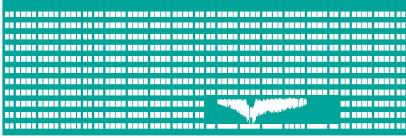




VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA



VSB TECHNICAL
UNIVERSITY
OF OSTRAVA



www.vsb.cz



VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA

FAKULTA
STROJNÍ

KATEDRA
AUTOMATIZAČNÍ
TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Přednáška č.3

Senzorová technika



VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA

FAKULTA
STROJNÍ

KATEDRA
AUTOMATIZAČNÍ
TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Co budete znát?

- Nejistoty
- Třída přesnosti
- Citlivost
- Statická charakteristika senzorů a akčních členů
- Dynamické vlastnosti senzorů a akčních členů.

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

Chyby měření

Při měření zjišťujeme hodnotu **měřené veličiny** a hodnoty **ovlivňujících veličin**.

Měřená veličina je **veličina** ...

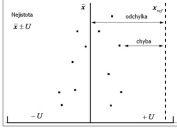
Ovlivňující veličina je veličina, ...

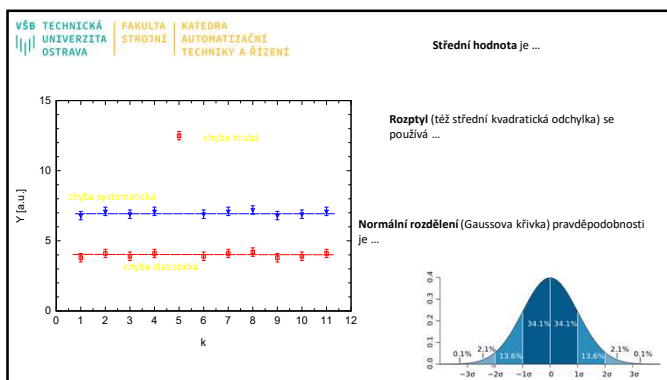
Hrubé chyby –

Systematické chyby –

Statistické chyby –

Hovoříme o **nejistotách měření** (výsledku).





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

Eliminace nejistot – typu A –
– typu B –

Odhad skutečné měřené veličiny (správné hodnoty měřené veličiny) - obvykle aritmetický průměr naměřených hodnot

$$\bar{\mu}$$

Kombinovaná standardní nejistota

$$u_c^2 = u_A^2 + u_B^2$$

Formální zápis výsledku měření:

$$x = (\bar{\mu}_x \pm u_{c,x}) [x]$$

$$u_{c,x}$$

$$\eta = \frac{u_{c,x}}{\bar{\mu}_x}$$

$$[x]$$

SI – m, kg, s, A,

K, mol, cd

- veličiny odvozené SI – N, J, C, F, Ω, T, ..

6

Povolné desetinné
předpony

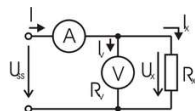
10 ¹²	tera	T	bilion	1 000 000 000 000
10 ⁹	giga	G	miliarda	1 000 000 000
10 ⁶	mega	M	milion	1 000 000
10 ³	kilo	k	tisíc	1 000
10 ²	hekto	h	sto	100
10 ¹	deka	da	deset	10
10 ⁰	-	-	jedna	1

10 ⁻¹	deci	d	desetina	0,1
10 ⁻²	centi	c	setina	0,01
10 ⁻³	milí	m	tisíciná	0,001
10 ⁻⁶	mikro	μ	miliónina	0,000 001
10 ⁻⁹	nano	n	miliardina	0,000 000 001
10 ⁻¹²	piko	p	biliónina	0,000 000 000 001
10 ⁻¹⁵	femto	f	biliónina	0,000 000 000 000 001
10 ⁻¹⁸	atto	a	triliónina	0,000 000 000 000 000 001

7

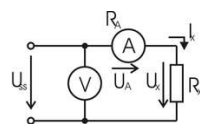
Chyby měřidel, chyba metody

chyba metody -



Příklad: měření odporu metodou přímou, korekce na vnitřní odpor přístrojů

U měření odporů nepřímou metodou je **Ohmova metoda**, kdy měříme napětí a proud procházející odporem a z naměřených hodnot



8

Třída přesnosti je ...

Třída přesnosti zahrnuje všechny dílčí chyby a definuje ...

P (Tp) - třída přesnosti (udává se v procentech)

$$\Delta_i = |X_i - X_0|$$

R - použitý rozsah měřicího přístroje

$$p = \frac{\Delta_{i, \max}}{R} \cdot 100\%$$

9

Dělení přístrojů podle třídy přesnosti



<i>p</i>	<i>Kategorie</i>
0.1	etukony, normaly
0.2	cephonty
0.5	laboratorní
1	laboratorní
1.5	průmyslní
2.5	průmyslní

Poznámka:

10

Značení elektrických měřicích přístrojů



Tabulka 1.2
Náklady směrky na měřicích přístrojích

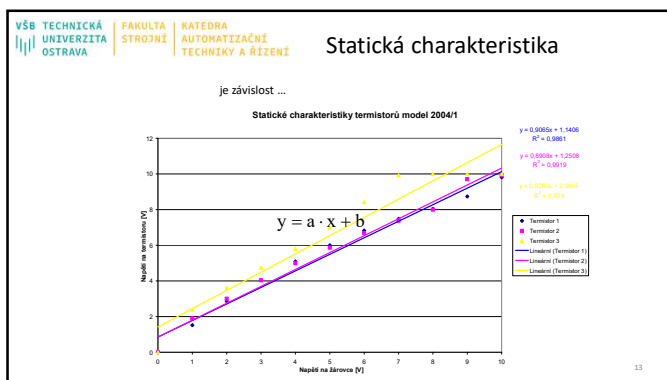
Měřicí přístroj na proud	neizovozdruhy	—
	odřikary	~
	neizovozdruhy i odřikary	~
	odřikary odřikarý a řikarý, neřikarý	~
Přikarý neřikarý	odřikary	—
	neřikarý	—
	řikarý s řikarý řikarý	—
Zřikarý řikarý řikarý	500 V	☆
	1 000 V	☆
Číslořiký řikarý řikarý 1.5		1.5
Číslořiký řikarý řikarý řikarý	11	—

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

Měření statických a dynamických vlastností
(popis reálné úlohy)

- Model 2004/1
 - Ventilátory
 - Snímač jasu
- Model 2005
 - Žárovka
 - Termoanemometr
 - Termistory
 - Vrtulkový průtokoměr
 - LM335, Pt100, KTY81-110

12



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

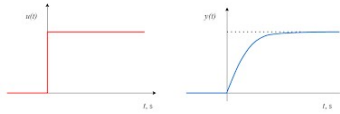
Hystereze

Tabulka hystereze dvou typů snímačů			
Termistor		Polareistor	
vstupní [V]	hystereze [%]	vstupní [V]	hystereze [%]
0	0,00	2,4273508	2,2241755
1,5199026	1,764347	5,1277186	5,015873
2,8073394	3,377416	6,0483516	5,9057388
4,0449328	4,6937486	6,3867884	6,2032475
5,0915176	5,7018876	6,5357758	6,4351646
6,0009768	6,488657	6,6227104	6,5323564
6,8253397	7,1448106	6,6549444	6,5938954
7,4788766	7,8058228	6,6818074	6,6818074
8,042451	8,468557	6,703854	6,6861585
8,7388276	9,123914	6,713622	6,6945038
9,8075702	9,8075702	6,717949	6,717949
Suma	40,47	Suma	1,74

$$h = \frac{|U_{\text{max}} - U_{\text{min}}|}{U_{\text{max}} - U_{\text{min}}} \cdot 100 = \frac{|5,1277166 - 5,015873|}{6,717949 - 2,22417} \cdot 100 = 2,49\%$$

14

Dynamické vlastnosti

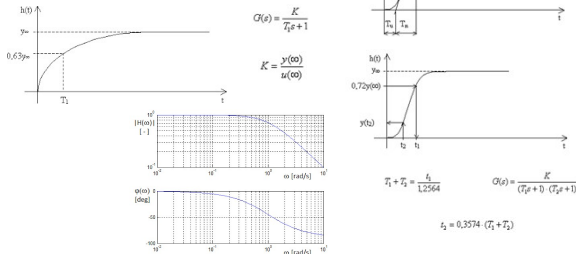


- Měřicí přístroje nebo části přístrojů obvodů nepřenesou vstupní signál na výstup okamžitě, ale ...
- Dynamické vlastnosti takových členů popisujeme ...

$$a_n \frac{d^n y(t)}{dt^n} + \dots + a_1 \frac{dy(t)}{dt} + a_0 y(t) = b_0 u(t)$$

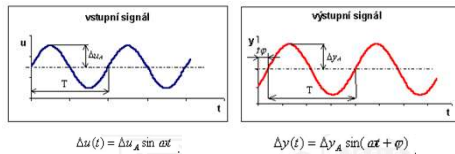
15

Přechodová charakteristika



16

Frekvenční charakteristika



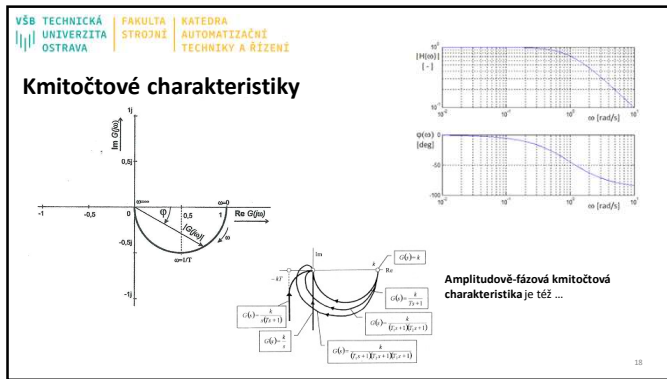
$$\Delta u(t) = \Delta u_A \sin \omega t$$

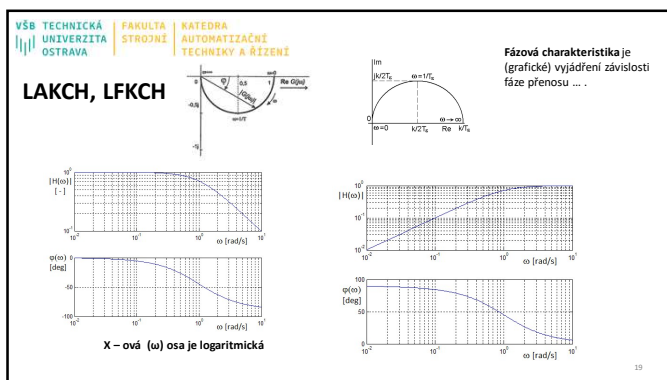
$$\Delta y(t) = \Delta y_A \sin(\omega t + \varphi)$$

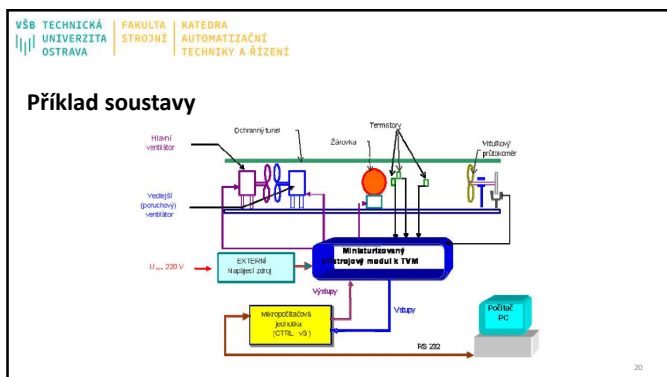
Frekvenční charakteristiky popisují závislost ...

$$F(j\omega) = \frac{a_0}{(a_1\omega)^2 + a_0} - j \frac{a_1\omega}{(a_1\omega)^2 + a_0} = F'(\omega) + jQ(\omega)$$

17

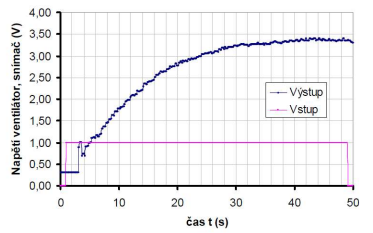






Přechodová charakteristika

Měření přechodové charakteristiky 1V



Přechodová charakteristika slouží k ...

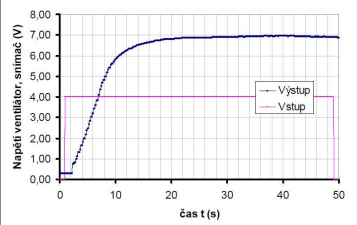
Co je to jednotkový skok?

- ...

21

Přechodová charakteristika

Měření přechodové charakteristiky 4V



Pro různé pracovní body mohou být parametry identifikace ...

- Časová konstanta
- Zesílení
- apod.

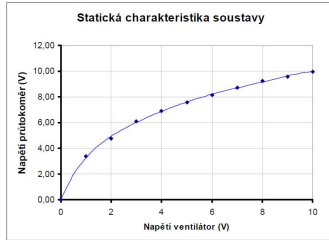
22

Tabulka ustálených hodnot (zesílení) a časových konstant

hodnota skoku polohy na ventilátoru U_v	ustálená hodnota na průtokoměru U_p	zesílení soustavy K_0	časová konstanta soustavy T
[V]	[V]	[—]	[s]
1	3,36	3,36	12,0
2	4,77	2,39	10,0
3	6,11	2,04	7,5
4	6,82	1,73	6,3
5	7,57	1,51	5,5
6	8,15	1,36	4,7
7	8,70	1,24	4,6
8	9,22	1,15	4,2
9	9,58	1,06	4,0
10	9,96	1,00	4,0

23

Statická charakteristika



Statická charakteristika je odezva výstupního signálu na...

Ustálená hodnota signálu výstupní veličiny je definována jako ...

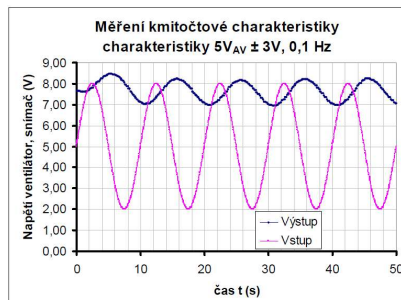
Statická charakteristika **nemusí být vždy lineární**.

Citlivost se může měnit v závislosti na ...

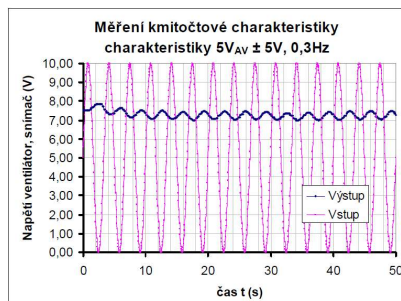
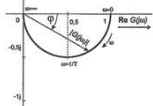
Signály jsou většinou napěťové nebo proudové, jejich hodnota odpovídá měřené veličině.

24

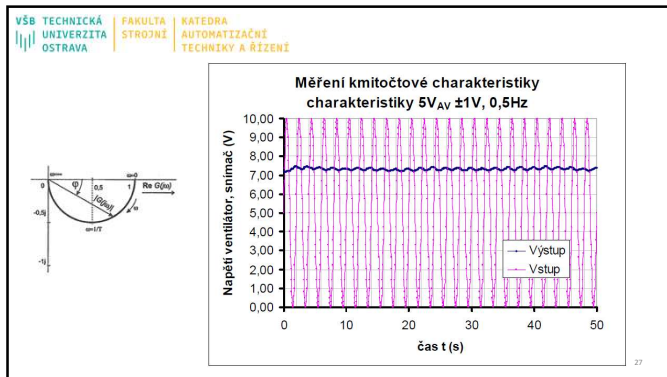
Pro změření **frekvenční charakteristiky** využíváme sinusový signál v časové oblasti.
Se změnou frekvence určujeme ...



25



26



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

Kmitočtové charakteristiky

- Výchozí přenos: $G(j\omega) = \frac{K}{jT\omega + 1}$
- Rozšíření jmenovatelem $(1 - jT\omega)$: $G(j\omega) = \frac{K(1 - jT\omega)}{(1 + jT\omega)(1 - jT\omega)}$
- Úprava jmenovatele podle vzorce $(a + b)(a - b) = a^2 - b^2$: $(1)^2 - (jT\omega)^2 = 1 - j^2T^2\omega^2$
 $\omega^2 = 1 + T^2\omega^2$ (protože $j^2 = -1$)
- Rozepsání čitatele: $K - jKT\omega$
- Celkový rozklad na složky: $G(j\omega) = \frac{K}{1 + T^2\omega^2} + j\left(\frac{-KT\omega}{1 + T^2\omega^2}\right)$

Výsledné složky

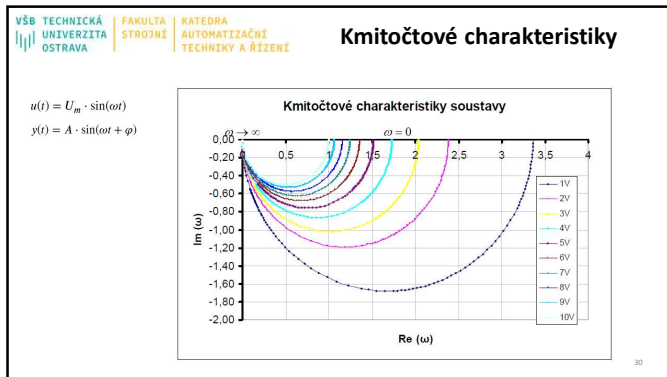
- Reálná složka $P(\omega)$: $\frac{K}{1 + T^2\omega^2}$
- Imaginární složka $Q(\omega)$: $\frac{-KT\omega}{1 + T^2\omega^2}$

Kde K je zesílení systému a T je časová konstanta.

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

Výsledky - zpracování

f	A1	A2	Δt	α	Z	Rez	Imz
[Hz]	[V]	[V]	[s]	[°]	[V]	[V]	[V]
0,05	1	0,435	4,2	-75,6	0,435	0,10818	-0,42133
0,05	3	1,1799	4	-72	0,3933	0,121536	-0,37405
0,05	5	2,235	4,2	-75,6	0,447	0,111164	-0,43296
0,1	1	0,265	3	-108	0,265	-0,08189	-0,25203
0,1	3	0,63498	3	-108	0,21166	-0,06541	-0,2013
0,1	5	1,08	3,2	-115,2	0,216	-0,09197	-0,19544
0,3	1	0,065	1,8	-194,4	0,065	-0,06296	0,016165
0,3	3	0,15498	1,7	-183,6	0,05166	-0,05166	0,003244
0,3	5	0,235	1,9	-205,2	0,047	-0,04253	0,020012
0,5	1	0,05	1,2	-216	0,05	-0,04045	0,029389



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

Co jste se dověděli?

- Nejistoty
- Třída přesnosti
- Citlivost
- Statická charakteristika senzorů a akčních členů
- Dynamické vlastnosti senzorů a akčních členů.

31

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

Děkuji za pozornost

32
