

## Funkční návrh procesní technologie

### Technologie

- procesní
  - kontinuálně zpracovávají látky a energie (elektrárny, rafinérie, chemické závody, pivovary, cukrovary apod.)
  - jednotlivá zařízení jsou propojena potrubím
  - většinou pracují kontinuálně
  - vyžadují jednotný řídicí systém ovládaný z velína
- výrobní
  - produkují kusové výrobky
  - skládají se ze zařízení propojených dopravníky
  - pracují diskontinuálně ve směnném provozu
  - každý stroj nebo linka má svůj lokální řídicí systém ovládaný obsluhou

## Funkční návrh procesní technologie

### Procesní technologie

- ze zadaných surovin a energií vytvoří produkt
  - novou látku
  - užitečnou formu energie
- skládá se z dílčích operací
- určení správného sledu operací je úkolem inženýra
  - opírá se o teorii přenosu energie a hmoty
  - odvozuje základní rovnice pro bilancování hmoty a energie v technologických schématech
  - s jejich využitím provádí dimenzování jednotlivých zařízení

## Funkční návrh procesní technologie

probíhá ve čtyřech krocích:

- **Návrh technologického postupu (Reglement)** = sled jednotkových operací včetně podmínek, za nichž probíhají
- **Proudové technologické schéma (Process Flow Diagram - PFD)**
  - obsahuje všechny komponenty a proudy se všemi stavovými veličinami a látkovými bilancemi
  - definuje základní procesní požadavky na komponenty (kapacitu, parametry) a na potrubní větve (průtoky, tlaky, teplotu).
- **Specifikace zařízení (Data sheets)** - obsahují
  - všechny základní údaje o zařízení
  - rozměrový náčrtek s procesně důležitými detaily.
- **Strojně-technologické schéma (Piping & Instrumentation Diagram - PID)**
  - obsahuje všechna zařízení a jejich prvky
  - definuje
    - čísla komponent
    - číslo, průměr, médium, materiál, potrubní třídu u **potrubních větví**
    - číslo a typ u uzavíracích, regulačních a pojistných **armatur**
    - číslo, typ a typ vazby na akční člen u **měřících prvků**
  - je základním podkladem pro návrh potrubních větví a systému MaR a ASŘ

## Technologický postup

- vychází ze znalosti technologického procesu a probíhajících chemických reakcí
- určuje sled jednotlivých operací a zařízení, která je provádějí

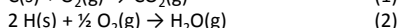
### Př.: Technologický postup pro jednotku na výrobu páry

**Zadání:** Sestavte technologický postup jednotky na výrobu 50 t/hod páry o přetlaku 20 bar. Jednotka spaluje těžký topný olej. Uvolněné teplo vyrábí páru z vratného kondenzátu doplňovaného demineralizovanou vodou.

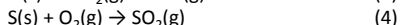
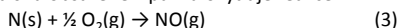
**Řešení:** Topný olej je přehřát parou o přetlaku 13 bar na teplotu 100 °C v ohřívači B-120. Olejové čerpadlo P-116 přivádí topný olej do hořáku kotle D-110. Ventilátor V-117 nasává přes filtr F-118 spalovací vzduch o teplotě 27 °C, který je přiveden do hořáku kotle D-110. Současně se do hořáku přivádí atomizující pára o přetlaku 13 bar.

## Technologický postup

Teplota v hořáku kotle D-110 dosahuje 2000 °C. Palivo se nejprve odpaří a pak shoří následujícími hlavními chemickými reakcemi:



Dusík a síra obsažené v palivu oxyduje reakcemi

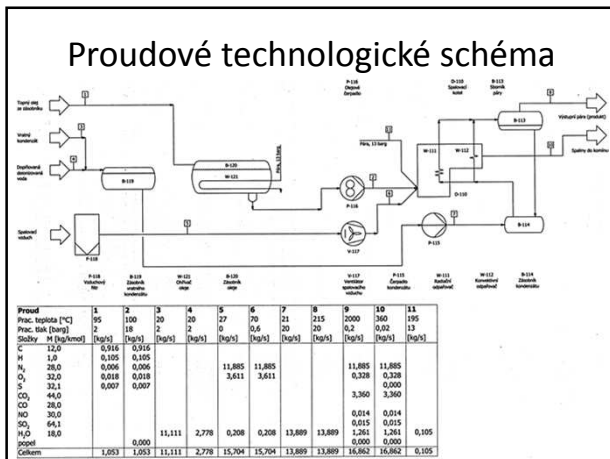


Reakce (1) a (2) jsou významné z hlediska produkce tepla pro generování páry. Reakční teplo se předá do páry sálavou výhřevnou plochou W-111 a konvekčním svazkem W-112. Spaliny vystupující do komína mají teplotu 360 °C.

Vratný kondenzát se spolu s demineralizovanou vodou přivádí do zásobníku vratného kondenzátu B-119. Odtud se čerpadlem P-115 přivádí o teplotě 21 °C do napájecí nádrže B-114. Voda se odpařuje v sálavé výhřevné ploše W-111 a v konvekčním svazku W-112 kotle D-110. Pára a kondenzát se oddělí v parním bubnu B-113, z něhož se pára o přetlaku 20 bar a teplotě 213 °C odvádí do technologie.

## Proudové technologické schéma

- je grafickým znázorněním technologického postupu
- obsahuje zařízení a proudy, které je spojují
- toky jdou zleva doprava
  - vstupní suroviny jsou na levé straně
  - koncové produkty nebo odpady jsou na pravé straně
- schéma je orientováno vodorovně se zařízeními rozmístěnými vertikálně a připomínajícími reálný proces
- stroje a zařízení se kreslí schematickými značkami
- při nižší stupni rozlišení se skupiny technologických operací a zařízení nahradí bloky = **blokové technologické schéma**



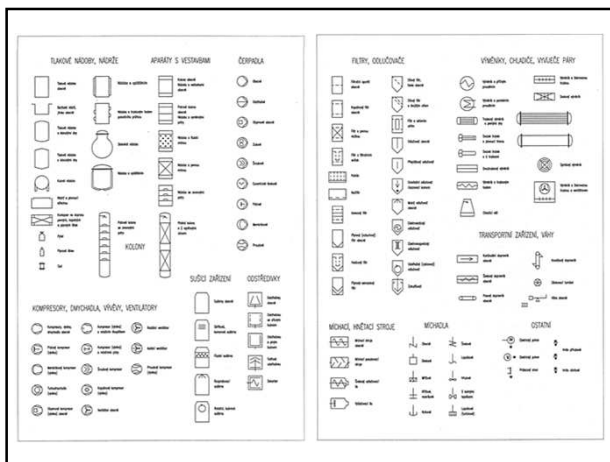
## Proudové technologické schéma

### Značky

- schematické značky pro kreslení zařízení v procesních technologických definuje evropská norma ČSN EN ISO 10628

### Označení prvků

- každý prvek ve schématu musí být označen
- pro označování strojů a zařízení má každá inženýrská firma své vlastní standardy
- v energetice byl zaveden **jednotný systém značení zařízení KKS** = Kraftwerk Kenzichen System = systém pro značení (zařízení) elektráren



## KKS kód

- = technologické značení orientované na funkci zařízení
- umožňuje označit
  - stavební objekt
  - funkční skupinu
  - signály MaR a ASŘ

Skládá se ze 3. stupňů označování:

1. stupeň KKS – úroveň systému
2. stupeň KKS – úroveň agregátu
3. stupeň KKS – úroveň provozního prostředku

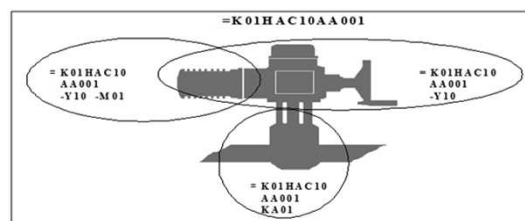
výrobní podniky mohou používat

0. stupeň KKS – úroveň výroby

## KKS kód

Běžně používaný temín	Výrobní	Úroveň systému	Úroveň agregátu	Úroveň prov. prostředku
Číslo stupně členění	0	1	2	3
Možnost zápisu	0. stupeň	1. stupeň	2. stupeň	3. stupeň
Možnost zkráceného zápisu	0. st.	1. st.	2. st.	3. st.
Pojmenování znaků	G	F <sub>0</sub> , F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub> , F <sub>3</sub> , F <sub>N</sub>	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>N</sub> , A <sub>3</sub>	B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , B <sub>N</sub>

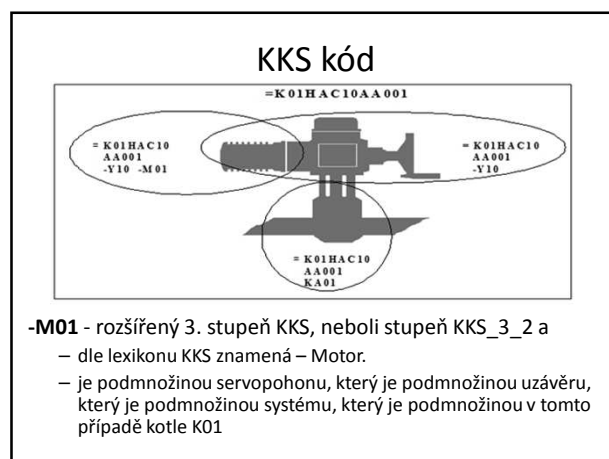
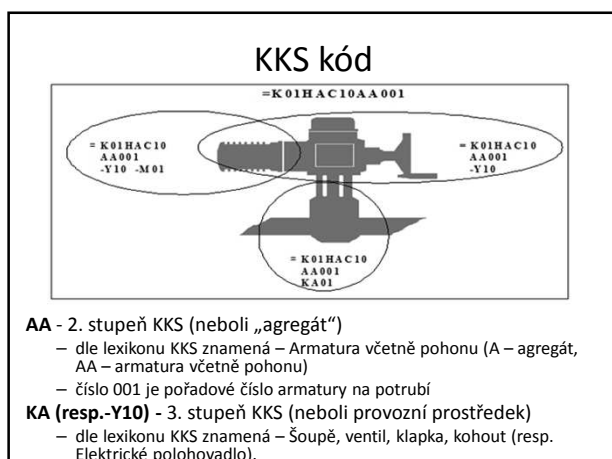
## KKS kód



**K01** je tzv. předčíslí (zcela volitelné) a znamená, že zařízení se nachází na kotli K01

**HAC** - 1. stupeň KKS (neboli „systém“)

- dle lexikonu KKS znamená – Ekonomizér (H – konvenční výroba tepla, HA – tlakový systém, HAC – ekonomizér)
- číslo 10 za HAC je pořadové číslo v rámci 1. stupně KKS



**KKS kód**

**Lexikon KKS**  
definuje  
označení a pojmy

texty z Lexikonu KKS  
jsou zvýrazněny  
žlutou barvou

Číslové místo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20					
Nazývák	CB	SB	LB	FB	AB	DB	EB	GB	HB	IB	KB	LB	MB	NB	OB	PB	QB	RB	SB	TB	UB	VB	WB	XB	YB	ZB
1. stupeň KKS	CB	SB	LB	FB	AB	DB	EB	GB	HB	IB	KB	LB	MB	NB	OB	PB	QB	RB	SB	TB	UB	VB	WB	XB	YB	ZB
Město:	Pohotovostní systém opožďovací jednotky (stavba K01000) úroveň L1												Agregát: - [A]													
	Armatura včetně pohonu, také ručně ovládaná: - [A]												Číslo agregátu: - [E]													
	Přidání znaku pro technologické zeslabení (stavba K01000) úroveň L1												Plání systém: - [P]													
2. stupeň KKS	CB	SB	LB	FB	AB	DB	EB	GB	HB	IB	KB	LB	MB	NB	OB	PB	QB	RB	SB	TB	UB	VB	WB	XB	YB	ZB
Město:	Výhled elektrizační sítě do rozvodné nebo jiné stavby (stavba K01000) úroveň L1												Skupina technologických prostředků: - [K]													
	Šoupě, ventil, klapka, kohout, ochranná membrána, elektrický čerpadlo, záložní kohout:												Skupina technologických prostředků: - [K]													
3. stupeň KKS	CB	SB	LB	FB	AB	DB	EB	GB	HB	IB	KB	LB	MB	NB	OB	PB	QB	RB	SB	TB	UB	VB	WB	XB	YB	ZB
Město:	Šoupě												Prostředí signál: - [S]													
	Jazyk 3. stupeň v rámci agregátu SBFLB10AA001												Prostředí signál: - [S]													
KKS 3. stupeň	CB	SB	LB	FB	AB	DB	EB	GB	HB	IB	KB	LB	MB	NB	OB	PB	QB	RB	SB	TB	UB	VB	WB	XB	YB	ZB
Město:	Signál z tlačítka OTV												Prostředí signál: - [S]													
	Číslo elektrizační sítě (agregát) na 3. stupeň pomocí 2, 1, 14 a 2, 2, 24.												Elektronický provozní prostředek: - [E]													
KKS 3.2. stupeň	CB	SB	LB	FB	AB	DB	EB	GB	HB	IB	KB	LB	MB	NB	OB	PB	QB	RB	SB	TB	UB	VB	WB	XB	YB	ZB
Město:	Elektronický servomotor												Elektronické polohovadlo: - [E]													
	Elektronický servomotor												Elektronický servomotor: - [E]													
KKS 3.3. stupeň	CB	SB	LB	FB	AB	DB	EB	GB	HB	IB	KB	LB	MB	NB	OB	PB	QB	RB	SB	TB	UB	VB	WB	XB	YB	ZB
Město:	Motor												Elektronický servomotor: - [E]													

**KKS kód**

- s ohledem na různé požadavky označování zařízení v energetických výrobních rozlišuje Metodika KKS 5 druhů označování:
  1. Technologické značení zařízení
  2. Technologické značení budov a prostorů
  3. Značení místa vestavby – umístění do kobky/pole/skríně
  4. Značení umístění na stavbě
  5. Značení kabelu
- obecná Metodika značení KKS od VGB Group a z ní odvozený Lexikon KKS jsou dokumenty často velmi obecné - umožňující jednu věc označit více způsoby
- u řady společností vznikla potřeba vytvořit konkrétní adresnou „Metodiku KKS“
  - vybírá z Obecné Metodiky od VGB pouze důležité části
  - definuje tzv. „Závazné kódy KKS“, které se u dané společnosti vždy použijí

**KKS kód**

**Výhody systému KKS:**

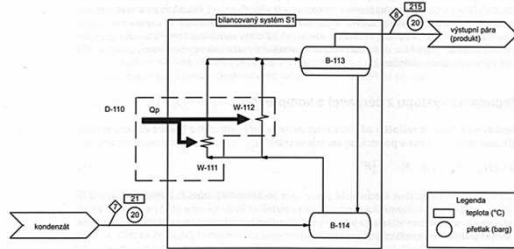
- umožňuje vytvoření jednotné databáze veškerého výrobního i nevýrobního zařízení a stavebních objektů
- umožňuje vytvářet velmi efektivně dokumentaci, orientovanou na potřeby zákazníka
- umožňuje sjednotit značení a způsob tvorby dokumentace v rámci všech dodavatelských firem a jejich subdodavatelů
- umožňuje nasazení moderních prostředků výpočetní techniky do oblasti údržby, řízení investic i provozu
- je mezinárodně uznávaný standard, což usnadňuje komunikaci s jednotlivými účastníky procesu výstavby
- podstatně usnadňuje procesy zavádění systému jakosti ISO 9000 a systému environmentálního managementu ISO 14000

**Hmotnostní a tepelné bilance pro PFD schéma**

- PFD schéma zobrazuje výsledky materiálových a tepelných bilancí formou tabulky
- výpočet toků hmoty a tepla jednotlivých proudů je založeno na uplatnění zákonů zachování hmoty a energie

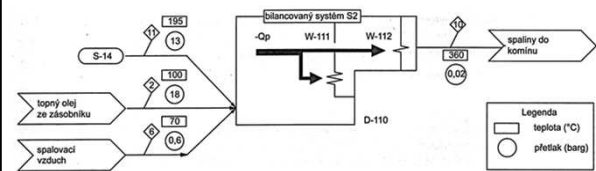
**Př.:** Pro parní generátor o výkonu 50 tun páry/hod, o přetlaku 20 bar a teplotě 215 °C, který je popsán PFD schématem, stanovte množství potřebného topného oleje a spalovacího vzduchu. Hořák pracuje s přebytkem vzduchu 10 %.

Hmotnostní a tepelné bilance pro PFD schéma  
Bilance systému S1 - teplo předané páře



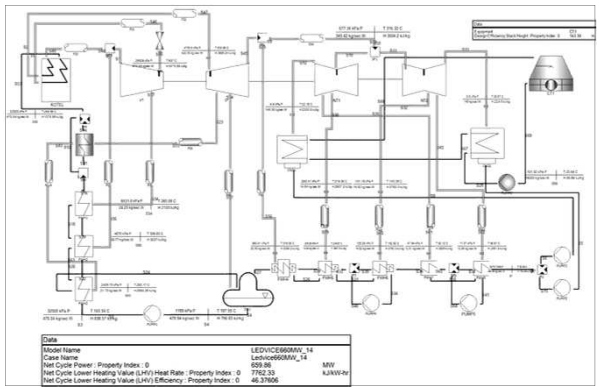
$$0 = m_7 \cdot h_7 - m_8 \cdot h_8 + Q_p$$

Hmotnostní a tepelné bilance pro PFD schéma  
Bilance systému S2 - výpočet množství topného oleje



$$0 = m_{11} \cdot h_{11} + m_2 \cdot h_2 + m_6 \cdot h_6 - m_{10} \cdot h_{10} - Q_p$$

Hmotnostní a tepelné bilance pro PFD schéma



Specifikace zařízení (Data sheets)

- je jednou z nejdůležitějších součástí definice nové technologie
- návrh zařízení se provádí pomocí vhodně zvolených výpočtových metod a postupů – exaktních nebo empirických
- výsledkem návrhu je specifikace zařízení, která obsahuje
  - všechna podstatná data o zařízení - rozsah specifikace musí dostávat výrobci pro zpracování výrobní dokumentace a jeho vyrobení
  - jeho náčrt - obsahuje všechny geometrické detaily, které jsou důležité z hlediska jeho funkce
- pokud existuje specializovaný výrobce zařízení, postačí specifikovat pouze základní parametry

Specifikace zařízení (Data sheets)

Údaje vyplňované při specifikaci zařízení

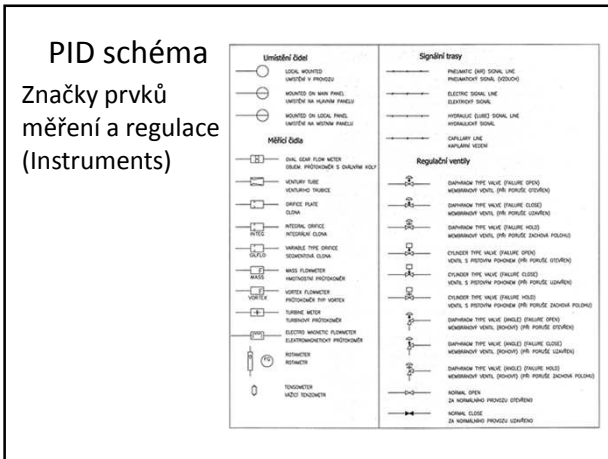
Skupina	Položka	Detailní položka
Identifikace	Projekt	název projektu, části projektu, PS SO
	Aparát	název, kód
Funkcionalita	Druh zařízení	typ, výrobce
	Funkční charakteristika	výkon, kapacita, teplosměnná plocha, otáčky, tlaková diference, sací tlak, počet pater, přenesený tepelný výkon ap.
	Geometrické charakteristiky	výška, šířka, délka, objem, plocha, průměr, počet trubek, teplosměnná plocha apod.
Pracovní podmínky	Hmotnost	celková, prázdného zařízení, zařízení s vodou
	Teplota	pracovní, návrhová, (minimální, maximální)
	Tlak	pracovní, návrhový, zkušební
Vnější prostředí	Podmínky	teplota min., max., vlhkost vzduchu min., max., nadmořská výška
	Zatížení	větrém, sněhem, seizmická zóna
Média	Složení	složky a fáze včetně jejich koncentrací,
	Podmínky	tlak, teplota, stav (kapalina, plyn, pára, ...)
	Vlastnosti	molekulová hmotnost, hustota, viskozita, specifické teplo, tepelná vodivost apod.

Specifikace zařízení (Data sheets)

Údaje vyplňované při specifikaci zařízení

Konstrukce	Normy	norma kvality ČSN, ASME, ...
	Geometrie částí	průměr oběžného kola, počet trubek, počet pater, typ pater ap.
	Rotující části	typ ložisek, druh mazání, typ ucpávky
	Pevné vestavby	narážky, patra kolon, vnitřní teplosměnné plochy apod.
	Rotující části	míchadla (typ, průměr, oběžná kola)
	Příslušenství	náplň, katalyzátor
	Konstrukční materiály	materiál jednotlivých částí, korozní přídavek, součinitel svaru, RTG zkouška svarů
Pohon	Ochrana povrchu	nátěry, izolace
	Pozice	vertikální, horizontální apod.
	Kotevní šrouby	průměr, délka, materiál
	Elektrický	napěťová soustava V/Hz, příkon, otáčky, prostředí, třída izolace, třída krytí (IP)
	Hydromotor	příkon, kroutící moment, tlak, průtok
	Pomocná zařízení	převodovka, spojka, ucpávka
	Příslušenství	Náplně
Tabulka hrdel	Hrdla	označení, DN, PN, těsnící plocha apod.





### Strojně technologické schéma - PID

#### Regulační smyčky (Control loops)

- PID schémata zobrazují všechny regulační smyčky

**Př.: Regulace hladiny v zásobníku oleje B-120**

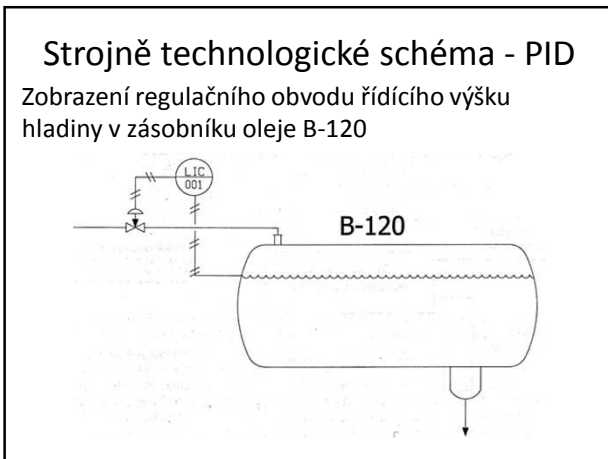
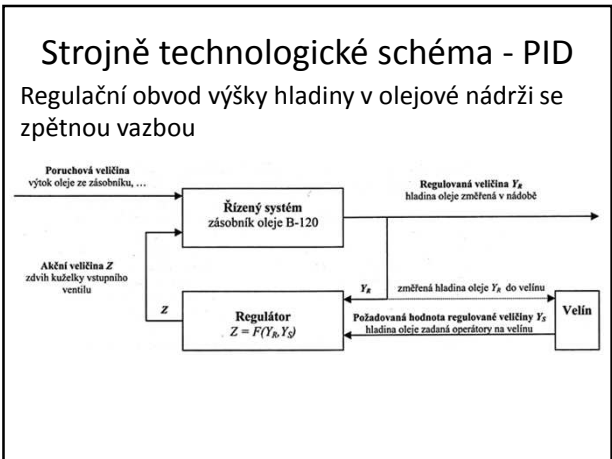
- z nádoby odtéká proměnné množství oleje v závislosti na požadovaném výkonu
- do nádoby přitéká olej ze zásobníku
- na vstupu do zásobníku B-120 je regulační ventil, který reguluje průtok oleje tak, aby hladina v zásobníku byla konstantní a topné trubky byly stále ponořené

### Strojně technologické schéma - PID

Regulační smyčka se skládá

- z řízeného systému, kterým je zásobník oleje
- z měřících čidel
- z regulátoru
- z akčního členu

- chování systému je ovlivněno **poruchovými veličinami** = výtok oleje ze zásobníku - v čase se nahodile mění
- **regulovanou veličinou** je hladina oleje
- požadovaná hodnota regulované veličiny operátor zadává na velínu - vstupuje spolu se změřenou veličinou do **regulátoru**
- regulátor spočítá podle zvolené matematické formule hodnotu **akční veličiny**, která se přenesou do akčního členu = regulační ventil - regulátor nastavuje zdvih kuželky = **akční veličina**
- obsluha na velínu vidí na řídicím počítači dvě hodnoty
  - aktuální změřenou hladinu  $Y_R$
  - požadovanou hodnotu hladiny  $Y_S$ , kterou může změnit.



### Strojně technologické schéma - PID

Provoz zásobníku oleje potřebuje další regulační obvody, které zajistí

- konstantní tlak na vstupu do kotle D-110
- konstantní hladina oleje v zásobníku B-120
- tlak v zásobníku B-120
- teplotu v zásobníku B-120

## Strojně technologické schéma - PID

PID schéma zásobníku oleje s parním ohřevem

