

| D – Charakteristika studijního předmětu |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |               |                         |           |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------------|-----------|
| Název studijního předmětu               | Měřicí technika 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |               |                         |           |
| Typ předmětu                            | povinný                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |               | dopor. ročník / semestr | 3/ZS      |
| Rozsah studijního předmětu              | 2+2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | hod. za týden | 4                       | kreditů 5 |
| Jiný způsob vyjádření rozsahu           | není                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |               |                         |           |
| Způsob zakončení                        | zkouška                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |               | Forma výuky             | Př., cv.  |
| Další požadavky na studenta             | nejsou                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |               |                         |           |
| Vyučující                               | Ing. Jiří Jelínek, Ph.D.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |               |                         |           |
| Stručná anotace předmětu                | <p>Kurz navazuje na Měřicí technika 1. Studenti se seznámí se základními měřicími metodami, získají vědomosti o fyzikálních principech celé řady senzorů a elektronických měřicích přístrojů, naučí se pomocí těchto přístrojů měřit fyzikální veličiny.</p> <p><b>Témata přednášek</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Úvod do měření neelektrických veličin Měřicí převodníky fyzikálních veličin. Měřicí řetězec. Statické a dynamické vlastnosti měřicího řetězce. Chyby měřicího řetězce. Metody zmenšení chyb snímačů.</li> <li>2. Měření teplot a tepla. Základní principy měření teploty. Teploměry založené na mechanickém principu. Elektrické teploměry odporové, krystalové.</li> <li>3. Termoelektrické, polovodičové teploměry, časová konstanta dotykových teploměrů. Měření nízkých teplot. Měření vysokých teplot – pyrometrie. Bezdotyková měření běžných teplot – termovize. Měřiče odběru tepla.</li> <li>4. Měření polohy, dráhy, rychlosti. Odporové snímače dráhy a polohy. Potenciometrické snímače. Indukčnostní snímače polohy. Indukční snímače rychlosti. Kapacitní snímače polohy. Optické snímače polohy, rychlosti a otáček. Stroboskopy, indukční a optoelektrické snímače.</li> <li>5. Měření mechanického napětí a deformace, měření sil, měření kmitání. Měření veličin v mechanice tuhých a poddajných těles. Odporové tenzometry (odporové kovové tenzometry). Piezorezistivní tenzometry (odporové polovodičové tenzometry). Piezoelektrické senzory síly (piezoelektrické tenzometry). Magnetické tenzometry (magnetostrikční a magnetoelastické). Absolutní a relativní snímače kmitání. Akcelerometry - snímače zrychlení. Mechanické filtry pro akcelerometry. Zpracování signálů s čidel dráhy, polohy, síly a tlaku. Měření sil a točivého momentu, dynamometry.</li> <li>4. Měření tlaku. Užití snímačů tlaku. Základní principy senzorů tlaku. Senzory tlaku tekutin - absolutní – diferenční. Deformační senzory tlaku tekutin. Senzory tlaku využívající hydrostatický tlak kapalin. Další způsoby dělení senzorů tlaku. Tlakoměry s elektrickým výstupním signálem. Elektrické vakuometry, Ionizační vakuometr, Bolometrický vakuometr.</li> <li>5. Měření průtoků. Definice průtoku látek – objemový x hmotnostní. Měření průtoků pevných látek. Průtok kapalin, objemový, rychlostní, hmotnostní princip měření. Objemové průtokoměry. Lopátkové a Turbínkové průtokoměry. Vírové senzory. Clonové průtokoměry, škrťací orgány. Pitotova trubice. Ultrazvukové průtokoměry. Indukční průtokoměr.</li> <li>6. Měření průtoků. Deformační senzor průtoku. Odměrování kalibrovaných objemů. Hmotnostní průtokoměry, Coriolisova síla. Tepelné senzory hmotnostního průtoku. Měření průtoku v otevřených kanálech. Technické umístění měřidel – zásady.</li> <li>7. Anemometry. Mechanické anemometry. Aerodynamické anemometry. Značkovací anemometry. Akustické anemometry. Měření rychlosti větru. Laserová anemometrie. Vizualizační měřicí metody (PIV).</li> <li>8. Měření úrovně. Nespojité měření úrovně. Jednostavové, dvoustavové, více stavové. Spojitá měření úrovně. Průhledové stavoznaky. Plovákové stavoznaky. Pneumatický stavoznak. Hydrostatický stavoznak. Ultrazvukové měření. Kapacitní stavoznaky. Ionizační princip pro měření úrovně.</li> <li>9. Měření elektromagnetického záření, světla. Elektromagnetické záření. Světlo a zrakový vjem. Měření osvětlení. Fotorezistor, fotodioda, fototranzistor. Definice jednotek pro měření osvětlení.</li> <li>10. Měření roztoků, vodivost, pH, spektrofotometrie. Měření elektrické vodivosti roztoků. Vodíkový exponent pH. Spektrofotometrie. Chromatografie.</li> <li>11. Měření vlhkosti plynů. Voda fázový diagram. Absolutní a relativní vlhkost, parciální tlak. Tabulka nasyceného vlhkého vzduchu. Relativní vlhkost jako funkce teploty při konstantní absolutní vlhkosti. Metody měření vlhkosti.</li> </ol> |               |                         |           |

Psychometrická metoda, vypočet z psychometrického teplotního rozdílu. Hydrometrická metoda, odporový a kapacitní senzor vlhkosti. Kondenzační metoda, Senzor rosného bodu. Aplikace měření vlhkosti, Zvlhčovače a odvlhčovače. Měření vlhkosti plynů – prakticky. Postup stanovení absolutní vlhkosti. Postup stanovení rosného bodu. Práce s tabulkou nasyceného vlhkého vzduchu.

12. Analýza plynů, měření emisí. Analyzátoři plynů, principy, chemický, fyzikální. Tepelně vodivostní analyzátor, Magnetický analyzátor kyslíku. Infračervený analyzátor dusíku, Elektrolytický senzor, lambda sonda.
13. Měření ionizujícího záření, magnetizmu a hluku. Plynové detektory, Charakteristika plynového detektoru. Scintilační detektory. Měření magnetických veličin, Hallova Sonda. Měření hluku, Příklady a vnímání člověkem.
14. Dálková měření. Základní pojmy, rozdělení systémů dálkového měření. Přenosové cesty.

Ke kurzu přísluší propracované laboratorní cvičení. Studenti v malých kolektivech řeší konkrétní příklady měření neelektrických veličin a zpracování výsledků měření.

#### **Program laboratorních cvičení - měření**

1. Chyby měřícího řetězce. Metody zmenšení chyb snímačů, příklad na linearizaci termistoru, odvození.
2. Převodní charakteristiky teplotních čidel (Pt1000, Ni1000, termistor, termočlánek).
3. Přechodová charakteristika Pt100, Linearizace teplotní charakteristiky termistoru.
4. Odporový rotační snímač, Odporový indukčnostní snímač polohy.
5. Inkrementální rotační snímač, Optoelektronický rotační absolutní snímač.
6. Tachodynamo a inkrementální rotační snímač, Tenzometrický snímač.
7. Stroboskop a otáčky motoru, Průtokoměry.
8. Osvětlení a svítivost, Kapacitní snímač výšky hladiny, Ultrazvukový snímač úrovně.
9. Sensory rychlosti proudění vzduchu. Koncentrace roztoku a pH.
10. Vlhkoměry (experiment v měřicí komoře), Koncentrace roztoku a vodivost.
11. Termodiagnostika plošného spoje, Sensory plynů (kyslík, oxid uhličitý).
12. Opakování, rekapitulace dosažených výsledků během semestru, ukázky způsobu měření dalších veličin.
13. Opakování, cvičení prohlubující přednášenou problematiku, příprava na zkoušku (příklady).
14. Opakování, udělení zápočtů.

#### **Informace ke kombinované nebo distanční formě**

|                                        |    |                         |
|----------------------------------------|----|-------------------------|
| <b>Rozsah konzultací (soustředění)</b> | 20 | <b>hodin za semestr</b> |
|----------------------------------------|----|-------------------------|

#### **Rozsah a obsahové zaměření individuálních prací studentů a způsob kontroly**

V průběhu semestru bude 14 hodin přednášek, na kterých budou přednášena témata, která budou doplňována odkazy na uvedené publikace. Přednášky budou zaznamenávány (videozáznam) pomocí systému MediaSite a budou tak v plném rozsahu dostupné studentům kombinovaného studia.

S laboratorními pracemi souvisí samostatná činnost malých kolektivů studentů. Studenti budou provádět měření dle konkrétního zadání jednotlivých úloh. Zápočet bude udělen na základě zpracovaných protokolů z měření a výsledků testů při opakovacích lekcích. Rozsah laboratorní bude v kombinovaném studiu díky záznamu přednášek shodného rozsahu se studiem prezenčním.

#### **Studijní literatura a studijní pomůcky**

Haasz V., Sedláček M. *Elektrická měření (Přístroje a metody)*. ČVUT, Praha, 2005. ISBN 80-01-02731-7.  
 Ďaďo S., Kreidl M. *Sensory a měřicí obvody*. ČVUT, Praha 1999  
 Jenčík J., Volf J. a kol. *Technická měření*. Skriptum ČVUT FS, Praha 2000  
 Ďaďo S., Kreidl M. *Měřicí převodníky fyzikálních veličin*. Skriptum ČVUT FEL, Praha 1990  
 Ripka P. *Sensory*. Skriptum ČVUT FEL, Praha 1996  
 Zehnula K. *Snímače neelektrických veličin*. SNTL, Praha 1983  
 Kocourek P. *Číslíkové měřicí systémy*. ČVUT, Praha 1994