách aj jednotku (Obrázok 12).

Tabuľka 2: Premenné z PLC zobrazované v SCADA systéme, príslušná zobrazovaná jednotka a číselný formát

Premenná	Jednotka	Formát
Prietok permeátu	l/h	Desatinné číslo
Prietok retentátu	l/h	Desatinné číslo
Hladina v zásobníku suroviny	l	Desatinné číslo
Prietok čerpadla P1	l/h	Desatinné číslo
Spustenie čerpadla P1	-	Boolean
Prietok čerpadla P2	l/h	Desatinné číslo
Spustenie čerpadla P2	-	Boolean
Výkon čerpadla P3	Hz	Desatinné číslo
Spustenie čerpadla P3	-	Boolean
Spustenie čerpadla P4	-	Boolean
Tlak v potrubí suroviny	bar	Desatinné číslo
Tlak v potrubí retentátu	bar	Desatinné číslo
Vodivosť permeátu	mS/cm	Desatinné číslo
Vodivosť retentátu	μS/cm	Desatinné číslo
Spustenie miešadla R1	-	Boolean
Spustenie reverznej osmózy RO1	-	Boolean
Spustenie reverznej osmózy RO2	-	Boolean
Setpoint ventilu V2	%	Desatinné číslo
Teplota permeátu	°C	Desatinné číslo
Teplota retentátu	°C	Desatinné číslo
Spustenie ultrafiltrácie-nanofiltrácie UFNF	-	Boolean
Setpoint ventilu V1	%	Desatinné číslo
Spustenie ventilu V1	-	Boolean
Spustenie ventilu V2	-	Boolean

Objekt	Obsah	Události	Metody	+ Data	Oprávnění	Web server	
Index	Jméno	Datový typ	Hodnota	Přesnost	Poznámka	Jednotka	
0	V1_butt	Boolean					
1	V2_butt	Boolean					
2	V1	Double				%	
3	V2	Double				%	
4	P1_butt	Boolean					
5	P2_butt	Boolean					
6	P3_butt	Boolean					
7	P4_butt	Boolean					
8	P1	Double				%	
9	P2	Double				%	
10	P3	Double				%	
11	RO1	Boolean					
12	RO2	Boolean					
13	UFNF	Boolean					
14	R1	Boolean					
15	TIRCA01	Double				°C	
16	TIRA02	Double				°C	
17	QIRA01	Double				mS/cm	
18	QIRA02	Double				μS/cm	
19	PIRCA01	Double				Bar	
20	PIRCA02	Double				Bar	
21	LISA01	Double				l	
22	FIRC01	Double				l/h	
23	FIR02	Double				l/h	
24	legenda	String					
25	press1_UFNF	Double				Bar	
26	press1_RO1	Double				Bar	

Obrázok 12: Zoznam premenných v systéme PROMOTIC

Vytvorené premenné nekomunikujú s laboratórnym procesom, preto je treba vytvoriť ich prepojenie s routrom eWON, ktorý zbiera hodnoty z PLC. Pre túto komunikáciu sme zvolili protokol Modbus. V editore aplikácie sme v záložke „komunikácia“ zvolili Modbus protokol a v ňom sme vybrali objekt PmModbusMr (Obrázok 13) pre neuvedené zariadenie.

PmModbusMr - Sestava komunikace s daty a obrazem pro neuve...

Název vytvářeného objektu: CommModbus

Typ komunikace: Sítová TCP/IP komunikace

Sítová adresa: 192.168.1.254

Uzavřít spojení po každém přenosu: ☐

Obnovovací perioda komunikace [ms]: 1000

Přednastavená adresa PLC: 1

Bázové adresy oblastí

Bo = Coil/output bits: 0

Bi = Input bits: 0

Ro = Holding/output registers: 0

Ri = Input registers: 0

Max.počet proměnných přijatých v jedné zprávě

Bo = Coil/output bits: 64

Bi = Input bits: 64

Ro = Holding/output registers: 32

Ri = Input registers: 32

Příklady testovacích dat

Počet digitálních výstupů (Bo): 2

Počet digitálních vstupů (Bi): 2

Počet analogových výstupů (Ro): 2

Počet analogových vstupů (Ri): 2

Vytvořit obraz "Přijímaná data": ☒

Název obrazu: Modbus - Přijímaná data

Povolit jako Web komponentu: ☐

OK Storno nápověda

Obrázok 13: Nastavenie protokolu Modbus

Typ komunikácie sme ponechali sieťovú TCP IP komunikáciu. Zadali sme IP adresu routera eWON, s ktorým budeme komunikovať. Prednastavenú modbusovú adresu sme zmenili na hodnotu 100, keďže vo väčšine prípadov je to táto hodnota. Bázové adresy oblastí sme pre eWON udali na hodnotu -1. Do príkladov testovacích dát je možné nastaviť priamo všetky naše komunikujúce premenné alebo ich pridávať neskôr.

Aby komunikácia pomocou Modbus protokolu prebehla, je potrebné ju povoliť aj v našom zariadení eWON. V záložke „Tag Setup“ (Obrázok 14) sme v každej premennej zaškrtnuli políčko Modbus TCP, zvolili unikátny index a taktiež zaškrtnuli použitie 32-bitového formátu pre analógové hodnoty.

Tag Visibility		
Global settings		
Published value:	eWON value * 1 + 0	REMARK: Value published is unsigned 16Bits for ModbusTCP and signed 32 bits for SNMP
Modbus TCP ☒ Enabled		
Register	26	☒ Use 32-bit format (not available for booleans)
SNMP ☐ Enabled		
OID	1	Value published: .1.3.6.1.4.1.8284.2.1.3.1.11.1.4.OID (Max value 32767)
Instant Value		
☐ Group A ☐ Group B ☐ Group C ☐ Group D		

Obrázok 14: Povolenie protokolu Modbus v zariadení eWON

Posledným krokom bolo dátovou väzbou naviazať vytvorené premenné v systéme PROMOTIC z prvého kroku na premenné v časti komunikácie Modbus. Ku jednotlivým premenným sme zadali dátové rozšírenie „Comm“ (Obrázok 15) pre pripojenie s objektom PmCommData. Do cieľového objektu sme pridali cestu k danému objektu a nakoniec index, ktorý sme volili v Modbusovej komunikácii, dátový typ a oblasť premennej.

Variable*

Name:

V1_but

OK

Data type:

Boolean

Cancel

Value:

Help

Note:

Unit:

Data extensions

Identifier	Type
comm	Comm

Data extension identifier:

comm

Add

Target object (PmCommData):

../CommModbus/Comm/Data

...

Delete

ItemID:

devD.Bo1

...

Move up

Move down

PLC address

devD = Default = by 'Default PLC address'

OK

Data area:

Bo = Coil/output bits (Modbus function: read=FN01, write=FN05)

Cancel

Data item address:

1

Help

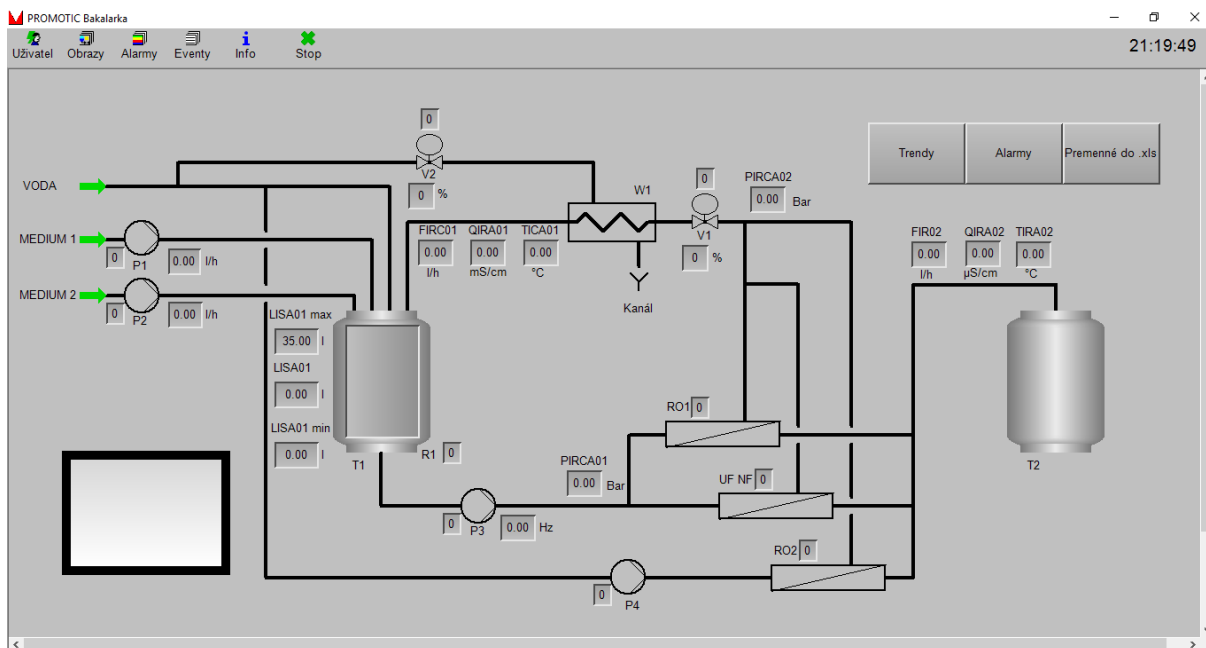
Data type in PLC:

b = Bit (1Bit)

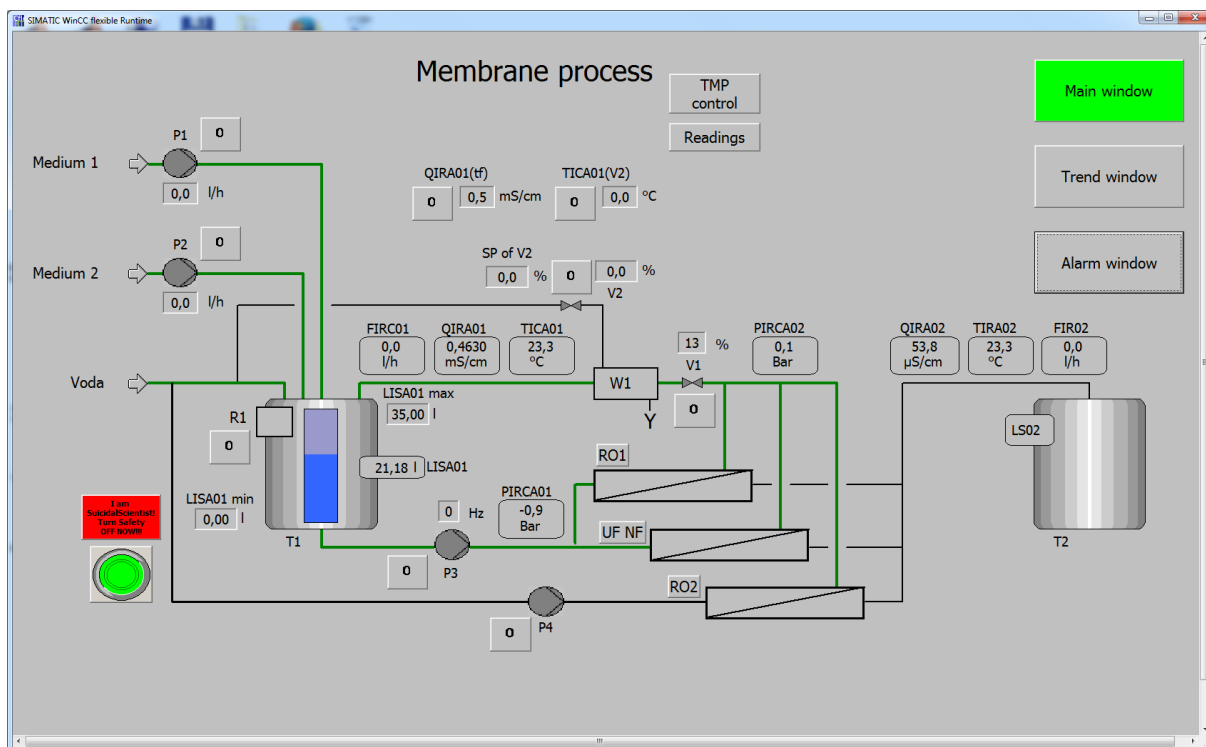
Obrázok 15: Pridanie komunikácie premenným

3.2 Vytvorenie vizualizácie

Pre vytváraní (Obrázok 16) vizualizácie sme sa snažili graficky napodobniť schému pripojenia (Obrázok 5), inšpiráciou bolo aj použitie hlavnej vizualizácie v programe WinCC (Obrázok 176), aby sa pri práci zachoval istý štandard zobrazovania procesu.



Obrázok 16: Vizualizácia v systéme PROMOTIC

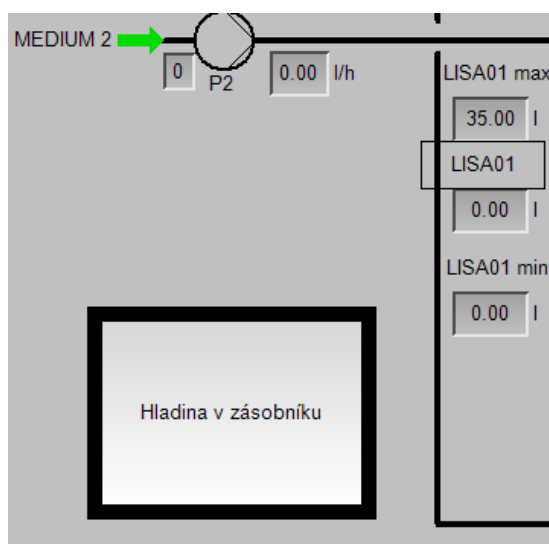


Obrázok 17: Vizualizácia v systéme WinCC

Vzhľadom na fakt, že sa jedná o veľmi drahý prístroj, premenné je možné len pozorovať a nie je umožnená ich editácia v systéme PROMOTIC. K tejto úvahe sme dospeli hlavne z bezpečnostného hľadiska, keďže proces pracuje s vysokými tlakmi, a nesprávnym nastavením by mohlo dôjsť k poruche.

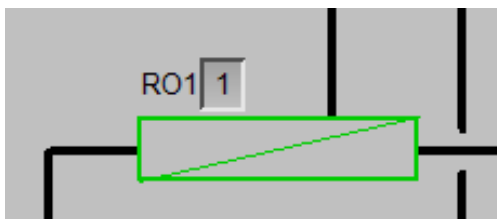
Pri vytváraní sme sa snažili aj takto zložitý proces zobrazit' jednoducho a prehľadne. To znamená, že obrazovka nie je preplnená popismi, tabuľkami a grafmi, no je možné sa k nim jednoducho dostať.

Každá značka v obraze má svoje označenie. Tieto označenia sú väčšinou skratky, a vzhľadom k faktu, že účelom je priblížiť tento proces aj študentom, ktorí dané označenia nemusia poznať, boli k nim pridané popisy. Namiesto veľkej legendy sa zobrazí vysvetlenie danej skratky pri podržaní ľavého tlačidla myši na danej skratke (Obrázok 18). Popis sa zobrazí v bielom štvorholníku v ľavom spodnom rohu. Po uvoľnení tlačidla vysvetlivka zmizne. Docielili sme to pomocou udalosti „onMousePress“ v každom objekte, ktorému sme chceli pridať vysvetlivku.

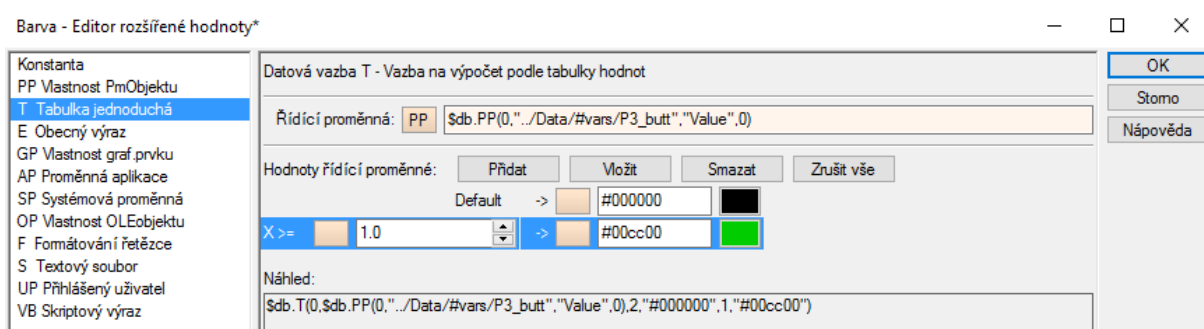


Obrázok 18: Zobrazovanie popisov

Pri digitálnych vstupoch, teda ukazujúcich 0 alebo 1, sme pridali rozsvietenie daného obrazcu zelenou farbou (Obrázok 19). Pokiaľ je nulová hodnota, daný objekt je neaktívny a farba je čierna. Pri hodnote jedna je objekt aktívny a zmení farbu na zelenú. K daným objektom sme pristupovali jednotlivo. V objektoch pri zadávaní farby sme dátovou väzbou objekty prepojili s premennou a do podmienok pre farby sme vložili porovnávanie s hodnotou 1 (Obrázok 20).

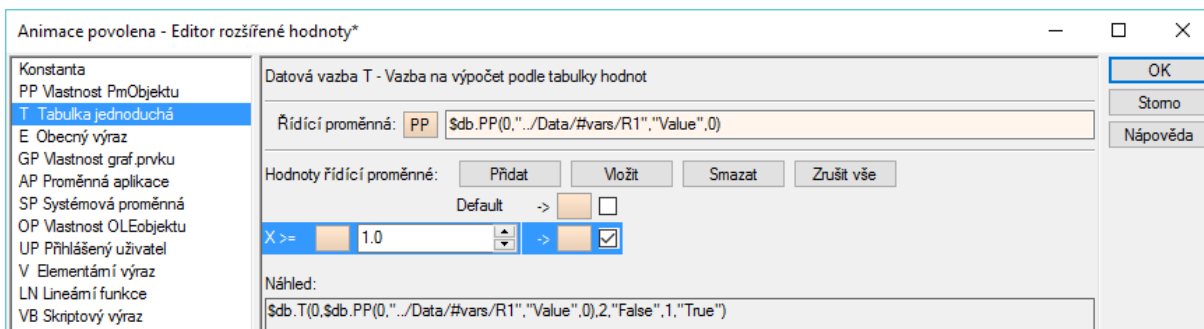


Obrázok 19: Zmena farby objektu pri zmene hodnoty premennej



Obrázok 20: Prepojenie farby na hodnotu premennej

Pri objekte miešadla v zásobníku T1 sme použili gif animáciu z knižnice prvkov. Vložená gif animácia sa neustále hýbe. Keďže naša vizualizácia má za úlohu zobrazovať vypnuté a zapnuté miešadlo R1, tak by toto zobrazenie bolo máťúce. Preto sme postupovali podobne ako v prípade farby a v objekte miešadla sme povolenie animácie prepojili dátovou väzbou na premennú R1, ktorá musí byť rovná jednej aby bola animácia povolená (Obrázok 21).

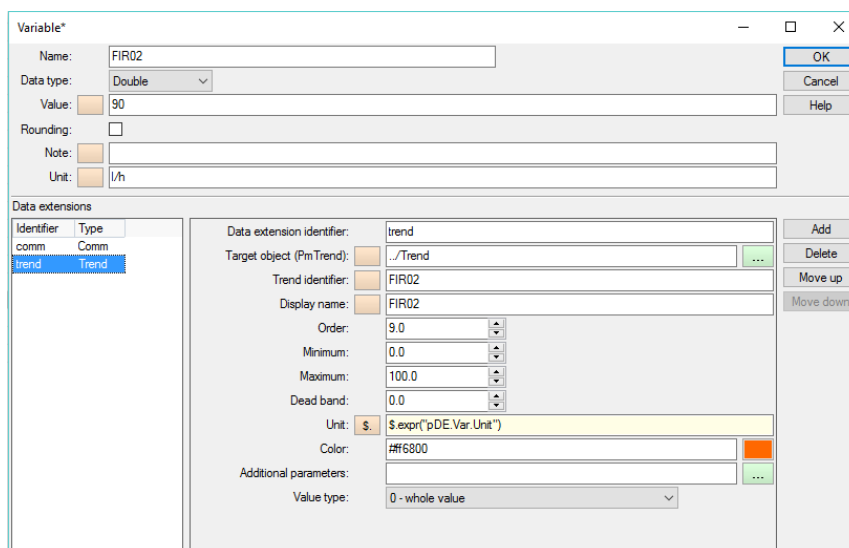


Obrázok 21: Povolenie animácie miešadla R1

Podobný, avšak trochu zložitejší spôsob pre spúšťanie animácie miešadla je nastavením viditeľnosti objektu. Je potrebné vytvoriť dva identické objekty a preložiť ich cez seba. V jednom sa animácia povolí, a viditeľnosť objektu sa opäť prepojí dátovou väzbou na hodnotu premennej miešadla, ktorá musí byť väčšia ako jeden. V druhom sa animácia zakáže a viditeľnosť sa prepojí na rovnakú premennú, no v tomto prípade používame nulovú hodnotu pre zobrazenie objektu. Výsledok je rovnaký ako v predchádzajúcom spôsobe.

3.3 Trendy

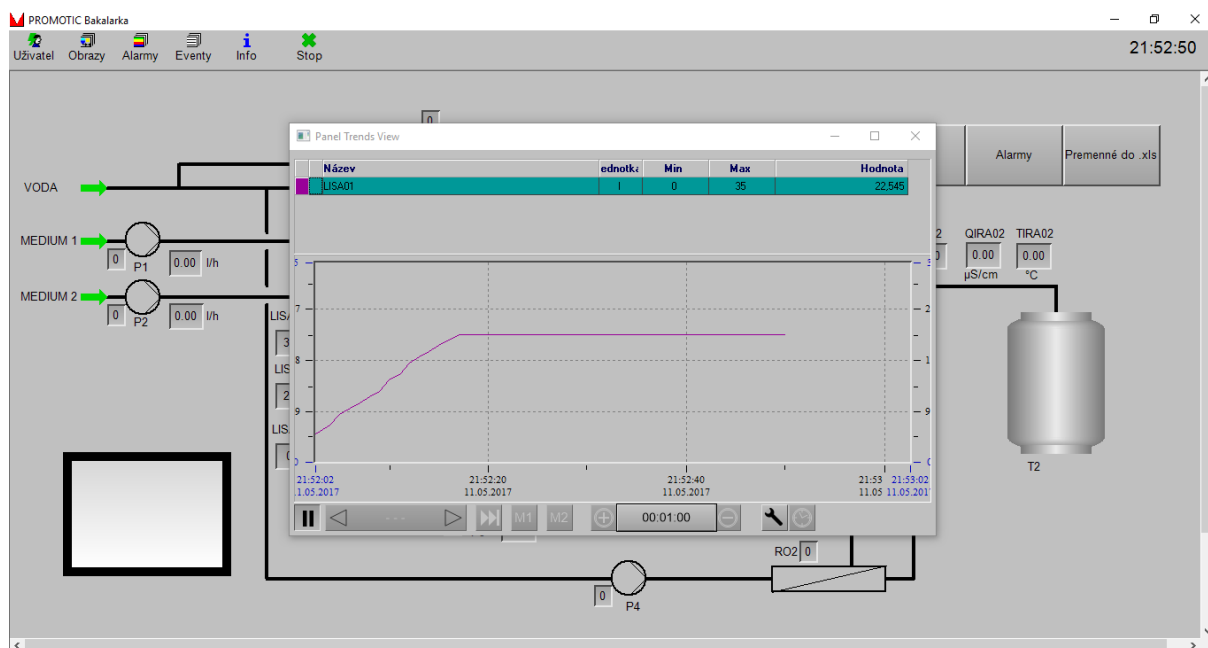
Trendy zobrazujú grafickú závislosť medzi hodnotami veličín a časom. Pre vytvorenie trendov je potrebný do Okna stromu objektov pridať objekt PmTrend. Po pridaní tohto objektu, premenným z objektu PmData pridáme do dátového rozšírenia trend a cestu k objektu PmTrend (Obrázok 22). Aby sme dokázali rozlíšiť dáta, priradíme im odlišné farby.



Obrázok 22: Prepojenie premenných s trendami

V tomto momente sa však trendy ešte nezobrazujú a je potrebný grafický panel. Ten sme opätovne zvolili v strome objektov a vybrali si vzhľad grafu trendov z predvolených obrazov. V závislosti od experimentov sa sledujú rozličné veličiny. Vzhľadom k tomu sme povolili trendovanie všetkým analógovým veličinám. Užívateľ má možnosť výberu, ktoré veličiny bude sledovať. Zvolí si ich pomocou nástroja Nastavenia zobrazovania grafov, kde je možné pridávať a uberať tieto veličiny.

Pre prepojenie grafického panela vizualizácie s panelom trendov, sme pridali jednostavové tlačidlo „Trendy“. Tomuto tlačidlu sme do záložky udalosti pridali príkaz na otvorenie panelu trendov vo vnútri pôvodného panelu. Vytvorí sa s tým vyskakujúce okno (Obrázok 23), ktoré je možné zatvoriť, minimalizovať alebo maximalizovať.



Obrázok 23: Zobrazenie vyskakujúceho okna s trendami

3.4 Alarmy

Laboratórne zariadenie je určené na výskumné procesy. Z toho dôvodu je potrebné mať zariadenie pod kontrolou. Tomu napomáhajú alarmy, ktoré sledujú kritické hodnoty a pri prekročení hodnôt upozorní užívateľa.

V systéme PROMOTIC spravuje alarmy a eventy objekt `PmAlarmEvent`. Event je možné preložiť ako operátorská udalosť. Slúži na oboznámenie o výsledku nejakej operácie, preto je v jednej skupine s alarmami. Avšak nie je potrebné oboznámiť užívateľa o skončení nejakej činnosti na rozdiel od alarmu, kedy to je žiadané. V našom prípade sme pracovali len s alarmami.

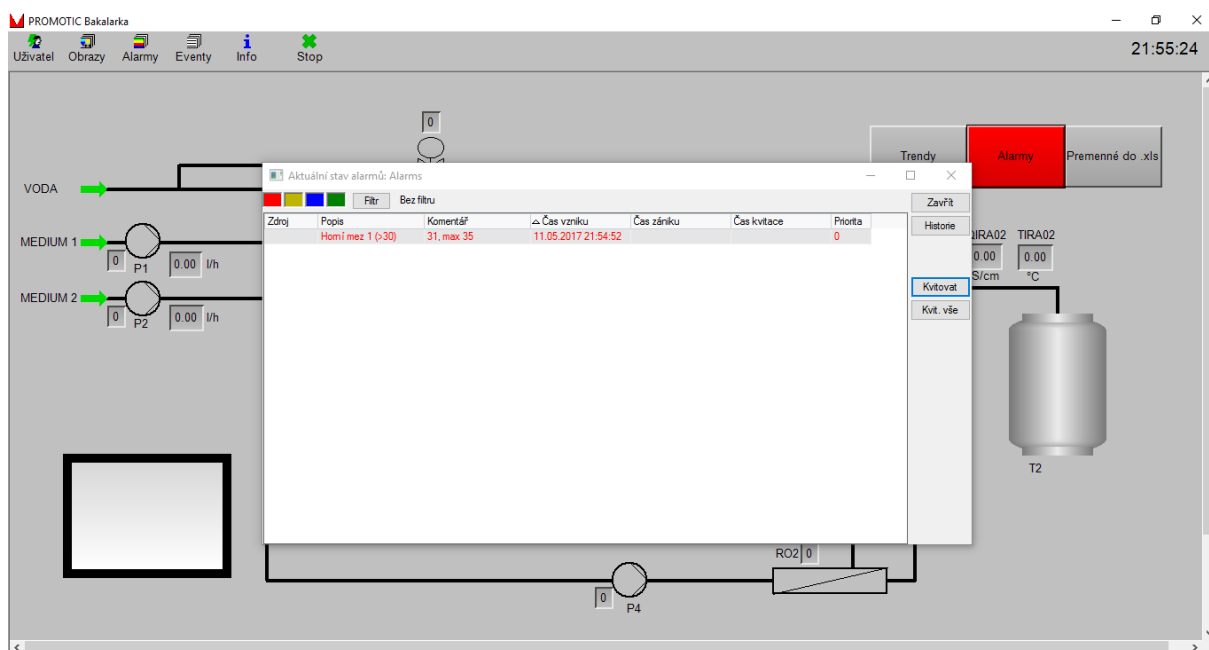
Prípad nastavovania alarmov je podobný ako pri nastavovaní trendov, kde k premenným v objekte „Data“ sme prepojili merané veličiny. V rozširujúcich nastaveniach sme pridali `AlarmAnalog` pre analógové hodnoty a prepojili s objektom `PmAlarmEvent`. Pre digitálne hodnoty sa volí `AlarmBinary`. Obdobný proces funguje aj na eventy, len pridáme možnosť Event, ktorý by sme prepojili taktiež s objektom `PmAlarmEvent`.

`AlarmAnalog` nám ponúka zadanie štyroch limitov, dvoch horných a dvoch spodných. Vďaka tomu dostaneme upozornenie, že hodnota sa blíži najvyššej alebo najnižšej medzi, ktorú by nemal prekročiť.

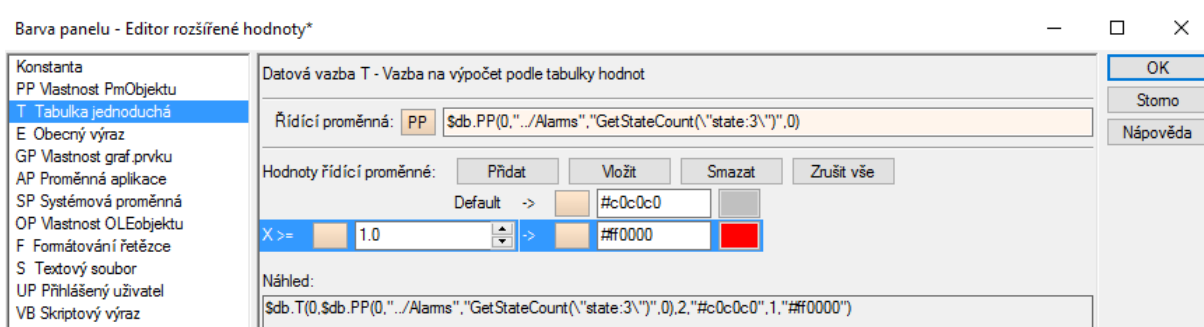
Implementovali sme alarmy pri výške hladiny v zásobníku T1, kde sme pridali vrchné dva limity. Prvé upozornenie pri dosiahnutí hladiny na 30l a druhé pri dosiahnutí maximálnej hladiny 35l, čo je maximum zásobníka. Ďalšie alarmy sa týkajú tlaku za vysokotlakovým čerpadlom P3. Avšak v tomto prípade rozlišujeme, či surovina prechádza cez membrány pre ultrafiltráciu a nonofiltráciu UF NF alebo cez membránu reverznej osmózy RO1, ktorá pracuje s väčšími tlakmi. Z toho dôvodu sme pridali objekt PmTimer. Do udalostí v tomto objekte sme zadali podmienky, ktoré hodnotu tlaku zapisujú do nových premenných na základe použitej membrány. Týmto novovytvoreným premenným sme následne nastavili horné podmienky alarmov na 27 bar, 30 bar pre UFNF a 66 bar, 69 bar pre RO1. Vo vizualizácii sme pridali tlačidlo „Alarmy“, kde sa opäť rovnakým spôsobom ako pri tlačidle „Trendy“ otvorí tabuľka s alarmami. Farba tlačidla alarmov sa zmení na červenú, keď akákoľvek hodnota presiahne stanovenú medzu (Obrázok 24). Využili sme na to metódu objektu PmAlarmEvent GetStateCount, ktorú sme vložili do nastavenia farby tlačidla. Každý stav alarmu je reprezentovaný inou farbou. Prehľad je v tabuľke Tabuľka 3. V prípade dosiahnutia stavu 3, čo je aktívny nekvitovaný alarm, tlačidlo bude červené (Obrázok 25). V prípade poklesnutia hodnoty pod medzu alebo kvitovaním alarmu, sa tlačidlu vráti pôvodná farba.

Tabuľka 3: Farby typov alarmov a ich príslušný stav

Farba alarmu	Stav alarmu
Červená	aktívny, nekvitovaný
Žltá	aktívny, kvitovaný
Modrá	neaktívny, nekvitovaný
Zelená	neaktívny, kvitovaný



Obrázok 24: Vyvolanie alarmu a zmena farby tlačidla

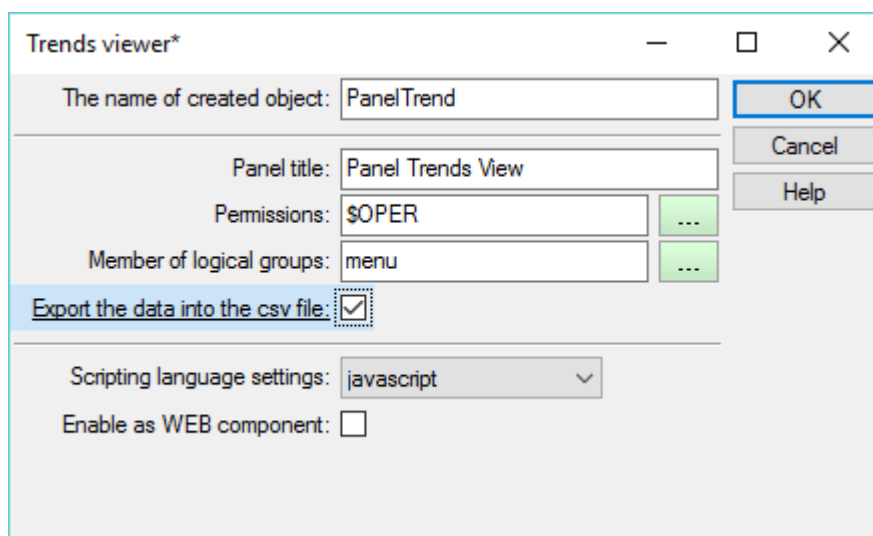


Obrázok 25: Nastavenie farby tlačidla alarmov

3.5 Archivácia

Archivácia údajov slúži na spätné zistenie stavu údajov v určitom čase. V systéme PROMOTIC je archivácia veľmi jednoduchá.

Prvá metóda ako si vytvoriť archivované dáta je, keď pri vkladaní panelu trendov povolíme exportovanie dát do csv súboru (Obrázok 26).



Obrázok 26: Povolenie exportu údajov do csv súboru

V tomto grafickom paneli sa nám vytvorí metóda BackupToCsv. V nej stačí len zmeniť cestu k objektu PmTrend. Vďaka tejto metóde si môžeme všetky trendované premenné uložiť do csv súboru. V paneli trendov si vyberieme možnosť nastavenia zobrazovania trendov, v ktorej následne zvolíme export dát CSV. Následne sa zobrazí tabuľka, do ktorej zadáme názov vytváraného súboru a časové obdobie archivovaných dát a potvrdíme. Súbor sa vytvorí na disku počítača v zložke Data pre vytváranú aplikáciu. V našom prípade sme si do metódy BackupToCsv vložili hlavičku tabuľky s názvami premenných.

Druhý spôsob je ešte jednoduchší a prvý. Opäť sa ukladajú trendované dáta. V objekte PmTrend v záložke Uloženie povolíme použitie dát na disku (Obrázok 27). Typ uloženia ponúka rôzne možnosti. My sme zvolili možnosť Database dBase backups. Po každom vypnutí runtime verzie sa vytvorí tabuľka databázy dBase s koncovkou „.dbf“. Treba brať na vedomie, že pri prekročení počtu tabuliek alebo riadkov v tabuľke sa prepisujú najstaršie za nové. Súbor sa opäť ukladá do zložky Data. Voľba databázy je závislá od potrieb jednotlivých užívateľov a je možné zmeniť ukladanie do inej databázy alebo exportovať súbory medzi databázami.

Obrázok 27: Ukladanie do databázy dBase

Pre uloženie aktuálnych premenných sme pridali tlačidlo „uložiť do .xls“. Do objektu tlačidla udalosťou „onButtonUp“ voláme metódu „ulozit“ (Obrázok 28). Táto metóda je vytvorená v grafickom paneli, pomocou ktorej sa premenné a ich hodnoty uložia do predpripravenej šablóny. Šablóna sa uloží ako nový súbor, kde v názov obsahuje dátum a čas uloženia. Vďaka meniacemu sa času, sa pri každom uložení vytvorí nový súbor a staré ostávajú uložené.

Obrázok 28: Volanie udalosti pomocou tlačidla

3.6 Web

Ako sme spomínali v kapitole 1.3.3 systém PROMOTIC má integrovaný WEB server, vďaka ktorému umožňuje vzdialené prehliadanie aplikácie pomocou internetových prehliadačov. Pre sprístupnenie aplikácie sme potrebovali pridať objekt PmWeb (Obrázok 29). V tomto objekte nebolo potrebné nič meniť. V prípade obsadenia TCP/IP portu 80 iným serverom, je vhodné zadať napríklad 81.

Uložit | nápověda | PmRoot > Web (PmWeb)

Objekt | Obsah | Události | Metody | Web | Oprávnění

Síťové nastavení

TCP/IP adresa síťového rozhraní: Všechna síťová rozhraní

Port TCP/IP: 81

Pokud je hodnota portu 80 pro HTTP nebo 443 pro HTTPS, pak ve Web prohlížeči je HTTP adresa komponenty:
http://NázevPočítače/IdKomponenty/default.htm
v opačném případě:
http://NázevPočítače:Port/IdKomponenty/default.htm

Typ Web serveru: http interní

Implicitní přesměrování (když je požadována neúplná adresa)

Implicitní adresa Web souboru: workspace

Neúplná adresa: http://NázevPočítače - se přesměruje na: http://NázevPočítače/workspace

Implicitní jazyk: podle runtime

Malý timeout (max. doba příjmu/vyslání jedné části dlouhého požadavku) (s): 10

Velký timeout (max. doba příjmu, zpracování, vyslání celého požadavku) (s): 30

Zpoždění mezi požadavky nebo mezi částmi dlouhého požadavku: ☐

Striktní režim přihlašování síťových uživatelů do aplikace s nutností použít jméno a heslo: ☒

Obrázok 29: Objekt PmWeb

Ďalším krokom bolo povolenie objektov ako WEB komponentov v záložke Web Server (Obrázok 30).

Save | Help | PmRoot > Stanica > Panel (PmPanel)

Object | Content | Events | + Methods | Panel | Permissions | Web Server

☒ Enable as WEB component

PmWeb object: /Web

Web component identifier: panel

View in HTML components list: ☒

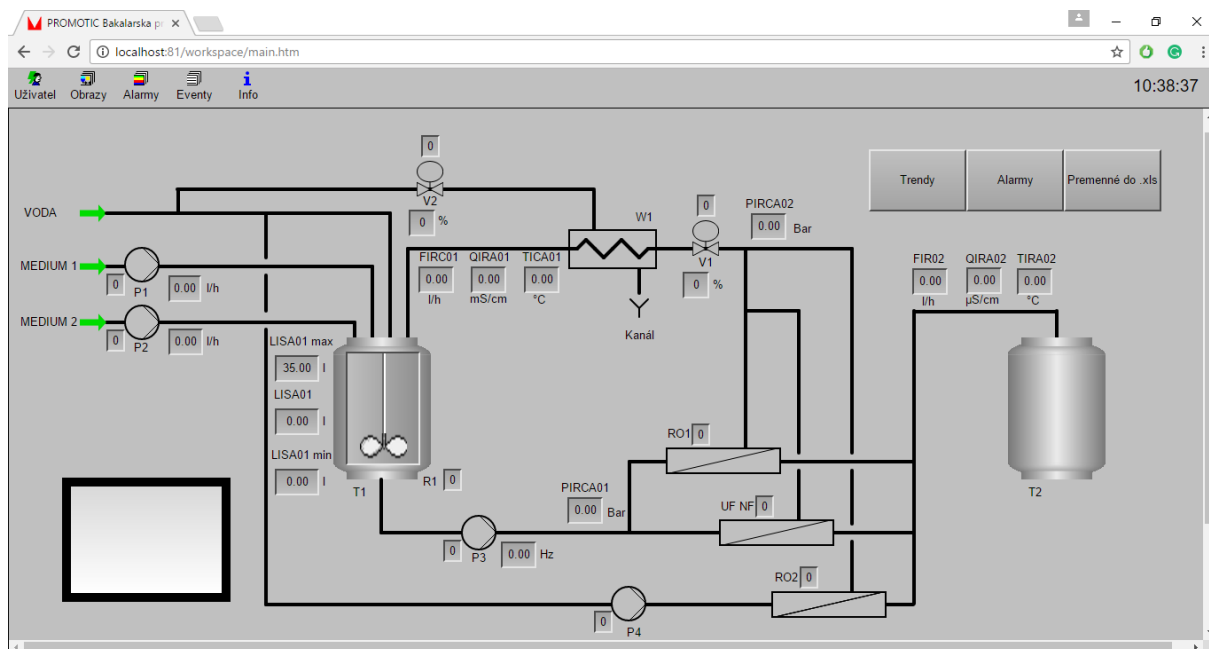
Refresh period of HTML pages [s]: 1.0

HTTP address of this component will be: http://ComputerName/panel

Refresh error indication method: The visual indication will be in this panel

Obrázok 30: Povolenie ako WEB komponentu

Následne bolo možné otvoriť spustenú aplikáciu cez akýkoľvek internetový prehliadač nezávisle od operačného systému zariadenia. Aplikácia zobrazovaná cez prehliadač je rovnaká ako spustená aplikácia v systéme PROMOTIC. Prihlasovanie do aplikácie je možné cez užívateľa oper alebo admin. Nie je vyžadované heslo.



Obrázok 31: Aplikácia PROMOTIC spustená cez internetový prehliadač

4 Záver

V predloženej bakalárskej práci sme uviedli nevyhnutný opis laboratórneho experimentu vsádzkovej membránovej procesnej stanice, pre pochopenie základných princípov zariadenia použitých pre vytvorenie SCADA/ HMI.

Vytvorená vizualizácia spĺňa všetky predpoklady, aby bola používaná spolu s laboratórnym zariadením. Pri vytváraní sme kládli dôraz na prehľadnosť a prístupnosť všetkých aplikovaných funkcií, ako je zobrazovanie trendovaných údajov alebo zobrazenie vyvolaných alarmov.

Opis vytvoreného vzdialeného SCADA HMI môže poslúžiť ako návod pre vytváranie ďalších podobných experimentov aj bez pokročilejších znalostí systému PROMOTIC. Vytvorením ďalších vizualizácií by mohlo slúžiť pedagógom aj pri predstavovaní laboratórnych zariadení pri výučbe alebo pri propagácii aktivít fakulty.

Do budúcnosti by bolo vhodné rozdeliť užívateľské skupiny a priradenie práv aj na zasahovanie do procesu zapínania a vypínania niektorých objektov, na ktoré sa doposiaľ používa SCADA dodaná výrobcom. Pre takýto úkon by bolo potrebné povolenie od vedúceho laboratória, čím by systém PROMOTIC mohol úplne nahradiť pôvodné riešenie. Pre kompletný prehľad o procese by bolo užitočné pripojiť webkameru, ktorá by sledovala daný proces, ktorý by bolo možné zobrazovať spoločne s vizualizáciu v internetovom prehliadači a tiež by umožnila ukladať daný záznam.

Zoznam použitej literatúry

1. Daneels - What is SCADA [online]. International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems, 1999, Trieste, Italy. [citované 2017-04-06]. Dostupné na internete: <<https://accelconf.web.cern.ch/accelconf/ica99/papers/mc1i01.pdf>>
2. MICROSYS - SCADA PROMOTIC [online]. [citované 2017-04-18]. Dostupné na internete: <<http://www.promotic.eu/>>
3. J. P. Lahti, A. Shamsuzzoha, T. Kankaanpää, "Web-based technologies in power plant automation and SCADA systems: A review and evaluation," 2011 IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering, Penang, 2011, s. 279-284.
4. MICROSYS, 2010. PROMOTIC – univerzálne riešenie pre vaše aplikácie In AT&P Journal. ISSN 1335-2237 , 2010, č. 9, s. 19.
5. SCADA/HMI systém Reliance [online]. [citované 2017-04-18]. SCADA/HMI systém Reliance 4. Dostupné na internete: <<http://www.reliance.cz/cs/products/reliance4-scada-hmisystem>>
6. Wagner, J. 2001. Membrane Filtration Handbook: Practical Tips and Hints. Minnetonka MIN: Osmonics [online]. [citované 2017-04-25]. Dostupné na internete: <http://kkuu762002.as053.pc51.com/Membrane_Filtration_Hndbk.pdf>
7. Hasal P., Schreiber R. I., ŠNITA D., et al. Chemické inženýrství I [online]. Version . Praha : VŠCHT Praha, 2007 [citované 2017-04-13]. s. 305. Dostupné na internete: <http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_isbn-978-80-7080-002-7/pages-img/304.html>. ISBN 978-80-7080-002-7

8. Míka, V. Neužil, L. 1999 Chemické Inženýrství II. [online] Praha: VŠCHT 1999, [citované 2017-04-12]. s. 310. Dostupné na internetu: <
<https://vscht.cz/uchi/ped/chi/chi.ii.text.k27.membranove.procesy.pdf>> ISBN 80-7080-359-2

Prílohy

Príloha A: CD médium

Príloha B: Kód metódy „ulozit“

Príloha C: Kód metódy „BackupToCsv“

Príloha D: Kód události „onKeyPress“ pre zobrazenie popisu

Príloha A: CD médium

Adresár BAKALARSKA PRACA obsahuje aplikáciu vytvorenú v systéme PROMOTIC

Príloha B: Kód metódy „ulozit“

```
Dim oWbs, oExcelApp, oSheet, sPath, sFileName, sPathXls
Dim oData, n, i, sMonth, sDay, sHour, sDate, sMinute

sPath = Pm.DiscGetPath("data:Excel")
sFileName = "Template.xls"
sPathXls = sPath & "\" & sFileName

Set oWbs = CreateObject("Excel.Application")
Set oExcelApp = oWbs.WorkBooks.Open(sPathXls, 3, True, 4)

oExcelApp.Application.Visible = False

Set oSheet = oExcelApp.Sheets(1)
oSheet.Activate
oSheet.Range("A5").Select

Set oData = pMe.Pm("../Data")

n = 24

For i=0 To n-1
    oSheet.Cells(2+i, 1) = oData.Item(i).Name
    oSheet.Cells(2+i, 2) = oData.Item(i).Value
Next

sMonth = Month(Now)
sDay = Day(Now)
sHour = Hour(Now)
sMinute = Minute(Now)
sDate = sDay & "_" & sMonth & "_" & sHour & "_" & sMinute

oExcelApp.SaveCopyAs sPath & "Premenne_" & sDate & ".xls"

oExcelApp.Close(False)
```

Príloha C: Kód metódy „BackupToCsv“

```
Dim oTrend, vFilter, data
```

```
Set oTrend = pMe.Pm("../Trend") ' Zmenená cesta k objektu PmTrend
```

```
vFilter = oTrend.CreateFilter(CDate(dF), 1, CDate(dT), 1, -1)
```

```
data = oTrend.GetData("time;*data;", vFilter)
```

```
If IsArray(data) Then
```

```
    pResult = Pm.FileCsvWrite("#data:" & sFileName & ".csv", "filecols:all;appnames:cas,TIRCA01,  
    TIRA02, QIRA01, QIRA02, PIRCA01, PIRCA02, LISA01, FIRC01, FIR02" , "colnameheader:yes;", data)
```

```
Else
```

```
    pResult = false
```

```
End If
```

Príloha D: Kód události „onMousePress“ pre zobrazenie popisu

```
if(pEvent.Action == 1)
{
    var oV = pMe.Vars("t");
    oV.Value = "Vysokotlakové čerpadlo 3";
}
if(pEvent.Action == 0)
{
    var oV = pMe.Vars("t");
    oV.Value = "";
}
```