

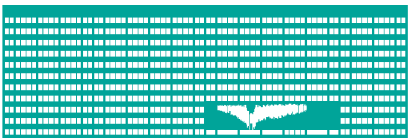
VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA

FAKULTA
STROJNÍ

KATEDRA
AUTOMATIZAČNÍ
TECHNIKY A ŘÍZENÍ

VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA

VSB TECHNICAL
UNIVERSITY
OF OSTRAVA



14/09/26

www.vsb.cz

0

VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA

FAKULTA
STROJNÍ

KATEDRA
AUTOMATIZAČNÍ
TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Motivační přednáška Sensorová technika

1

VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA

FAKULTA
STROJNÍ

KATEDRA
AUTOMATIZAČNÍ
TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Úvod

- **moderní strojařina bez senzorů je jen „mrtvá masa kovu“.** Sensory, řídicí systémy a akční členy dělají ze stroje inteligentní systém.
- „Co odlišuje parní stroj z 19. století od nejnovější větrné elektrárny nebo robota v automobilce?“
- Mechanika je často principálně podobná (převody, ložiska, hřídele, konstrukce). Rozdíl je v tom, že moderní stroj **ví, co se s ním děje**, a dokáže na to reagovat.
- Mechanický design dává stroji *tělo*, ale senzory mu dávají *smysly* (a řídicí jednotka *mozek*). Pokud stavíte tělo bez smyslů, stavíte invalidu.

14/09/26

2

Příklad z praxe

- Hydraulický lis bez senzorů je jen těžký kus železa. S tlakovými senzory, tenzometry a optickými závorami se mění v přesný tvářecí automat, který se sám zastaví, když do něj někdo vloží ruku, a sám pozná, že se opotřebovává matrice.



14/09/26

3

Výrobní stroje, Obrábění a Průmysl 4.0

- Mýtus:** „Nástroj prostě jede podle G-kódu.“
- Realita:** Chvění, tepelná roztažnost vřetene nebo opotřebený břitů ničí přesnost na mikrony.



Akustické a vibrační senzory **odhalí praskající plátek dřív, než zničí obrobek** za stovky tisíc.

Bez piezoelektrických snímačů sil nevznikne **adaptivní obrábění**.

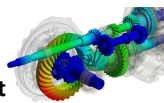
...

14/09/26

4

Konstrukce, Materiály a Pružnost & Pevnost

- Mýtus:** „Já počítám konstrukce v ANSYSu, senzory nepotřebuji.“
- Realita:** Výpočet je jen teorie. Tenzometrie (měření deformací a napětí) je jediný způsob, jak ověřit, zda konstrukce skutečně vydrží.



Structural Health Monitoring (SHM) - systém nepřetržitého nebo pravidelného sledování stavu staveb a konstrukcí pomocí senzorů.

Měří se vibrace, zatížení nebo posuvy v reálném čase.

Cílem je včas odhalit poškození, zvýšit bezpečnost a snížit náklady na údržbu.

Senzory zabudované v mostech, křídlech letadel nebo rámech vozidel měří únavu materiálu v reálném čase.

14/09/26

5

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Mechatronika, Robotika a Automatizace

- **Mýtus:** „Robot jen vykoná dráhu.“
- **Realita:** Robot bez zpětné vazby je nebezpečný.



Enkodéry (snímače natočení).
Akcelerometry (IMU).
Tlakové senzory v uchopovacích částech a optické snímače.
Bez přesného snímání polohy a síly robot nenaprogramujete ani nesmontujete ani převodovku.

14/09/26 6

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ



Energetika, Termomechanika a Hydromechanika

- **Mýtus:** „Termodynamika je jen o tabulkách a rovnicích.“
- **Realita:** Řízení spalování, turbín nebo tepelných čerpadel stojí na přesném měření tlaku, teploty, průtoku a složení plynů.

Měření průtoků mechanickým vrtulkovým vodoměrem, ultrazvukové nebo magnetoindukční průtokoměry s využitím znalostí hydromechaniky.

14/09/26 7

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Návaznost na studijní programy

- [Fyzika & Základy el.]
 - Jak fyzikální jev přeměnit na signál.
- [SENZOROVÁ TECHNIKA]
 - Jak převést fyziku na data stroje.
- [Aplikace v oboru]
 - Diagnostika & Údržba
 - Řízení procesů & CAx
 - Autonomní systémy.

Předmět ve strojnictví	Jak na něj navazuje Senzorová technika
Pružnost a pevnost	Tenzometry, piezoelektrické snímače, optovláknové senzory strainu (zatižení, deformace).
Termomechanika	Termočlánky, RTD (Pt100), pyrometry, termokamery.
Hydromechanika	Piezoresistivní snímače tlaku, Pitotovy trubice, ultrazvukové průtokoměry.
Pohony a řízení	Hallovy sondy, LVDT (snímače dráhy), enkodéry, gyroskopické senzory.
Kontrola a metrologie	Laserové interferometry, 3D skenování, měření drsnosti.

14/09/26 8

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Anatomie inteligentního stroje

Konstrukce (Tělo): Rám, převody, hydraulika a mechanismy dávají stroji fyzickou sílu.

Senzory (Smysly): Snímají tlak, teplotu, vibrace, polohu a deformace v reálném čase.

Řídicí jednotka (Mozek): Zpracovává data ze senzorů a dává stroji schopnost reagovat.

Výsledek: Stroj bez senzorů je slepý a nebezpečný. Senzory z něj dělají bezpečný a adaptivní automat.



14/09/26 9

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Příklad - Větrná elektrárna na moři



- **Problém:** Havárie ložiska generátoru 80 km od pobřeží. Oprava s jeřábní lodí stojí 15 000 000 Kč.
- **Řešení strojaře:** Přidání vibračního senzoru (akcelerometru za 2 000 Kč) a teplotního čidla na těleso ložiska.
- **Výsledek:** Senzor zachytí mikro-prasklinu v oběžné dráze ložiska 3 měsíce před havárií. Oprava se naplňuje na běžnou údržbu za zlomkovou cenu.

• **Strojař, který navrhl systém včetně senzorické diagnostiky, ušetřil firmě obrovské prostředky.**

14/09/26 10

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Evoluce měření ve strojírenství

Elektrické snímače

Převod fyzikální veličiny na elektrický signál (4-20mA, 0-10V).

Digital Twins & AI

Senzorická data krmí digitální dvojče stroje v reálném čase.

Mechanika

Analogové budíky, ručičkové manometry a teploměry.

Chytré senzory

Chytré sběrnice (IO-Link, CAN), integrovaná kalibrace a filtrace.

14/09/26 11

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Návratnost senzorické diagnostiky



Aplikace senzorických sítí a AI v průmyslové diagnostice (Predictive Maintenance) snižuje neplánované odstávky výroby až o polovinu a celkové náklady na údržbu o 30 %.

Pro strojaře to znamená navrhovat stroje s vyšší užitnou hodnotou a garantovanou spolehlivostí.

50%

Pokles neplánovaných havárií

14/09/26 12

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Přínos předmětu pro strojaře

Fyzikální principy snímačů: Pochopíte, jak převést tlak, teplotu, sílu či zrychlení na přesný elektrický signál.

Správný výběr pro konstrukci: Naučíte se vybrat vhodný senzor podle přesnosti, prostředí, dynamiky a ceny.

Zpracování a šum signálu: Zjistíte, jak se vyrovnat s rušením, teplotní roztažností a šumem v průmyslovém prostředí.

Systémový nadhled: Stanete se inženýrem, který nestaví jen pasivní kov, ale komplexní mechatronické celky.

13

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Závěr

- **Kdo je moderní strojař?** Není to člověk, který jen kreslí v CADu. **Je to systémový inženýr.**
- **Propojení oborů:** Nejlépe placení strojaři jsou ti, kteří rozumí přesahům – chápou mechanickou konstrukci, ale umí k ní vybrat správný senzor, rozumí jeho fyzikálnímu limitu a ví, jaká data z něj můžeme dostat.
- **Co si odnést:** Naučíte se **vybírat smysly pro vaše stroje** a chápat jejich fyzikální principy.

Strojařina je o **efektivitě, spolehlivosti a financích**. Sensory jsou nástroj, jak dělat stroje levnější na provoz, bezpečnější a spolehlivější.

14

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Dejte svým strojním návrhům smysly 😊

15

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Přednáška 1
Senzorová technika

16

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Co budete znát?

- Obsah a osnova předmětu
- Náplň cvičení
- Podmínky zápočtu
- Základní názvosloví
- Měřicí řetězec
- Regulační obvod.

14/09/26 17

Obsah cvičení

- 80% účast na cvičení
- Všechna praktická měření fyzicky změřit
 - 2. cv. předvedení všech úloh,
 - Vyučující zkontroluje zapojení, spustíte úlohu, dvojce samostatně provádí měření (musíte přijít připravení na měření), **vyučující je jen dohled a pomoc, není ten co provádí měření.**
- Odevzdání všech protokolů
- Odevzdání vypracované semestrální práce (Návrh měřicího řetězce)
- <http://352lab.vsb.cz/ST>

14/09/26

18

Zkouška

- Zapsaný zápočet (min. 21 bodů).
- Vstupní test 0-40 bodů (min. 21 bodů)
 - 10 otázek abcd (aplikace základních znalostí ze cvičení a přednášek, nejsou to definice).
 - 1 kreativní otázka (návrh měřicího řetězce, vyhodnocení, ...).
- 2 otázky ústní (<http://352lab.vsb.cz/ST> sekce **Otázky**) . (příprava 10 min., osnova, každá otázka min. 50% odpověď).

14/09/26

19

Literatura

- **Poznámky z přednášek.**
- **K dispozici budou jen osnovy prezentací s obrázky v podobě pdf, vždy min. 1 den před přednáškou.**
- SCHMID, Dietmar. Řízení a regulace pro strojírenství a mechatroniku. Přeložil Jiří HANDLÍŘ. Praha: Europa-Sobotáles cz., 2005. ISBN 80-86706-10-9.
- FRANK, Randy. Understanding smart sensors. 3rd ed. Artech House integrated microsystems series. Boston: Artech House, c2013. ISBN 978-1-60807-507-2.
- MARTINEK, Radislav. Senzory v průmyslové praxi. CD-ROM. Praha: BEN - technická literatura, [2012?], c2004. ISBN 978-80-7300-354-8.
- J. Balátě a kol.: Prostředky automatického řízení.
- Odkazy na „352lab.vsb.cz“.

14/09/26

20

Obsah předmětu

- Seznámení s problematikou a obsahem studovaného předmětu, systémy řízení, měřicí obvody, měřicí řetězce, regulační a řídicí obvody, řídicí a diagnostický systém. Příklady a metodika návrhů měřicích a řídicích systémů.

14/09/26

21

Obsah předmětu

- Statické a dynamické vlastnosti členů měřicích a řídicích obvodů (statická charakteristika, citlivost, přesnost, spolehlivost, ... přechodová a frekvenční charakteristika, dynamická chyba, identifikace dynamických vlastností, význam).

14/09/26

22

Obsah předmětu

- Snímače, senzory, čidla a převodníky (struktura, vlastnosti, rozdělení, pasivní a aktivní snímače). Přebudníky A/Č a Č/A - rozdělení, vlastnosti, zapojení, využití, porovnání, převodníky v inteligentních senzorech, převodníky PWM.

14/09/26

23

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Obsah předmětu

- Principy snímačů - příklady pasivních snímačů: odporové, kapacitní, fotoelektrické, indukční, Měřicí a vyhodnocovací obvody pro zpracování signálů ze snímačů.

14/09/26 24

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Obsah předmětu

- Měření mechanicko-silových statických a dynamických veličin (poloha, rozměr, posunutí, otáčky, rychlost, zrychlení, síla, chvění). Měření tlaku a průtoků plynů a kapalin, výšky hladiny kapalin a sypaných materiálů a ostatních vybraných veličin.

14/09/26 25

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Obsah předmětu

- Měření tepelných veličin a tepla (principy, vlastnosti, kontaktní a bezkontaktní snímače, provedení, aplikace).

14/09/26 26

Obsah předmětu

- Akční členy (DC/AC motory, krokové motory, lineární motory, synchronní a asynchronní motory, magnety, ...).

14/09/26

27

Obsah předmětu

- Řídicí systémy PLC, Regulátory, IPC,

14/09/26

28

Obsah předmětu

- SCADA/MMI systémy.

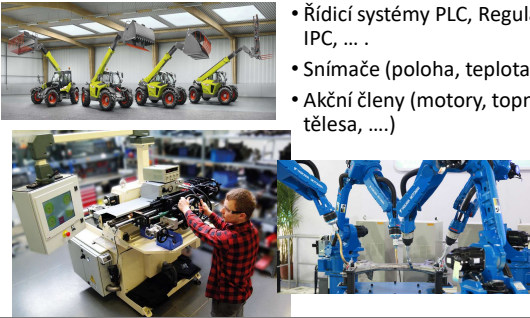
14/09/26

29

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Nasazení

- Řídicí systémy PLC, Regulátory, IPC, ...
- Snímače (poloha, teplota, ...)
- Akční členy (motory, topné tělesa,)

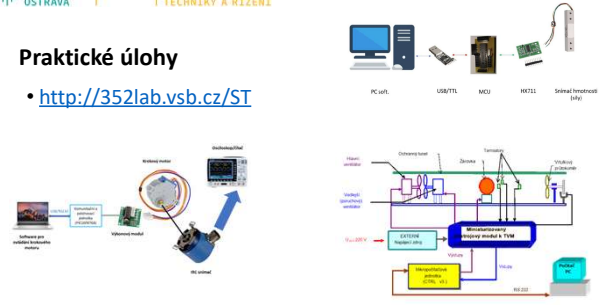


14/09/26 30

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Praktické úlohy

- <http://352lab.vsb.cz/ST>



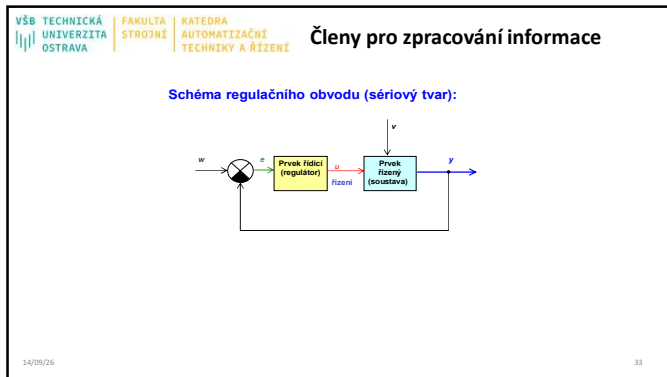
14/09/26 31

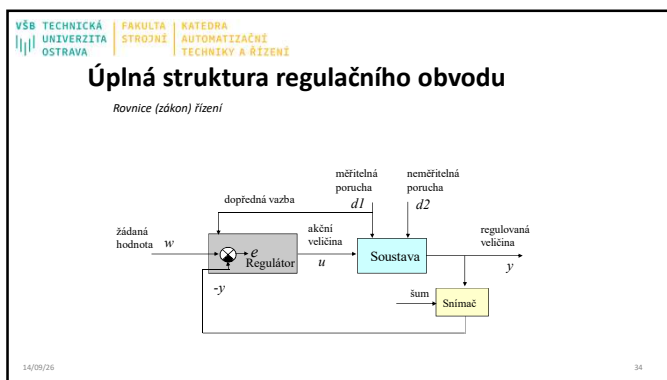
VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

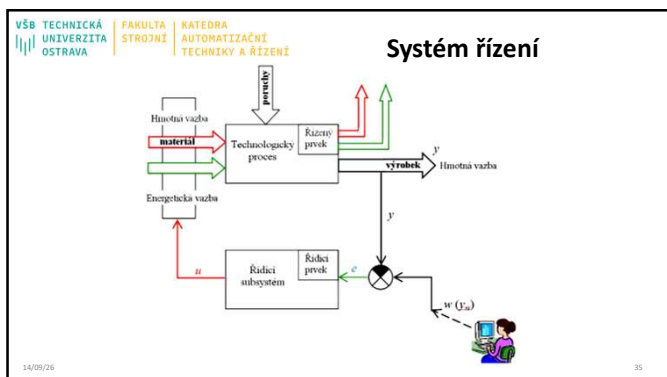
Základní systémové pojmy

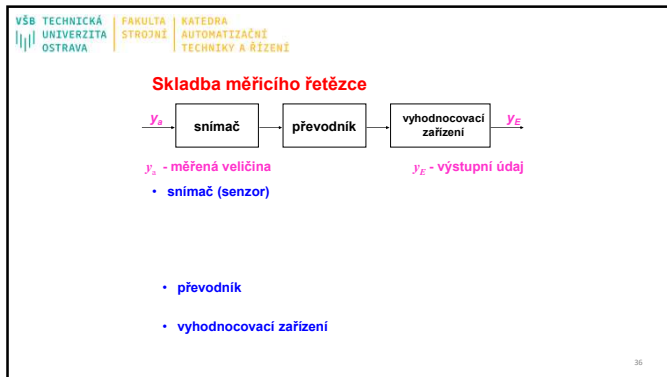
- Systém
- Objektivní realita
- Prvek
- Vazba
- Okolí systému
- Informace
- Signál
- Rozlišovací úroveň

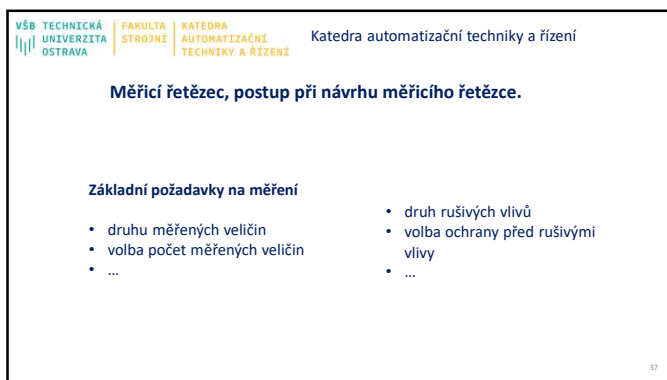
14/09/26 32

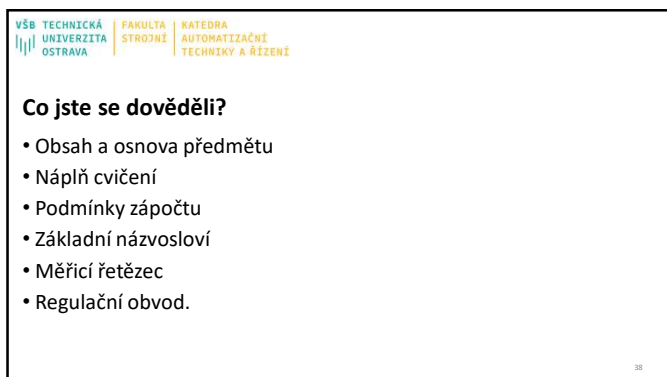












Děkuji za pozornost
