

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

FAKULTA PEDAGOGICKÁ

KATEDRA FYZIKY

Řídící systém chemické úpravy vody

Bakalářská práce

Knihovna JU - PF



Autor: Martin Žahourek

Vedoucí bakalářské práce: Doc. PaedDr. Petr Adámek, Ph.D.

Jihočeská univerzita v Č. Budějovicích

Fakulta pedagogická

Katedra fyziky

Akademický rok: 2004/2005

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin ŽAHOUREK**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Měřicí a výpočetní technika**

Název tématu: **Řídicí systém chemické úpravy vody**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

- popis systému z hlediska jeho účelu a funkce
- popis konfigurace systému
- popis a princip používaných snímačů a převodníků fyzikálních veličin
- algoritmy řízení a vizualizace měřených dat
- dosahovaná spolehlivost a funkčnost systému

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, pouze s užitím literatury uvedené v části použitá literatura.

V Českých Budějovicích dne 20.11.2005


.....
podpis

1235 ST

1. Dvorn

2. P. pro (technologie)

3. P. pro (technologie)

4. P. pro (technologie)

5. P. pro (technologie)

6. P. pro (technologie)

7. P. pro (technologie)

8. P. pro (technologie)

9. P. pro (technologie)

10. P. pro (technologie)

11. P. pro (technologie)

12. P. pro (technologie)

13. P. pro (technologie)

14. P. pro (technologie)

15. P. pro (technologie)

16. P. pro (technologie)

17. P. pro (technologie)

18. P. pro (technologie)

19. P. pro (technologie)

20. P. pro (technologie)

21. P. pro (technologie)

Rád bych poděkoval Doc. PaedDr. Petru Adámkovi, Ph.D. za spolupráci, cenné rady, podnětné připomínky a odborný dozor v průběhu tvorby této bakalářské práce.

Dále bych rád poděkoval realizátorům mnou popisovaného řídicího systému Ing. Pavlu Čapkovi, Ing. Adolfu Heřmanovi a Ing. Jaroslavu Egerovi z firmy INVELT ELEKTRO Plzeň, kteří mi poskytli množství informací, a umožnili mi použít svých odborných zkušeností k sepsání této práce.

A v poslední řadě děkuji Teplárně České Budějovice, a.s. za podporu a možnost využití objektu a technologie CHÚV jako odborného podkladu pro tuto bakalářskou práci.

OBSAH:

1. Úvod

2. Popis technologie

2.1. Čiření a předúprava

2.1.1. Čiření

2.1.2. Písková filtrace

2.2. Demineralizace

2.2.1. Ionexy

2.2.1.1. Silně kyselý katex

2.2.1.2. Silně bazický anex

2.2.1.3. Vytěšňování a vymývání regenerantů

2.2.1.4. Shrnutí ionexů

2.2.2. Směsný filtr

2.3. Úprava vratného městského kondenzátu

3. Měřené veličiny

3.1. Měřicí okruhy

3.2. Měření průtoku kapalin

3.3. Měření tlaku

3.4. Měření teploty

3.5. Měření turbidity

3.6. Měření elektrické konduktivity

3.7. Měření obsahu křemičitanů

4. Řídicí systém

4.1. Všeobecný popis

4.2. Automaty Siemens[®] Simatic

4.3. Řídicí algoritmy

4.4. Popis konfigurace

4.4.1. Rozvaděč DF1

4.4.2. Rozvaděč DF2

4.4.3. Rozvaděč DF4

4.4.4. Rozvaděč DF5

4.4.5. Rozvaděč DF6

4.5. Popis funkce jednotlivých automatů

4.5.1. Automat DF1

4.5.2. Automat DF2

4.5.3. Automat DF4

4.5.4. Automat DF5

4.5.5. Automat DF6

5. Vizualizace

5.1. Popis operátorského stanoviště

5.2. Struktura systému ovládání CHÚV

5.2.1. Popis typových prvků ovládání

5.2.2. Struktura obrazovky

5.2.3. Webový portál

6. Závěr

7. Použitá literatura

1 Úvod

Základem řešení pro automatizaci technologických procesů je řídicí systém sestávající se obvykle z distribuovaného řídicího systému, programovatelných automatů, bezpečných systémů a operátorských pracovišť s aplikacemi typu SCADA/HMI¹. Řídicí systém je navrhován podle různých kritérií, z nichž nejdůležitější jsou bezpečnost, spolehlivost, dostupnost a také cena.

Základní strategií při stanovení koncepce řídicího systému je využití principu otevřené architektury. Znamená to, že navrhovaný systém musí podporovat mezinárodní standardy pro integraci řídicích systémů jak pro strance hardwarového rozhraní, tak i komunikačních protokolů. Integrace je aplikována na všech hierarchických úrovních (procesní, řídicí a informační). Na procesní úrovni jsou to především sběrnice typu Modbus, Profibus nebo Fieldbus Foundation. Na úrovni řídicí většina výrobců podporuje síťovou komunikaci typu Ethernet nebo fast Ethernet s komunikačním síťovým protokolem TCP/IP². Propojení technologického řídicího systému s informační úrovní je dnes téměř výhradně realizováno pomocí rozhraní OPC (OLE for process control). Pro menší a střední aplikace se využívají SCADA systémy, především známých firem GE FANUC[®], Wonderware[®], WINCC[®] apod.

Cílem mé bakalářské práce je na základě předchozího sdělení o základní architektuře a koncepci řídicích systémů dnešní doby popsat řídicí systém chemické úpravy vody tak, jak byl v určitém časovém úseku budován a to na konkrétním příkladě. Vzhledem ke složitosti systému a možnému rozsahu práce není možné postihnout detailně všechny části tohoto systému, od polní instrumentace (procesní techniky), měření až po vizualizační operátorské pracoviště a informační portál.

Reálnou chemickou úpravnu vody jsem zvolil především pro lepší názornost a možnost ukázky konkrétních aplikací ve všech vrstvách řídicího systému. Jedná se o chemickou úpravnu vody v energetice, konkrétně v Teplárně České Budějovice, a.s. (dále CHÚV). Tato úpravna prošla rozsáhlou modernizací, uskutečněnou v jednotlivých etapách v letech 1995 – 2005, jak technologických částí, tak souvisejícího měření a řídicího

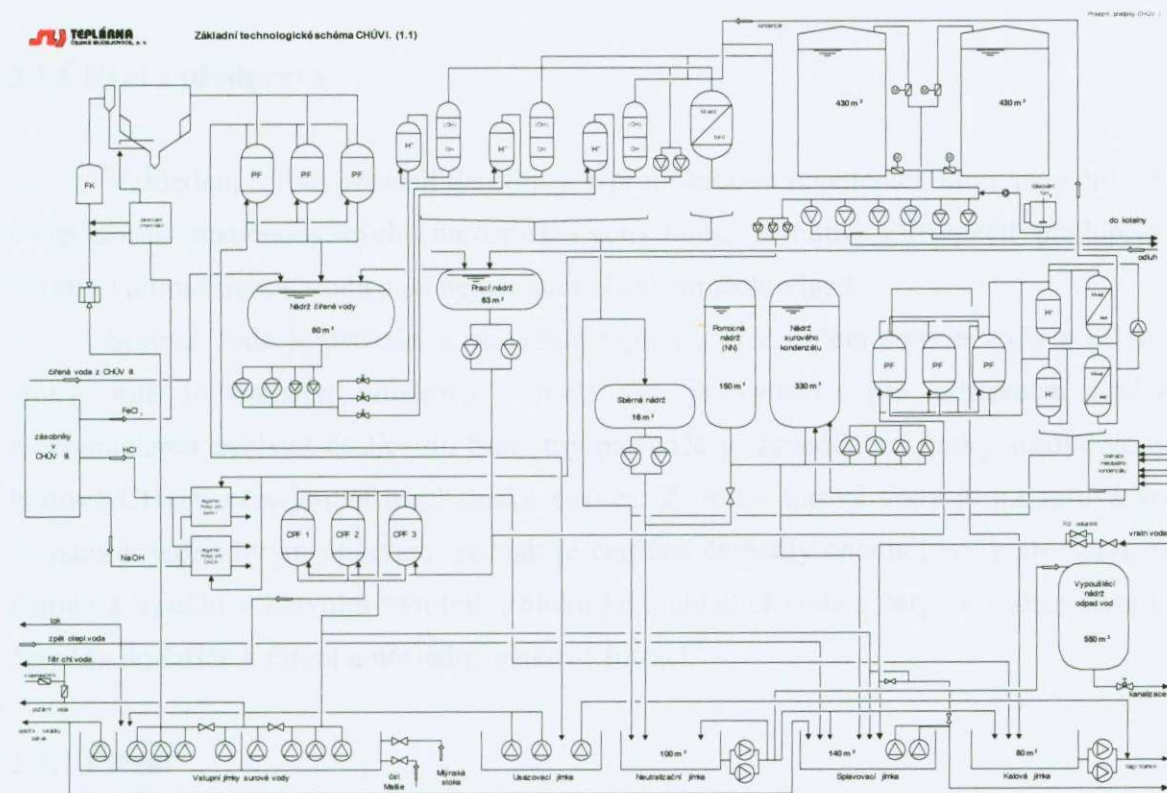
¹ SCADA/HMI – Supervisory Control and Data Acquisition/Human-Machine Interface

² TCP/IP – Transmission Control Protocol/Internet Protocol – přenosový a komunikační protokol pracující ve více vrstvách, pro použití v kabelážích typu Ethernet

systemu. Pro objasnění specifických potřeb řízení úpravní vody v energetice a teplárenství, určitých vazeb v systému řízení a nutnosti měření poměrně specifických fyzikálních a chemických veličin, jsou v úvodní části práce popsány základní technologie a principy úpravy vody pro tento typ provozu.

2 Popis technologie

Chemická úprava vody [1] je jako neoddělitelná součást teplárenského provozu především zdrojem upravené demineralizované vody pro napájení vysokotlakých kotlů s



Obr. 1: Technologické schéma CHÚV

dodávkou páry k turbogenerátorům. Další důležitou součástí úpravní je čerpací a filtrační stanice chladicí vody pro dodávku chladicí vody na chlazení generátorů turbín a ložisek napájecích čerpadel. Samotný provoz úpravní je tedy možno rozdělit na několik dílčích technologií – předúprava a čiření, demineralizace, neutralizace odpadních vod, likvidace odpadních vod, čerpací stanice chladicí vody a její filtrace, zásobní nádrže

demineralizované vody a její čerpání do napájecích nádrží kotlů. Základní technologické schéma je uvedeno v obrázku č. 1. Každá technologie má určité specifické požadavky na měření jak kvalitativních, tak i kvantitativních parametrů. Mezi kvalitativní (případně analytické) parametry patří měření tlaku, teploty, pH, vodivosti (konduktivity), zákalu (turbidity), celkového obsahu železa a křemičitanů. Kvantitativní parametry jsou především měření okamžitých a sumárních průtoků vody v jednotlivých ucelených částech technologie. Všechna měření jsou prováděna kontinuálně za provozu zařízení. Všechny získávané hodnoty a informace z jednotlivých měřidel a analyzátorů jsou zpětně využity pro řízení a zpětnou vazbu celého řídicího systému, pro archivaci a slouží jako podklad pro kontrolu a tvorbu bilancí.

2.1 Čiření a předprava

Vzhledem k provozování demilinek s protiproudou regenerací, které jsou citlivé na vyšší obsah suspendovaných (nerozpuštěných) látek, je nutné zabezpečit předúpravou velmi kvalitní čířenou vodu s co nejmenším obsahem těchto látek.

Surová voda je přivedena do areálu teplárny přivaděčem surové vody z Mlýnské stoky, kde je umístěn odběrový objekt. Ten je vybaven pro odstranění hrubých mechanických nečistot česlicemi. Samotný přivaděč je zaveden do jímky surové vody v budově CHÚV přes jemné mechanické česlice. Z jímky surové vody je již surová voda čerpána k jednotlivým úpravám. Jednak je čerpána čerpadly chladicí vody přes pískovou filtraci k využití v hlavním výrobním bloku jako chladicí voda a čerpadly surové vody je čerpána do čířiče k čiření a následné pískové filtraci.

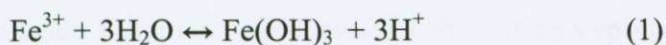
2.1.1 Čiření

Čiření je proces, při kterém některé látky, které jsou přítomné ve vodách v koloidním stupni disperze nebo v pravém roztoku v iontové nebo molekulární formě (anorganického i organického původu), jsou převedeny pomocí srážecí reakce (chemický zásah) za účasti přídavných činidel do forem málo rozpustných sloučenin, které mají předpoklad k vytvoření makro částic dobře separovatelných běžnými postupy. Koloidně dispergované organické i anorganické nečistoty způsobující barvu a zákal vody mají micelární nebo makromolekulární strukturu [1]. Jejich vodné roztoky jsou stálé, protože

sedimentace částic je rušena difúzí způsobenou Brownovým pohybem jako projevem vnitřní energie. Přitom agregace, která by vedla k vytváření nadkoloidních shluků vzájemným spojováním, je rušena souhlasným elektrickým nábojem (negativním), jehož nositelem tyto částice jsou.

Elektrické pole na povrchu částic vytváří potenciál, který byl definován jako elektrokinetický (zeta) potenciál na rozhraní přisedlé části elektrické dvojvrstvy a difúzní části iontové sféry a jehož působení nedovolí částicím přiblížit se na takové vzdálenosti, kde by se mohly uplatnit adhezní síly. Aby k tomu došlo, je třeba eliminovat vliv elektrického náboje. Dociluje se toho nejvýhodněji srážecí reakcí, tzv. koagulací [1].

Podstata tohoto postupu spočívá v tom, že se do vody přidává činidlo, tzv. koagulant, který chemickou reakcí – hydrolyzou vytváří částice, které nesou náboj opačného znaménka. Vzájemnou interakcí s částicemi nečistot se vytvářejí shluky navenek prakticky bez náboje (zeta-potenciál těchto částic je téměř nulový). Nábojová bariéra částic je odstraněna a dochází k růstu jejich hmotnosti na úkor jejich počtu. Zde končí tzv. perikinetická fáze koagulace. Při překročení koloidních hranic agregovaných shluků prakticky ustává Brownův pohyb. Pro další nárůst částic vzájemným spojováním při setkáních těchto částic je nutno dodávat energii zvenku mícháním – to je tzv. ortokinetická fáze koagulace. Ve skutečnosti nelze jednotlivé fáze přesně časově odlišit, neboť probíhají zčásti paralelně. Např. hydrolyza koagulantu neproběhne okamžitě, ale v měřitelném čase, takže produkty hydrolyzy zpočátku po přidavku koagulantu se již mohou zúčastňovat koagulace první a druhé fáze, zatímco přísun primárních hydrolyzátů pokračuje. Uvedená schématická rovnice hydrolyzy koagulantu ve vodě tak nevystihuje skutečný průběh :



Pro separaci takto vzniklých suspendovaných látek (srážecí reakcí) z vody, se používá metoda založená na gravitačních a hmotových silách. Na suspendovanou částici ve vodě působí její tíha, která jí uděluje zrychlení. Proti směru pohybu částice působí odpor prostředí. Jestliže se obě tyto síly vyrovnají, částice je prakticky v dynamickém rovnováze a její relativní rychlost v kapalném prostředí se dále nemění. Tato úvaha platí také pro suspenzi s vysokou objemovou koncentrací, i když v tomto případě je jev složitější tím, že se jednotlivé částice navzájem ovlivňují. Na tomto principu je založeno separační zařízení se vznášeným vločkovým ložem. Voda s vyvločkovanou suspenzí se přivádí do spodku

lože, prochází jím vertikálním směrem a tím ji udržuje ve vznášeném stavu. V loži se zachytí částice, které voda přinesla a odsazená voda se jímá v prostoru nad ním. Jestliže je sedimentační rychlost suspendovaných částic právě vyrovnána se vzestupným pohybem vody, nastane jev dokonale vznášeného lože. To znamená, že koncentrace je úměrná vzestupné rychlosti vody, tedy je za ustáleného proudění prakticky stejná po celé výšce lože. Přisun další suspenze se tedy neprojeví vzrůstem koncentrace lože, ale nárůstem zaujímaného objemu. Kdybychom v tomto případě chtěli, aby objem lože zůstal nezměněn, musíme odvádět z lože takové množství hmoty (kalu), které je rovno přísunu čerstvé suspenze. Tento odvod přebytečného kalu se provádí z hladiny nebo nitra lože. V případě, že sedimentační rychlost částic vznášeného lože o něco převyšuje vzestupnou rychlost proudu vody, tvoří se nedokonale vznášené lože. Rozložení koncentrace v loži po výšce je nerovnoměrné, ubývá směrem vzhůru, kde jsou udržovány ve vznosu jen částice s menší sedimentační rychlostí. Ve spodní části takového lože se naopak hromadí nejvyzrálejší částice a odvod kalu je proto nutno odvádět zesponu.

Obecně se dává přednost principu založeném na dokonalém vznášení (a je to i náš případ), nejen pro větší intenzitu procesu, ale také vzhledem k vyšší turbulenci pro lepší styk čerstvé suspenze s dříve vyloučeným kalem, což napomáhá průběhu dobíhajících srážecích reakcí i flokulaci. Taková separační zařízení (zvané reaktory nebo čiriče) se vznášeným ložem nemají ovšem stoprocentní účinnost. Při ustáleném provozu se ze zařízení vynáší cca 5 % až 10 % kalu. Z důvodu kontroly těchto stavů a monitorování provozu čiriče se na výstupu z něj provádí kontinuální měření zákalu. Separační zařízení se řadí jako první stupeň separace (předúpravy), jako druhý stupeň se k úplnému odstranění zbytků kalu používá pískové filtrace.

Z popsaného způsobu koagulace a především sedimentace vyplývá, kromě nutnosti měření zákalu v určitých předem definovaných odběrových místech pro kontrolu úniku suspenze, také potřeba postupné jemné regulace průtoku vstupní vody do čiriče. Změna průtoku (výkonu čiriče) za časový úsek je pevně daná a její překročení by mělo za následek skokový nárůst lineární vzestupné rychlosti vody a výnos kalového lože na pískovou filtraci.

2.1.2 Písková filtrace

Princip filtrace je založen na silách, kterými disponuje povrch suspendovaných částic, a které mohou způsobit adhezi částice k jinému povrchu, nepřesahuje-li vzdálenost jejich účinnou sféru. Filtrace je realizována vrstvou pórovitého zrnitého materiálu (písku), kterým suspenze protéká a částice se zachycují na povrchu zrn. Poněvadž je intenzita jejich zachycování úměrná koncentraci suspenze, nejvíce částic se zachytí ve vrstvách filtračního lože, které přijdou do styku se suspenzí první. Mechanismus zachycování je velmi složitý proces, závisí na mnoha faktorech. Především jsou to chemické a fyzikální vlastnosti suspenze (kalu), vlastnosti lože a v neposlední řadě i hydraulický režim při průtoku kalu porézním prostředím. Běžně se počítá se zachycením částic větších než řádově 10^{-2} mm. Zachycování probíhá až do míry určitého zanesení povrchu zrn a pórů, kdy nastane zvýšený průnik kalu do filtrátu, signalizující ukončení pracovní fáze filtru. Filtry se mohou provozovat buď s konstantním objemovým průtokem, nebo s konstantní tlakovou ztrátou. Druhý způsob je výhodnější jak pro lepší průměrnou kvalitu filtrátu, tak pro větší objem upravené vody v jednom pracovním období.

Pro filtraci kalu a nerozpuštěných látek se používají standardní jednovrstvé filtry se zrnitou náplní protékané vodou shora dolů (gravitační filtrace). Jako filtrační lože je použit křemičitý písek, vytříděný na zrnitost $1,0 \text{ mm} \div 1,6 \text{ mm}$. Filtry samotné jsou zkonstruovány jako vertikální válcové nádoby z ocelového plechu s klenutými dny. V dolní části filtru je vestavěno tryskové dno, opatřené tryskami s velikostí štěrbin $0,8 \text{ mm}$ [2]. Celý filtr, resp. jeho vnitřní část je z důvodu provozování kyselého čiření s pH hodnotou okolo 4,5 opatřena ochranným epoxidovým nátěrem jako ochrana proti korozi. Napojení filtru na přívod a odvod filtrované čiřené vody je realizováno plastovým PP potrubím, stejně tak přívod a odvod prací vody. Na těchto přívodních a odvodních potrubních trasách jsou nainstalovány uzavírací klapky s elektropohonem. Dále je filtr vybaven dvojicí manometrů, které měří tlak na vstupu a výstupu filtru a lze jejich odečtením získat celkovou tlakovou ztrátu filtru. Ta je kromě této možnosti manuálního odečtu ještě měřena jako souhrnná tlaková ztráta celé pískové filtrace (soubor tří paralelně provozovaných pískových filtrů). K měření je použit měřicí převodník diferenčního tlaku, jehož výstup je zaveden do řídicího systému, kde se vyhodnocovaná číselná hodnota porovnává se zadaným parametrem maximální povolené tlakové ztráty. Na základě

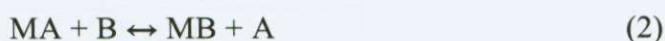
porovnání poté dojde v případě překročení této mezní hodnoty k vyvolání alarmu a následně k odstavení pískového filtru z provozu.

2.2 Demineralizace

Nejdůležitější a hlavní technologií chemické úpravy vody je výroba upravené vody - tzv. demineralizace. Upravená voda je používána pro napájení vysokotlakých kotlů a svoji kvalitou musí splňovat kvalitativní parametry předepsané a doporučené normou ČSN 07 7403 [4]. K tomuto účelu jsou nainstalovány tři linky úpravy (tzv. demilinky). Princip funkce linky úpravy (demilinky) je založen na technologii úpravy vody ionexy, jimiž jsou tyto linky naplněny. Jedna demilinka se skládá ze dvou sériově nainstalovaných nádob (filtrů), z nichž první je nazýván katex (je naplněn katexovou hmotou) a druhý stupeň anex (je naplněn anexovou hmotou). Princip funkce katexu (katexové hmoty) a anexu (anexové hmoty) je popsán níže. Filtry samotné (resp. jejich nádoby) jsou zkonstruovány jako vertikální válcové nádoby z ocelového plechu s klenutými dny. U katexu jsou v dolní a horní části filtru vestavěna dvě trysková dna, opatřená tryskami s velikostí štěrbin 0,25 mm. Jedná se o tzv. jednokomorový filtr. Anexový filtr je oproti katexu rozdělen třemi tryskovými dny (v horní, dolní a střední části) na dvoukomorový filtr. Vnitřní části filtrů jsou z důvodu styku s chemikáliemi, konkrétně žíraviny, pogumované. Napojení filtrů na přívod a odvod filtrované čiřené vody je realizováno plastovým PP potrubím, stejně tak přívod a odvod regenerantů, pracích vod, odvzdušnění. Na těchto potrubních trasách jsou nainstalovány uzavírací klapky s elektropohony. Dále jsou filtry vybaveny dvojicí manometrů, které měří tlak na vstupu a výstupu filtru a lze jejich odečtením získat tlakovou ztrátu filtru. Mezi katex a anex je nainstalován lapač ionexu, který má za úkol zachytit případný únik katexové hmoty do anexu, aby nedošlo k nevratnému znehodnocení anexové náplně. Vzhledem k možnosti zanesení lapače ionexovou hmotou, je mezi vstupem a výstupem měřen diferenční tlak. Zvláštností tohoto zapojení demineralizace a způsobu provozu je průtok upravované vody zdola nahoru, tedy opačně proti gravitační síle. Naproti tomu regenerace probíhá v přesně opačném směru než provoz, tedy shora dolů. Tomuto systému říkáme protiproudé zapojení [2]. Na výstupu každé demilinky je dále měřena vodivost upravené vody a obsah křemičitanů z důvodů potřeby detekce vyčerpání demilinky.

2.2.1 Ionexy

Ionexy jsou makromolekulární sloučeniny, někdy také označované jako měniče iontů, jejichž základ tvoří trojrozměrný skelet. Na něm jsou umístěny aktivní (někdy označované jako výměnné nebo funkční) skupiny. Ionexy se používají ve formě drobných kuliček o velikosti 0,3 mm až 1,5 mm a umožňují kvantitativně odstraňovat z vody nežádoucí ionty výměnou za ty, kterými byly funkční skupiny ionexu předběžně při regeneraci nasyceny a které pro daný účel nevadí. Jedná se o tzv. iontovou výměnu. Z pohledu fyzikálních a chemických vlastností ionexů se jedná především o jejich nerozpustnost ve vodě a běžných anorganických i organických rozpouštědlech. Ve vodě ionexy bobtnají, jejich základní skelet se rozpíná a ionex se stává porézním. Tím dochází k disociaci funkčních skupin a jejich zpřístupnění upravovanému roztoku. Nabobtnání ionexu je základní podmínkou správné funkce ionexů. Z dalších vlastností je rozdílná schopnost ionexu vázat různé ionty. Tato schopnost (afinita) stoupá s valencí, atomovým číslem a stupněm ionizace vyměňovaného iontu. Iontová výměna probíhá stechiometricky, tzn. že pro zachování elektroneutality je každý milival iontu vodného roztoku zachycený na ionexu vyměněn za milival jiného iontu ionexem do vodného roztoku předaného. Iontová výměna je rovnovážným procesem :



(MA a MB je ionex ve formě iontu A, resp. B). Ionex ve formě iontu A odstraňuje z vody ionty B, mění je za ionty A, kterými byl před tím při regeneraci nasycen a převádí se tak do formy B – reakce probíhá dle uvedené rovnice doprava (pracovní období ionexu). Po určité době je ionex převeden do formy B, není schopen dále kvantitativní iontové výměny, tzn. je vyčerpán. Ionexem je proto nutné nechat protékat roztok o vysoké koncentraci iontu A, který z ionexu vytěsňuje ion B a převede ionex opět do formy A – reakce probíhá doleva (regenerace).

Podle druhu vyměnitelného iontu dělíme ionexy na katexy s vyměnitelným kationtem a anexy s vyměnitelným aniontem.

2.2.1.1 Silně kyselý katex

Silně kyselý zregenerovaný katex nasycený z regeneračních kyselin ionty H^+ , se při styku se solemi rozpuštěnými ve vodě, chová jako silná (a současně pevná, tuhá) kyselina typu H_2SO_4 nebo HCl , tyto soli rozkládá a zadržuje z nich kationtovou (kovovou) složku, která má kladný náboj [3]. Nositel kyselosti všech kyselin je kationt H^+ , který se při iontové výměně na katexech chová jako kterýkoliv jiný kationt (kovová složka s kladným nábojem). Na odpovídající množství zadržených milivalů kationtů uvolní katex odpovídající milivaly H^+ , které se s aniontovým zbytkem rozložených solí ze vstupní vody rekombinují na odpovídající kyseliny, které postupují na anexový stupeň (tabulka č.1). Pokud je kovový prvek schopen tvořit kyseliny i zásady (jedná se o tzv.amfoterní kovy - např. Si, As, Sb, Ge a v malé míře i Fe) a je v upravované vodě vázán v aniontovém zbytku solí, které mají záporný náboj, je zadržován až v anexovém stupni. Pro příklad klasické demilinky je to především Si (křemík), který musí být odstraňován z vody sloužící k napájení vysokotlakých kotlů, neboť SiO_2 při vysokých tlacích destiluje do páry a usazuje se na místech, kde dojde ke snížení tlaku (parní turbína).

Tabulka 1: Funkce silně kyselého katexu

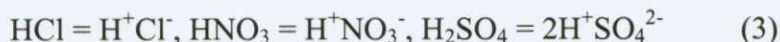
na katex vstupuje	katex zadrží	na výstupu za katexem
$Ca(HCO_3)_2$	Ca	H_2CO_3
$MgSO_4$	Mg	H_2SO_4
$Ca(NO_3)_2$	Ca	HNO_3
$NaCl$	Na	HCl
$FeSO_4$	Fe	H_2SO_4
Na_2SiO_3	Na	H_2SiO_3

Po zpracování určitého množství solí rozpuštěných ve vodě (objemu vody daného složení) se hmota katexu vyčerpá (ztratí kapacitu, není schopna na zadržené kationty uvolnit odpovídající množství H^+) a ve výstupní vodě se objeví kationty, které jsou na hmotě nejslaběji vázané (mají vůči katexové hmotě malou afinitu) [3]. Pořadí afinit (= přibližně pevnosti, síly přichycení) kationtů je v klesajícím pořadí : Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Na^+ , H^+ . Jako první se objeví ve filtrátu (při poklesu H^+) ionty Na^+ . Průnik jiných kationtů než H^+ do výstupní vody je nežádoucí pro přetížení a rychlý výpadek následujícího anexového stupně. Pokles H^+ (kyselin) se projeví posunem pH směrem k alkalické oblasti (dojde k

poklesu "-m" hodnoty) a snížením vodivosti (neutrální soli mají přibližně třikrát menší vodivost než kyseliny) ve srovnání s paralelně provozovaným nevyčerpaným filtrem.

Měření vodivosti nebo hodnoty ZNK-8,3³ se používá především po regeneraci filtru, kdy je vymýván na provozní hodnoty, aby nebyl odstaven do zálohy dříve - zbytky regenerační kyseliny by snížily kapacitu následujícího anexového stupně. Je třeba si uvědomit, že vodivost příp. "-m" hodnota jsou jen mírou množství kyselin, které vznikají rozkladem solí na katexové hmotě, proto není možno tímto způsobem zjistit vyčerpání katexu bez srovnání jeho výstupu s katexem nevyčerpaným. Pokud se změní solnost (množství, součet kationtů nebo aniontů vyjádřený v mval/l) vstupní vody, změní se úměrně produkce kyselin na katexovém filtru a tím i jeho kapacita. Solnost je úměrná vodivosti. Při nízké solnosti (vodivosti) vody dochází k výraznému poklesu "-m" hodnoty a nárůstu pH do alkalické oblasti podobně jako u filtru, který je již vyčerpán. Proto jsou tyto hodnoty pro samostatně pracující katex jen orientační. Solnost si je možno (velmi přibližně) představit jako určitou koncentraci kyselin, zásad a solí ve vodě. Vyčerpaný katexový filtr je třeba vrátit do původního stavu, regenerovat, nasýtit H⁺ ionty. Regenerační silné kyseliny ve vodě stoprocentně disociují (= přibližně rozpadají se) na nositele kyselosti kationt H⁺ a záporně nabitý aniontový zbytek.

Příklad :



Kyselá složka H⁺ se při regeneraci zachytí na hmotě, aniontový zbytek se rekombinuje s kationty vyplavovanými z regenerovaného katexu na odpovídající soli. Pokud je jako regenerační kyselina vstupující na katex použita HCl, potom se ze zadržených kationtů Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, Fe⁺ vytvoří CaCl₂, MgCl₂, NaCl, FeCl₂, které jdou do odpadu s přebytkem regenerační kyseliny. Při probíhající regeneraci je třeba, kromě dodržení předepsané délky regenerace (doby působení regenerantu na ionex), dodržet i teplotu a koncentraci regenerantu, jinak se nepodaří uspokojivě vytěsnit všechny zadržované kationty na únosnou míru. Zkrácení regenerace se projeví podobně jako snížená koncentrace regenerantu. Naopak prodloužení kontaktu regenerantu s hmotou nad dvojnásobek minimálního doporučeného času nepřináší (s výjimkou nápravných regenerací) žádný efekt. Regenerant musí ionexovou hmotou protékat určitou minimální

³ ZNK-8,3 – zásadová neutralizační kapacita, stanovená při hodnotě pH=8,3

rychlostí, jinak není jeho využití dokonalé (vratné reakce, chemická rovnováha). Po spotřebování regenerantu následuje vytěšňovací a poté vymývací fáze. Ukončení vymývání se proto provádí na vodivost nebo ZNK-8,3 hodnotu. Protože demilinka pracuje s plnými kolonami (zregenerovaná hmota zaplňuje celý vnitřní objem filtru), je při protiproudém provozování zdola nahoru méně citlivá na mechanické zanesení (regenerace a vytěšňování probíhají shora dolů, značná část nečistot se vyplaví dolním scezovacím orgánem).

2.2.1.2 Silně bazický anex

Silně bazický zregenerovaný anex nasycený z regeneračního hydroxidu anionty OH^- se při styku s kyselinami (silnými i slabými) rozpouštěnými ve vodě chová jako silná (a současně jako pevná, tuhá) zásada typu NaOH, zadržuje aniontovou složku kyselin a solí, které má záporný náboj [3]. Nositel zásaditosti OH^- se při iontové výměně na anexech chová jako aniont. Na množství zadržených milivalů aniontů uvolní anex stejné množství milivalů OH^- . Částice s kladným nábojem (tj. kationty a nositel kyselosti H^+) nejsou zadržovány, procházejí beze změny a rekombinují se s uvolněnými OH^- ionty na odpovídající sloučeniny. Pro názornost viz. tabulku příkladu pro silně kyselý katex, výstup kyselin z katexového stupně po rozkladu solí rozpuštěných ve vstupní vodě :

Tabulka 2: Funkce silně bazického anexu

na anex vstupuje	anex zadrží	na výstupu za anexem
$\text{H}_2\text{SO}_4 (2\text{H}^+\text{SO}_4^{2-})$	SO_4^{2-}	$2\text{H}^+ + 2\text{OH}^- = 2\text{H}_2\text{O}$
$\text{HNO}_3 (\text{H}^+\text{NO}_3^-)$	NO_3^-	$\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$
HCl	Cl^-	$\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$
H_2SiO_3	HSiO_3^-	$\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$

Rekombinací nositele kyselosti H^+ z katexu a nositele zásaditosti OH^- z anexu se na výstupu anexového stupně objeví velmi čistá voda. Silně bazický anex zadržuje všechny anionty. Pořadí klesajících afinit (pevnosti, síly přichycení) je : SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , HSiO_3^- , OH^- . Výpadek (vyčerpání kapacity) anexu se zásadně zjišťuje na základě zvýšeného průniku SiO_2 . SiO_2 se neprojevuje vodivostně (kyseliny křemičité velmi málo disociují), je nutné jeho fotometrické stanovení. Vodivostně se projevuje až zvýšený průnik CO_2 , který je na anexu vázán podstatně pevněji. Ve většině případů platí, že když dojde ke zvýšení

střední vodivosti výstupní vody na dvojnásobek, je již průnik SiO_2 mimo povolený rozsah a proto je třeba brát zvýšení vodivosti výstupní vody jen jako hrubou orientaci. Současně dochází ke snížení pH výstupní vody neboť anex již nestačí zneutralizovat veškeré kyseliny z katexového filtru (pH výstupní demivody klesá pod 7,0). Pokud se na výstupu z katexu objeví větší množství Na^+ iontů, které jsou na katexové hmotě vázány jen slabě, tj. začíná výpadek katexového stupně, dojde na anexu v důsledku rekombinace k reakci $\text{Na}^+ + \text{OH}^- = \text{NaOH}$. Vznikající hydroxid sodný je v podstatě regenerant, dojde k alkalizaci obsahu anexu a anex začne uvolňovat SiO_2 , vázaný nejslaběji [3]. Pokud není vyčerpaný katex včas odpojen, dojde v důsledku zatížení anexu alkáliemi k jeho předčasnému výpadku (viz. lapače ionexů, záměny ionexových hmot). Pro regeneraci silně bazického anexu se používá většinou NaOH v předepsané koncentraci pro daný typ hmoty. Vliv překročení, resp. nedodržení předepsané dávky regenerantu, jeho teploty, koncentrací a délky regenerace se projeví analogicky jako u katexového stupně. Vymývání anexu se většinou provádí vodou z nevyčerpaného katexu na přibližně dvojnásobek průměrné provozní vodivosti. Kontrolovat SiO_2 není v tomto případě nutné, anexová hmota je po regeneraci bezpečně SiO_2 zbavena. Pokud je demi-stanice v linkovém zapojení, provádí se vymytí na provozní hodnoty po základním vytěsnění regenerantů nejlépe recirkulací výstupu z anexu na vstup katexu pomocí čerpadla. Výrazně se tím sníží vlastní spotřeba vody (nejméně na polovinu objemu potřebného pro vymývání) a objem odpadů vymývání do neutralizace. Aby nedocházelo ke zbytečnému snížení kapacity demilinky (zatížení katexu Na^+ z anexu, zatížení anexu H^+ z katexu), je třeba, aby byl regenerant z katexu vytěsněn trojnásobkem objemu vody, než je objem katexové hmoty ve filtru, regenerant z anexu čtyřnásobkem. Slabě bazický anex má velmi podobné vlastnosti jako silně bazický anex, rozdíl je v jeho slabší zásaditosti (přibližně Na_2CO_3 nebo NH_4OH). V důsledku toho zadržuje anionty silných kyselin (SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^-), ale nereaguje s kyselinami slabými (HCO_3^- , HSiO_3^-). Na začátku pracovního cyklu zadržuje (velmi slabě) i aniont HCO_3^- , ale po cca 1/4 cyklu je CO_2 ostatními anionty vytěsňován do výstupní vody. Slabší bazicita se výhodně projevuje při regeneraci, slabě bazický anex se zregeneruje dokonale již polovičními koncentracemi regenerantů (podle typu hmoty 1,2 % až 2,2 % NaOH), proto je na regeneraci možno použít odpady z regenerace anexu silně bazického. Pro tento případ je jediné omezení a to v koncentraci NaOH v regeneračních odpadech ze silně bazického stupně. Ty v počáteční fázi obsahují značné množství SiO_2 , který při koncentraci NaOH > 2% vypadá na hmotě slabě bazického anexu a obtížně se z ní odstraňuje. Zanesení

hmoty SiO_2 snižuje kapacitu slabě bazického anexu a urychluje stárnutí hmoty. Občas je proto třeba provést (po cca 150 pracovních cyklech nebo dvakrát ročně) nápravnou regeneraci [2].

2.2.1.3 Vytěšňování a vymývání regenerantů (platí pro katex i anex)

Po ukončené regeneraci, kdy jsou spotřebovány předepsané objemy regeneračních roztoků, je třeba odstranit (vytěšnit) přebytky regenerantů z hmot. Hmotou se nechá protékat vytěšňovací voda jejíž průtok je asi o 40 % až 50 % vyšší než byl průtok regenerantu. Tato voda před sebou tlačí zbytky regenerantu a zlepšuje efekt regenerace. Pokud by byl průtok vytěšňovací vody příliš vysoký, její spotřeba by byla pro požadovaný efekt podstatně vyšší. Katex vyžaduje přibližně trojnásobek objemu vytěšňovací vody než je objem ionexové hmoty ve filtru, anex, který zadržuje regenerant pevněji, čtyřnásobek. Po základním vytěšnění regenerantu se vstup vytěšňovací vody uzavře a filtr se vymyje na přibližně 120 % provozní hodnoty elektrické vodivosti recirkulací výstupu anexu na vstup katexu. Při vymývání recirkulací je třeba, aby průtok linkou nebyl nižší, než je 30 % maximálního průtoku linky, jinak se v důsledku dynamické chemické rovnováhy nedostane linka na provozní hodnoty. Vymytý filtr se dá do zálohy. Pro vytěšnění a vymytí na provozní hodnoty vyžaduje (pokud není po vytěšňovací fázi na vymývání použita recirkulace) katex přibližně 8-násobek objemu vody než je objem hmoty ve filtru, anex cca 10-ti násobek.

2.2.1.4 Shrnutí ionexů

Pokud se zvyšuje vodivost vyrobené demivody a zvyšuje se její pH, vypadává katex. Pokud se zvyšuje vodivost vyrobené demivody a její pH klesá, vypadává anex. Vyčerpání anexového filtru se zjistí jednoznačně na základě zvýšeného průniku SiO_2 do výstupu se současným zvýšením vodivosti při snížení pH této demivody.

2.2.2 Směsný filtr

Jako směsné filtry se označují filtry (většinou s upravenými vestavbami) naplněné směsí katexu a anexu. Nejčastěji se jedná o směs silně kyselého katexu v H^+ cyklu a silně

bazického anexu v OH⁻ cyklu, která je dokonale promíchaná. Tento filtr je schopen sám bez předchozí úpravy demineralizovat vodu, ale vzhledem k tomu, že jeho provoz je méně ekonomický (dávky regenerantů jsou poměrně vysoké), způsob regenerace je složitější, je komplikovanější i konstrukce filtru), používá se většinou jen jako konečný stupeň úpravy demivody. Zlepšuje o řád parametry vstupující demivody a zároveň slouží jako pojistka pro případnou poruchu na předchozích stupních. Složitější manipulace při regeneraci vyplývá z požadavku oddělené regenerace obou složek; katexu kyselinou, anexu hydroxidem. Účinek promíchaných zregenerovaných ionexů je stejný, jako by voda protékala několika filtry za sebou střídavě osazenými katexem a anexem - odpovídá přibližně trojici klasických demilinek v sérii. Regenerace se provádí interně, kdy se regeneruje ve vlastním smíšeném filtru po oddělení obou složek rozplavením. Nejprve se při praní vodou kromě odstranění mechanických nečistot katex i anex dostanou do vznosu, obě vrstvy se na základě rozdílných specifických hmotností oddělí a při ukončení pracovního cyklu se ve filtru odděleně usadí. Pro optimální rozdělení katexu a anexu je výhodné snižovat průtok prací (a současně rozplavovací) vody postupně, aby se katex na středním scezovacím orgánu přesně horizontálně urovnal. Anex tvoří horní vrstvu. Rozhraní mezi vrstvami nezregenerovaného katexu a anexu se musí nacházet přesně na dolní části až v 1/3 výšky středního scezovacího orgánu, musí být ostré a kontrolovatelné, proto je zde umístěn průzor. Po oddělení se anex regeneruje shora dolů (souproutně) NaOH, katex protiproudě (zdola nahoru) HCl [2]. Odpady regenerace se odvádějí středním scezovacím roštem. Simultánní regeneraci je nejlépe zahájit NaOH s předstihem 4 min až 6 min a teprve potom začít dávkovat HCl. NaOH je na anexové hmotě vázán podstatně pevněji, hůře se vytěšňuje a vymývá. Dávky regenerantů a celý postup regenerace včetně vytěšnění se volí tak, aby na výstupu ze středního roštu docházelo k maximální autoneutralizaci odpadů. Optimální výška hladiny při regeneraci a následující vytěšňující fázi je udržována regenerační smyčkou. Po spotřebování regenerantů se jejich přebytek vytěšní (kontroluje se vodivost odpadů ze středního roštu). Sníží se vodní hladina ve filtru a hmoty se vzájemně promíchají vzduchem. Následuje okamžité vymytí na provozní hodnoty. Pokud by se vymytí nepovedlo okamžitě, došlo by vzájemným působením nevymytého katexu a anexu k výraznému snížení kapacity filtru a zhoršení kvality výstupní vody. Při provozování smíšeného filtru platí podobná kritéria jako pro klasické filtry demilinky : provozování v rozmezí 30 % až 100 % maximálního výkonu, v druhé polovině pracovního cyklu nepřekračovat (je-li to možné) výkon 70 % maximálního, při startu zabíhat filtr po

3 min až 5 min nejméně 50 % výkonu na odpadní kanál. Výpadek SF se detekuje na nastavený průnik SiO_2 . Na kvalitu výstupní vody má podstatný vliv výška katexové náplně. Při plnění směsného filtru je třeba, aby vypraná a zregenerovaná hmota katexu sahala do 2/3 výška středního scezovacího roštu, který musí být navíc přesně horizontálně ustaven. Pokud není výška katexu optimalizovaná, dojde vždy ke zhoršení kvality výstupní vody a někdy i ke snížení kapacity směsného filtru : při překročení výšky katexu se jeho část dostane vlivem NaOH do sodného cyklu, při jeho malé výšce se naopak anex dostává vlivem HCl do cyklu chloridového. Výška náplně silně bazického anexu, kterým je účelné směsný filtr plnit až po naplnění, vyprání a zregenerování katexové složky, není ve vztahu ke kvalitě vody kritická, objem anexové náplně je často v porovnání s náplní katexu větší. Souvisí to s menší objemovou kapacitou anexu a účelem použití filtru. Poměr katex/anex se pohybuje v rozmezí 1:1 až 1:2.

2.3 Úprava vratného městského kondenzátu

Úprava vráceného městského kondenzátu je opět založena na mechanické filtraci (tentokrát již bez čiření) a na úpravě vody ionexovou technologií (demineralizace). Vratný kondenzát je produktem zkondenzované páry, která teplo předala ve výměňkových stanicích a u konečných odběratelů technologické páry. Kvalita tohoto kondenzátu je popsána v tabulce č.3, lze ji kvalifikovat jako setrvale dobrou.

Tabulka 3: Základní jakostní znaky surového kondenzátu

parametr	rozmezí hodnot	jednotky
vodivost	5-10	$\mu\text{S}/\text{cm}$
SiO_2	50-250	$\mu\text{g}/\text{l}$
Fe	250-500	$\mu\text{g}/\text{l}$
pH	7-9	

Nepoměrně větší problém způsobuje vzhledem k rozsáhlosti parovodní a kondenzátní sítě Českých Budějovic a sezónnosti výroby páry množství vráceného kondenzátu. Okamžitý průtok vráceného kondenzátu kolísá vzhledem k venkovní teplotě (tedy ročnímu období), a zároveň i vůči denní době. Největší vratnost kondenzátu bývá zaznamenána v ranních hodinách pracovního týdne. Samozřejmě velký vliv na množství dodávaného kondenzátu mají také případné poruchy a havárie na kondenzátní síti potrubí.

Vlivy těchto nerovnoměrností ve vratnosti kondenzátu jsou eliminovány akumulací nádrží vratného městského (surového) kondenzátu. Z ní je surový kondenzát čerpán odstředivými čerpadly přes regulaci průtoku, vstřik chladící demivody na pískovou tlakovou filtraci. Zde je kondenzát zbaven mechanických nečistot, především zbytků trojmocného nerozpuštěného železa, ve formě šupinek rzi z kondenzátních potrubí. Odtud je zfiltrovaný kondenzát veden potrubními trasami na dvě demilinky - tentokrát však v zapojení katex a mix bed (směsný filtr). Katexový filtr zde funguje nejen jako první stupeň úpravy odstraňující kationty, ale zároveň jako mechanický filtr pro gravitační filtraci a zachycení zbytků jemných podílů mechanických nečistot, které nebyly zachyceny na pískové filtraci [3]. Katexový filtr zde má tedy pouze jedno tryskové dno ve spodní části nádoby (stejně jako pískový filtr) a filtrovaný kondenzát jím protéká shora dolů, stejně jako regenerant. V tomto případě se na rozdíl od demilinek na úpravu přídavné vody jedná o souproudé zařízení. Směsný filtr zde pracuje vzhledem k nízké solnosti a malému obsahu křemičitanů jako dočišťovací člen celé předchozí úpravy. Jedinou zvláštností je poměr ionexových hmot uvnitř filtru, který je 2:1 (anex vůči katexu). Je to způsobeno tím, že zde úplně chybí anexový člen úpravy (vzhledem k parametrům nepotřebný), avšak z důvodu pojistky pro případ větší nárazové zasolenosti kondenzátu nebo většího obsahu křemičitanů je navýšen podíl anexové hmoty ve směsném fitru. Všechny osazené armatury na potrubí a jednotlivých filtrech jsou klapky s elektropohonem. Opět se zde měří a sleduje rozdíl tlaků na vstupech a výstupech filtrů a na výstupu celé demilinky je měřena jako rozhodující veličina vodivost a obsah křemičitanů.

3 Měřené veličiny

V této kapitole jsou popsány hlavní skupiny měřených fyzikálních a chemicko-fyzikálních veličin, které jsou používány k řízení a sledování CHÚV. Jsou zde popsány základní principy daných měření a jejich využití. Obecným a největším problémem při realizaci jednotlivých měřících okruhů bylo dodržení co nejkratších vzdáleností vzorkovačů a samotných měřících sond, aby byla pro řízení k dispozici vždy aktuální hodnota bez časového zpoždění. Při měření průtoku je obdobný problém v instalaci měřícího senzoru do potrubí tak, aby byly k dispozici výrobcem předepsané uklidňovací zóny před a za měřidlem a mohla být garantována výrobcem udávaná přesnost čidla.

Konkrétně např. u ultrazvukového měření průtoku 40-ti násobek světlosti senzoru před měřidlem a trojnásobek za měřidlem. Dalším problémem zejména při měření vodivosti a obsahu křemičitanů v upravené vodě je její vysoká čistota, kdy technické možnosti čidel a senzorů (resp. celých měřidel a analyzátorů) jsou téměř vyčerpány a měří standardně dosahované technologické hodnoty na spodní hranici meze detekce.

Pro přenos měřených veličin z převodníků senzorů je výhradně použito proudových smyček 4 mA ÷ 20 mA. Důvod pro jejich použití je především v odolnosti proti elektromagnetickému rušení ze strany nainstalovaných elektrických spotřebičů v technologii (především čerpadla, resp. jejich elektromotory) a rozlehlosti technologie, kdy je potřeba přenést data na vzdálenosti desítek metrů. Neméně významným důvodem je i pořizovací cena.

Výjimkou je použití sběrnice Profibus DP mezi decentralizovanými vstupně/výstupními inteligentními jednotkami ET200 a řídicím procesorem PLC⁴ automatu.

Pro představu rozsáhlosti systému je níže uvedena tabulka měřených veličin a jejich popis (tabulka č.4). Z této tabulky jsou také zřejmé potřeby a nároky oboru měření na chemických úpravách vody a u některých veličin i náročnost měření, především výše zmíněné měření v ultračistých vodách.

3.1 Měřicí okruhy

V úvodním projektu první rekonstrukce řídicího systému CHÚV byl rozepsán plán označování jednotlivých měřených technologických veličin i aktivních prvků (armatury, čerpadla). V dalších navazujících projektech již byl systém označování zachován a je používán dodnes.

Technologické veličiny jsou označeny jedním velkým písmenem, které označuje typ měření (F-průtok, L-hladina, P-tlak, T-teplota, Q-vodivost, obsah křemíku, zákal apod.) a třemi číslicemi, které jsou pořadovým číslem měřicího okruhu.

Aktivní prvky technologického zařízení jsou označeny třemi znaky, které vyjadřují příslušnost k části technologie (např. PF1-pískový filtr 1), dále jedním znakem určující

⁴ PLC-Programmable Logic Controllers

zařízení (např. A-armatura). Následují tři číslice označující pořadové číslo a celé označení je ukončeno jedním znakem, který označuje druh ovládání nebo pohonu daného zařízení (např. E-elektrický pohon, P-pneumatický pohon). Celé označení vypadá např takto : PF2A001E.

Tabulka 4: Seznam měřících okruhů řídicího systému CHÚV

Skupina	Systémové označení	Popis signálu	Rozsah čidla	Řídící PLC automat	Poznámka
průtok	F001	průtok surové vody do čističe	50-165 m ³ /hod	DF1	Sigma induk.
průtok	F002	průtok PF 1	50-90 m ³ /hod	DF1	Sigma induk.
průtok	F003	průtok PF 2	50-90 m ³ /hod	DF1	Sigma induk.
průtok	F004	průtok PF 3	50-90 m ³ /hod	DF1	Sigma induk.
průtok	F006	průtok prací vody pro PF, CPF, PK	70-300 m ³ /hod	DF1	I., II., III.; Sigma induk.
průtok	F007	průtok vody na demilinku č.1	0-160 m ³ /hod	DF1	Sigma induk.
průtok	F008	průtok vody na demilinku č.2	0-160 m ³ /hod	DF1	Sigma induk.
průtok	F009	průtok vody na demilinku č.3	0-160 m ³ /hod	DF6/AF3	Siemens Magflo induk.
průtok	F010	průtok čířené vody do prac.nádrží	0-54 m ³ /hod	GD9/DF6	Flomag induk.
průtok	DF4_F014	průtok kondenz.písk.filtrem 1	0-160 m ³ /hod	DF4/PK1	ELIS ultrazvuk
průtok	DF4_F015	průtok kondenz.písk.filtrem 2	0-160 m ³ /hod	DF4/PK1	ELIS ultrazvuk
průtok	DF4_F016	průtok kondenz.písk.filtrem 3	0-160 m ³ /hod	DF4/PK1	ELIS ultrazvuk
průtok	DF4_F023	průtok kondenzátní demilinkou 1	0-300 m ³ /hod	DF4/SK1	Danfoss ultrazvuk
průtok	F026	průtok uprav. kondenzátu do nádrže	0-300 m ³ /hod	DF1	MIN=10; Danfoss ultrazvuk
průtok	F027	průtok demivody do NČK	0-300 m ³ /hod	DF1	Danfoss ultrazvuk
průtok	F028	průtok demivody do NN	0-300 m ³ /hod	DF1	Danfoss ultrazvuk
průtok	F029	průtok injekt.vody vlast.spotř. pro KDL	0-40 m ³ /hod	DF1	Danfoss ultrazvuk
průtok	F030	průtok chlad.demivody pro kondenzát	0-35 m ³ /hod	DF1	Danfoss ultrazvuk
průtok	F031	průtok filtrované chladicí vody	0-350 m ³ /hod	DF1	Danfoss induk.
průtok	F032	průtok číř. vody z CHÚV 3 do CHÚV 1	0-180 m ³ /hod	DF1	Siemens Magflo induk.
průtok	F033	průtok sur.vody pro doplnění SJ	0-100 m ³ /hod	DF1	Siemens Magflo induk.
průtok	F034	průtok otepl. vody do Mlýnské stoky	0-144 m ³ /hod	DF1	Flomag induk.
průtok	F035	průtok otepl.vody do SJ	0-100 m ³ /hod	DF1	Danfoss induk.
průtok	F036	průtok CPF 1	0-200 m ³ /hod	DF1	ELIS induk.
průtok	F037	průtok CPF 2	0-200 m ³ /hod	DF1	ELIS induk.
průtok	F038	průtok požární vody	0-150 m ³ /hod	DF1	Siemens Magflo induk.
průtok	F039	průtok splav.vody do VB	0-300 m ³ /hod	DF1	ELA induk.
průtok	F042	průtok odluhu z VB do CHÚV1	0-30 m ³ /hod	DF1	Danfoss ultrazvuk
průtok	F043	průtok sběrnici I. sur.kondenz.	0-400 m ³ /hod	DF1	ELA induk.
průtok	F044	průtok sběrnici II. sur.kondenz.	0-400 m ³ /hod	DF1	Danfoss ultrazvuk
průtok	F045	průtok odpadní vody z NJ do VN	0-100 m ³ /hod	DF2	Danfoss induk.
průtok	F047	průtok z čst. Malše	0-800 m ³ /hod	DF1	(DOMER)
průtok	F048	průtok oteplené vody do CHÚV1	0-350 m ³ /hod	DF1	Danfoss induk.
průtok	F049	průtok CPF 3	0-200 m ³ /hod	DF1	ELIS induk.
průtok	F051	průtok vrácené otepl.vody z JOV	0-100 m ³ /hod	\\VELIN	komunikace z VB
průtok	F052	průtok filtr.chl.vody na mlýny K11, K12	0-100 m ³ /hod	\\VELIN	komunikace z VB
průtok	F053	průtok filtr.chl.vody do bagr.stanice	0-100 m ³ /hod	\\VELIN	komunikace z VB

Skupina	Systémové označení	Popis signálu	Rozsah čidla	Řídící PLC automat	Poznámka
průtok	F054	průtok filtr.chl.vody na EN	0-100 m ³ /hod	\\VELIN	komunikace z VB
průtok	F055	sumární průtok pitné vody		\\VELIN	komunikace z VB
průtok	F056	průtok páry – vlastní spotřeba CHÚV 1		DF2	měřidlo parovodů (Eautomatic)
průtok	F200	průtok průsakových vod na odkališti	0-180 m ³ /hod	GD6/DF2	komunikace z odkaliště
hladina	L051	hladina v nádrži surové vody	0 - 3.5 m	DF1	330/330/-/220; NIVELCO ultrazvuk
hladina	L052	hladina v nádrži čířené vody	0 - 4.00 m	DF1	tlak. ponorná sonda
hladina		hav.max.nádrže čířené vody	mmax= 2.40 m		
hladina		max.nádrže čířené vody	max= 2.35 m		
hladina		min.nádrže čířené vody	min= 0.35 m		
hladina		hav.min.nádrže čířené vody	mmin= 0.15m		blokovat MP 323, 4, 5
hladina	L053	hladina v nádrži prací vody	0 - 1.97 m	DF1	NIVELCO ultrazvuk
hladina		hav.max.nádrže prací vody	mmax= 1.97 m		bez klaksonu
hladina		max.nádrže prací vody	max= 1.87 m		
hladina		min.nádrže prací vody	min= 0.32 m		
hladina		hav.min.nádrže prací vody	mmin= 0.12 m		blokovat MP 345, 6
hladina	L054	hladina v nádrži demivody 1	0 - 2.64 m	DF1	tlak. sonda
hladina		hav.max.nádrže upr. vody	mmax= 2.40 m		
hladina		max.nádrže upravené vody	max= 2.30 m		
hladina		min.nádrže upravené vody	min= 0.40 m		
hladina		hav.min.nádrže upr. vody	mmin= 0.29 m		blokovat MP 333-336
hladina	L055	hladina v nádrži demivody 2	0 - 2.75 m	DF1	tlak. sonda
hladina		hav.max.nádrže upr.kondenz	mmax= 2.40 m		
hladina		max.nádrže uprav.kondenz.	max= 2.30 m		
hladina		hav.min.nádrže upr.kondenz	mmin= 0.29 m		blokovat MP 337-340
hladina	L056	hlad.v nádrži sur. kondenz.	0 - 16.00 m	DF1	tlak. sonda
hladina		hav.max.nádrže sur.kondenz	mmax=13.00 m		
hladina		max.nádrže sur.kondenz.	max= 12.50 m		
hladina		min.nádrže sur.kondenz.	min= 0.50 m		
hladina		hav.min. nádrže sur.kondenz	mmin= 0 m		blokovat MP 326-332
hladina	L058	hladina v kalové jímnice	0 - 3.35 m	DF1	tlak. sonda
hladina		hav.max.v kal.jímnice	mmax= 2.60 m		
hladina		max.v kalové jímnice	max= 2.40 m		MP 301, 2 aut. ZAP
hladina		min.v kalové jímnice	min= 0.80 m		MP 301, 2 aut. VYP
hladina		hav.min.v kal.jímnice	mmin= 0.50 m		bez klaksonu
hladina	L059	hladina ve sběrné nádrži	0 - 1.7 m	DF1	NIVELCO ultrazvuk
hladina		hav.max.ve sběrné nádrži	mmax= 1.38 m		
hladina		max.ve sběrné nádrži	max= 1.28 m		MP 303, 4 aut. ZAP
hladina		min.ve sběrné nádrži	min= 0.38 m		MP 303, 4 aut. VYP
hladina		hav.min.ve sběrné nádrži	mmax= 0.31 m		
hladina	L060	hladina v pomocné nádrži	0 - 17.40 m	DF1	NIVELCO ultrazvuk
hladina		hav.max.v pomocné nádrži	mmax= 16.40 m		
hladina		max.v pomocné nádrži	max= 16.00 m		
hladina		min.v pomocné nádrži	min= 1.00 m		
hladina		hav.min.v pomocné nádrži	mmin= 1.00 m		bez klaksonu
hladina	L061	hladina v neutralizační jímnice	0 - 3.50 m	DF1	tlak. sonda
hladina		max.v neutralizační jímnice	max= 2.20 m		
hladina		min.v neutralizační jímnice	min= 1.40 m		
hladina	L062	hladina v hav.jímnice sběrné n.	0 - 0.62 m	DF1	NIVELCO ultrazvuk
hladina		hav.max.v hav.jímnice sb.nádr.	mmax= 0.48 m		
hladina		max.v hav.jímnice sběrné n.	max= 0.45 m		MP 307 aut. ZAP
hladina		min.v hav.jímnice sběrné n.	min= 0.27 m		MP 307 aut. VYP
hladina		hav.min.v hav.jímnice sb.nádr.	mmin= 0.20 m		
hladina	L063	hladina v hav.jímnice neutraliz.	0 - 0.90 m	DF1	NIVELCO ultrazvuk

Skupina	Systémové označení	Popis signálu	Rozsah čidla	Řídící PLC automat	Poznámka
hladina	L064	hav.max. v hav.jímce neutr.	mmax= 0.90 m	DF1	MP 308 aut. ZAP MP 308 aut. VYP bez klaksonu NIVELCO ultrazvuk
hladina		max.v hav.jímce neutralizace	max= 0.85 m		
hladina		min.v hav.jímce neutralizace	min= 0.20 m		
hladina		hav.min. v hav.jímce neutr.	mmin= 0.10 m		
hladina		hladina v hav.jímce sklep	0 - 0.85 m		
hladina	L065	hav.max. v hav.jímce sklepa	mmax= 0.80 m	DF1	MP 309 aut. ZAP MP 309 aut. VYP bez klaksonu NIVELCO ultrazvuk nesignalizováno
hladina		max.v hav.jímce sklep	max= 0.72 m		
hladina		min.v hav.jímce sklep	min= 0.35 m		
hladina		hav.min. v hav.jímce sklepa	mmin= 0.15 m		
hladina		hladina v odměrce chloridu 1	0 - 1.10 m		
hladina	L066	hav.max.v odměrce chloridu 1	mmax= 1.09 m	DF1	bez klaksonu NIVELCO ultrazvuk
hladina		max.v odměrce chloridu 1	max= 1.00 m		
hladina		min.v odměrce chloridu 1	min= 0.10 m		
hladina		hav.min.v odměrce chloridu 1	mmin= 0.10 m		
hladina		hladina v odměrce chloridu 2	0 - 1.10 m		
hladina	DF4_L080	hav.max.v odměrce chloridu 2	mmax= 1.09 m	DF4/ON	bez klaksonu E+H FMU230
hladina		max.v odměrce chloridu 2	max= 1.00 m		
hladina		min.v odměrce chloridu 2	min= 0.10 m		
hladina		hav.min.v odměrce chloridu 2	mmin= 0.10 m		
hladina		hladina v odměrce HCl - kondenzát	0 - 1.00 m		
hladina	DF4_L081	prov.max. v odměrce HCl	0 - 1.00 m	DF4/ON	plováček RFS
hladina	DF4_L082	hladina v odměrce NaOH - kondenzát		DF4/ON	E+H FMU230
hladina	DF4_L083	prov.max. v odměrce NaOH		DF4/ON	plováček RSF
hladina		mmax.hladina v odměrce NaOH			
hladina		prov.min.v odměrce NaOH			
hladina		prov.max. v odměrce NaOH			
hladina		mmax.hladina v odměrce NaOH			
hladina	L146	max.hladina v odměrce NaOH		DF2	plováček RSF Miltronics Probe
hladina		hladina v odměrce HCl			
hladina		prov.min.v odměrce HCl			
hladina		prov.max. v odměrce HCl			
hladina		mmax. hladina v odměrce HCl			
hladina	L150	max. hladina v odměrce HCl		DF2	plováček RSF plováček RSF
hladina		min. hladina v odměrce HCl - neutr.			
hladina		min. hladina v odměrce HCl - neutr.			
hladina		min. hladina v odměrce NaOH - neutr.			
hladina		min. hladina v odměrce NaOH - neutr.			
hladina	L163	hladina v jímce odp.v. z praní PF		DF2	3.7/3.5/1.15/0.05 m; LMP
hladina		minimum 1 v jímce odp.v. z praní PF			
hladina		max.hladina v jímce odp.v. z praní PF			
hladina		max.hladina v jímce odp.v. z praní PF			
hladina		min. hl. v 1. nádrži POF			
hladina	L164	min. hl. v 2. nádrži POF	0 - 12.00 m	SD/DF2	E+H Deltapilot S
hladina		hladina v demi nádrži č.1			
hladina		hladina v demi nádrži č.2	0 - 12.00 m	SD/DF2	E+H Deltapilot S

Skupina	Systémové označení	Popis signálu	Rozsah čidla	Řídící PLC automat	Poznámka
hladina	L205	min. hl. v odměrce vápna		DF2	DINEL CPS-24N
hladina	L206	hladina ve splavovací jímce	0 - 3.60 m	DF2	Fiedler/Domer ultrazvuk přepad
hladina		hav.max. ve splav.jímce	mmax = 3.52 m		
hladina		max. ve splav.jímce	max = 3.00 m		
hladina		hav.min. ve splav.jímce	mmin = 1.20 m		
hladina	L300	hladina ve vypouštěcí nádrži	0 - 12.00 m	GD5/DF2	
hladina		hav.max. ve VN	mmax = 10.00 m		přepad
hladina		max. ve VN	max = 9.00 m		blokace MP 305, 6
hladina		min. ve VN	min = 2.00 m		aut. vypouštění ZAP
hladina		hav.min. ve VN	mmin = 1.50 m		aut. vypouštění VYP
hladina	L400	hladina v jímce v čst.Malše	0 - 3.50 m	GD7/DF2	
tlak	P071	tlak cirkulačních čerpadel CV1 a CV2	0-1 MPa	DF6	E+H PMC 131
tlak	DF4_P073	tlaková ztráta PK		DF4/PK1	E+H deltabar
tlak	DF4_P074	tlak vymývacího čerpadla		DF4/SK1	E+H PMC 131
tlak	DF4_P075	tlaková ztráta lapače ionexů za KDL		DF4/SK1	E+H deltabar
tlak	P076	tlaková ztráta PF		DF2	WIKA kontakt
tlak	P077	DP lapače ionexu LK 1	0 - 160 kPa	DF2	Siemens Sitrans
tlak		max. DP lapače ionexu LK 1	max = 100 kPa		
tlak	P078	DP lapače ionexu LK 2	0 - 160 kPa	DF2	Siemens Sitrans
tlak		max. DP lapače ionexu LK 2	max = 100 kPa		
tlak	P079	DP lapače ionexu LS 1	0 - 160 kPa	DF2	WIKA kontakt
tlak		max. DP lapače ionexu LS 1	max = 100 kPa		
tlak	P080	tlak ovládacího vzduchu		DF2	tlak. spínač
tlak	P081	tlak chl.vody za čerpadly	0-1 MPa	DF1	E+H PMC131
tlak	P082	tlak chl.vody za filtry	0-1 MPa	DF1	E+H PMC131
tlak		hav.min.tlak chl.vody za filtry	mmin= 0.42 MPa		
tlak	P083	tlak požární vody		DF1	E+H PMC131
tlak	P084	tlak vzduchu před redukcí	0-1 MPa	DF1	ZPA Inpres
tlak		min.tlak kond.před redukcí	mmin=0.30 MPa		
tlak	P085	tlak vzduchu v rozvodu	0 - 0.4 MPa	DF1	ZPA Inpres
tlak	DF4_P086	tlak sur.kond.před písk. filtry	0 - 1 MPa	DF4/SK2	ZPA Inpres
tlak	P087	tlak demivody do NČK	0 - 1 MPa	DF1	E+H PMC131
tlak	P088	tlak splavovací vody	0 - 1 MPa	DF1	ZPA Inpres
tlak		min.tlak splavovací vody	mmin=0.3 MPa		
tlak	P089	tlaková ztráta lapače ionexů za LK3	0 - 160 kPa	DF6/AF3	E+H PMD235
tlak	P090	tlak demivody do NN		DF1	E+H PMC131
tlak	EM01	tlak na výtlaku čerpadla MP 349	0 - 250 kPa	GD7/DF2	
tlak	EM02	tlak na výtlaku čerpadla MP 350	0 - 250 kPa	GD7/DF2	
tlak	EM16	Poloha reg.ventilu EM16	0 - 100%	GD7/DF2	
pH	Q091	pH neutr.vody recirkulace	2 - 14	DF1	E+H
pH		max.pH neutr.vody recirkulace	mmax= 8		bez klaksonu
pH				DF1	zrušeno,rezerva
pH					
pH	Q093	pH z neutr.jímky do VN	2 - 14	DF1	E+H
pH					bez klaksonu
pH					bez klaksonu
pH	Q090	pH čírené vody	0 - 14	DF1	Proreg
teplota	DF4_T130	teplota kondenzátu na úpravu	0 - 100 °C	DF4	ZPA
teplota		hav.tepl.surové vody do čířiče	max= parametr		bez klaksonu
teplota	T131	teplota surové vody do čířiče	0 - 100 °C	DF1	ZPA
teplota		hav.tepl.surové vody do čířiče	mmax= 20 °C		bez klaksonu

Skupina	Systémové označení	Popis signálu	Rozsah čidla	Řídící PLC automat	Poznámka
teplota	T132	teplota sur. kond. před filtrací	0 - 100 °C	DF1	ZPA
teplota		hav.tepl.sur.kond.před filtrací	mmax= 60 °C		bez klaksonu
teplota	T133	teplota směsi vstupující na MB	0 - 80 °C	DF2	HIT
teplota		max.teplota vstupující směsi na MB	max= 50 °C		přerušeni úprav.kond.
teplota	T134	teplota venkovní (VN)	-20 až +50 °C		
teplota		min.venkovní teplota	min= 5 °C		otevřít vypouštění
teplota	T135	teplota vratné oteplené vody	0 - 50 °C	DF1	ZPA
teplota	T136	teplota filtr.chlad.vody	0 - 50 °C	DF1	ZPA
teplota	DF4_T137	teplota hnací vody pro regeneraci		DF4/ON	ZPA
teplota	T138	teplota odluhu	0-100°C	DF1	ZPA
teplota	T140A	teplota demivody do NČK		DF2	ZPA
zákal	Q094	zákal v čiřené vodě	0-100 NTU	DF2	A,B,C,D; HACH 1720
zákal		max.zákal v čiřené vodě	max=60 NTU		
vodivost	Q095	vodivost UV za DL1 provozní	0-20 uS/cm	DF1	E+H
vodivost		max.vodivost UV za DL1 provozní	mmax= 2 uS/cm		odstavování DL 1
vodivost	Q096	vodivost UV za DL1 vymývací	0-200 uS/cm	DF1	E+H
vodivost		max.vodivost UV za DL1 vymývací			
vodivost	Q100	vodivost UV za DL2 provozní	0-20 uS/cm	DF1	E+H
vodivost		max.vodivost UV za DL2 provozní	mmax= 2 uS/cm		odstavování DL 2
vodivost	Q101	vodivost UV za DL2 vymývací	0-200 uS/cm	DF1	E+H
vodivost		max.vodivost UV za DL2 vymývací			
vodivost		max.vodivost UV za SF1	mmax= 0.80 uS/cm		odstavení SF
vodivost	DF4_Q103	vodivost kondenz. za KDL (SK1,2)	0-1 uS/cm	DF4/SK1	E+H
vodivost	DF4_Q104	vymývací vodivost kondenzátu	0-1000 uS/cm	DF4/SK1	E+H
křemík	DF4_Q105	SiO ₂ kondenzát - surový a upravený	0-300 ug/l	DF4/SK1	A,B; HACH S5000
křemík	Q106	SiO ₂ demivoda - za DL1 a 2,SF1	0-50 ug/l	DF2	A,C,D - B zrušeno; HACH
vodivost	Q108	vodivost sběr.1 sur.kondenz.	0-100 uS/cm	DF1	E+H
vodivost		max.vodivost sběr.1 sur.kond.	mmax= 80 uS/cm		bez klaksonu
vodivost	Q109	vodivost sběr.2 sur.kondenz.	0-100 uS/cm	DF1	E+H
vodivost		max.vodivost sběr.2 sur.kond.	mmax=80uS/cm		bez klaksonu
vodivost	Q111	vodivost sur.kondenz. - sever	0-100 uS/cm	DF1	E+H
vodivost	Q112	vodivost sur.kondenz. - západ	0-100 uS/cm	DF1	E+H
vodivost	Q113	vodivost čiřené vody	0-1000 uS/cm	DF1	E+H
vodivost	Q114	vodivost sur.kondenz. - máj	0-100 uS/cm	DF1	E+H
vodivost	Q115	vodivost sur.kondenz. - jih 1	0-100 uS/cm	DF1	E+H
vodivost	Q116	vodivost sur.kondenz. - jih 2	0-100 uS/cm	DF1	E+H
vodivost	Q121	vodivost demivody do NN	0-16 uS/cm	DF1	E+H
vodivost	Q122	vodivost demivody do NČK	0-16 uS/cm	DF1	E+H
pH	DF4_Q125	pH kondenzátu za KK1	0-14	DF4/SK1	E+H
pH	DF4_Q126	pH kondenzátu za KK2	0-14	DF4/SK2	E+H
vodivost	Q127	vodivost UV za DL3 provozní	0- 20uS/cm	DF6/AF3	E+H CLM253+CLS19
vodivost		max.vodivost UV za DL3 provozní	mmax= 2 uS/cm		odstavování DL 3
vodivost	Q128	vodivost UV za DL3 vymývací	0-200 uS/cm	DF6/AF3	E+H CLM253+CLS21

3.2 Měření průtoku

Měření průtoku kapalin patří mezi důležité oblasti měření neelektrických veličin, v případě měření průtoků v CHÚV se jedná o zásadní veličinu pro kvantitativní řízení celé úpravný a následně tvorbu bilancí a výpočtů účinnosti ionexů. Zároveň se jedná o nejčastěji měřenou veličinu. Měřením průtoku se v našem případě rozumí měření objemu dopravované kapaliny v čase. Existuje velké množství principů, které jsou používány pro měření průtoku, i různé typy průtokoměrů. Obecně se pojem průtok často používá jak pro označení rychlosti proudění, tak i jako označení hmotnostního nebo objemového průtoku. Ovšem mezi těmito pojmy je určitý rozdíl. Objemovým průtokem Q_v označujeme objem tekutiny, který projde potrubím za jednotku času (například $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Pro zjištění objemového průtoku se využívá měření pomocí rozdílů tlaků nebo výpočet z rychlosti proudění tekutiny v potrubí o známém průřezu. Předpokládáme ovšem, že tekutina zaplňuje celé potrubí, což nemusí vždy odpovídat skutečnosti. Při měření průtoku kapalin je někdy potřeba provádět korekci objemového průtoku na změny teploty a tlaku. Hmotnostní průtok Q_m udává hmotnost tekutiny, které proteče potrubím za jednotku času.

Pro přímé měření existují dvě základní metody - průtokoměry založené na Coriolisově principu a tepelné hmotnostní průtokoměry. Nepřímě lze hmotnostní průtok vypočítat z objemového průtoku a ze známé hodnoty hustoty proudící tekutiny ρ :

$$Q_m = Q_v \cdot \rho \quad (4)$$

Elektromagnetické (indukční) průtokoměry využívají principu Faradayova zákona elektromagnetické indukce (obrázek č.2). Pohybem vodiče (u měření průtoku pohybem tekutiny) v homogenním magnetickém poli se indukuje elektrické napětí. Pro potrubí kruhového průřezu, kterým protéká kapalina, platí rovnice :

$$U_i = B \cdot l \cdot v \cdot \cos \Phi = B \cdot l \cdot v = B \cdot D \cdot \frac{4 \cdot Q_v}{\pi \cdot D^2} \quad (5)$$

kde U_i je indukované napětí [V]

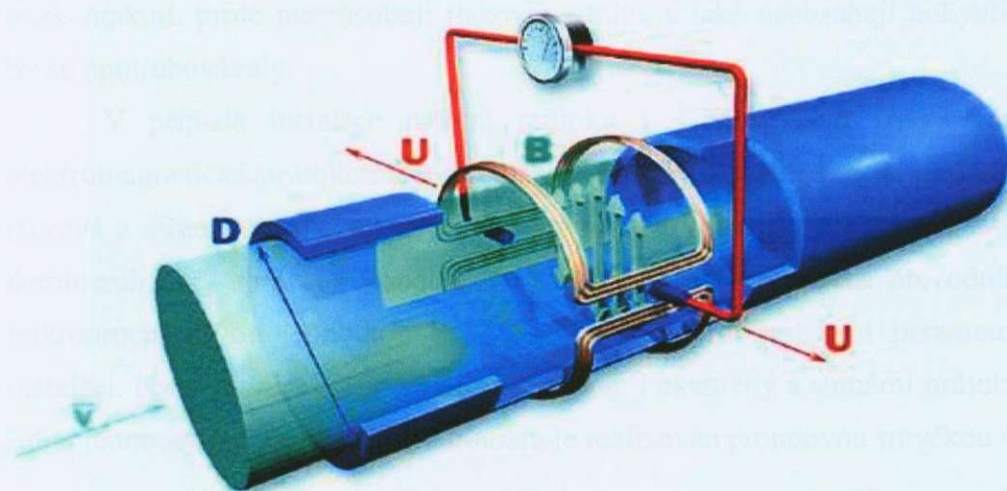
B je indukce magnetického pole [T]

l je délka [m]

v je rychlost proudění [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]

D je průměr potrubí [m]

Q_v je objemový průtok [$\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$]



Obr. 2: Princip funkce elektromagnetického průtokoměru

Tímto typem průtokoměru lze měřit kapaliny, které jsou elektricky vodivé a nemagnetické. Podmínkou pro správné měření průtoku je, že potrubí musí být zcela zaplněno tekutinou. Protože se tyto průtokoměry nekládají do potrubí (jsou bezdotykové), nezpůsobují žádnou trvalou tlakovou ztrátu. Navíc nemají žádné pohyblivé části, které by podléhaly opotřebování.

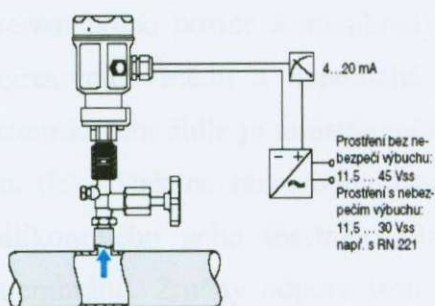
Ultrazvukové průtokoměry používají pro měření rychlosti proudění tekutiny v potrubí ultrazvukového vlnění. Přístroje, které využívají Dopplerova principu, vysílají do tekutiny ultrazvukové vlny s konstantní frekvencí a přijímají vlnění odražené od pevných částic nebo od bublin rozptýlených v tekutině. Vzhledem k pohybu částic nebo bublin s tekutinou, je frekvence přijatého ultrazvukového vlnění odlišná od frekvence vyslané vlny. Rozdíl frekvencí je pak úměrný rychlosti proudění tekutiny. Tento typ ultrazvukových průtokoměrů se ovšem nehodí pro potřeby měření průtoku v iontově chudých vodách, tedy v demineralizované vodě. Pro tyto podmínky je vhodný právě druhý typ ultrazvukových průtokoměrů, které jsou založené na principu měření doby průchodu médiem. Tyto průtokoměry se skládají ze dvou vysílačích/přijímacích jednotek, které jsou umístěné za sebou ve směru proudění. Jeden z vysílačů vysílá ultrazvukový snímač po směru proudění

a druhý proti směru proudění. Rozdíl mezi dobou průchodu obou signálů k druhé jednotce je úměrný rychlosti proudění tekutiny. Na rozdíl od průtokoměrů založených na Dopplerově principu, tyto ultrazvukové průtokoměry měří pouze rychlost proudění čistých tekutin. Stejně jako elektromagnetické průtokoměry, tak i ultrazvukové průtokoměry jsou bezkontaktní, proto nezpůsobují tlakovou ztrátu, a také neobsahují pohyblivé části, které by se opotřebovávaly.

V případě instalace měření průtoku v CHÚV TČB byly výhradně použity elektromagnetické průtokoměry pro měření průtoku kapalin s vyšší elektrickou vodivostí (surová a čířená voda) a ultrazvukové průtokoměry pro vody upravené (výstupní voda z demineralizace, upravený kondenzát). Každý senzor je vybaven převodníkem signálu s mikroprocesorovou jednotkou a LCD displejem pro nastavení parametrů měřidla při instalaci. Na LCD displeji je trvale zobrazován i okamžitý a sumární průtok, výstup z této řídicí jednotky do řídicího PLC automatu je realizován proudovou smyčkou $4\text{mA} \div 20\text{mA}$.

3.3 Měření tlaku

Měření tlaku je využito ve třech aplikacích. Přímé měření tlaku (obrázek č.3) je instalováno především v potrubní trase chladicí vody do výrobního bloku, kde je nutno



Obr. 3: Příklad zapojení snímače tlaku

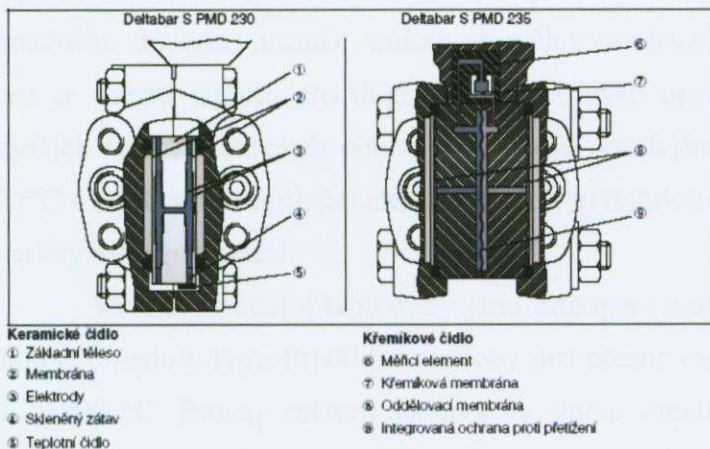
zabezpečit konstantní, předem nastavený tlak a dále na výtlaku čerpadel. Dále je použito měření diferenčního tlaku pro zjištění a řízení provozu pískových filtrací pro případ překročení parametrizované hodnoty maximální tlakové ztráty pískového filtru, kdy je filtr odstaven z provozu. Třetím případem použití měření tlaku je měření hydrostatického tlaku a jeho přepočítání na

výšku hladiny v nádržích.

Pro standardní použití je instalován tlakový snímač s kovovým senzorem. Standardním použitím je myšlena aplikace v neagresivní kapalině. Procesní tlak vychýlí dělicí membránu a plnicí kapalina přenesení tlak na odporový měřicí můstek. Na tlaku závislá změna výstupního můstkového napětí se měří a dále zpracovává. Pro použití v

agresivním prostředí byl použit keramický senzor. Tento senzor je tzv. suchý senzor, tzn. že procesní tlak působí přímo na robustní keramickou membránu a vychýlí ji max. o 0,025 mm. Na tlaku závislá kapacitní změna se měří na elektrodách nosiče keramiky a na membráně. Měřicí rozsah je určen tloušťkou keramické membrány.

Pro měření tlakové difference byl nainstalován měřící převodník diferenčního tlaku



Obr. 4: Průřez tělem tlakoměru Deltabar S (vlevo s keramickou a vpravo s křemíkovou membránou)

jsou vzájemně spojeny kapilárou. Kapalnou náplň tvoří silikonový, minerální nebo inertní olej. Změna kapacity závislá na změně diferenčního tlaku je měřena na elektrodách keramického nosiče a membrány. Výhodou keramického čidla je odolnost proti většině agresivních médií a nepodléhá stárnutí, proto zůstává měření po léta bez driftu. V křemíkovém čidle je umístěn měřicí prvek s křemíkovou membránou s rezistory citlivými na tlak. Tlak na obou oddělovacích membránách je přenášen na měřicí prvek pomocí silikonového nebo inertního oleje a podle diferenčního tlaku vychyluje křemíkovou membránu. Změny odporu jsou měřeny a dále zpracovány. Křemíkové čidlo má velký teplotní rozsah, nízkou, dobře kompenzovatelnou teplotní závislost a dlouhodobou stabilitu. Jeho dobré elastické vlastnosti zaručují vysokou opakovatelnost měření a malou hysterezi.

3.4 Měření teploty

Měření teploty je používáno k měření teploty médií, tedy technologických vod a kondenzátu. U čiřené vody (resp. surové vody před vstupem do čiřiče) je měřena teplota

Deltabar S (obrázek č.4), od firmy Endres+Hauser. Ten je dodáván ve dvou provedeních, s robustním jednodukomorovým keramickým čidlem pro agresivních média nebo s křemíkovým čidlem.

Keramické čidlo sestává ze základního tělesa a dvou protilehlých membrán. Membrány tvoří se základním tělesem dvě měřicí strany, které

vzhledem k nutnosti zabezpečit probíhající chemické reakce v čiřiči, kdy je potřeba zajistit teplotu v rozmezí $15\text{ }^{\circ}\text{C} \div 25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při jiné teplotě již nelze zajistit správnou funkci čiřiče (po chemické stránce). Pro případ nižších teplot je zajištěn ohřev surové vody parním lamelovým ohřívákem. Přívodní potrubí páry k ohříváku je vybaveno regulačním elektroventilem, kterým se provádí regulace průtoku páry do ohříváku v závislosti na teplotě surové vody za ohřívákem. Teplota surového kondenzátu je měřena z přesného opačného důvodu, protože teplota vratného kondenzátu může přesáhnout teplotu $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, což je mezní teplota pro degradaci ionexových pryskyřic, je potřeba v případě těchto vyšších teplot kondenzát ochlazovat. To je prováděno vstřikem demivody o teplotě cca $20\text{ }^{\circ}\text{C} - 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ přes regulační elektroventil. Ten reguluje množství vstřikové vody opět podle teploty výstupní směsi.

Všechny použité teploměry jsou odporové snímače teploty typu Pt100. Odporové snímače teploty typu Pt100 jsou určeny pro přesné měření teploty v rozsahu od $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+800\text{ }^{\circ}\text{C}$. Princip měření spočívá ve změně elektrického odporu platinového drátu v závislosti na teplotě. Platinové keramické měřicí odpory mají nejčastěji podobu keramického válečku o průměru 3 mm nebo 3,8 mm a délky od 17 mm. Podle přesnosti se tyto snímače dělí do tří tříd: třída přesnosti A s tolerancí $0,15\text{ }^{\circ}\text{C}$, třída přesnosti B s tolerancí $0,30\text{ }^{\circ}\text{C}$ a třída přesnosti C s tolerancí $0,60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Všechny uvedené tolerance platí pro teplotu $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pro zvýšení mechanické odolnosti jsou keramické měřicí odpory umísťovány do kovových jímek (tzv. pouzder). Tato pouzdra jsou vyráběna na zakázku a jsou opatřena normalizovaným závitem pro montáž k měřenému zařízení. Přívodní kabel může být připojen buď pevně přes kovovou vývodku nebo prostřednictvím konektoru. Tyto kovové jímky jsou instalovány přímo do potrubí (většinou zavařeny) a do nich poté instalováno teplotní čidlo.

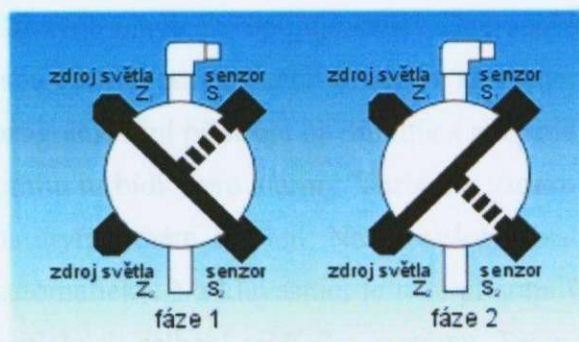
3.5 Měření turbidity

V kapitole „Čiření a předúprava“ byla teoreticky vysvětlena technologie čiření a následné filtrace a popsán důvod provozování tohoto technologického celku. Aby bylo možno vyhodnocovat provoz této technologie a zpětně ji řídit pomocí řídicího systému, je nutno provádět specifická fyzikálně-chemická měření. Mimo měření průtoku, o kterém je zmínka v kapitole 3.2, se jedná o kontinuální měření turbidity (zákalu). To nám poskytuje (jak bude vysvětleno níže, v teoretické části) hodnoty obsahu nerozpuštěných látek v

analyzovaném vzorku a z nich lze pomocí předem definovaných mezí určit stav technologie, tedy například špatnou funkci čističe (resp. regulace průtoku na čistič) nebo neúčinnou následnou filtraci.

Cílem měření turbidity je tedy zjištění zákalu, čili koncentrace nerozpuštěných částic v kapalině. Rozptyl světla závisí také na poměru velikosti částic a vlnové délky. Tam kde jde o nerozpuštěnou, jemně dispergovanou hmotu, se zákal stanoví měřením útlumu zářivého toku procházejícího kapalinou, nebo měřením intenzity rozptýleného záření. Pro částice menší než $1/10$ vlnové délky je rozptyl stejný ve všech směrech, s rostoucí velikostí částice převládá rozptyl ve směru šíření světla.

Při měření ve vodním hospodářství se za nerozpuštěnou považuje částice o průměru větším než $0,45 \mu\text{m}$. Často lze v literatuře najít spíše než pojem nerozpuštěné látky slovní spojení stanovení suspendovaných látek. Pod pojmem suspendované látky se obvykle rozumí látky, které volně sedimentují a tím nezahrnují koloidní disperze. Nerozpuštěné látky jsou širším pojmem, protože zahrnují i tyto látky koloidně dispergované. Přesná hranice mezi suspendovanými a nerozpuštěnými látkami není přesně dána. Z fyzikálně-chemického hlediska se za skutečně rozpuštěné látky považují takové ionty nebo molekuly, jejichž rozměr se pohybuje až v jednotkách nm. V rozmezí velikosti částic od jednotek nm až do $0,5 \mu\text{m}$, resp. $1,0 \mu\text{m}$, se hovoří o látkách koloidně dispergovaných.



Obr. 5: Schéma příkladu měření turbidity v konfiguraci se čtyřmi modulovanými světelnými svazky

Tato diferenciací má význam jak hydrochemický tak i toxikologický, protože skutečně rozpuštěné formy látek mají jiné vlastnosti než formy koloidně dispergované. Protože však filtrace vzorku vody filtry s velikostí pórů v jednotkách nm je technologicky a časově velmi náročná, byla v chemii a technologii vody obecně přijata dohoda, že za takzvané „rozpuštěné látky“ se budou považovat látky, které projdou filtrem s velikostí pórů $0,45 \mu\text{m}$, přičemž však část koloidně dispergovaných látek tímto filtrem prochází [6].

Dalšími faktory ovlivňujícími turbiditu jsou barva a tvar částic, rozdíl mezi indexy lomu částice a kapaliny a uspořádání optického systému, tj. měření ve směru šíření nebo

pod úhlem 90° . Většina senzorů turbidity vychází z měření poměru světelných toků pod úhlem 90° k toku ve směru šíření. Velmi dobrou opakovatelnost měření zajišťuje konfigurace se čtyřmi modulovanými světelnými svazky, který je uveden na obrázku č. 5. V první fázi je zapnut zdroj Z_1 , senzor intenzity světla S_2 snímá průchozí a senzor S_1 rozptýlené světlo. V druhé fázi (asi za 0,5 s) se postupuje analogicky při zapnutém zdroji Z_2 . Takto se získají čtyři nezávislé výsledky měření, oba senzory se vystřídají ve funkci měření průchozího a rozptýleného záření a mikropočítač vypočítá výslednou turbiditu poměrovým algoritmem. Vyloučí se chyby změnou citlivosti senzoru a intenzity zdrojů, redukuje se také chyby zabarvením částic a roztoku.

Turbidita se udává v jednotkách **FTU** (Formazin Turbidity Unit), jelikož vhodnou látkou pro kalibraci je formazín (suspenze vzniklá polymerizací hexamethylentetraminu a sulfátu hydrazinu).

V našem případě byl instalován provozní turbidimetr HACH 1720C. Jedná se o kontinuální nefelometrický zákaloměr určený pro monitorování nízkého rozsahu turbidity (bylo vycházeno z informativních výsledků měření turbidity laboratorním přístrojem). Přístroj se skládá z kontrolní jednotky, sestavy hlavice a těla turbidimetru. V kontrolní jednotce a v sestavě hlavice je soustředěna veškerá elektronika. V kontrolní jednotce je klávesnice, deska mikroprocesoru a komponenty zdroje. Optické části (lampa a fotoelektrický článek se zesilovačem) jsou umístěny v sestavě hlavice, řídicí jednotku se sestavou hlavice propojuje kabel. Operační kontrolky a indikátory, mimo vypínače zdroje, jsou na klávesnici, která obsahuje 12 numerických a 9 funkčních kláves a používá se pro programování přístroje na minima a maxima výstupu registračního zařízení a pro nastavení limitu turbidity pro alarmy. Turbidita vzorku se průběžně zobrazuje při normálním provozu na čtyřmístném displeji. Nastavování rozsahu na displeji je vzhledem k měřené hodnotě automatické. Na klávesnici je také přístupný indikátor limitu nastavení alarmu a indikátor kritických selhání měřicího systému. Programovatelný obvod alarmů má relé spoje, oba normálně otevřené nebo zavřené, pro dva volitelné limity nastavení turbidity. Nastavení může být programováno uživatelem libovolně v daném rozmezí. Oddělený systém varování a alarmů zajišťuje automatické samotestování, diagnostika může detekovat množství možných selhání a iniciovat spojení relé alarmu indikujících, že přístroj vyžaduje pozornost obsluhy. Doplnkový sériový interface RS-232 umožňuje turbidimetru posílat data do externí tiskárny nebo počítače a přijímat příkazy vstupů z počítače (dvoucestná komunikace). V našem případě tento způsob zapojení a komunikace využit není,

především z důvodů finančních a problému délky komunikačních kabelů a fyzických možností přenosu signálu tímto způsobem. Přístroj je tedy připojen do řídicího systému proudovou smyčkou $4 \text{ mA} \div 20 \text{ mA}$.

Tělo turbidimetru je válcovitá nádoba s množstvím vestaveb, kterou protéká vzorek, jehož turbidita je měřena. Optická sestava hlavice je umístěna v horní části těla turbidimetru s fotoelektrickou buňkou ponořenou do vzorku. Vnitřní lapač bublin, které mohou svou přítomností v měřeném vzorku negativně ovlivnit samotné měření, vede vzorek přes sérii příček, které se tak odstraní z těla turbidimetru. Vzorek tedy vstupuje do těla turbidimetru a protéká touto soustavou příček, které zabezpečují tok vzorku směrem dolů. Tok tímto směrem (relativně pomalý) umožňuje vzduchovým bublinám uniknout z roztoku. Ve spodní části vstupuje vzorek do centrálního sloupce, vchází do měřicí komory a protéká přes přepad do odvodu.

Zákal je měřen řízeným paprskem světla z optické soustavy hlavice směrem dolů do vzorku v těle turbidimetru. Světlo rozptylované při 90° částicemi suspendovanými ve vzorku, je detekováno ponořenou fotoelektrickou celou. Množství rozptýleného světla je úměrné turbiditě vzorku. Pokud je turbidita vzorku malá, je rozptylováno malé množství světla do fotoelektrické buňky a výsledek bude nízký. Naopak vysoká turbidita zapříčiňuje velké množství rozptýleného světla a výsledná hodnota bude vysoká.

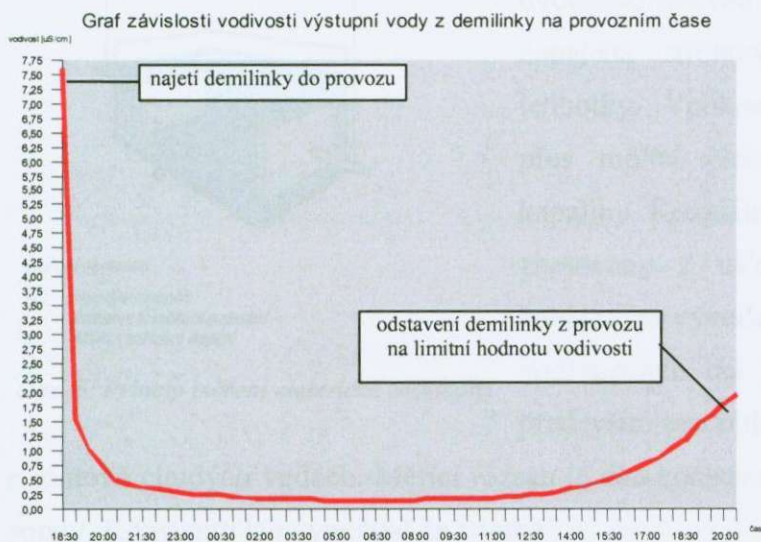
3.6 Měření elektrické vodivosti (vodivosti)

Měření elektrické vodivosti (přesněji elektrolytické) je z pohledu provozování technologie demineralizace nejdůležitější fyzikálně-chemická veličina pro její provoz a řízení. Na základě nepřetržitého vyhodnocování této veličiny máme k dispozici v řídicím systému okamžitý údaj o stavu jednotlivých demilinek, resp. v jaké fázi pracovního cyklu se nacházejí. Vzhledem k vysvětlené teorii úpravy vody pomocí ionexů je tedy zřejmé, že právě k vyhodnocování provozu a řízení jednotlivých demilinek je třeba znát obsah solí v upravované vodě. Na jejich obsahu (koncentraci) závisí vzhledem k dané celkové kapacitě ionexových náplní doba pracovního cyklu (obrázek č.6) a tím i množství upravené vody během jednoho cyklu. Celkový obsah solí (minerálů), v laboratorní praxi označován jako celková mineralizace - RAS⁵, se standardně stanovuje odpařením vody a vysušením zbytku

⁵ RAS - rozpuštěné anorganické soli

při 105 °C do konstantní hmotnosti a vyžháním vysušeného zbytku při teplotě 550 °C opět do konstantní hmotnosti. Toto stanovení ovšem trvá několik hodin a proto je pro potřeby měření míry solnosti použita právě elektrická konduktivita, která poskytuje výsledky měření v reálném čase.

Elektrická konduktivita (vodivost) je reciproká hodnota elektrického odporu

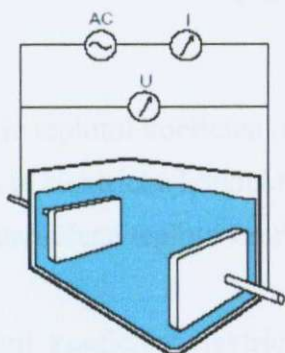


Obr. 6: Graf průběhu elektrické vodivosti během jednoho pracovního cyklu demilinky

měřeného za určitých podmínek mezi protilehlými stranami jednotkové krychle definovaných rozměrů, naplněné vodným roztokem (obrázek č.7). Vyjadřuje se v jednotkách Siemens na metr ($1 \text{ S.m}^{-1} = 10^4 \text{ uS.cm}^{-1} = 10^3 \text{ mS.m}^{-1}$). V technologii úpravy vody se často označuje pouze jako konduktivita (nebo vodivost) a lze jí použít jako míry koncentrace iontů přítomných ve vzorku [5]. Právě vzhledem k této vlastnosti je měření elektrické konduktivity hojně používáno právě v technologii úpravy vody k rychlému, poměrně přesnému a naprosto kontinuálnímu (v pravém slova smyslu) měření obsahu rozpuštěných solí v roztoku, tedy míry „zasolenosti“ těchto vodných roztoků. Solnost je tvořena právě disociovanými ionty rozpuštěných solí, tedy jejich kationty a anionty. Ačkoli neexistuje (resp. existuje pouze na vzorky o známém složení a podílů jednotlivých iontů, nikoliv obecně) vzorec pro výpočet celkové mineralizace z hodnot elektrické vodivosti kapaliny, lze naopak zpětným způsobem při znalosti iontového složení rozpuštěných solí v roztoku vypočítat pomocí tabulkových hodnot ekvivalentových elektrických vodivostí jednotlivých kationtů a aniontů přibližnou celkovou elektrickou vodivost roztoku.

Pro měření vodivosti jsou použity konduktometry firmy Endress+Hauser[®]. Celkový počet měřících míst je 21 a z důvodu jednotného servisu byly voleny měřící přístroje od jedné firmy. Jsou složeny vždy z měřící cely a připojené vyhodnocovací jednotky. Ta slouží zároveň jako zobrazovač aktuálně měřené hodnoty a prostřednictvím klávesnice i k

nastavení měřících parametrů a konstant. Zároveň je prostřednictvím proudového výstupu $4 \text{ mA} \div 20 \text{ mA}$ připojena do řídicího systému. Měřící cela je vyrobena z ušlechtilé oceli, ve



Měření vodivosti

AC Napájecí napětí
I Zařízení k měření proudu
U Měřící zařízení napětí

Obr. 6: Princip měření elektrické vodivosti

a iontově chudých vodách. Měřící rozsah je dán konstantou cely, kterou určuje geometrie sondy. Konstantu lze vypočítat ze vzorce :

$$K = \frac{l}{A} \quad (6)$$

kde l je délka elektrického vodiče, v metrech

A účinná plocha průřezu elektrického vodiče

Dle zadávacích hodnot investora byly použity elektrody s konstantou $K = 0,1 \text{ cm}^{-1}$ pro rozsah měření $0,1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1} - 200 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a $K = 0,01 \text{ cm}^{-1}$ pro rozsah měření $0,04 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1} - 20 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Instalace cel byla prováděna do polyethylenových průtočných nádobek, teplota vzorku nesmí přesáhnout $60 \text{ }^\circ\text{C}$. Měřící cely jsou vybaveny integrovaným teplotním čidlem Pt100 a vyhodnocovací jednotka zobrazuje již elektrickou vodivost teplotně kompenzovanou. Faktory používané ke korekci teplotní závislosti elektrické konduktivity se nazývají teplotní korekční faktory, označují se f . Vzhledem k zásadnímu požadavku pro potřeby porovnání je potřeba, aby jednotlivá měření byla korigována na zvolenou vztažnou teplotu, zpravidla $25 \text{ }^\circ\text{C}$, a to i v případech, kdy se teplota reálného

vzorku od této referenční teploty jen nepatrně liší. Převod na elektrickou konduktivitu při 25 °C, (κ_{25}), je možno provést podle rovnice :

$$\kappa = \frac{\kappa_{\Theta}}{\left(1 + \left(\frac{\alpha}{100}\right) \cdot (\Theta - 25)\right)} \quad (7)$$

kde α je teplotní koeficient elektrické konduktivity;

κ_{Θ} je elektrická konduktivita při změřené teplotě Θ ;

Θ naměřená teplota vzorku v Celsiových stupních.

Teplotní koeficient elektrické konduktivity, $\alpha_{\Theta,25}$ je dán rovnicí :

$$\alpha_{\Theta,25} = \frac{1}{\kappa_{25}} \cdot \left[\frac{(\kappa_{\Theta} - \kappa_{25})}{(\Theta - 25)} \right] \cdot 100 \quad (8)$$

kde 25 °C a Θ °C jsou teploty, při kterých byly příslušné hodnoty konduktivity κ_{25} a κ_{Θ} měřeny. Jako vyhodnocovací jednotky jsou použity převodníky Liquisys S CLM 253.

3.7 Měření obsahu křemičitanů

Měření obsahu křemičitanů je jedna z rozhodujících veličin (spolu s vodivostí) k řízení úpravy jak přídavné vody tak upravovaného kondenzátu. Důvod je nasnadě, vzhledem k nainstalovaným vysokotlakým kotlům a protitlakým turbogenerátorům nesmí být překročena limitní hodnota obsahu křemíku v přehřáté páře, která činí 20 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ [4]. Přehřátá pára v parní turbíně expanduje, přičemž klesá tlak, teplota i rozpustnost solí v páře a roztoky některých solí se koncentrují, přecházejí v nasycené až přesycené roztoky a vylučují se v tuhé formě. Současně se zachycují látky v páře dispergované. V důsledku toho se mohou v turbíně tvořit nánosy tuhých látek a ty způsobují snížení účinnosti turbíny a mohou způsobit také havárii např. poruchou axiálního ložiska. Z těchto důvodů je nanejvýš nutné zabránit pronikání sloučenin křemíku do upravené resp. napájecí vody kotlů. Aby k tomu nedocházelo, měří se obsah křemičitanů již na výstupu z jednotlivých demilinek (i kondenzátních) a sleduje se jeho průběh. V okamžiku překročení stanovené horní meze dojde k upozornění obsluh a automaticky se demilinka odstaví.

Pro kontinuální měření obsahu křemičitanů je použit přístroj firmy HACH[®], Silica S5000. Jedná se o provozní kontinuální kolorimetr, který je určen pro detekci koncentrace

křemičitanů ve vodě mokrou, chemickou cestou. Celkové analytické rozpětí (měřicí rozsah) je v rozmezí $0 \mu\text{g.l}^{-1} \div 5000 \mu\text{g.l}^{-1}$. Chemická metoda použitá v tomto přístroji je převzata ze standardních metod stanovení koncentrace křemičitanů ve vodě a nazývá se molybdenanová. Analyzátor umožňuje semikontinuální analýzu proudu vzorku vody a přímé odečítání hodnot v regulovaném měřicím cyklu, který trvá 8 minut nebo 15 minut, v závislosti na teplotě vzorku. Přístroj má programovatelný plně automatický kalibrační systém, který zabezpečuje a garantuje přesnost měření. Součástí přístroje jsou dva zabudované výstupy, výstupní analogový signál proudový $4 \text{ mA} \div 20 \text{ mA}$ a sériové rozhraní RS-232. Komponenty analyzátoru a jednotlivé součásti jsou umístěny v pevném plastovém pouzdře, s předními transparentními dvířky. Citlivé elektronické komponenty a elektro část jsou utěsněny ve zvláštním pouzdře. Plastový obal je rozdělen na dvě části, v horní části je umístěna elektronika a samotná měřicí kyveta, ve spodní části jsou láhve s chemikáliemi.

Funkčně je přístroj rozdělen na tři hlavní části :

- ovládací modul
- modul analýzy
- zásobníky chemikálií

Ovládací modul je vybaven LCD displejem, programovatelnou klávesnicí, systémem alarmových relé a přívodem zdroje energie. Tyto komponenty jsou izolovány od analyzátoru v umělohmotném krytu. Veškerá interní nastavení přístroje probíhají v tomto modulu prostřednictvím uživatelského menu. Při normálním provozu je na LCD displeji zobrazována naměřená koncentrace křemičitanů jako SiO_2 přímo, v jednotkách $\mu\text{g.l}^{-1}$. Všechny funkce analyzátoru jsou řízeny mikroprocesorem, nastavení naprogramované uživatelem je uloženo v paměti. Napájení paměti přístroje je jištěno záložní baterií. Systém alarmů informuje obsluhu o vzniku podmínek, které případně brání provedení analýzy. Přístroj používá dva typy alarmů. Jednak jsou to systémová upozornění, která pouze informují obsluhu a jednak systémové alarmy, které upozorňují již na špatnou funkci zařízení (dojde zároveň k přerušení provádění analýz). Systémová upozornění jsou aktivována například přerušením napájení, nemožností dokončení kalibrace nebo potřebou výměny reagentů. Systémové alarmy jsou způsobeny přerušením dodávky vzorku nebo reagentu nebo poruchou lampy.

Systém dávkování chemikálií zabezpečuje distribuci reagensů do měřicí kyvety pomocí tlakování zásobních lahví a přepouštěcích solenoidů, které jsou přímo napojeny na

kontrolní panel tak, aby byla zabezpečena kontrola dávkování a časové cykly. Prostor s chemikáliemi ve spodní části přístroje je pod tlakem a je možno ho bezpečnostně uzamknout. Tlak v láhvích s reagensy je vytvářen přívodem tlakového vzduchu z externího rozvodu.

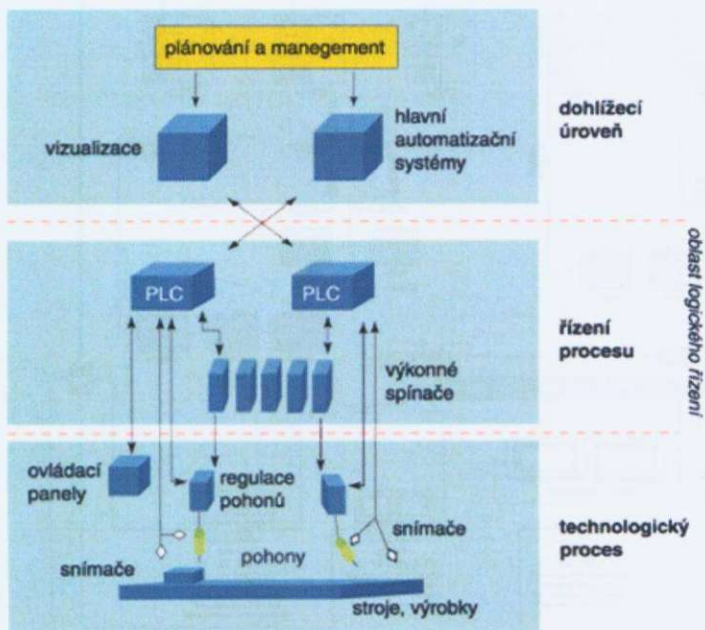
Analytický modul obsahuje solenoidové ventily, které kontrolují průtok reagensů a kolorimetrický měřicí systém. Měřicí kyveta je umístěna mezi světelným zdrojem, fotodetektořem a optickým filtrem 810 nm. Je vyrobena z optického skla a její optická dráha je 1". Vzorek a reagensie jsou do kyvety dávkovány přes trubičky zabudované v krytce kyvety, která také chrání kyvetu před vnější kontaminací. Po nadávkování chemikálií se aktivuje magnetické míchadlo, které promíchává obsah kyvety.

Analytická metoda je založena na stanovení křemičitanů metodou heteropolární modře. Kyselý molybdenanový roztok se přidává do vzorku a reaguje s křemičitany přítomnými v roztoku. Poté je přidána kyselina citrónová (surfaktant), která maskuje molybdofosforovou kyselinu a reaguje s přebytkem molybdenanu a chrání molybdenan před vznikem interferujícího modrého zbarvení. Surfaktanty také pomáhají minimalizovat vznik bublin na skleněné kyvetě. U tohoto vzorku je poté změřena absorbance (slepé stanovení, blank). Zbarvení vytvořené v tomto bodě je identické konečnému zbarvení o koncentraci 0 ug.l^{-1} . Jedná se tedy o nulový srovnávací roztok, tzv. referenční. Referenční stanovení slouží ke kompenzaci vlivu barvy, turbidity vzorku, změn výstupu z lampy a kontaminaci stěn kyvety. Reagensie Amino acid je přidávána do roztoku, aby redukovala molybdosilikátovou kyselinu na modře zbarvený roztok. Množství vzniklého zbarvení je přímo úměrné množství křemičitanů přítomných ve vzorku. Po této reakci následuje tedy proměření absorbance při 810 nm. Zvýšení absorbance oproti referenčnímu měření je přímo úměrné koncentraci křemičitanů. Analyzátor použije aktuální kalibrační křivku a na LCD displeji zobrazí výslednou koncentraci křemičitanů ve vzorku.

4 Řídicí systém

4.1 Všeobecný popis

Pro automatizaci průmyslové výroby (včetně energetiky) se užívá široké spektrum technických prostředků - od regulátorů a jednotlivých senzorů až k výkonným počítačovým systémům, obvykle je to však jejich kombinace. Přední místo, vzhledem k počtu aplikací, zaujímají právě programovatelné logické automaty (PLC - Programmable Logic Controllers), které se uplatňují na nižších úrovních řízení procesů. Kategorizaci jednotlivých stupňů řízení ukazuje obrázek č.8. Na nejvyšší úrovni řízení se řeší globální



Obr. 7: Základní tři úrovně řízení procesů v průmyslu.

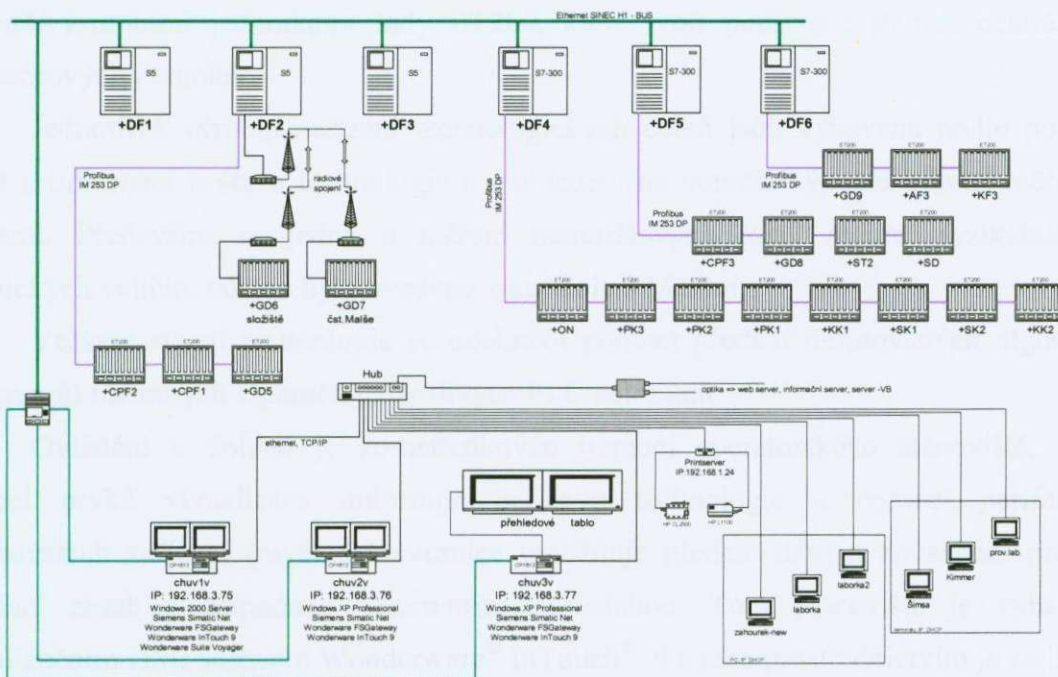
rozhodování významné pro řízení a ekonomiku celého podniku. Střední úroveň (dohlížecí) tvoří propojení automatizačních systémů s vizualizačním a dohlížecím centrem velína, který je umístěn mimo výrobní haly, odkud je dálkově v součinnosti s obsluhou (provozní směnou) dohlíženo na výrobní proces a obsluha může rozhodovat podle aktuálního stavu výrobního procesu o výběru kontrolních a optimalizačních algoritmů během různých fází výrobního procesu. Na této úrovni se řeší i ošetření nestandardních stavů i havarijních situací. Na nejnižší úrovni řízení, tj. ve výrobních halách a na technologických linkách působí systém PLC, jehož jednotlivé moduly transformují instrukce ze střední úrovně řízení na logické nebo analogové signály (při dvouhodnotovém řízení akčních členů, D/A převodník např. pro ovládání analogového regulačního členu atd.) Složitější operace dekodované z instrukcí přijímaných ze středního stupně řízení se na technologických linkách provádí autonomně prostřednictvím

příslušných modulů - autonomních regulátorů vybavených obvykle sekvenční logikou (rozběhové regulátory, frekvenční měniče atd.). Taková architektura řízení přispívá k vyšší bezpečnosti, protože snadněji odolává dílčím poruchám a řídicí algoritmus distribuovaný do nejnižší úrovně řízení jako jednoduchá instrukce redukuje objem přenášených dat. To je důležité zejména při řízení rozlehlých výrobních procesů.

Tímto obecným popisem lze dobře vystihnout i instalovaný řídicí systém CHÚV TČB. Je složen z popsanych úrovní řízení, tedy z technologického procesu (resp. jeho akčních členů jako jsou ovládané armatury a regulátory, senzory fyzikálních a chemických veličin). Druhou úroveň tvoří automaty PLC SIEMENS® Simatic® (samotné řízení



CHÚV 1 - Řídicí systém



Obr. 8: Základní topologické schéma řídicího systému CHÚV TČB

procesů podle daných algoritmů) a třetí úroveň je vizualizační vrstva (pro dohlížení a usměrňování případných nestandardních stavů) a informační nadstavba pro potřeby technologických bilancí a kontroly provozu ze strany pověřených vedoucích.

V současné době je řídicí systém složen z pěti PLC automatů SIEMENS® Simatic® řady S5 a S7. Označení jednotlivých oddělených automatů vychází z jejich fyzického umístění a je shodné s označením jednotlivých rozvaděčů, tedy DF1, DF2, DF4, DF5 a DF6. Automaty jsou vzájemně komunikačně propojeny sběrnici Ethernet v průmyslovém

provedení (tzv. industrial Ethernet). Síť industrial Ethernet je modifikovaný běžný Ethernet, jiná je pouze sedmá vrstva protokolu a výzbroj, která se vyznačuje větší odolností proti rušení. Je použito standardního protokolu Ethernet TCP/IP, sběrnice je zhotovena v metalickém provedení. Kompletní topologie zapojení jednotlivých automatů, komunikační spojení s podřízenými stanicemi ET200 a operátorskými stanicemi pro vizualizaci je zobrazena na obrázku č.9.

Automaty PLC DF1 a DF2 byly vybudovány v počáteční fázi postupných rekonstrukcí jako centralizovaný řídicí systém. Postupem doby probíhajících rekonstrukcí a na základě provozních zkušeností s provozem těchto automatů bylo rozhodnuto o přechodu z centralizovaného systému řízení na decentralizovaný. Zbývající PLC DF4-DF6 již byly realizovány jako decentralizovaný systém, vybavený externími inteligentními vstupně/výstupními jednotkami řady ET200, které tvoří podřízené stanice centrálních procesorových jednotek.

Jednotlivá výrobní zařízení technologických celků jsou vybavena podle potřeby řízení a informací o stavu technologie a s ohledem na nutnost výpočtu bilancí měřícími sondami. Především se jedná o měření materiálových toků, měření fyzikálních a chemických veličin, tak jak bylo uvedeno v kapitole 3 Měření.

Veškeré řízení technologie se odehrává pomocí předem definovaných algoritmů (programů) nahraných v paměti jednotlivých PLC automatů.

Ovládání a dohled je zprostředkován pomocí operátorského stanoviště, které pomocí prvků vizualizace informuje o stavu technologie a pomocí periferních polohovacích zařízení (myš) a klávesnice umožňuje předem daným způsobem provést ovládací zásah a případnou parametrizaci obsluhou. Toto pracoviště je vybaveno vizualizačním HMI software Wonderware[®] InTouch[®] 9 a jeho prostřednictvím je zajištěna kompletní vizualizace, ovládání technologie a kompletní archiv všech dat. Operátorské stanoviště je sestaveno ze tří vzájemně redundantních PC⁶, označených chuv1v, chuv2v a chuv3v. Tyto PC jsou vybaveny komunikačními kartami a komunikačním softwarem Siemens[®] a jsou připojeny přímo na sběrnici SINEC H1 (původní název fy. Siemens[®] pro průmyslový Ethernet) prostřednictvím prepínače.

⁶ PC - Personal Computer

Jako nadstavba vizualizačního softwaru InTouch[®] pro poskytování aktuálních provozních dat informačnímu systému Teplárny České Budějovice je použit průmyslový informační server portálového typu SuiteVoyager[®].

4.2 Automaty Siemens Simatic[®]

PLC automaty SIEMENS[®] Simatic[®] jsou volně programovatelné automaty elektronické řídicí systémy, jejichž funkce je definována programem, který je do nich uložen. Předchůdkyní volně programovatelných automatů byly jednak řídicí obvody s "pevně zadrátovanou logikou", jejichž funkce byla dána propojením logických modulů, a jednak počítače, s jejichž pomocí byla simulována funkce logických obvodů. První opravdové volně programovatelné automaty se speciálně pro tuto oblast použití uzpůsobeným hardwarem nabízel Siemens v roce 1975. Byl to řídicí systém SIEMENS[®] Simatic[®] S3. V letech 1978-79 byl nahrazen řídicím systémem Simatic[®] S5, ve kterém byly poprvé použity převážně mikroprocesorové obvody.

V letech 1990-1991 byla koncepce řídicího systému přepracována. Výsledkem je přístrojová řada U, která oproti předešlé kompaktní a robustní řadě vykazuje řadu výhod, jako např. CPU s větší množinou funkcí, která kromě paměti pro uložení programu obsahuje i rozhraní pro připojení programovacích přístrojů. To umožnilo nasazení standardních mikroprocesorových obvodů a obvodů s vysokým stupněm integrace (např. paměť), takže není kompaktnější jen mechanická konstrukce, ale je výrazně zlepšen poměr cena - výkon.

Řídicí automat S5-115U patří do střední výkonnostní třídy přístrojů Simatic[®] S5. CPU je koncipována jako víceprocesorová jednotka, která je osazena standardními mikroprocesory a podle typu jednotky i speciálně vyvinutými zákaznickými procesory. Tyto zákaznické procesory, zpracovávají velice rychle definovanou množinu instrukcí. Instrukce, které nejsou zpracovány zákaznickým procesorem, jsou interpretovány standardním mikroprocesorem, který zpracovává systémový program a obsluhuje rozhraní programovacího přístroje. Tento způsob práce označovaný jako co-processing dovoluje stále zkracovat zpracovávání řídicího programu a doby odezvy tím, že je nasazeno více zákaznických procesorů, jejichž činnost je náležitým způsobem upravena.

Jednotky CPU řídicího automatu S5-115U jsou programovány jazykem STEP 5 [7]. Při přepracování koncepce řídicích systémů Simatic[®] S5 zůstal v zásadě zachován rozsah

a struktura programovacího jazyka STEP 5. Doprogramovány byly některé další funkce, jako např. komplexní zvláštní funkce v operačním systému, které mohou být uživatelským programem využívány.

Nástupcem řady automatů Siemens Simatic® S5 je řada S7. Ta vznikla v průběhu 90. let a měla odpovídat základním požadavkům tzv. integrované automatizace. Požadavek větší flexibility spolu s vyšší produktivitou bude splněn pouze za předpokladu integrace jednotlivých zařízení do celkového systému, tok informací mezi všemi komponentami je již nezbytný pro funkčnost celého systému. Stejně tak se na výrobní procesy nelze již dívat jako na jednotlivé částečné úkony, ale spíše jako neodlučitelné součásti celkového výrobního procesu. Celý proces už není strukturován centrálně jako hierarchický, ale do jednotlivých elementů, které jsou rozdělené a autonomní. Integrace celkového automatizovaného prostředí je dnes umožněna pomocí následujících komponent :

- společná konfigurace a programování jednotlivých parciálních systémů
- společná správa dat
- společná komunikace mezi všemi zúčastněnými automatizovanými komponentami.

Těmto požadavkům vyhovuje (a právě pro ně byl vytvořen) Simatic® S7. Moderní design a architektura tohoto systému umožňuje nákladově efektivní strukturu a ekonomický provoz. To znamená nové nároky na automatizační systémy z hlediska rozsahu funkcí, rychlosti zpracování, rozměrů, stejně jako na projektování a připojení do sítě. Dnes jsou již standardně požadovány PLC v kompaktním provedení s širokým rozsahem funkcí a s vysokou rychlostí zpracování instrukcí. Stejně tak je třeba zlepšovat prostředky pro síťová spojení a současně snižovat inženýrské náklady. Simatic® S7-300 poskytuje univerzální automatizační platformu pro systémová řešení s hlavním důrazem na výrobní technologii. Tato platforma je optimálním řešením jak pro centralizovaná tak pro distribuovaná řešení. Novinkou je CPU s rozhraním Ethernet pro automatizaci založenou na komponentech, které je vyústěním posledního vývoje a pravidelných inovačních cyklů jednotek CPU. Aplikace Simatic® S7-300 nabízí řešení pro nejrozmanitější automatizační úlohy v následujících oblastech:

- automobilový průmysl
- výroba standardních strojů a zařízení
- výroba jednoúčelových strojů a zařízení
- sériová výroba strojů a zařízení (prakticky všechny druhy výrobních strojů), OEM

- zpracování plastů
- balicí průmysl
- potravinářský a tabákový průmysl
- vodárenství, výroba a rozvod el.energie

S7-300 se vyznačuje intuitivním a efektivním způsobem konfigurace a programování, které vede ke snižování inženýrských nákladů. Díky širokému spektru CPU a navyšování paměťových kapacit je tato platforma ideální pro využití úlohově orientovaných inženýrských nástrojů, které jsou mnohdy výhodným doplňkem vývojového prostředí STEP 7, např. vyšší programovací jazyky SLC a další. Programovací jazyky jsou v souladu se standardy IEC 61131-3 (resp. ČSN EN 61131-3) [8]. Inženýrské nástroje umožňují modulární programování a opětovná použití již existujícího softwaru (např. v dalších projektech). Tyto nástroje však nepodporují jenom vývoj, ale také zvyšují čitelnost napsaného programu, usnadňují jeho údržbu a evidenci. Simatic[®] S7 obsahuje výkonnou integrovanou diagnostiku, která zajišťuje větší spolehlivost řídicího systému. Konfigurovatelné diagnostické funkce pro analýzu procesních chyb zkracují prostoje a tak dále zvyšují produktivitu výroby. Paměťové karty MMC⁷, fungující jako programové a datové paměti (nahrazují EPROM⁸ paměťové moduly u Simatic[®] S5), nepotřebují zálohovací baterii a částečně tedy snižují náklady na údržbu. Na MMC lze uložit celý projekt včetně symboliky a komentářů, což umožňuje snazší údržbu (servisní zařízení pak nemusí obsahovat projekt). MMC také usnadňují aktualizaci (update) programu. Dovolují přístup jak pro čtení tak pro zápis za provozu, takže např. archivování měřených hodnot nebo zpracovávání receptur je mnohem snazší.

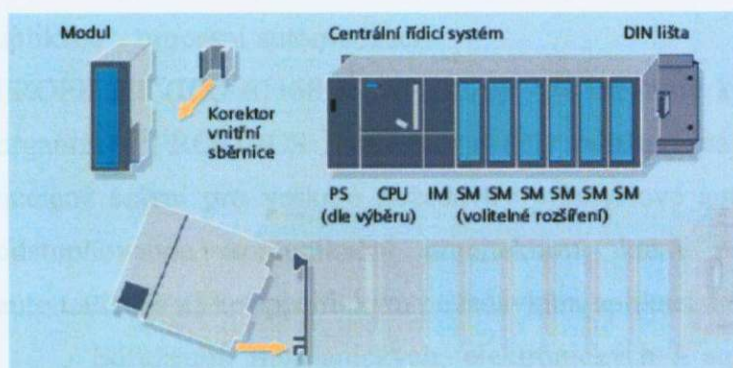
S7-300 umožňuje prostorově úsporné, modulární uspořádání řídicích systémů pro různé typy úloh, přičemž nezáleží na pořadí jednotlivých modulů. Během provozu není potřeba chladicí ventilátor. Kromě modulů samotných je dále potřebná jen DIN lišta, na kterou jsou moduly umístěny a zajištěny šrouby. Takovéto uspořádání je pak považováno za patřičně robustní a splňující požadavky elektromagnetické kompatibility. Spojovací sběrnice je integrována do jednotlivých modulů. Spojení je provedeno prostřednictvím sběrnice konektoru, který je součástí dodávky každého modulu (obrázek č.10). Rozmanité spektrum komponent S7-300 lze použít jak pro rozšíření centralizovaných

⁷ MMC - Micro Memory Card

⁸ EPROM – Erasable Programmable Read Only Memory

systemů, tak i pro jednoduchou konfiguraci distribuovaných struktur s ET 200; výsledkem je pak cenově výhodná a jednoduchá správa náhradních dílů.

Výkonné, flexibilní síťové propojení tvoří rozhraní, která jsou integrována přímo na CPU, umožňují konfiguraci výkonných komunikačních struktur díky využití standardních



Obr. 9: Ukázka modularity a stavebnicového pojetí Simatic S7

sběrnicových technologií, např. pro připojení HMI komponent a programovacích přístrojů. Je možno připojit i větší počet HMI zařízení. Programovací přístroje lze spojit s každým bodem sítě a adresovat všechny síťové uzly. Pro optimální konfiguraci rozsáhlejších distribuovaných sítí lze Simatic® S7-300 napojit na sběrnici typu Profibus DP.

Profibus je průmyslovou sběrnicí, která nachází v automatizační technice široké uplatnění, a to jak v oblasti průmyslové automatizace - Profibus DP, tak i v oblasti procesní automatizace - Profibus PA. V roce 1996 byla přijata sběrnice Profibus jako evropská norma EN 50170, což zaručilo její standardizaci. Profibus DP je z Profibusů nejpoužívanější, slouží pro rychlou cyklickou komunikaci mezi PLC a jejich decentralizovanými vstupy a výstupy.

Konfigurace S7-300 je prostorově úsporná, modulární a velmi jednoduchá. Je možné konfigurovat také komunikace se stávajícími systémy předchozí generace Simatic® S5 nebo Simatic® 505. Právě této zpětné kompatibility bylo postupně využito i v případě ŘS CHÚV.

Distribuované vstupně/výstupní jednotky lze konfigurovat pomocí vývojového prostředí STEP 7 úplně stejně jako centralizované, což opět významně šetří inženýrské náklady. Simatic® S7-300 lze použít jako master i jako slave.

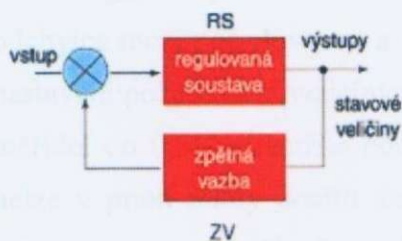
S7-300 je programován základním softwarem STEP 7 nebo STEP 7 Lite. Ten umožňuje kvalifikovaně používat S7-300 jednoduchým, uživatelsky příjemným způsobem. Oba softwary pak obsahují funkce pro všechny fáze automatizačního projektu - od konfigurace až po uvádění do provozu, testování a údržbu.

Nejdůležitější částí moderních automatizačních systémů jsou komunikační sítě:
PRŮMYSLOVÝ ETHERNET (IEEE 802-3 a 802.3u) – mezinárodní standard pro propojování rozsáhlých oblastí i jednotlivých řídicích systémů;
PROFIBUS (IEC 61158/EN 50170) – mezinárodní standard pro komunikaci jednotlivých řídicích systémů a polní instrumentace, stejně tak PROFIBUS PA pro jiskrově bezpečné aplikace v procesní automatizaci;
PROFINET (IEC 61158 / EN 50170) – je otevřený komunikační standard mezinárodní organizace PROFIBUS International (PI) založený na Ethernetu. Umožňuje jednotné a ucelené řešení pro veškeré požadavky průmyslové automatizace. Uživatelům poskytuje odstupňovanou komunikační architekturu, která pokrývá celý rozsah podnikové automatizace až ke specifickým požadavkům aplikací z oblasti řízení pohybu.

Sdružením mechanických, elektronických a softwarových částí do jednotlivých komponent – tzv. technologických modulů, dojde k vytvoření modulárních struktur, s jejichž pomocí lze ve specifickém softwarovém nástroji velmi jednoduše vybudovat příslušná řešení automatizačních úloh a zjednodušit tak inženýring celého výrobního procesu. Tímto se docílí vyšší míry standardizace, lepší rozšiřitelnosti řešení a možnost opětovného použití komponent v různých projektech.

4.3 Algoritmy

Obecně je řízení vědomá akce nebo činnost, při jejíž vykonávání se zpracovávají a hodnotí informace o řízeném objektu nebo procesu (včetně informací o dějích vně tohoto procesu) a podle nich se ovládají příslušná zařízení tak, aby bylo dosaženo stanoveného cíle. Řízení lze rozdělit na ovládání a regulaci.



Obr. 10: Základní schéma regulace

Ovládání je druh řízení bez nutnosti zpětné kontroly měřením. Použití ovládání je dáno pro jednoduché a poznané procesy, např. otevírání a zavírání elektroarmatur, nebo spouštění a odstavení čerpadel.

Naproti tomu regulace je složitějším druhem řízení (obrázek č.11), který umožňuje udržování určitých měřených veličin na stanovených hodnotách. Při tomto procesu se průběžně zjišťují hodnoty těchto veličin a porovnávají se s hodnotami, které jsou

stanovené (předdefinované). Podle zjištěných odchylek, které jsou mírou přesnosti regulace, se provádí zásah do procesu regulace tak, aby tyto odchylky byly minimální. Měří se výstup systému a na základě jeho hodnoty se vhodně volí regulace. Při regulaci vždy existuje zpětná vazba od výstupu systému na jeho vstup.

Pro potřeby CHÚV vystačíme, kromě ovládání (především výše uvedených elektroarmatur a čerpadel), s regulací na konstantní hodnotu, tedy regulací průtoku. Jedná se o regulace množství okamžitého průtoku daného média (výkon jednotlivých zařízení), který je potřeba měnit v závislosti na podmínkách velikosti odběru napájecí vody (resp. výkonu kotlů, resp. odběru páry do městských rozvodů, resp. venkovní teploty). Pro složitost celého systému se omezím pouze na obecné vysvětlení principu funkce regulací na CHÚV, která pro všechny regulace beze zbytku funguje.

Zařízení je vždy složeno s regulačního ventilu (akční člen regulace), který je řízen daným PLC automatem (ten obsahuje i příslušný program pro řízení). Na výstupním potrubí média z regulace je instalován průtokoměr (měřící člen, v některých případech je použito měření hladiny), který nám poskytuje svou hodnotou (výstupní veličinou řízeného systému) zpětnou vazbu. Vlastní program řízení v PLC automatu obsahuje dvě úrovně řízení. První úroveň je řízení „ruční dálkové“, tedy obsluha zadává přímé příkazy regulačnímu členu povely „zavři“ a „otevři“ a tímto způsobem nastavuje regulaci. Jednotlivé povely mají z pohledu času délku, po kterou je dané tlačítko stisknuto a drženo. V tomto případě vlastně nejde úplně o regulaci, zde regulátorem je obsluha (člověk). V druhé úrovni se jedná o řízení „automatické dálkové“. Zde obsluha zadá číselnou hodnotu požadované výstupní veličiny (popřípadě si ji automat bere již ze systému u navazujících technologií) a vysláním ovládacích pulsů do regulátoru o proměnné délce (ta závisí na odchylce mezi požadovanou a výstupní veličinou) způsobuje činnost regulátoru ve smyslu nastavení požadované veličiny na výstup. Vlivem chyby měření (většinou udávaná výrobci měřidel do 0,5% okamžité hodnoty) a technickými možnostmi mechanických regulátorů nelze v praxi nikdy docílit stavu požadovaná veličina = výstupní veličina. Proto je do programu řízení začleněno pásmo necitlivosti (hystereze), aby regulátor při dosažení požadované veličiny (\pm hystereze) ukončil činnost a případné korekce prováděl až po době, kdy odchylka je větší než nastavená hystereze.

Nejsložitějšími algoritmy jsou složené programy regenerací demilinek (tabulka č.5), které v jednotlivých krocích kombinují ovládání i regulaci. Jedná se o sled technologických procesů, které jsou předem známy (resp. jejich výstupní měřitelné

hodnoty, nebo dané časové úseky). Tyto řídicí programy jsou také pevně dány pořadím svých kroků, stavů a prováděným řízením, avšak není pevně dána jejich délka, která se odvíjí od dosahovaných (v průběhu provádění měřených) hodnot veličin. Pro ukázkou je v tabulce č. 5 uveden přepis algoritmu s popisem jednotlivých akcí řízení pro demilinky od jejího odstavení až po zpětné najetí do provozu.

Tabulka 5: Tabulka algoritmů řízení demilinek v PLC automatu DF2

Stav	krok	Popis akce	Akce	Parametr, požadavek přechodu na další krok
Odstavování	1	Zavřít vstup čírené vody na katex, zavřít vstup katexové vody na anex, zavřít výstup z anexu	KF1A001P zavřít AF1A001P zavřít AF1A002P zavřít	KF1A001P => zavřena AF1A001P => zavřena AF1A002P => zavřena >>> DL odstavena
Odstaven	1	Požadavek kvitance dalšího kroku při zavřených armaturách a nastavení AUTO (=> regenerace)		Parametr, požadavek přechodu na další krok provedení kvitance OK
Regenerace	1	Otevření odlehčov. pneuventilu HCl, otevření odlehčov. pneuventilu NaOH, otevřít vodní uzávěr VU 1	KF1A008P otevřít AF1A008P otevřít VU1A001E otevřít	KF1A008P => otevřena AF1A008P => otevřena VU1A001E => otevřena >>> krok 2
	2	Doplňování VU 1 vodou		Parametr T1 >>> krok 3
	3	Zavřít vodní uzávěr VU 1, otevřít pneuventil plnění ON 1 (HCl), otevřít pneuventil plnění ON 2 (NaOH), čekání na stav : hladina L067 (ON1) = P1 - pneuventil plnění ON1 zavřít, hladina L068 (ON2) = P2 - pneuventil plnění ON2 zavřít	VU1A001E zavřít ON1A001P otevřít ON2A001P otevřít L067(ON1)=param. P2 >>> ON1A001P zavřít L068(ON2)=param. P3 >>> ON2A001P zavřít	VU1A001E => zavřena L067(ON1)=param. P2 L068(ON2)=param. P3 >>> krok 4
	4	Otevřít odvzdušnění na anexu, otevřít reg.smyčku na anexu, otevřít odvzdušnění na katexu, otevřít reg.smyčku na katexu	AF1A004P otevřít AF1A005P otevřít KF1A004P otevřít KF1A005P otevřít	AF1A004P => otevřena AF1A005P => otevřena KF1A004P => otevřena KF1A005P => otevřena >>> krok 5
	5	Probíhá snížení hladiny		Parametr T2 >>> krok 6
	6	Zavřít odvzdušnění anexu, zavřít odvzdušnění katexu, zavřít odlehčov. pneuventil NaOH, zavřít odlehčov. pneuventil HCl, otevřít vstup regen.NaOH do anexu, otevřít vstup regen.HCl do katexu, start injektorového čerpadla CI 1, otevřít hnací vodu injektoru NaOH, otevřít přísávání NaOH z ON 2, otevřít hnací vodu injektoru HCl, otevřít přísávání HCl z ON 1, probíhá regenerace,	AF1A004P zavřít KF1A004P zavřít AF1A008P zavřít KF1A008P zavřít AF1A006P otevřít AF1A007P otevřít KF1A006P otevřít KF1A007P otevřít CI 1 zapnout IN3A001P otevřít IN3A003P otevřít IN1A001P otevřít IN1A003P otevřít	AF1A004P => zavřena KF1A004P => zavřena AF1A008P => zavřena KF1A008P => zavřena AF1A006P => otevřena AF1A007P => otevřena KF1A006P => otevřena KF1A007P => otevřena CI 1 => zapnuto IN3A001P => otevřena IN3A003P => otevřena IN1A001P => otevřena
	6	čekání na stav : hladina ON 1 = MIN - přísávání HCl z ON 1 zavřít,	hladina ON1=MIN >>IN1A003P zavřít hladina ON2=MIN >>IN3A003P zavřít	hladina ON1=MIN hladina ON2=MIN

Stav	krok	Popis akce	Akce	Parametr, požadavek přechodu na další krok
		hladina ON 2 = MIN - přísávání NaOH z ON 2 zavřít		
Vytěšňování	1	Otevřít ochoz injektoru NaOH, otevřít ochoz injektoru HCl	IN1A002P otevřít IN3A002P otevřít	IN1A002P => otevřena IN3A002P => otevřena >>> krok 2
	2	Probíhá vytěšňování (rotametr IN1 M001 (HCl) - Q = 14,5 m ³ /h, rotametr IN3M001 (NaOH) - Q = 45,0 m ³ /h)		Parametr T3 >>> krok 3
	3	Zavřít reg.smyčku na anexu, zavřít reg.smyčku na katexu, otevřít odvodušnění na anexu, otevřít odvodušnění na katexu	AF1A005P zavřít KF1A005P zavřít AF1A004P otevřít KF1A004P otevřít	AF1A005P => zavřena KF1A005P => zavřena AF1A004P => otevřena KF1A004P => otevřena >>> krok 4
	4	Doplnění katexu a anexu demivodou		Parametr T4 >>> krok 5
	5	Zavřít odvodušnění na katexu, zavřít vstup regen.HCl do katexu, otevřít odlehčov.pneuventil HCl, zavřít odvodušnění na anexu, zavřít vstup regen.NaOH do anexu, otevřít odlehčov.pneuventil NaOH, zavřít ochoz injektoru HCl, zavřít hnací vodu na injektor HCl, zavřít ochoz injektoru NaOH, zavřít hnací vodu na injektor NaOH, stop injektorového čerpadla CI 1	KF1A004P zavřít KF1A006P zavřít KF1A007P zavřít KF1A008P otevřít AF1A004P zavřít AF1A006P zavřít AF1A007P zavřít IN1A003P zavřít IN1A001P zavřít IN3A003P zavřít IN3A001P zavřít CI 1 vypnout	KF1A004P => zavřena KF1A006P => zavřena KF1A007P => zavřena KF1A008P => otevřena AF1A004P => zavřena AF1A006P => zavřena AF1A007P => zavřena IN1A003P => zavřena IN1A001P => zavřena IN3A003P => zavřena IN3A001P => zavřena CI 1 => vypnuto >>> konec vytěšňování
Stav	krok	Popis akce	Akce	Parametr, požadavek přechodu na další krok
Vymývání	1	Otevřít výstup recirkulace na čerpadla, otevřít vstup katexové vody na anex, vstup recirkulující vody před katex, otevřít odvodušnění katexu, otevřít vstup čířené vody na katex	CV0 A001P otevřít AF1A001P otevřít KF1A003P otevřít KF1A004P otevřít KF1A001P otevřít	CV0 A001P => otevřena AF1A001P => otevřena KF1A003P => otevřena KF1A004P => otevřena KF1A001P => otevřena >>> krok 2
	2	Probíhá odvodušnění katexu		Parametr T5 >>> krok 3
	3	Zavřít odvodušnění katexu, otevřít odvodušnění anexu	KF1A004P zavřít AF1A004P otevřít	KF1A004P => zavřena AF1A004P => otevřena >>> krok 4
	4	Probíhá odvodušnění trasy z katexu na anex a anexu		Parametr T6 >>> krok 5
	5	Start vymývacího recirk. čerpadla CV 1	CV1 zapnout	CV1 => zapnuto >>> krok 6
	6	Demivoda recirkuluje linkou, na katex vstupuje současně čířená voda		Parametr T7 >>> krok 7
	7	Zavřít odvodušnění anexu, zavřít vstup čířené vody na katex	AF1A004P zavřít KF1A001P zavřít	AF1A004P => zavřena KF1A001P => zavřena >>> krok 8
	8	Probíhá recirkulace		Parametr T8 a Parametr P1 >>> krok 9
	9	Zavřít vstup recirkulace na katex, zavřít vstup katexové vody na anex, zavřít výstup recirkulace na čerpadla, vypnout vymývací recirkulační čerpadlo	KF1A003P zavřít AF1A001P zavřít CV0A001P zavřít CV1 vypnout	KF1A003P => zavřena AF1A001P => zavřena CV0A001P => zavřena CV1 => vypnuto >>> konec vymývání
Stav	krok	Popis akce	Akce	Parametr, požadavek přechodu na další krok
Připraven	1	Požadavek kvitance dalšího kroku		provedení kvitance OK nebo odstavovaná linka

		(najíždění)		požaduje najetí nové
Stav	krok	Popis akce	Akce	Parametr, požadavek přechodu na další krok
Najíždění	1	Otevřít vstup čírené vody na katex, otevřít odvodušnění katexu	KF1A001P otevřít KF1A004P otevřít	KF1A001P => otevřena KF1A004P => otevřena >>> krok 2
	2	Probíhá vymývání katexu na kanál		Parametr T9 >>> krok 3
	3	Otevřít vstup katexové vody na anex, otevřít odvodušnění anexu, zavřít odvodušnění katexu	AF1A001P otevřít AF1A004P otevřít KF1A004P zavřít	AF1A001P => otevřena AF1A004P => otevřena KF1A004P => zavřena >>> krok 4
	4	Probíhá vymývání anexu na kanál		Parametr T10 >>> krok 5
	5	Otevřít výstup anexu, zavřít odvodušnění anexu	AF1A002P otevřít AF1A004P zavřít	AF1A002P => otevřena AF1A004P => zavřena >>> konec najíždění
Stav	krok	Popis akce	Akce	Parametr, požadavek přechodu na další krok
Provoz	1	Průtok demilinkou $Q < 45 \text{ m}^3/\text{h}$ nebo vodivost $H_{25} > 2 \text{ } \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$		$Q < 45 \text{ m}^3/\text{h}$ >>> krok 2 $H_{25} > 2 \text{ } \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ >>> krok 6
	2	Ověření naměřených parametrů Q a H_{25}		Parametr T11 >>> krok 3 $H_{25} > 2 \text{ } \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ >>> krok 6
	3	Otevřít výstup recirkulace na čerpadla, otevřít vstup recirkulující vody před katex, start recirkulačního čerpadla CV 1	CV0A001P otevřít KF1A003P otevřít CV1(CV2) zapnout	$Q > 50 \text{ m}^3/\text{h}$ >>> krok 4 $H_{25} > 2 \text{ } \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ >>> krok 6
	4	Probíhá recirkulace		Parametr T12 >>> krok 5 $H_{25} > 2 \text{ } \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ >>> krok 6
	5	Zavřít vstup recirkulující vody před katex, zavřít výstup recirkulace na čerpadla, vypnout recirkulační čerpadlo	KF1A003P zavřít CV0A001P zavřít CV1(CV2) vypnout	KF1A003P => zavřena CV0A001P => zavřena CV1(CV2) => vypnuto >>> krok 1 $H_{25} > 2 \text{ } \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ >>> krok 6
	6	Ověření naměřeného parametru H_{25}		$H_{25} < 2 \text{ } \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ >>> krok 1 Parametr T13 >>> krok 7
	7	Zavřít vstup recirkulující vody před katex, zavřít výstup recirkulace na čerpadla, vypnout recirkulační čerpadlo	KF1A003P zavřít CV0A001P zavřít CV1(CV2) vypnout	KF1A003P => zavřena CV0A001P => zavřena CV1(CV2) => vypnuto >>> konec provozu

4.4 Popis konfigurace

4.4.1 Rozvaděč DF1

V první etapě rekonstrukce (rok 1995) byl instalován rozvaděč DF1. Byl osazen v té době standardně používaným automatem Simatic® S5 115U, resp. dvojicí těchto

automatů. Vybaveny byly procesorem CPU 943B a CPU 941B. Vzájemná komunikace obou procesorů je sériovou linkou TTY a protokolem Sinec L1. Automat s procesorem CPU 943B je dále vybaven komunikační kartou pro komunikaci prostřednictvím průmyslového Ethernetu a protokolu Sinec H1 VIPA SSN-BG81A, 4 ks vstupních analogových karet pro proudové smyčky a 3 ks digitálních vstupně-výstupních karet. Stejná konfigurace vstupních signálových karet je i u druhého procesoru. Programy procesorů jsou psány v jazyku STEP 5 a nahrány do RAM⁹ paměti příslušných procesorů. Paměť je zálohovaná dvěma bateriemi typu AA, jejichž vybití signalizuje rozsvícení LED diody na jednotce zdroje.

Dodavatelsky (dodávka měření, regulace, silová elektřina – nikoliv technologie jako taková) lze tuto etapu celkové rekonstrukce CHÚV rozdělit na dvě části. První část byla dodávka polní instrumentace (procesní technika), měření a ovládání dodávané technologie (čiřiče). Druhá část byla dodávka měření pro ostatní veličiny a jejich zapojení do řídicího systému, které v té době byly měřeny pouze clonou s místním zobrazením nebo nebyly měřeny vůbec a zapojení vybraných stávajících aktivních členů do řídicího systému (čerpadla, elektroarmatury) a možnost jejich ovládání.

4.4.2 Rozvaděč DF2

Byl instalován jako součást investiční akce „Rekonstrukce demineralizace“ v roce 1997. Byl osazen také automatem Simatic[®] S5, typu 135U, tedy inovovaný typ 115U. Vybaven byl procesorem CPU 928B. Automat je dále vybaven komunikační kartou pro komunikaci prostřednictvím průmyslového Ethernetu a protokolu Sinec H1 VIPA SSN-BG81A a komunikační kartou Simatic[®] 6ES5 308-3UC11 pro komunikaci s decentralizovanými inteligentními vstupními/výstupními jednotkami ET200 prostřednictvím protokolu Profibus DP, dále jednou vstupní kartou pro analogové signály (proudové smyčky 4 mA ÷ 20 mA) a 7 ks digitálních vstupně-výstupních karet. V roce 2000 byl automat doplněn o komunikační kartu VIPA SSM-BG42 pro standardní sériový port RS-232 prostřednictvím kterého je připojeno radiové spojení s dalšími dvěma jednotkami ET200, které jsou umístěné mimo areál TČB. Programy procesorů jsou psány v jazyku STEP 5 a nahrány do RAM paměti příslušných procesorů. Paměť je zálohovaná

⁹ RAM – Random Access Memory

dvěma bateriemi typu AA, jejichž vybití signalizuje rozsvícení LED diody na jednotce zdroje.

Dodávka obsahovala vybavení nové technologie procesní technikou, včetně měření požadovaných veličin, kabeláž, hardware, software a ovládání dodávané technologie demineralizace.

4.4.3 Rozvaděč DF4

Rozvaděč DF4 byl instalován v roce 2001, opět jako součást rekonstrukce části technologie, tentokrát rekonstrukce úpravy vratného městského kondenzátu. Jako první byl osazen automatem Siemens Simatic® S7-300, předchozí automaty S5 byly již v té době zastaralé a z pohledu finanční náročnosti i dražší. Automat byl vybaven procesorovou jednotkou CPU 315-2 DP, který je již vybaven i komunikačním portem pro komunikaci se vstupně/výstupními jednotkami ET200 po sběrnici Profibus DP. Pro komunikaci mezi jednotlivými automaty po stávajícím průmyslovém Ethernetu je automat vybaven komunikační kartou CP 343-1. U tohoto automatu nejsou použity žádné analogové vstupní karty, všechny analogové signály jsou zavedeny právě do decentralizovaných jednotek ET200 (ve schématu označených jako ON, PK3, PK2, PK1, KK1, SK1, KK2, SK2) a komunikovány do CPU přes Profibus DP. Pro ovládání některých akčních členů, zejména čerpadel a elektroarmatur na jejich výtlacích je automat osazen jednou vstupní a jednou výstupní kartou digitálních vstupů a výstupů. Programy procesorů jsou psány v jazyku STEP 7 a nahrány do RAM paměti příslušných procesorů. Paměť je zálohovaná dvěma bateriemi, jejichž vybití signalizuje rozsvícení LED diody na jednotce zdroje. Dodávka obsahovala vybavení nové technologie procesní technikou, včetně měření požadovaných veličin, kabeláž, hardware, software a ovládání dodávané technologie úpravy kondenzátu.

4.4.4 Rozvaděč DF5

Rozvaděč DF5 byl instalován v roce 2002. Jako další etapa rekonstrukce celé CHÚV, konkrétně doplnění filtrace chladicí vody, rekonstrukce čerpací stanice chladicí vody a výměna tras demivody a chladicí vody pro výrobní blok. Rozvaděč byl osazen automatem Siemens Simatic® S7-300, vybaven byl opět procesorovou jednotkou CPU 315-2 DP [9], který je již vybaven i komunikačním portem pro komunikaci se

vstupně/výstupními jednotkami ET200 po sběrnici Profibus DP, pro komunikaci mezi jednotlivými automaty po stávajícím průmyslovém Ethernetu je automat vybaven komunikační kartou CP 343-1. I další konfigurace odpovídá automatu v rozvaděči DF4, tedy nejsou použity žádné analogové vstupní karty, všechny analogové signály jsou zavedeny právě do decentralizovaných jednotek ET200 (ve schématu označených jako CPF3, GD8), které byly o rok později ještě doplněny o jednotky ST2 a SD. Ty byly dodány v roce 2003 pro ovládání zásobních nádrží demivody a skladu chemikálií. Pro ovládání akčních členů jako čerpadla a elektroarmatury na jejich výtlacích je automat osazen jednou vstupní a jednou výstupní kartou digitálních vstupů a výstupů. Programy procesorů jsou psány v jazyku STEP 7 a nahrány do RAM paměti příslušných procesorů. Paměť je zálohovaná dvěma bateriemi, jejichž vybití signalizuje rozsvícení LED diody na jednotce zdroje. Dodávka obsahovala vybavení nové technologie procesní technikou, včetně měření požadovaných veličin, kabeláž, hardware, software a ovládání dodávané technologie.

4.4.5 Rozvaděč DF6

Rozvaděč DF5 byl instalován v roce 2004 spolu s dodávkou třetí demilinky. Rozvaděč byl opět osazen automatem Siemens Simatic® S7-300, v naprosto shodné konfiguraci jako automaty v DF4 a DF5. Styk s periferním zařízením a technologií zajišťují logické vstupně/výstupní jednotky ET200 prostřednictvím komunikace Profibus DP (označených jako GD9, AF3, KF3), pro ovládání ostatních akčních členů, které nešlo z důvodu umístění připojit do decentralizovaných jednotek, je automat osazen jednou vstupní a jednou výstupní kartou digitálních vstupů a výstupů. Programy procesorů jsou psány v jazyku STEP 7 a nahrány do RAM paměti příslušných procesorů. Paměť je zálohovaná dvěma bateriemi, jejichž vybití signalizuje rozsvícení LED diody na jednotce zdroje. Dodávka obsahovala vybavení nové technologie procesní technikou, včetně měření požadovaných veličin, kabeláže, hardware, software a ovládání dodávané technologie.

4.5 Popis funkce jednotlivých automatů

4.5.1 Automat DF1

Ovládá armatury a čerpadla podle předepsaných automatických algoritmů pro provoz čiření a měří technologické veličiny (vodivost, průtok, tlak a hladina).

Řízení a ovládání technologického zařízení je zajištěno programovatelným automatem S5-115U instalovaným v rozvaděči DF1, styk řídicího systému s technologií u jednotlivých filtrů zajišťují analogové vstupní a digitální vstupně/výstupní karty PLC automatu v rozvaděči DF1. PLC v rozvaděči DF1 je spojen sběrnici Sinec-H1 s dalšími instalovanými automaty v rozvaděčích DF2, DF4, DF5, DF6 a PC v rozvaděči RPC.

Ruční místní ovládání nezávislé na funkci řídicího systému je možné pomocí ovladačů na dveřích rozvaděčů u jednotlivých filtrů a z místních ovládacích skříněk.

4.5.2 Automat DF2

Automaticky ovládá armatury na demineralizačních linkách 1, 2 a dále čerpadla čiřené vody podle předepsaných algoritmů pro provoz demineralizace, tzn. praní, regeneraci filtrů demilinek, a měří technologické veličiny demineralizace (vodivost, průtok, zákal, koncentrace SiO₂, tlak, hladina).

Řízení a ovládání technologického zařízení je zajištěno programovatelným automatem S5-135U instalovaným v rozvaděči DF2, styk řídicího systému s technologií u jednotlivých filtrů zajišťují jednak analogové vstupní a digitální vstupně/výstupní karty PLC automatu a také inteligentní periferní jednotky typu ET200 instalované v rozvaděčích GD6 a GD7 umístěnými v technologii. Přenos dat mezi PLC v rozvaděči DF2 s dalšími instalovanými automaty v rozvaděčích DF1, DF4, DF5, DF6 a PC v rozvaděči RPC je realizován sběrnici Sinec-H1 .

Ruční místní ovládání nezávislé na funkci řídicího systému je možné pomocí ovladačů na dveřích rozvaděčů u jednotlivých filtrů a z místních ovládacích skříněk.

4.5.3 Automat DF4

Provádí automatické ovládání armatur na filtrech linky kondenzátu při provozu linky i při regeneraci filtrů, regulaci průtoku kondenzátu pískovými filtry, regulaci teploty kondenzátu před vstupem na linku úpravy kondenzátu, dávkování chemikálií při regeneraci filtrů, ovládání čerpadel podle předepsaných algoritmů a měření požadovaných provozních hodnot hladin, tlaků, průtoků a kvalitativních parametrů kondenzátu. Řízení a ovládání technologického zařízení je zajištěno programovatelným automatem S7-300 instalovanými v rozvaděči +DF4, styk řídicího systému s technologií u jednotlivých filtrů zajišťují inteligentní periferní jednotky typu ET200 instalované v rozvaděčích PK1, PK2, PK3, KK1, KK2, SK1, SK2, ON umístěnými před jednotlivými filtry linky úpravy kondenzátu. Měřicí okruhy F029, F030, Q108-Q115 jsou zapojeny na původních vstupech rozvaděče DF1. Přenos dat mezi rozvaděči před filtry a PLC v rozvaděči DF4 je zajištěn komunikační sběrnicí Profibus. PLC v rozvaděči DF4 je spojen sběrnicí Sinec-H1 s již dříve instalovanými automaty v rozvaděčích DF1, DF2 a PC v rozvaděči RPC.

Ruční místní ovládání nezávislé na funkci řídicího systému je možné pomocí ovladačů na dveřích rozvaděčů u jednotlivých filtrů a z místních ovládacích skříněk.

4.5.4 Automat DF5

Automatické a ruční ovládání armatur na třetím filtru chladicí vody, ovládání elektroarmatur na výtlačích čerpadel demivody, čiřené vody a splavovací vody a měření vybraných technologických veličin.

Pro automatické řízení technologie je rozšířen stávající řídicí systém o nový rozvaděč DF5 a místně dekomponované rozvaděče CPF3 a GD4. V další etapě byl doplněn ještě o rozvaděč ST2, který je umístěn v objektu skladu regenerantů a rozvaděč SD, umístěný na vnější stěně skladu čpavku.

Hlavní rozvaděč DF5 je umístěn v rozvodně CHÚV 1, rozvaděč CPF3 je umístěn před filtrem chladicí vody č. 3 a rozvaděč GD8 je umístěn ve sklepe u čerpadel čiřené vody. Pro některé ovládací okruhy je využito rezerv v dříve dodané podružné skříňce GD1, umístěné v rozvodně pod výrobním blokem a spojené s rozvaděčem DF1. Pro veškeré měřicí okruhy jsou využity rezervní analogové vstupy v dříve dodaném rozvaděči DF1 a DF2. Styk řídicího systému s jednotlivými technologickými celky zajišťují jednak

inteligentní periferní jednotky typu ET200 instalované v rozvaděčích CPF3 a GD8, jednak vstupní a výstupní jednotky vlastního PLC v rozvaděči DF5. PLC Simatic® řady S7-300 v rozvaděči DF5 je spojen sběrnici Sinec-H1 s již dříve instalovanými automaty v rozvaděčích DF1, DF2, DF4 a PC v rozvaděči RPC. Přiřazení jednotlivých měřicích a ovládacích okruhů konkrétním rozvaděčům je uvedeno v soupisu okruhů.

Ruční místní ovládání nezávislé na funkci řídicího systému je realizováno pomocí ovladačů na dveřích rozvaděčů CPF3, GD8 a z místních ovládacích skříněk.

Rozváděč ST je vybaven inteligentními vstupními a výstupními jednotkami řady ET200 a tvoří další podřízenou stanicí centrální procesorové jednotky umístěné v rozvaděči DF5. S CPU komunikuje pomocí sběrnice Profibus DP, která je prodloužena z rozvaděče GD8 do rozvaděče ST2. Řídicí systém umožňuje dálkové řízení (z velína CHÚV1) elektroarmatur na vypouštěcích potrubích nádrží chemikálií a elektroarmatury na přívodu do vodního uzávěru. Ovládání ventilátoru odsávání je pouze ruční ze dveří rozvaděče ST2. Stav ovládaných zařízení jsou signalizovány na monitoru řídicího pracoviště a na dveřích rozvaděče ST2. Měření hladin v každé nádrži zajišťuje jeden snímač pro kontinuální měření a dva limitní snímače. Analogové i logické signály z hladinových snímačů jsou přenášeny do řídicího systému, kde jsou vyhodnoceny a zobrazeny na monitoru ve formě číselného údaje o stavu hladiny, nebo hlášení obsluze. Současně jsou údaje o hladinách zobrazovány na displejích na dveřích rozvaděče ST2. Dosažení limitních hladin v nádržích je uvnitř i vně objektu (dvě místa) skladu regenerantů signalizováno světelnými a zvukovými návěstími. Na dveřích rozvaděče ST2 jsou umístěny ovladače pro místní ovládání technologických zařízení, dvoubarevné LED signálky pro zobrazení stavu armatur a LED zobrazovače s displejem a bargrafem pro místní zobrazení stavu hladin v jednotlivých nádržích. Místní ovládání je nezávislé na funkci řídicího systému, o přepnutí do místního ovládání je řídicí systém informován.

Rozváděč SD je vybaven inteligentními vstupními a výstupními jednotkami řady ET200 a tvoří další podřízenou stanicí centrální procesorové jednotky umístěné v rozvaděči DF5. S CPU komunikuje pomocí sběrnice Profibus DP, která je prodloužena z rozvaděče ST2 do rozvaděče SD. Řídicí systém umožňuje dálkové řízení (z velína CHÚV1) elektroarmatur na vstupních a výstupních potrubí nádrží demivody, automatické spouštění ventilátoru odvětrání podle koncentrace čpavku v prostoru skladu a automatické řízení dávkovacího čerpadla čpavkové vody podle průtoku demivody (součet údajů průtokoměrů F027 a F028). Měření hladin v každé nádrži zajišťuje jeden tlakový snímač

pro kontinuální měření. Analogové signály z hladinových snímačů jsou přenášeny do řídicího systému, kde jsou vyhodnoceny a zobrazeny na monitoru ve formě číselného údaje o stavu hladiny, nebo hlášení obsluhy. Hladinové snímače jsou umístěny na spodních bočních stranách nádrží demivody, před snímačem je předřazen ruční uzávěr. Pro ochranu před možným zamrznutím je hladinový snímač i uzávěr umístěn pod snímatelným izolačním krytem. Místní ovládání elektroarmatur a ventilátoru je možné prostřednictvím ovladačů umístěných na dveřích rozvaděče SD. Místní signalizaci jejich stavů zajišťují LED signálky na dveřích rozvaděče SD. Místní ovládání dávkovacího čerpadla je možné pouze přímo z panelu dávkovacího čerpadla. Pro místní ovládání je třeba na panelu čerpadla přepnout přepínač pro řízení frekvence zdvihů z polohy dálkového řízení do polohy pro žádanou frekvenci zdvihů čerpadla. Místní ovládání je nezávislé na funkci řídicího systému, o přepnutí do místního ovládání je řídicí systém informován (kromě přepnutí dávkovacího čerpadla). Na řídicím pracovišti jsou doplněny snímky nové technologie. Stav ovládaných zařízení jsou signalizovány na monitoru řídicího pracoviště.

4.5.5 Automat DF6

Automatické a ruční ovládání armatur na anexovém a katexovém filtru demineralizační linky č.3 při jejich provozu i při regeneraci filtrů, ovládání čerpadel čiřené vody a klapek na jejich výtlacích podle předepsaných algoritmů, regulace průtoku čiřené vody demineralizačními linkami č. 1-3 pomocí nových regulačních ventilů, ovládání ostatních nových technologických klapek a solenoidových ventilů a měření požadovaných provozních hodnot tlaků, průtoků a kvalitativních parametrů demivody.

Řízení a ovládání technologického zařízení je opět zajištěno programovatelným automatem S7-300 instalovaným v rozvaděči DF6, styk řídicího systému s technologií u jednotlivých filtrů zajišťují inteligentní periferní jednotky typu ET200 instalované v rozvaděčích KF3, AF3 umístěnými před novými filtry demilinky č. 3 a v rozvaděči GD9 umístěným v suterénu úpravný u čerpadel CU1 - CU4. Přenos dat mezi rozvaděči KF3, AF3, GD9 a PLC v rozvaděči DF6 je zajištěn komunikační sběrnici Profibus. PLC v rozvaděči DF6 je spojen sběrnici Sinec-H1 s již dříve instalovanými automaty v rozvaděčích DF1, DF2, DF4, DF5 a PC v rozvaděči RPC. Ruční místní ovládání nezávislé na funkci řídicího systému je možno provádět pomocí ovladačů na dveřích rozvaděčů u filtrů a z místních ovládacích skříněk.

5 Vizualizace

5.1 Popis operátorského stanoviště

Operátorské pracoviště je umístěno na řídicí velín CHÚV a tvoří svou funkci stykovou vrstvu pro monitoring a řízení mezi samotnými řídicími automaty a obsluhou. V současné době je pracoviště sestaveno ze tří vzájemně redundantních PC, označených chuv1v, chuv2v a chuv3v. Tyto PC jsou vybaveny komunikačními kartami Siemens CP 1613 a komunikačním softwarem Siemens OPC server (I/O server) pro připojení přímo na sběrnici SINEC H1 prostřednictvím přepínače pro průmyslový Ethernet. Na PC chuv2v a chuv3v je nainstalován řídicí systém Microsoft® Windows XP Professional, na PC chuv1v pro možnost přístupu na internetový portál SuiteVoyager a provoz databáze Microsoft SQL pak operační systém Microsoft® Windows 2000 Server. Na všech třech PC je kromě již zmíněného OPC serveru od firmy Siemens, který zajišťuje v nejnižší softwarové vrstvě komunikaci s PLC automaty prostřednictvím PCI karty CP 1613, nainstalován dále komunikační software Wonderware® ArchestrA Gateway jako vrstva softwaru umožňující komunikaci mezi I/O serverem Siemens a vizualizačním SCADA/HMI software InTouch 9 jehož prostřednictvím je zajištěna kompletní vizualizace, ovládání technologie a kompletní archiv všech dat. Jako nadstavba vizualizačního softwaru InTouch pro poskytování aktuálních provozních dat informačnímu systému Teplárny České Budějovice je použit průmyslový informační server portálového typu SuiteVoyager.

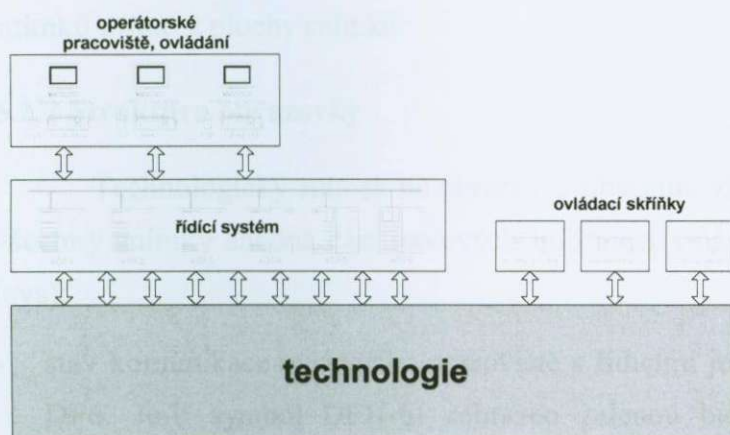
Každé PC bylo vybaveno, kromě klávesnice a polohovacích zařízení, z důvodů poměrně velké rozsáhlosti nejen řízené technologie a samotného řídicího systému (41 jednotlivých snímků ve vizualizaci, cca 7500 proměnných), ale také pro větší přehlednost a ergonomii, duálními VGA kartami pro připojení dvojice monitorů. Jedno operátorské pracoviště tedy disponuje dvojicí LCD monitorů, s možností volby jednotlivých obrazovek na každém z nich. Počítače jsou v robustním průmyslovém provedení, umístěny v 19“ racku v elektrorozvodně spolu s PLC rozvaděči DF1-DF6. Dvě PC (konkrétně chuv1v a chuv2v) jsou použity jako monitorovací a ovládací pracoviště a jsou vybaveny vždy dvojicí 19“ LCD monitorů. Třetí PC chuv3v je použito pro obsluhu dvojice 40“ LCD monitorů zavěšených na zdi a plnících funkci inteligentního přehledového tabla. Jednotlivé

PC jsou nakonfigurovány tak, aby po případném výpadku nebo poruše proběhl plně automatický start jak řídicích systémů, tak i ovládacího softwaru.

Bezvýpadkový provoz zabezpečuje zálohované napájení z centrální UPS.

5.2 Struktura systému ovládání CHÚV

Zařízení CHÚV jsou ovládána pomocí prvků místního ovládání (ovládací - deblokační skříňky) nebo prostřednictvím řídicího systému (dálkové ovládání). Místní



Obr. 11: Struktura řídicího systému

ovládání je možné použít v případě větší havárie nebo poruchy na řídicím systému. Řídicí systém umožňuje dálkové ruční ovládání nebo pro požadovaná zařízení automatický provoz (obrázek č.12).

Komunikace s řídicím systémem probíhá pomocí polohovacího zařízení - myši, pouze pro zadání přístupového hesla nebo požadovaných hodnot a

parametrů je použita klávesnice.

Zobrazování měřených technologických hodnot a stavu technologie je prováděno na monitorech operátorského pracoviště a přehledovém tablu technologie.

5.2.1 Popis typových prvků ovládání

Sledování a ovládání CHÚV se provádí pomocí snímků (obrazovky s požadovanými daty). Všechny zásahy operátora se provádějí pomocí myši. Pomocí pohybu myši se kurzor umístí na požadované tlačítko nakreslené v navoleném snímku a stiskne se krátce levé tlačítko myši (tzv.kliknutí). Tím je aktivována požadovaná akce. Všechny měřené veličiny jsou zobrazovány v grafickém symbolu, který mimo aktuální měřené hodnoty zobrazuje také označení měřícího místa a jednotky v kterých je měření prováděno. Při umístění

kurzoru myši na tento grafický objekt a podržení pravého tlačítka myši na cca 3 vteřiny, dojde k zobrazení grafu historického vývoje dané veličiny s možností úpravy rozsahu a sledovacího období.

Tlačítka pro ovládání jednotlivých zařízení technologie a měřené veličiny jsou umístěna v blízkosti značek zařízení. Všechny snímky ovládání technologie obsahují ve spodní části tlačítka pro přechod do ostatních technologických snímků a do snímků se zaznamenanými poruchovými hlášeními, se záznamy o zásazích obsluhy, se záznamy jednotlivých událostí, se snímkem pro zápis externích hodnot a snímek pro nastavení technologických parametrů. Jednotlivé snímky obsahují také přechody do navazujících snímků přímo z plochy snímků.

5.2.2 Struktura obrazovky

Technologický snímek na obrazovce obsahuje vždy dvě části. V horní části je pro všechny snímky shodná část stavových informací s následujícími údaji (popisováno od leva):

- stav komunikace ovládacího pracoviště s řídicími jednotkami DF1, DF2, DF4, DF5 a DF6. Je-li symbol DF1(-6) zobrazen zelenou barvou, probíhající komunikace je funkční. Červená barva písma indikuje nefunkční komunikaci. Změna barvy pozadí těchto symbolů na červenou nám indikuje aktivní nekvitovanou poruchu v daném PLC automatu. Naopak, je-li pozadí všech symbolů šedé, není v daném okamžiku v celém systému žádná aktivní nekvitovaná porucha.
- poslední (nejaktuálnější) poruchové hlášení.
- tlačítko se znakem “ I ” pro zobrazení obrazovky, která obsahuje rám s ActiveX objektem pro zobrazení webového prohlížeče a pevně parametrizovanou IP adresou pro přístup na podnikový intranet
- tlačítko se znakem “ P ” pro zadání jména a hesla obsluhy. Podle jména jsou nastaveny tři úrovně přihlášení: obsluha (základní úroveň s možností plného ovládání a zobrazení), vedoucí (umožní se zobrazovat a měnit některé technologické hodnoty – parametry ŘS) a servis (umožní se ukončení aplikace InTouch).
- okamžitá venkovní teplota
- datum a čas systému

Zbylá část obrazovky obsahuje jednotlivé dále popsané snímky monitorování a ovládání technologie.

Význam grafických symbolů:

Regulační ventily a armatury a klapky (elektrické, pneumatické) :



Žlutá barva pohon = zavírá, tělo = zavřeno

Zelená barva ... pohon = otvírá, tělo = otevřeno

Modrá barva ... mezipoloha těla

Červená barva.. odkvitovaná porucha (pohon = nevykonal se pohyb do zadaného času, tělo = signalizace zavřeno i otevřeno současně)

Blikání červené porucha není odkvitována

Čerpadla :



Žlutá barva v klidu

Zelená barva v provozu

Červená barva ... porucha. Pokud porucha není kvitovaná, tak bliká.

Výšky hladin :



Barva dle náplně : voda zelená, kondenzát tmavě zelený, vzduch světle modrý, HCl žlutá, NaOH fialový, FeCl₃ hnědé, vápno bílé, odpadní vody hnědé.

Při provozním stavu, kdy hodnota je mimo zadané meze, zobrazí se vedle obrázku nádrže nápis MIN nebo MAX. Nápis v červeném poli znamená dosažení kritické

meze (např. přepadu) a je doplněn , stav ve žlutém poli dosažení technologické meze. Pokud poruchový stav není kvitován, nápis bliká.

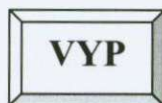
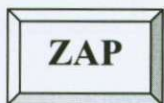
Není-li signál funkční (platí pro všechna měření), hodnota i sloupec mizí.

Ovládací tlačítka :

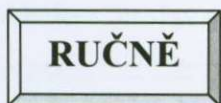


Tlačítka pro ovládání regulačních ventilů. Pro ovládaný prvek jsou nabízena jen tlačítka, která má smysl v dané situaci volit. Např. je-li ventil otevírán, je nabízeno tlačítko STOP (v pozici a barvě tlačítka OTEVÍRAT), je-li ventil plně otevřen, je nabízeno jen tlačítko ZAVÍRAT apod.

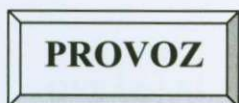
U armatur je předpokládán přechod mezi stavy zavřeno a otevřeno. V těchto mezních stavech je vykonán automaticky STOP podobně jako v případě poruchy. Směr, kterým se armatura pohybuje, určuje barva tlačítka (žlutá zavírat, zelená otvírat).



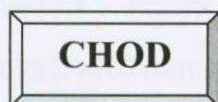
Tlačítko pro zapínání a vypínání chodu čerpadel. Stav příkazu určuje barva tlačítka - zelená zapnuto, žlutá vypnuto.



Tlačítko pro volbu ručního dálkového nebo automatického ovládání.



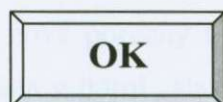
Tlačítko pro povolení chodu programu nebo zastavení (zavřít armatury, zastavit odpočet času jednotlivých kroků technologického postupu). Manipulace je možná jen s vhodnou přístupovou úrovní. Standardní nastavení je PROVOZ.



Tlačítko pro uvolnění chodu automatiky nebo pozastavení jejího chodu (armatury beze změny, zastaven odpočet času jednotlivých kroků technologického postupu). Standardní nastavení je CHOD.



Tlačítko pro okamžitý přechod do dalšího kroku technologického postupu při automatickém provozu.



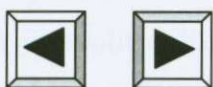
Tlačítko pro potvrzení přechodu do dalšího stavu nebo kroku technologického postupu při automatickém provozu. Je zvýrazněno návěštím „Potvrď další krok“. Používá se například pro potvrzení přechodu do stavu PROVOZ nebo PRANÍ, kdy obsluha musí posoudit vhodnost pokračování sekvencí s ohledem na stav celé technologie.



Tlačítko pro převzetí předvoleného stavu a kroku ve stavu. Manipulace je možná v ručním režimu.



Návěští, které signalizuje přepnutí do místního ovládání na ovládacích skříňkách u zařízení.



Tlačítko provádí předvolbu zařízení, na které ukazuje šipka (předvolba čerpadla).



Tlačítko provádí zvýšení nebo snížení číselné hodnoty, stavu nebo kroku ve stavu.

Návěští :

PRŮTOK - celkový průtok pískovým filtrem od jeho prání

LIMIT - průtok pískovým filtrem, po kterém se provádí prání

ODPOČET ČASU - odpočet času trvání kroku (v sekundách)

Při vzniku nové poruchy s požadovaným klaksonem se rozezní houkačka. Nová porucha je zobrazena v horní „stavové“ řádce. Odstavení houkačky se provede kliknutím na tlačítko ALARM v horní stavové řádce nebo stiskem odstavujícího tlačítka v technologii.

5.2.3 Webový portál

Jako nadstavba vizualizačního softwaru pro kontrolu řízení odpovědnými vedoucími a pro možnost komfortního přístupu k historickým datům řízení (a to i v grafické podobě) je použit Wonderware® SuiteVoyager [10].

SuiteVoyager je průmyslový informační server portálového typu, který je schopen získávat data z průmyslových provozů, vhodně je uspořádávat a organizovat a poskytovat velkému množství zájemců. Podporovány jsou operační systémy Microsoft® Windows 2000 Server nebo Microsoft® Windows 2000 Advanced Server. SuiteVoyager portál komunikuje s poskytovateli dat na vlastní LAN (Local Area Network) a získaná data předává klientům přistupujícím z prostředí Internet/Intranet ve formě webových stránek.

Poskytovatelem živých (aktuálních) dat může být jakákoliv aplikace podporující komunikaci DDE¹⁰, NetDDE, Wonderware SuiteLink nebo OPC (InTouch, InControl, komunikační servery nebo servery OPC ve spolupráci s aplikací Wonderware OPCLink atd.). Doporučeno je zvolit aplikaci InTouch jako poskytovatele živých dat. Aktuální i historická alarmová hlášení jsou získávána z distribuovaného alarmového systému aplikací InTouch nebo z aplikací AlarmSuite. Poskytovatelem historických dat je databáze IndustrialSQL Server. Portál může dále získávat data z kterékoli databáze podporující ADO/ODBC (Oracle, MS Access, MS SQL Server, DBase, Paradox apod.). Kdekoliv na síti s aplikací SuiteVoyager musí pracovat databáze Microsoft® SQL Server 2000, kterou SuiteVoyager využívá pro ukládání konfiguračních dat, logování přístupů na portál, uchovávání překladových tabulek atd. Tuto databázi lze případně využít rovněž k ukládání historických dat IndustrialSQL Serveru a k historizaci alarmových hlášení modulem Wonderware Alarm DB Logger nebo aplikací AlarmSuite. Klientskou aplikací pro přístup na portál SuiteVoyager je prohlížeč internetových stránek Microsoft Internet Explorer verze 5.5 nebo novější. Na klientská PC není třeba instalovat žádný další software.

6 Závěr

Tak jak bylo napsáno v úvodu, popsat řídicí systém CHÚV TČB v celém rozsahu v této práci je problematické. Jeho velká rozsáhlost a částečně i fyzická a funkční roztržitost je dána postupnými rekonstrukcemi a dobou jejich trvání (tedy cca 8 let). Největším problémem v současné době je nutnost komunikace mezi novými automaty S7 a staršími S5. Ta je nutná např. pro řízení demilinky DL1 a DL2 z automatu DF2 (Simatic® S5) a DL3 z automatu DF6 (Simatic® S7) a pro společně používané pomocné zařízení (regenerační hospodářství) z automatu DF2. Programový kód automatů DF1 a DF2 je již za dobu existence poměrně rozsáhlý a složitý a bohužel zpětně prováděnými úpravami a opravami v některých částech i nepřehledný. Potom i drobná změna (např. právě zmiňovaná komunikace některých hodnot a parametrů, nebo ovládací povely) může způsobit problém v nevykonání povelu nebo zastavení prováděného algoritmu. Tyto problémy se ovšem týkají zprovoznování a ladění systému po jednotlivých etapách rekonstrukcí. Jsou částečně způsobeny i nutností provádět rekonstrukce za provozu

¹⁰ DDE – Dynamik Data Exchange

ostatních technologií a částí řídicího systému a nemožnosti odzkoušení právě těchto komunikačních programových a synchronizačních bloků předem. Všechny tyto problémy musí být samozřejmě odstraněny před konečným spuštěním do provozu.

Spolehlivost celého řídicího systému je dána spolehlivostí jeho dílčích částí (a úrovní), především z důvodů rozdílných hardwarových nároků a důležitosti vykonávaných procesů. Nejvyšší nároky na spolehlivost jsou u řídicích automatů a procesní techniky (tzn. měřidel, senzorů a aktivních prvků), nižší potom na úroveň vizualizace.

Spolehlivost úrovně řídicích automatů Simatic® a vrstvy procesní techniky je téměř 100%ní, a je dána hardwarovou stavbou těchto průmyslových automatů a předem daným účelem nepřetržitého provozu ve výrobních podmínkách.

Drobnou vadou spolehlivosti (nikoliv však při standardním provozu) je u staršího typu S5 problém s poměrně nízkou životností záložních baterií a z toho vyplývající častější kontrolou jejich stavu (alespoň 1x měsíčně). Jestliže jsou baterie vybité, pak při výpadku elektrického proudu a následném startu automatu dojde k zástavě startovacího procesu z důvodu nepřítomnosti programových kódů. Pro obnovení normální činnosti je poté nutno pomocí specializovaného hardwaru a softwaru nahrát programový kód zpět do paměti CPU daného automatu. Tento nedostatek lze částečně odstranit použitím vyjímatelných paměťových modulů EPROM, na které se programové vybavení daného CPU trvale zaznamená. Bohužel dle našich konkrétních zkušeností dochází i k poruchám těchto modulů a během osmiletého provozu byly vzhledem k poruše dva moduly EPROM (z celkových tří) vyměněny. Naproti tomu automaty S7 jsou dle našich provozních zkušeností naprosto spolehlivé, nezaznamenali jsme prozatím ani jednu poruchu nebo závadu. Problém s moduly EPROM byl vyřešen použitím standardních paměťových karet současnosti (formát MMC).

Od řídicí úrovně se svým využitím liší operátorské pracoviště. To zde v celém systému funguje jako rozhraní mezi lidskou obsluhou a řídicími automaty (interpretuje výstupy z řídicích automatů ve srozumitelné grafické formě a naopak překládá povely a zadávané parametry pro řídicí automaty) a zároveň jako úložiště procesních dat pro další využití. V žádném případě neřídí technologický provoz a tudíž požadovaná spolehlivost z tohoto pohledu již není tak vysoká.

Z pohledu provozní doby opět musí tato pracoviště zvládat nepřetržitý provoz. Z toho důvodu je zde použito, byť se jedná z obecného pohledu o standardní PC, tzv. průmyslové, robustnější provedení těchto PC. Nicméně z pohledu uživatele jde o PC s

operačním systémem a programovým vybavením pro vizualizaci. Tím je i dána spolehlivost těchto PC, resp. je dána jednak životností jednotlivých hardwarových součástí a jednak výskytem problémů programového vybavení, nejčastěji operačního systému. Vzhledem k těmto skutečnostem byla navržena koncepce tří nezávislých a navzájem redundantních pracovišť, aby bylo možno snížit pravděpodobnost celkového výpadku vizualizační úrovně na únosné minimum. Z praktických zkušeností při dodržení bezpečnostních podmínek zatím nenastala žádná porucha vedoucí k odstavení jednoho z pracovišť.

Poslední zmínkou o spolehlivosti je možnost napadení operátorských pracovišť škodlivým softwarem prostřednictvím vnitřní počítačové sítě Ethernet. Tento problém vzniká v podstatě až během posledních dvou let s rozšiřujícím se počítačovým pirátstvím a možností napadení vnitřní sítě např. virem. Infekce může pocházet od uživatele, který zkopíruje na svůj lokální disk neznámý obsah např. z CD mechaniky a ten se již může volně šířit po vnitřní síti i přes zabezpečení vnitřní sítě proti útokům zvenčí. Možnost tohoto útoku je poměrně malá, bohužel však reálná. Proto bude v nejbližší době instalován síťový firewall¹¹ a počítače jsou již dnes vybaveny antivirovými programy. Řešením není ani odpojení těchto PC od vnitřní sítě, protože dnes je již velká část procesních dat využívána k dalším bilančním výpočtům a on-line přehledům právě v podnikové síti.

Cílem mé bakalářské práce bylo popsat a vysvětlit odborné veřejnosti funkci řídicího systému chemické úpravy vody. Jedná se o specifickou ukázkou řízení technologie energetické úpravy vody, od popisu technologie úpravy, měření chemických a fyzikálních veličin až po samotný řídicí systém, se kterou se v běžně dostupné literatuře téměř nesetkáme. Výsledkem je tato práce, která především tento popis obsahuje.

¹¹ Firewall - hardware či software (ev. obojí), které slouží k oddělení jedné sítě od druhé z důvodů bezpečnosti. Nejčastěji se používá k oddělení Internetu od lokální počítačové sítě (tj. aby nikdo bez příslušných práv přístupu nemohl získat přístup k počítačům v LAN).

7 Použitá literatura

- [1] Wunsch J. a kolektiv: *Technická příručka pro pracovníky v oboru úprav vody*, Praha, SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1981
- [2] Šimsa M.: *Místní provozní předpis CHÚV I.*, České Budějovice, Teplárna České Budějovice, a.s., 2001
- [3] Kadlec V: *Demineralizační technologie úpravy vody*, Praha, Purolite International, 1995
- [4] Úřad pro normalizaci a měření: *ČSN 07 7403 - Voda a para pre tepelné energetické zariadenia s pracovným tlakom 8 Mpa a vyšším*, Praha, Vydavateľství Úřadu pro normalizaci a měření, 1982
- [5] Český normalizační institut: *ČSN EN 27888 - Jakost vod. Stanovení elektrické konduktivity*, Praha, Český normalizační institut, 1996
- [6] Český normalizační institut: *ČSN EN 872 - Jakost vod. Stanovení nerozpuštěných látek*, Praha, Český normalizační institut, 1998
- [7] Berger H.: *Automatisieren mit SIMATIC S5-115U*, Mnichov, Siemens AG, 1991, ISBN 3-8009-1576-6
- [8] Český normalizační institut: *ČSN EN 61131-3 Programovatelné řídicí jednotky- Část 3 : Programovací jazyky*, Praha, Český normalizační institut, 2003
- [9] Siemens® AG: *Simatic Guide* [online], Siemens® AG, 2005
<http://www.siemens.com/simatic-docu>
- [10] Průša P.: *SuiteVoyager - Příklady architektury* [online], Hradec Králové, Pantek (CS), 2003
<http://www.pantek.cz/>