

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ**



ZÁKLADY AUTOMATIZACE TECHNOLOGICKÝCH PROCESŮ V TEORII

Automatizované systémy řízení

Ing. Romana Garzinová, Ph.D.
prof. Ing. Zora Jančíková, CSc.
Ing. Ondřej Zimný, Ph.D.

Ostrava 2013

© Ing. Romana Garzinová, Ph.D., prof. Ing. Zora Jančíková, CSc., Ing. Ondřej Zimný, Ph.D.

© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

ISBN 978-80-248-3044-5



Tento studijní materiál vznikl za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu: CZ.1.07/2.2.00/15.0463, MODERNIZACE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ A DIDAKTICKÝCH METOD

OBSAH

1	AUTOMATIZOVANÉ SYSTÉMY ŘÍZENÍ.....	3
1.1	Automatizované systémy řízení – rozdělení do struktur.....	4
1.1.1	Rozhodovací struktura S1	4
1.1.2	Funkční struktura S2	5
1.1.3	Organizační struktura S3	6
1.1.4	Informační struktura S4.....	7
1.1.5	Technická struktura systému S5.....	8
1.2	Algoritmická a programová struktura	9
1.3	Funkce automatizovaných systémů řízení technologických procesů	10
1.4	Automatizované systémy řízení jako kybernetické systémy	11
1.5	Klasifikace ASŘTP	12
1.6	Syntéza algoritmů řízení.....	13
1.6.1	Úlohy v oblasti rozvrhování výroby.....	13
1.6.2	Úlohy ASŘ v operativním řízení výroby	13
1.6.3	Algoritmy řízení technologických procesů	13
2	PŘEDNÁŠKOVÝ TEXT SE VZTAHUJE K TĚMTO OTÁZKÁM	16
3	POUŽITÁ LITERATURA	17



1 AUTOMATIZOVANÉ SYSTÉMY ŘÍZENÍ



STRUČNÝ OBSAH PŘEDNÁŠKY:

Automatizované systémy řízení – rozdělení do struktur.
Algoritmická a programová struktura.
Funkce automatizovaných systémů řízení technologických procesů.
Automatizované systémy řízení jako kybernetické systémy.
Klasifikace ASŘTP.
Syntéza algoritmů řízení.



MOTIVACE:

Automatizované systémy řízení zahrnují velký počet řízených soustav a dílčích úkolů řízení. V této části navážeme na úvodní kapitolu o principu automatizace ve výrobě a podniku. Při návrhu a realizaci ASŘTP je nutno uplatnit systémový přístup, protože je třeba řešit řadu prolínajících se dílčích problémů a komplexně zkoumat vnitřní i vnější souvislosti děje. O něm jsme se již dověděli v předešlých kapitolách. Teď již známe co je to systém, model systému, jak vypadá řídicí zařízení, či jaké metody řízení můžeme použít. Nyní aplikujeme poznatky z teorie systému a řízení a popíšeme algoritmus řízení ASŘTP včetně uplatnění řídicího počítače.



CÍL:

Shrnutí a význam automatizovaných systémů řízení technologických procesů v podniku.



1.1 AUTOMATIZOVANÉ SYSTÉMY ŘÍZENÍ – ROZDĚLENÍ DO STRUKTUR

Při praktických aplikacích automatizovaných systémů řízení technologických procesů (ASŘTP) se vyskytuje velký počet regulovaných soustav, kombinace různých typů automatických regulačních obvodů, ovládání a ručního řízení. Jedná se pak o složité mnohparametrové úlohy, jejichž popis nelze uskutečnit z jediného úhlu pohledu.



Audio 1.1

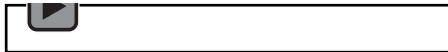


Všechny vazby se nedají popsat jedinou strukturou vazeb. Systém je nutno popisovat z různých hledisek. Prvky charakteristické pro určité hledisko vytvářejí vazby určitého druhu, tím vznikají specifické struktury, které spolu souvisí. Doporučuje se rozlišovat tyto struktury:

- rozhodovací S1
- funkční S2
- organizační S3
- informační S4
- technická S5



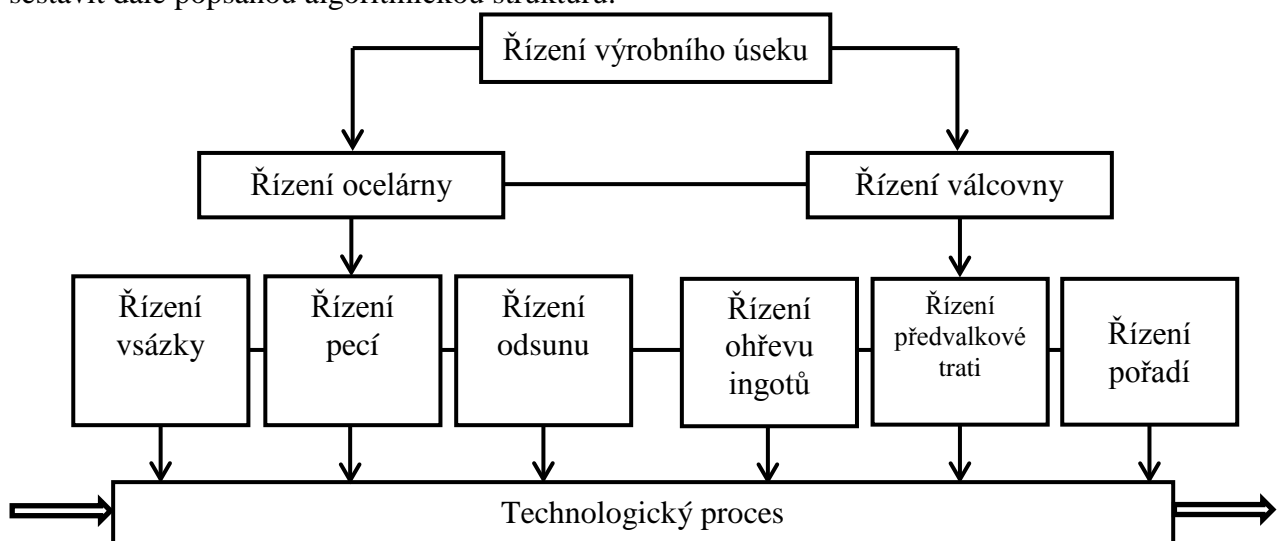
Audio 1.2



Jednotlivé struktury je možno obecně vyjádřit v podobě orientovaných grafů, nebo blokových schémat. Popis ASŘTP je pak dán průnikem jednotlivých struktur.

1.1.1 Rozhodovací struktura S1

Chápe se jako řešení obecné úkoly řízení. Popisuje zákony a strategie řízení na dané rozlišovací úrovni. Tato struktura odráží technologii výroby. Někdy lze již na této úrovni sestavit dále popsanou algoritmičnou strukturu.

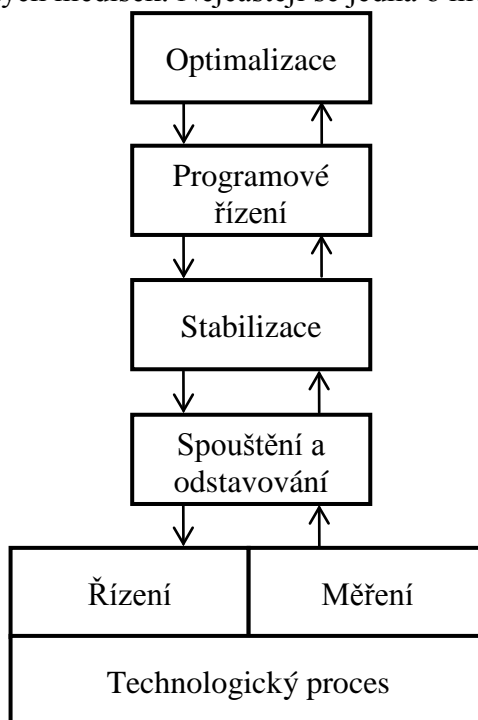


Obr. 1 Rozhodovací struktura řízení výrobního úseku ocelárna-válcovna.



1.1.2 Funkční struktura S2

Vyjadřuje všechny druhy činnosti systému při jeho práci. Je rozvinutím rozhodovací struktury a spolu s ní vyjadřuje všechny procedury, které podmiňují a provázejí rozhodování. Pro každou funkci se stanovují požadavky na její automatizaci. Funkční struktura může být dále dodekomponována podle různých hledisek. Nejčastěji se jedná o hierarchické členění.



Obr. 2 Funkční hierarchická struktura ASŘ TP

Funkční struktura vykazuje hierarchické členění (viz tabulka 1)

- úroveň - výrobního rozvrhování
- úroveň - operativního řízení
- úroveň - nadřazeného řízení
- úroveň - přímého řízení
- úroveň - řízení skupin strojů a pohonů



Audio 1.3



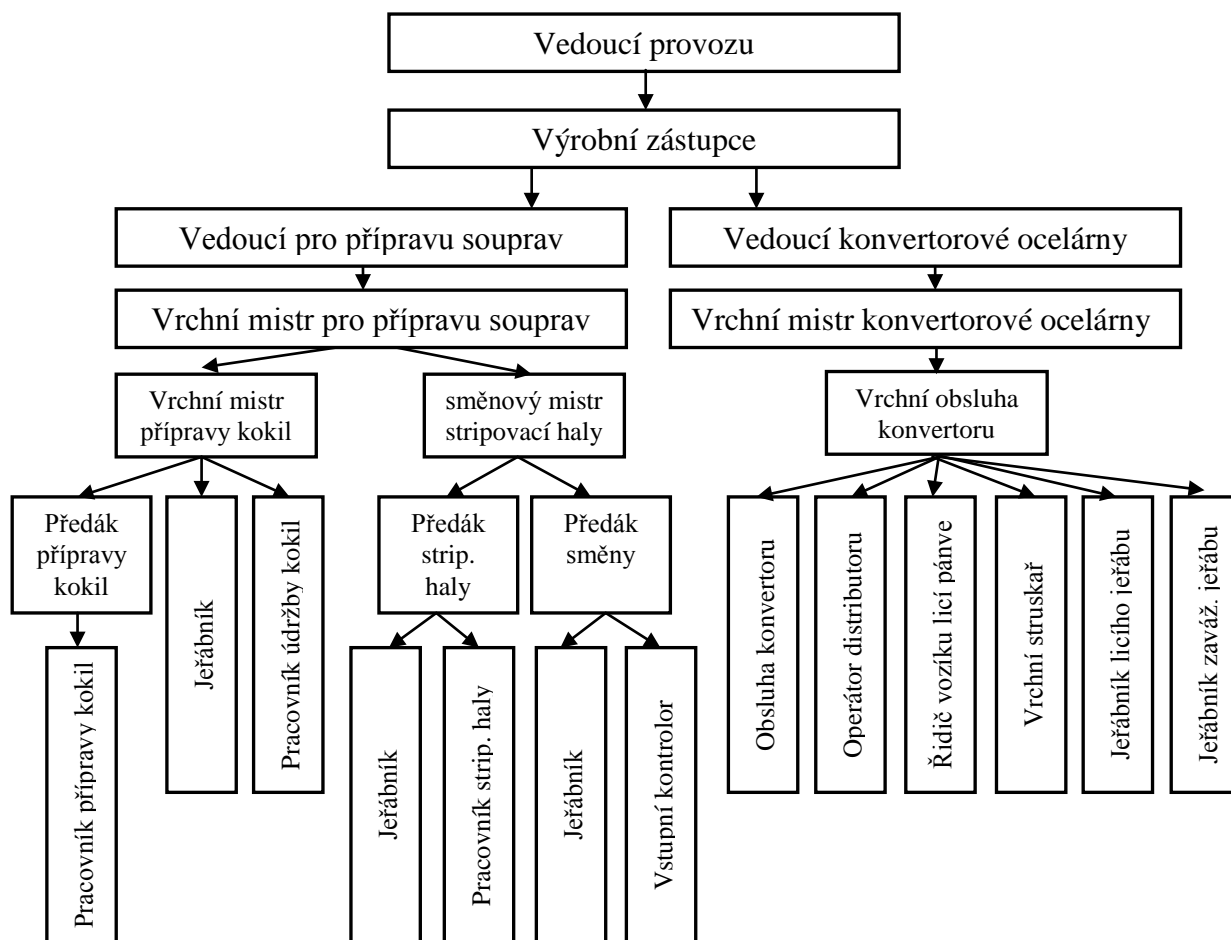
Tabulka 1. Hierarchie stupňů řízení a jejich specifika

Úrovně řízení	výrobní rozvrhování	operativní řízení	nadřazené řízení	přímé řízení	řízení strojů a pohonů
Cíl řízení	určení dlouhodobých plánů a oprav	dosažení zadané denní výroby při minimálních ztrátách	dosažení kvality a efektivnosti řízení	stabilizace průtoku hmoty a energie a koordinace jejich rozdělení	uvedení strojů a přístrojů do provozuschopného stavu, blokování, ochrany
Poruchy	kompensované poruchy jsou nespojité (tj. změna potřeb, cen)	změna struktury procesu, velikosti výroby	změny zadané kvality	změny průtoků	změna signálu z úrovně operativního řízení
Stavové proměnné	realizace plánu výroby	průtoky hmot a energií	složení, koncentrace, rozměrové tolerance	údaje o množství energie, teploty, tlaky, otáčky	stavy signalizace, informace o činnosti zařízení
Interval řízení	týden až čtvrtletí	směna, den	do hodiny	do minuty	sekundy
Metoda řízení	adaptivní řízení	adaptivní řízení	optimalizace, adaptivní regulace	automatická regulace	
Algoritmus řízení	heuristické algoritmy	heuristické algoritmy	optimalizace, regulace	stabilizace	binární, kombinační a sekvenční řízení
Model řízení	statický model řízení	statický model		dynamický model	logický model
Optimální řízení	suboptimální řízení		minimální odchylky od zadané kvality a minimalizaci nákladů	minimalizace odchylek od žádaných průběhů regulačního děje	nepoužívá se
Akční zásah	určení denních úkolů	vypnutí/zapnutí strojů	změna žádaných hodnot, změna struktury a parametrů reg. obvodů	změna průtoku, energie	signály pro řízení akčních pohonů

1.1.3 Organizační struktura S3

Určuje skladbu a vzájemné vztahy všech řídicích center, mezi jejichž operátory je rozdělena množina funkcí systému. Každému prvku organizační struktury přiřazuje souhrn odpovídajících funkcí. Znázorňuje se opět grafem, v němž uzly představují množinu všech řídicích center a hrany vyjadřují hierarchii vztahů mezi těmito centry – tj. vztahy administrativní podřízenosti. Odvozuje se ze struktury funkční. Organizační struktura ve formě schématu se doplňuje tabulkovým soupisem funkcí příslušejících danému prvku, soupisem vstupních a výstupních informací, adresami zdrojů a uživatelů informací atd. V ASŘTP postihuje úlohu lidského činitele.





Obr. 3 Příklad organizační struktury řízení konvertorové ocelárny

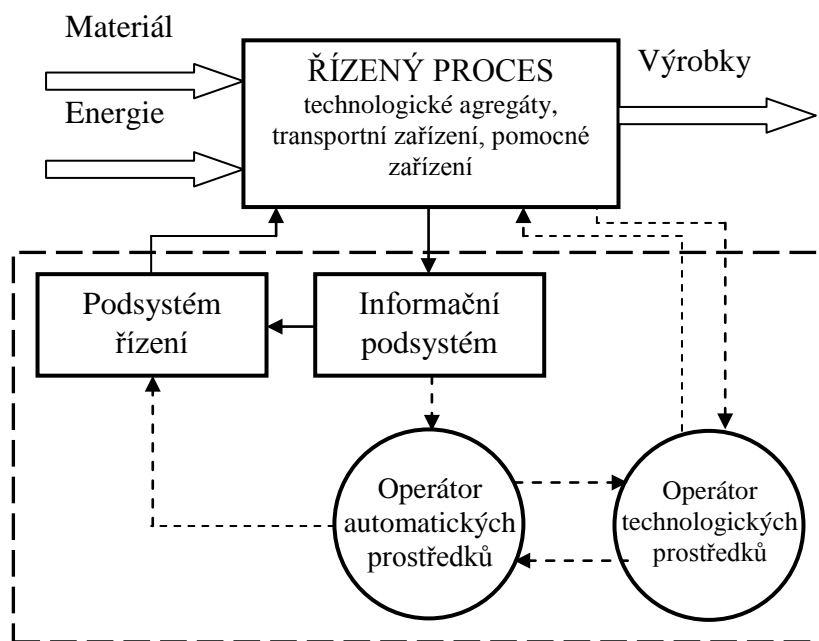
1.1.4 Informační struktura S4

Vyjadřuje směry a charakteristiky informačních toků v systému. Lze ji znázornit orientovaným grafem, kde uzly představují množinu funkcí nebo řídicích center a hrany vyjadřují informační toky mezi nimi. Ke každé spojnici se přiřazují parametry předávaných informací, jejich četnost atd.

Informační systém je dnes v podnicích již samozřejmostí a mnoho výrobních podniků stále častěji uvažuje o nasazení automatizovaného sběru dat přímo z výroby. Ideální je zapisování veškerých dat do informačního systému pouze jednou, a to na místě jejich vzniku. Na jednotlivých technologických pracovištích tak vznikají sběrnice dat přímo pro tento účel.

Cílem každého výrobce je využití vlastních výrobních prostředků na maximum a co nejefektivněji. Přehlednost a organizace výroby mnohdy nepostačuje, když dochází k zápisu a předávání údajů při jednotlivých dílčích procesech. Tyto jsou ještě stále v mnoha případech protokolovány ručně, a poté teprve z papírové formy přepisovány do elektronické podoby do podnikového informačního systému. Tato okolnost může efektivitu informačního systému výrazně snížit i u jinak dobrého informačního systému. Řešením je automatizovaný sběr dat.





Obr. 4 Obecná informační struktura ASRTP

1.1.5 Technická struktura systému S5

Představuje výpočetní a automatizační prostředky určené k realizaci algoritmů řízení.

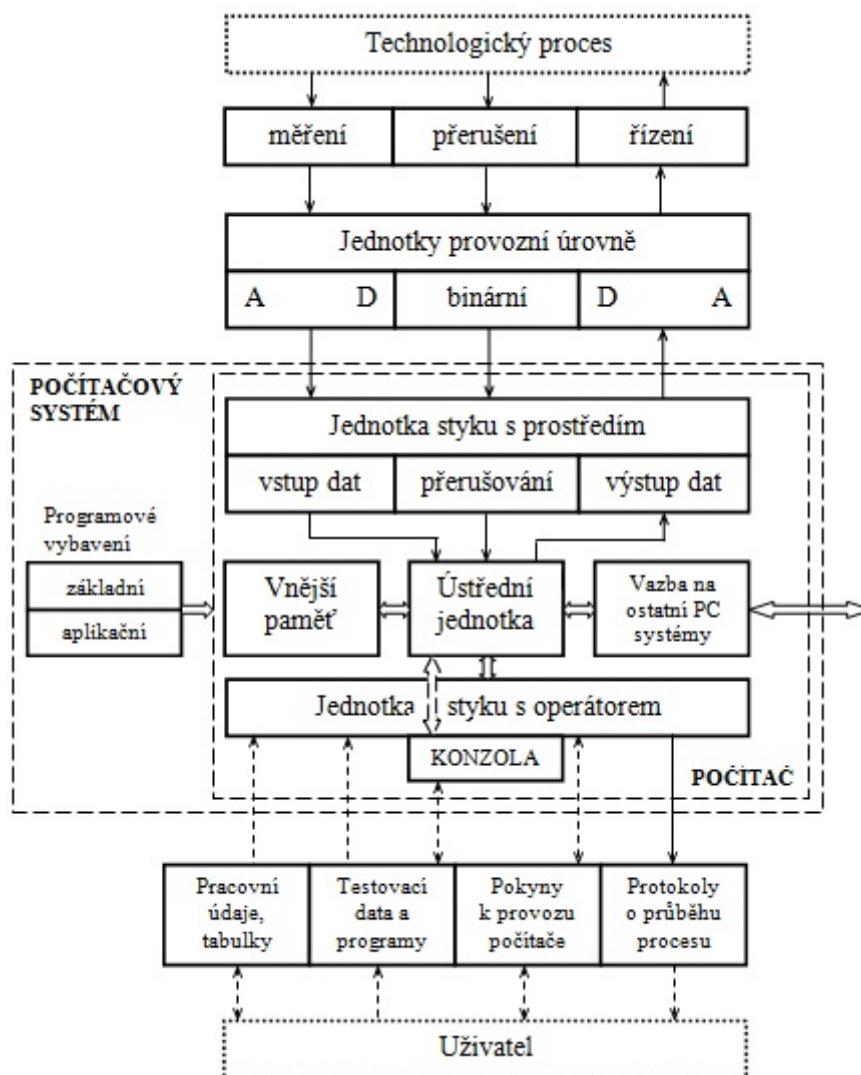
V orientovaném grafu uzly představují množinu technických prostředků pro sběr, zpracování a přenos informací, hrany jsou informační kanály.

Technická struktura se znázorňuje rovněž ve tvaru blokového schématu, doplněného textem, který zobrazuje potřebné režimy činnosti a údaje o informačních tocích. Na straně procesu se měření získávají informace o stavu procesu. Dále jsou zde zařízení a informace pro podsystém přerušení (signály o dosažení mezních hodnot), výkonové mechanismy (motory, ventily), které ovlivňují proces. Spojení s počítačem je obvykle uskutečněno jednotkami styku s prostředím, které normalizují úroveň a formu signálů (analogové., digitální, binární).

Na straně uživatele se uskutečňuje vazba s procesem přes počítač. V jednotce styku s operátorem provádí testování, získávání údajů, vyhodnocování trendů atd. Stykovým zařízením je konzola, která informuje o činnosti procesu a dovoluje zásah do procesu.

Počítač spolu se softwarovým zabezpečením tvoří výpočetní systém. Může se jednat o systém se soustředěnou jednoprocessorovou strukturou - jedna centrální jednotka s velkou kapacitou operační paměti. Stále častěji se užívá rozložená mnohoprocessorová struktura. Automatizační jednotky se pak na různých úrovních realizují různými malými decentralizovanými systémy spojenými v síti. Výhody jsou v menších nárocích na paměť, automatizovaný systém je možno realizovat po etapách, počítačové jednotky jsou blízko u agregátů a tím vzniknou úspory na kabeláži, zvýší se frekvence sběru dat, zvýší se spolehlivost systému.





Obr. 5 Technická struktura ASRTP

1.2 ALGORITMICKÁ A PROGRAMOVÁ STRUKTURA

Má-li být automatické řízení zabezpečováno prostřednictvím řídicího počítače, je nezbytné, aby jeho provedení bylo formulováno jako výpočetní proces. Ten je představován algoritmem řízení. Je odvozen od funkční struktury a je formulován tak, aby byl zajištěn vytýčený cíl řízení systému. Algoritmus řízení je uzlovým prvkem algoritmické struktury. Algoritmus je soustava pravidel a předpisů pro správný výkon funkce řízení na technických prostředcích systému. Algoritmická struktura zachycuje informační vazby mezi jednotlivými uzlovými prvky představovanými algoritmy řízení. Vzájemný vztah funkční a algoritmické struktury je možno charakterizovat tak, že algoritmická struktura vytváří formální předpoklady (v úrovni logického schématu systému) pro praktickou realizaci funkční struktury. Algoritmus převedený do podoby řídicího programu je praktickým provedením určité funkce řízení.

Obecná funkce řízení zachycená schématem *vstup - zpracování - výstup* je popisována seznamem informací. Technologie řízení je zachycena v sekci zpracování, tj. v transformační části, kde je po krocích popsán způsob převodu vstupních informací na informace výstupní a to buď prostřednictvím matematického nebo logického výrazu, nebo i verbálně. Hovoříme o technologickém algoritmu - představuje funkci řízení.





Obr. 6 Funkce řízení

Technologický algoritmus reprezentující funkci řízení je nutno převést do podoby systémového algoritmu. Ten představuje zadání pro programátora na vytvoření řídicího programu. Zde je již respektována skutečnost, že praktické provedení algoritmu řízení bude provedeno na počítači určitých vlastností a je třeba jej formulovat s ohledem na zatížení centrální jednotky či operační paměti.

Praktické provedení automatické funkce řízení na řídicím počítači je pak řídicí program.

1.3 FUNKCE AUTOMATIZOVANÝCH SYSTÉMŮ ŘÍZENÍ TECHNOLOGICKÝCH PROCESŮ

Uvedené struktury systémů řízení jsou schopny plnit následující funkce:

- funkce informační,
- funkce řídicí,
- funkce pomocné.

Informační funkce

Úkolem informačního pod systému ASŘTP je kontrola chodu výroby a sledování průběhu vlastního technologického procesu. Pod systém poskytuje informace operátorům a dispečerům o stavu procesu a o odchylkách od žádaného průběhu tak, aby bylo možno proces operativně řídit. V případě výpadku řídicího počítače musí být poskytnuty všechny informace potřebné k nouzovému řízení procesu.

Vyskytuje se zde sběr a prvotní zpracování údajů, kontrola a registrace, analýza činnosti blokování a ochrany, diagnostika a predikce průběhu procesu, diagnostika informací, operativní zobrazení, přenos informací do vyšší úrovně řízení.

Řídicí funkce ASŘTP

Řídicí funkce jsou určeny k realizaci úloh bezprostředního řízení technologických procesů s cílem dosáhnout optimálního průběhu regulačního děje i optimálního průběhu procesu podle kritérií zabezpečujících splnění ekonomických požadavků.

Jedná se o logické řízení, stabilizaci, optimalizaci, kontrolu zatížení strojů a toků materiálu, řízení návaznosti na okolí, havarijní režimy, diagnostiku.

Jiné funkce ASŘTP

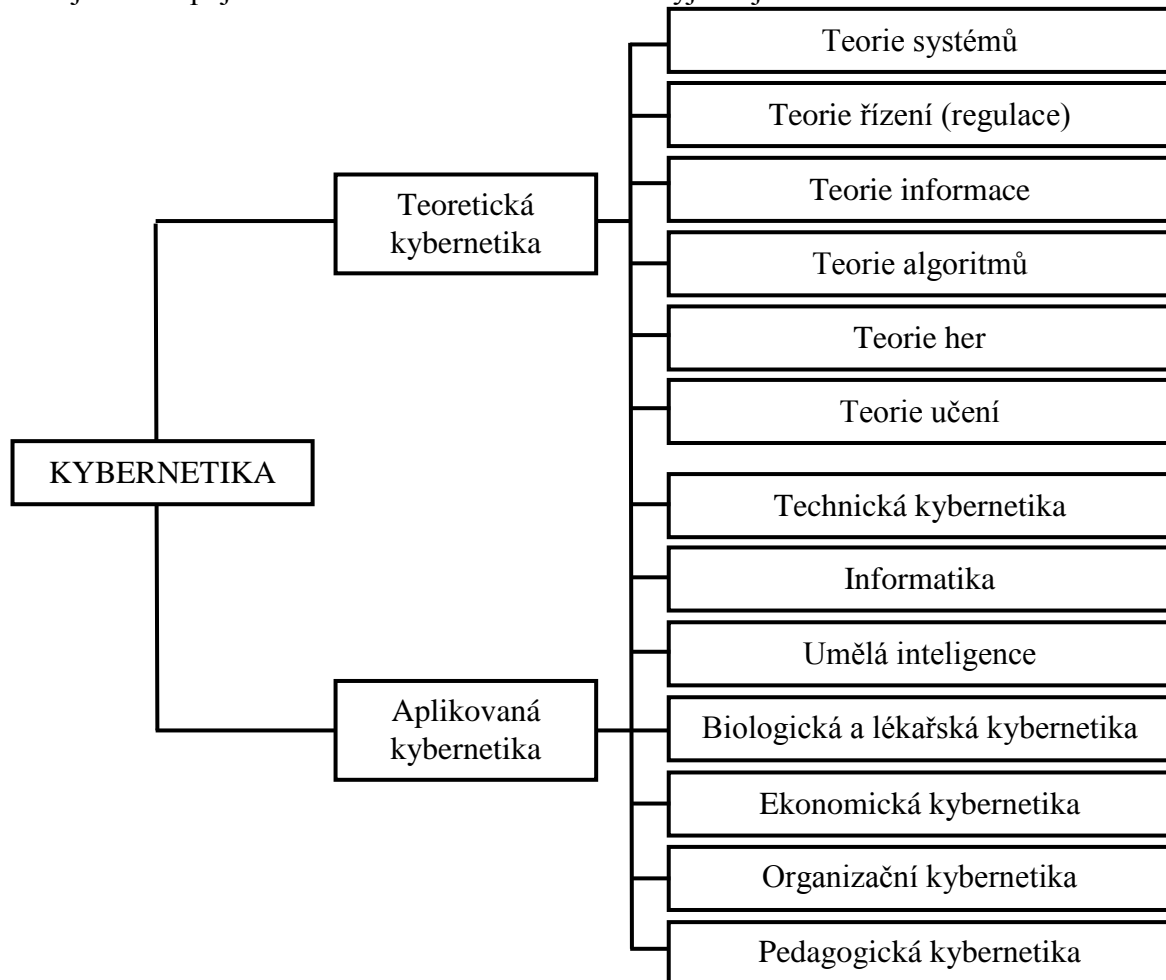
- ochrana zdraví,
- ochrana okolí,



- respektování omezujících podmínek.

1.4 AUTOMATIZOVANÉ SYSTÉMY ŘÍZENÍ JAKO KYBERNETICKÉ SYSTÉMY

Automatizované systémy řízení technologických procesů je možno řadit mezi kybernetické systémy. Teoretickou částí, která se zabývá řízením je vědní obor – kybernetika. Kybernetika zahrnuje široké pojetí vědních okruhů. Přehledně to vyjadřuje schéma na obr. 7.



Obr. 7 Rozdělení kybernetiky na teoretickou a aplikovanou

Kybernetika zkoumá podobnosti v chování živých organismů a složitých strojů a určuje obecné zákonitosti řízení systémů se složitou vnitřní strukturou. Je to tedy věda o procesech přenosu, zpracování, zachování a využití informace, která studuje způsoby tvorby, stavby a transformace algoritmů, popisujících procesy řízení, které probíhají ve skutečnosti.



Audio 1.4



Pro toto zkoumání je základním hlediskem přenos informace - stranou zůstává hledisko energetické, které se používá při studiu fyzikální podstaty chování systémů.

Informace je ústředním pojmem technické kybernetiky. S tím souvisí rozšíření definice kybernetiky – je to věda o obecných zákonech vzniku, přenosu a zpracování informací ve složitých systémech.



Technická kybernetika je dnes uznávána jako jedna ze základních teoretických disciplín oborů zabývajících se řízením technologických procesů.

Vlastní proces rozvíjení kybernetiky ve smyslu vnitřního členění obsahuje: teorii informace, teorii systémů, teorii řízení, teorii rozhodování a umělou inteligenci. Systémy ASŘTP jsou do této kategorie systémů řazeny na základě těchto vlastností:

- spojitost systémů,
- dynamika systému,
- existence podsystemu,
- hierarchická struktura,
- prvky samočinné organizace,
- velký počet typů technických prostředků,
- účast člověka na řízení.

1.5 KLASIFIKACE ASŘTP

Zařízení užitá pro realizaci automatizace technologických procesů se dají rozlišovat podle následujících hledisek:

- podle charakteru řízeného procesu - spojité, diskrétní, kombinované, dopravní, montážní,
- podle stupně složitosti - počet kontrolovaných a řízených veličin, velké systémy mají více jak 1000 prvků,
- podle dosahu automatizovaného systému řízení - lokální, integrované, zahrnující základní technologické procesy i procesy pomocné,
- podle stupně automatizace - určuje intelektuální rozdělení funkcí mezi počítačem a člověkem,
- systémy s automatickým sběrem a zpracováním informací - automatické informační systémy - řídicí funkce zde vykonává člověk,
- systémy s automatickou analýzou stavu systému a s vytvořením rad operátorům - počítač je v tomto případě off-line,
- systémy automatického řízení - procesy jsou řízeny automaticky bez přímé účasti člověka - zapojení počítačů in-line,
- podle funkčně algoritmických příznaků:
 - systémy stabilizace parametrů,
 - systémy logického a programového řízení,



- systémy vlečného (kaskádního) řízení,
- systémy extrémálního řízení,
- systémy optimálního řízení,
- systémy adaptivního řízení,
- systémy organizačně technologického řízení atd.,
- podle příznaků architektury řídicích systémů:
 - jednoúrovňové systémy s jedním výpočetním komplexem,
 - dvou a víceúrovňové řízení s využitím počítačů na různých úrovních řízení.

1.6 SYNTÉZA ALGORITMŮ ŘÍZENÍ

Algoritmy řízení musí řešit úlohy v jednotlivých úrovních řízení a přitom zajistit jejich komplexní ucelenou úlohu ASŘTP. Zde se zaměříme na úlohy řízení ve výrobě – tzn, úlohy v oblasti rozvrhování výroby, úlohy operativního řízení a řízení technologického procesu.

1.6.1 Úlohy v oblasti rozvrhování výroby

Cílem algoritmizace je sestavit optimální rozvrh výrobních úkolů, dosáhnout shody mezi požadavky zakázek a možnostmi výroby v daném období, provádět transformace zakázek na úroveň dne nebo směny, ovlivňovat průchodnost zakázek, přiřazovat technologické operace jednotlivým agregátům.

Kritériální funkcí může být odchylka kapacitních nároků a možností. Kritériem optimality může být např. minimalizace nákladů nebo maximální využití výrobního zařízení.

1.6.2 Úlohy ASŘ v operativním řízení výroby

Cílem je optimální plnění požadavků v daném časovém intervalu. Reaguje se na stav zásob, připravenost pomůcek, stav výrobního zařízení, propustnost dopravních cest, možnost dodávek energie, nepředvídané situace.

Typické úkoly zde jsou:

- operativní kontrola stavu výrobních zařízení,
- snímání údajů z výrobního zařízení,
- signalizace havarijních stavů,
- koordinace mezi pracovišti,
- zajištění vazby na ASŘTP a nadřazenou úroveň.

1.6.3 Algoritmy řízení technologických procesů

Úlohy ASŘTP jsou:

- kontrola stavu,



- stabilizace,
- automatické najíždění a odstavování,
- optimalizace technologického procesu,
- optimalizace procesu řízení,
- propojení lokálních regulátorů do ASŘTP.

K tomu je třeba řešit teoretické problémy ASŘTP:

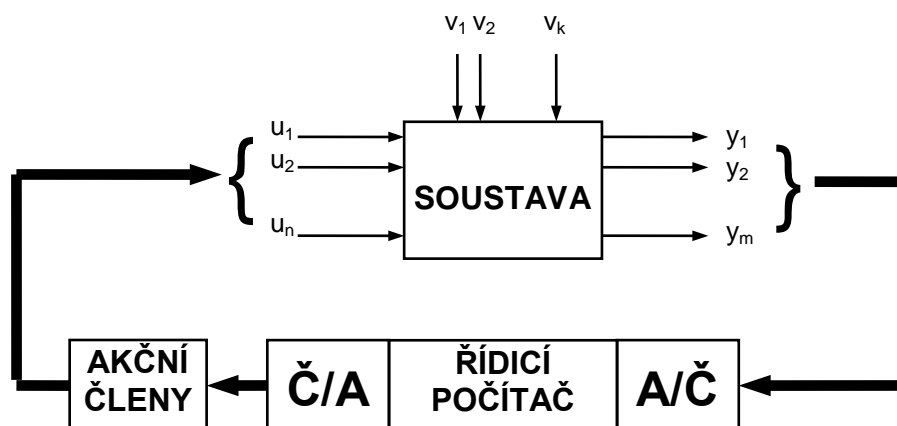
- formulace cílů a efektivnosti řízení,
- problém matematického popisu řízeného systému,
- problém syntézy algoritmu řízení,
- problém získání a přenosu prvotní informace,
- problém transformace informačních signálů na výkonové,
- problém přesnosti realizace algoritmu řízení,
- problém spolehlivosti řízení.

Algoritmy ASŘTP se vyznačují úzkou množinou vstupních a výstupních informací a těžiště spočívá v návrhu jeho střední, tj. transformační části.

Při použití počítače k řízení je nutné pracovat s diskrétními vzorky signálů, které analogově číslicový převodník v diskrétních okamžicích kvantuje a převádí na číselné vyjádření.

Časové konstanty většiny regulovaných soustav jsou o mnoho řádů větší, než je doba potřebná pro výpočet regulačního zásahu. Mezi jednotlivými akčními zásahy je dost času pro využití počítače pro jiné regulační úlohy. Počítač je pak postupně připojován do většího počtu regulačních obvodů.

Uvažujme řízení mnohorozměrné soustavy počítačem. Objekt identifikace si lze znázornit takto:



Obr. 8 Připojení řídicího počítače



Blok A/Č obsahuje vzorkovací zařízení, multiplexor, který je programově řízeným přepínačem pro postupné připojování jednotlivých regulovaných veličin na vstup převodníku a analogově číslicový převodník.

Blok Č/A obsahuje číslicově analogový převodník a tvarovací obvody, které udržují hodnoty akčních veličin po dobu mezi jednotlivými řídicími zásahy na požadované úrovni. Před tvarovacími členy musí být rovněž zařazen multiplexor.

Cílem algoritmu řízení není jen prostá náhrada klasických regulátorů známých z teorie automatického řízení, i když i ta je možná, ale vytváření obecných závislostí mezi akčním signálem a odchylkou regulačního obvodu umožňující změny struktury a parametrů regulátoru v průběhu regulačního děje podle změn vlastností regulovaných soustav. Cílem je dosažení optimálního průběhu regulačního pochodu.



2 PŘEDNÁŠKOVÝ TEXT SE VZTAHUJE K TĚMTO OTÁZKÁM

- Rozdělení struktur řízení S1 až S5 – rozhodovací, funkční, organizační, informační, technická.
- Funkce řízení – informační, řídicí a pomocné (jako je ochrana zdraví, ochrana životního prostředí, omezující podmínky provozu).
- Kybernetika je teoretická disciplína, která se zabývá řízením. Zkoumá obecné vlastnosti a zákonitosti řízení v biologických, technických a společenských systémech.
- ASŘTP lze rozdělit dle různých hledisek. Podle zadání funkce algoritmu řízení – stabilizace, programové řízení, vlečné, extrémální, optimální, adaptivní řízení.
- Syntéza algoritmu řízení – shrnuje potřeby dílčích úloh řízení přes celý proces ASŘTP jak v oblasti rozvrhování výroby, v úrovni operativního řízení výroby či přímo řízení technologických procesů.



3 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] BALDA, M., KRÁL, F. PITRA, Z. *Projektování a provoz automatizovaných systémů řízení technologických procesů*. Praha: ČVUT, 1988.
- [2] DRÁBEK, O., TAUFER, I. *Automatizované systémy řízení technologických procesů*. 2.vyd , Pardubice: Vysoká škola chemicko-technologická, 1990. ISBN 80-85113-16-3.
- [3] FRANKLIN, Gene F., POWELL, J. David aj. *Feedback control of dynamic systems*. Prentice Hall, PEARSON. 2009, ISBN-13: 978-0-13-601969-5, ISBN-10:0-13-601969-2.
- [4] NIEDERLINSKI, A. *Číslicové systémy pro řízení technologických procesů*. Díl I., II.Praha: SNTL, 1984.
- [5] TOMIS, L. a kol.: *Automatizované systémy řízení technologických procesů v hutnictví*. 2. vyd., Ostrava: Vysoká škola báňská, 1984.
- [6] TOMIS, L., HEGER, M., BALCOVÁ, J., KADLČÍK, I. *ASŘ TP v hutích - výpočetní a laboratorní cvičení*. 1. vyd., Ostrava: Vysoká škola báňská, 1991. ISBN 80-7078-079-7.
- [7] VORÁČEK, R. *Automatizace a automatizační technika*. 2, Automatické řízení. 1. vyd., Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-251-0796-5.

