

Technická diagnostika, chyby měření

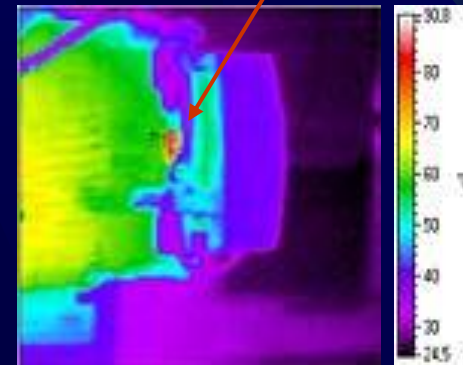
Obsah přednášky

Technická diagnostika

Měřicí řetězec

Typy chyb měření

Příklad diagnostiky: termovize



Technická diagnostika

Co to je?

- Obdoba diagnostiky lékařské.
- Zabývá se metodami a prostředky zjišťování technického stavu objektu. Většinou se myslí diagnostika **bezdemontážní a nedestruktivní**.
- Moderní technická diagnostika se snaží **zjistit** již vznikající závady a umožňuje jim **předcházet**. (Klasická technická diagnostika = detekce a **lokalizace** poruchy)
- Technická diagnostika je založena na citlivém měření a zpracování a vyhodnocení signálů z těchto měření.



Základní pojmy

Diagnóza = analýza okamžitého stavu objektu a vyhodnocení schopnosti jeho provozu → výstupem je **detekce a lokalizace** poruchy

Prognóza (předpovídání) = extrapolace vývoje technického stavu do budoucnosti

Geneze = analýza příčin poruchy

Diagnostické prostředky

Diagnostický systém → tvoří ho: senzory, testery, měřidla, postupy, algoritmy, programy, diagnostikovaný objekt, obsluha. Může být on-line nebo off-line

Diagnostická veličina → je nositelem informace o technickém stavu objektu. **Problém:** Jedné příčině může odpovídat více následků a naopak jeden následek může být vyvolán různými příčinami

vibrace mm/s v měsících roku

Technický stav

- **Provozní schopnost** = vykonává funkce dle tech. podmínek
- **Porucha** = ukončení provozuschopnosti



Rozpoznávání v diagnostice

Cílem je určit diagnózu z diagnostických signálů

- Statistická analýza
- Neuronové sítě
- Fuzzy logické klasifikátory
- Expertní systémy



Člověk vyhodnotí na základě zkušeností

Měření
(předzpracování na příznaky např. FFT)



Klasifikátor
(např: neuronová síť)




Základní odvětví tech. diagnostiky

- Vibrodiagnostika = testuje vibrace stroje
- Akustické emise stroje = hluk
- Defektoskopie = trhliny, vady v materiálu
- Optické systémy = endoskopy, infra, termovize
- Tribodiagnostika = opotřebení oleje
- a další



Příklad: vibro-diagnostika



Analýza vibrací mechanických částí stroje: ozubené, řetězové, řemenové převody, ložiska, čerpadla ...

Můžeme dopředu určit jaké frekvence budou mít vibrace

Např: otáčky hřídele $n = 10$ ot/s

počet zubů pastorku 9

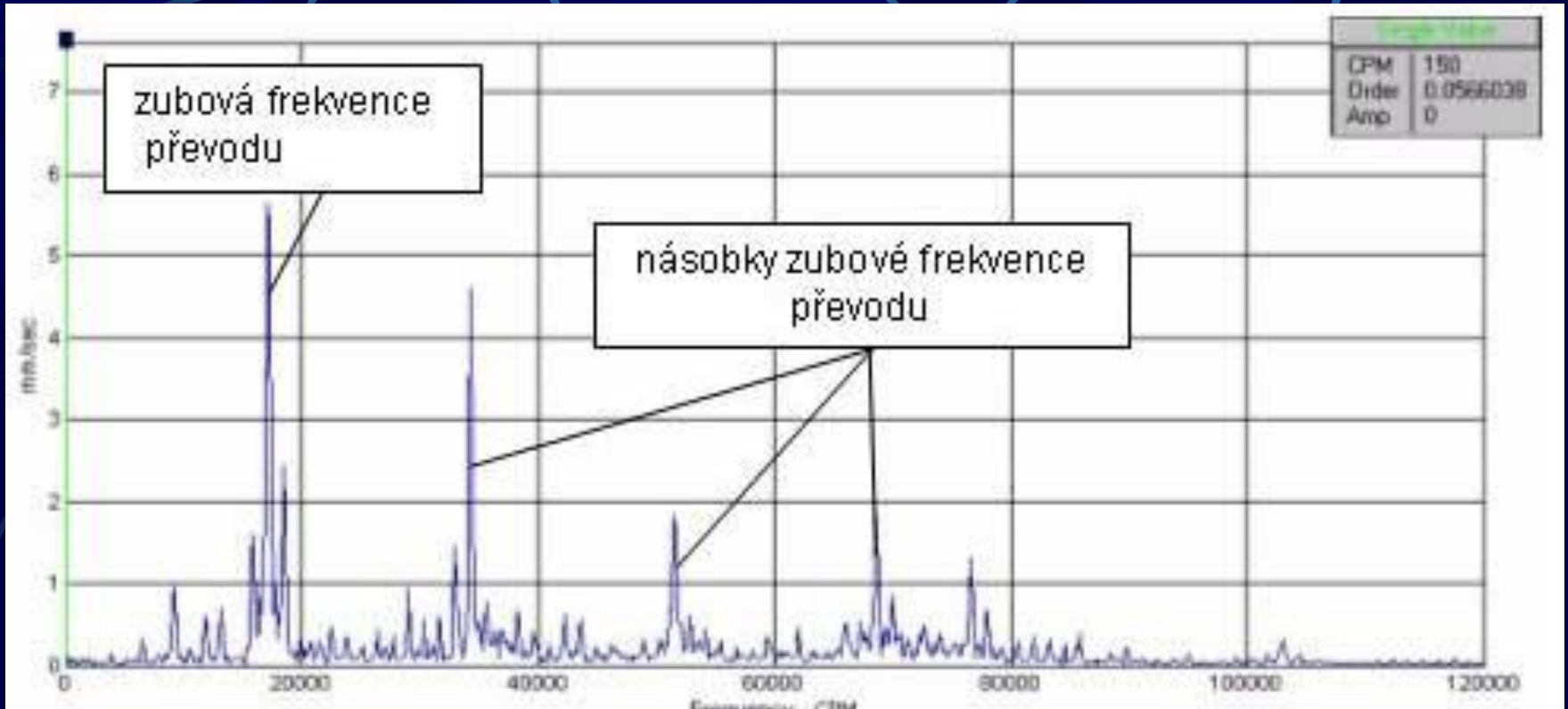
frekvence záběru zubů pastorku $f = 90$ Hz, poškozeny boky zubů

rázy při zlomení jednoho zubu $f = 10$ Hz

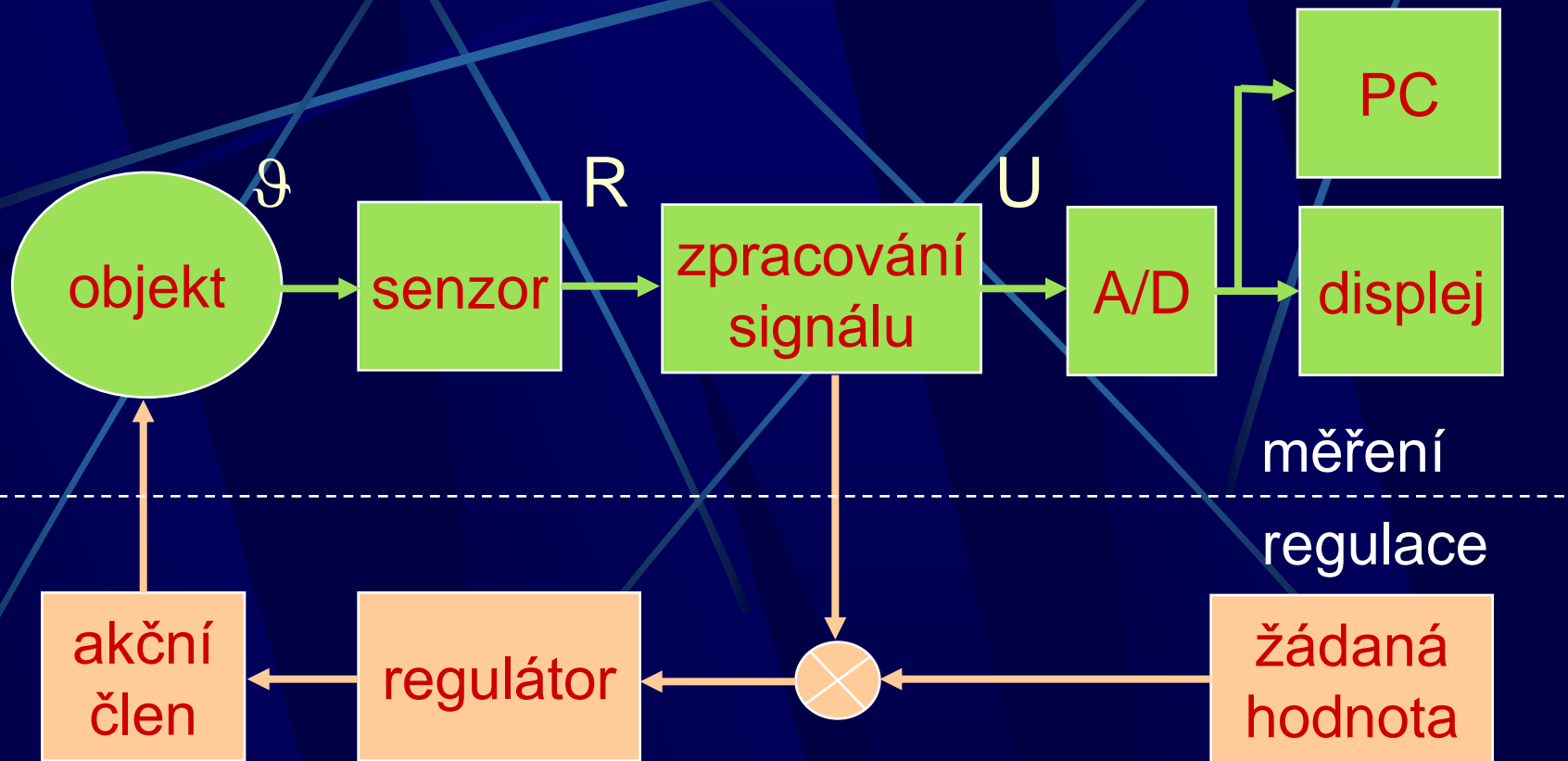
Snímač: akcelerometr = čidlo vibrací ➔ závislost zrychlení na čase

Analýza signálu ➔ Fourierova transformace = spektrum

Příklad: vibrodiag. spektrum



Měřicí řetězec



Správně navržený měřicí řetězec je základem měření, regulace, diagnostiky!

Senzor

V technické praxi se zpravidla používá převod měřené veličiny na veličinu elektrickou

Napětí
Proud
Odpor / Impedance

Důvod:

- Vysoká přesnost
- Snadný přenos signálu
- Možnost zpracování signálu
- Nízká cena

Snímače teploty



Generace senzorů

1. Jednoduché převodníky

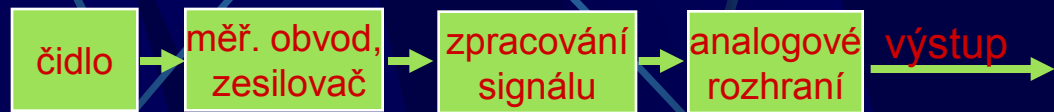
před 2. svět. válkou, např.: drátkový tenzometr

2. Polovodičové

vyšší citlivost

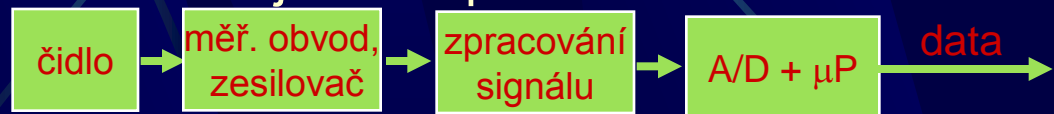
3. Integrované

senzor a vyhodnocovací obvod v jednom pouzdře



4. Inteligentní

ad 3. + mikroprocesor; funkce: kompenzace, autokalibrace, digitální komunikační rozhraní



5. MEMS – mikro elektromechanické systémy

senzor a vyhodnocovací obvod na jednom čipu



Terminologie

Čidlo → zajišťuje převod měřené veličiny na jinou



Senzor ← (anglicky) → zajišťuje převod, zpracování,

Snímač ← (česky)



zobrazení

Převodník → úrovní, A/D

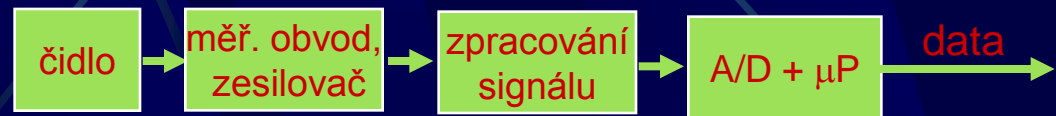
Bezdotykový senzor → má vysílač

Bezdotykové měření → není kontakt s měřeným objektem, př.: pyrosenzor



Inteligentní senzor

(SmartSensor) obsahuje obvody pro zpracování analýzu a unifikaci signálu v jednom kompaktním bloku s citlivou částí



Inteligentní snímač hmotnosti

Chyby měření

Nelze měřit bez chyby!

Základní dělení chyb podle příčiny

- **Systematické**

příčinu známa a můžeme ji odstranit
např.: teploměr ukazuje vždy o 1 °C více → stačí odečíst,
vliv přívodů při měření odporu, teplotní roztažnost ...

- **Nahodilé**

nelze je odstranit
např.: šum, změna podmínek (teplota, vlhkost, ...), zaokrouhlování měření
zpravidla předpokládáme normální rozložení

- **Hrubé chyby**

Jsou nevyzpytatelné, znehodnotí experiment
vybočující hodnoty vyřadíme ze zpracování

Chyby podle zdroje:

- Přístroje
- Metody
- Pozorování
- Vyhodnocení

Typy měření

- Jednotlivá – ovlivněná chybou přístroje
- Opakovaná – různé vzorky
rozptyl parametrů vzorků + chyba přístroje
- tentýž vzorek
určíme chybu přístroje

Přístroj má být přesnější než rozptyl parametrů vzorků



teploměr



snímač kruhové polohy



tlakoměr



snímač krouťícího momentu

Vyhodnocení opakovaných měření

Změřené hodnoty

$$a_1, a_2, a_3, \dots$$

Střední hodnota (průměr)

$$\bar{a} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a_i$$

Směrodatná odchylka

$$\sigma = \Delta a_n = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (a_i - \bar{a})^2}$$

Chyba průměru

$$\Delta \bar{a} = \frac{\Delta a_n}{\sqrt{N}}$$

Př.: změřené hodnoty odporu

$$a_1 = 607,816 \, \Omega$$

$$a_2 = 691,579 \, \Omega$$

$$a_3 = 632,489 \, \Omega$$

$$a_4 = 743,681 \, \Omega$$

$$a_5 = 643,771 \, \Omega$$

$$a_6 = 703,793 \, \Omega$$

$$a_7 = 689,869 \, \Omega$$

$$a_8 = 638,514 \, \Omega$$

$$a_9 = 582,320 \, \Omega$$

$$a_{10} = 677,337 \, \Omega$$

Vyhodnocení opakovaných měření 2

Střední hodnota

$$\bar{a} = 661,114 \Omega$$

Směrodatná odchylka

$$\Delta a_n = 48,693 \Omega$$

Chyba průměru

$$\Delta \bar{a} = 15,3 \Omega$$

Výsledek

~~$$a = 661,114 \pm 15,3 \Omega$$~~

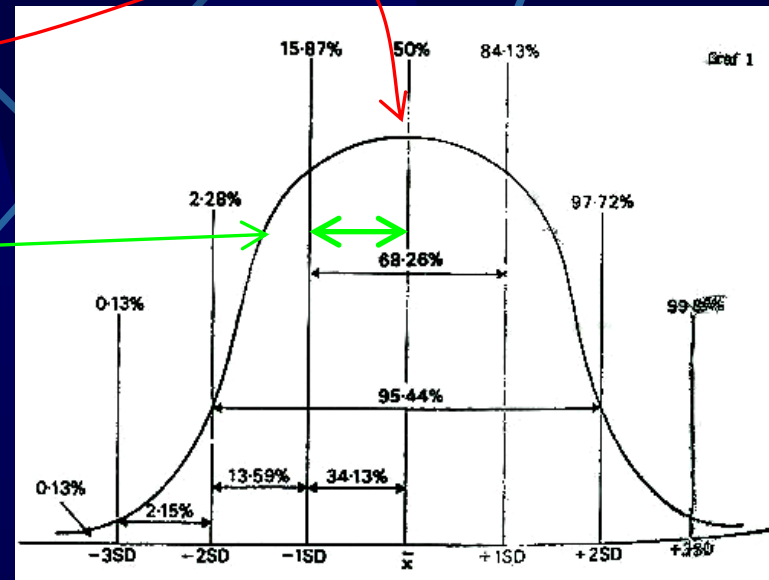
$$a = 661 \pm 16 \Omega$$

$$a = 660 \pm 20 \Omega$$

Správně zaokrouhlit chybu průměru na první platnou číslici

Průměr zaokrouhlit podle zaokrouhlení řádu chyby

K výsledku patří jednotky!



chybně

Pozor jen pro normální rozložení!

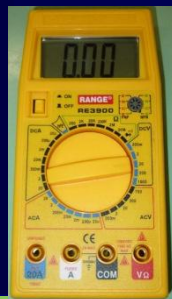
Chyba jednotlivých měření

Je dána chybou přístroje

Najdeme ji na stupnici (ručkové přístroje)
a nebo v manuálu

Často se udává jako součet relativní a
absolutní chyby: $2 \% \pm 10 \text{ Pa}$

U digitálních přístrojů též v digitech:
 $1,5 \% \pm 3 \text{ digit}$



Př.:

přístroj 1 % chyba

měříme: $x = 121,123$

chyba: $\Delta =$

píšeme: $x =$

přístroj 1 % chyba

měříme: $x = 987,123$

chyba: $\Delta =$

píšeme: $x =$

přístroj $2 \% \pm 3 \text{ digit}$

měříme: $x = 213$

chyba: $\Delta =$

píšeme: $x =$

Postup výpočtu nejistoty

Příklad: měření rtuťovým teploměrem

Dílky stupnice po 0,2 °C, max. chyba teploměru podle návodu 0,4 °C a předpokládáme rovnoměrné rozdělení a koeficient rozšíření 2

Řešení:

Nejistota odečtu $u = 0,1/\sqrt{3} \text{ °C} = 0,06 \text{ °C}$

Nejistota měření $u = 0,4/\sqrt{3} \text{ °C} = 0,23 \text{ °C}$

Kombinovaná nejistota typu B:
 $u = \sqrt{(0,06^2 + 0,23^2)} = 0,237 \text{ °C}$
zaokrouhlíme na 0,24 °C

Rozšířená nejistota:

$U = 2 \cdot 0,24 \text{ °C}$, po zaokrouhlení 0,5 °C

