

# **Elektrotechnika a informatika - magisterské studium FM TUL**

## **(dvouleté)**

### **Studijní předmět**

|                         |                                                                        |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| <b>Název:</b>           | Elektrické převodníky fyzikálních veličin                              |
| <b>Zkratka:</b>         | EPV                                                                    |
| <b>Typ:</b>             | povinně volitelný pro obor ME                                          |
| <b>Rozsah:</b>          | 14 týdnů, týdně 2 hodiny přednášek + 2 hodiny seminárních cvičení      |
| <b>Kredity:</b>         | 5                                                                      |
| <b>Způsob ukončení:</b> | zkouška                                                                |
| <b>Katedra:</b>         | katedra elektrotechniky FM TUL                                         |
| <b>Přednášející:</b>    | Prof. Ing. Jaroslav Nosek, CSc. (50%)<br>Ing. Pavel Mokřý, Ph.D. (50%) |

#### **Stručná anotace předmětu:**

Elektrické převodníky fyzikálních veličin jsou základní konstrukční prvky, bez nichž v současnosti není možné realizovat žádné smysluplné elektrické zařízení. V předmětu bude podán základní teoretický přehled a praktické demonstrace vybraných elektrických převodníků fyzikálních veličin. Výklad bude zaměřen zejména na využití piezoelektrických a feroelektrických materiálů v těchto prvcích. Na závěr kurzu budou podány základní informace o inteligentních materiálech, základní principy výroby mikroelektromechanických systémů (MEMS) a přehled nových trendů v konstrukci elektrických převodníků fyzikálních veličin využívajících tenké feroelektrické filmy.

#### **Získané kompetence:**

Student získá základní představu o fyzikálních vlastnostech piezoelektrických a feroelektrických materiálů, které je možno využít ke konstrukci elektrických převodníků fyzikálních veličin, a tyto představy si osvojí na demonstračních pokusech s reálnými systémy. Tyto teoretické i praktické dovednosti uplatní v konstrukci komplexních mechatronických systémů, které využívají tyto prvky.

#### **Témata přednášek:**

Konvenční elektromechanické měniče. Základní elektrické a neelektrické fyzikální veličiny a konvenční principy převodu elektrických veličin na neelektrické a naopak. Senzor a akční člen jako části regulačního obvodu. Využití materiálových vlastností k převodu fyzikálních veličin.

Fyzikální vlastnosti pokročilých materiálů, zejména piezoelektrických látek, polárních dielektrik, feroelektrik a elektretů. Struktura krystalové mřížky těchto materiálů a základní fyzikální podstata přímého a převráceného piezoelektrického jevu. Lineární závislosti mezi tepelnými, elektrickými, magnetickými a mechanickými veličinami v dielektriku, a jejich znázornění v Heckmannově diagramu. Materiálové konstanty vybraných piezoelektrických látek.

Piezoelektrické senzory a aktuátory. Piezoelektrické převodníky síly, zrychlení, mechanického napětí a tlaku. Vrstvené (multistack, multilayer) a ohybové (unimorfní, bimorfní) piezoelektrické aktuátory a aktuátory s mechanickým zesílením posunutí. Ultrazvukové piezoelektrické motorky. Technologie piezoelektrických prvků pro konstrukci systémů pro aktivní potlačení hluku a vibrací. Piezoelektrické transformátory.

Piezoelektrické rezonátory. Rezonátory využívající objemových akustických vln. Základní módy kmitů piezoelektrické tyčinky. Podélné kmity tyčinky. Elektrický náhradní obvod piezoelektrického rezonátoru. Konstrukční provedení piezoelektrické krystalové jednotky. Vlivy působící na rezonanční kmitočet piezoelektrických rezonátorů. Aplikace rezonátorů jako senzorů vybraných veličin. Teploměry s křemenným krystalem. Gigahertzové systémy s tenkovrstevnými feroelektrickými strukturami pro mobilní telekomunikační technologie.

Další pokročilé převodníky. Senzory založené na piezorezistivním efektu. Teplotní a infračervené senzory založené na pyroelektrickém jevu a využívající feroelektrické materiály. Pokročilé aktuátory založené na magnetostrikčním efektu.

Inteligentní senzory. Rozdělení. Charakterizace a požadavky na inteligentní senzory. Hlavní části inteligentních senzorů. Technologie výroby. Polovodičové inteligentní senzory vybraných veličin. Konstrukční uspořádání.

Nové směry ve vývoji senzorů a akčních členů. Mikroelektromechanické systémy (MEMS). Charakteristika MEMS. Základní principy výroby MEMS využívajících tenkých filmů z feroelektrických materiálů.

#### **Náplň cvičení:**

Zobecnění popisu systémů různé fyzikální podstaty. Transformace mechanických systémů na elektrické a naopak. Matematický model těchto systémů. Simulace na PC.

Měření parametrů elektrického náhradního obvodu piezoelektrického rezonátoru. Simulace parametrů elektrického náhradního obvodu piezoelektrického rezonátoru na PC.

Měření teploty.

Měření polohy a zrychlení. Měření deformace, síly a zrychlení.

Speciální senzory. Ultrazvuk. Tlak, proudění.

Senzory proudění a průtoku, srovnání principů, využití piezoelektrických budičů a přijímačů.

Piezoelektrické aktuátory. Piezoelektrický ultrazvukový motorek a jeho řízení.

Vyhodnocení samostatných prací.

#### **Literatura:**

Ďaďo, S., Kreidl, M.: Senzory a měřicí obvody. ČVUT Praha, 1999

Zelenka, J.: Piezoelektrické rezonátory a jejich použití. Academia, Praha 1986

Uchino, K.: Ferroelectric Devices. Marcel Dekker, Inc., New York-Basel 2000

Setter, N.: Piezoelectric Materials in Devices, EPFL, 2002.

#### **Prerekvizity: -**

#### **Navazující: -**

Datum poslední změny: 6.9.2005