

Název studijního předmětu

(uveďte se úplný název studijního předmětu a jeho anglická verze)

Výrobní technika**Production technology****Garant studijního předmětu (a přednášející)**

(uveďte se jméno a příjmení garanta a přednášejícího vč. titulu a hodnosti)

(pracoviště garanta - i u externích učitelů)

Doc. Ing. Martin Bílek, Ph.D (garant)

TUL, Fakulta strojní, KTS

Ing. Radomír Mendřický, Ph.D.

TUL, Fakulta strojní, KSA

Ing. Petr Zelený, Ph.D.

TUL, Fakulta strojní, KSA

Zařazení do studijního plánu

Název studijního programu (příp. oboru a zaměření)	Typ: DSP, MSP, BSP	Forma studia	Semestr	Rok studia - ročník
N2301 Strojní inženýrství	NMSP	kombinovaná	2	1

Rozsah a zakončení předmětu (forma výuky, vymezení rozs. konz. nebo soustředění nebo dalších služeb nabízených studentům)

Celkový počet výukových hodin předmětu	Poč. hodin (konzul., soustř.)	Počet kreditů	Zakončení (zk, kl, z)
14	10k + 4s	5	zk

Statut předmětu (typ předmětu, uveďte se zařazení předmětu v příslušném studijním plánu)

předmět povinný (P), předmět povinně volitelný (PV), předmět volitelný (V)	P
předmět teoretického základu (PTZ), př. aplik. základu (PAZ), předmět oborový (PO), předmět jiný - specializace (PJ)	PO

Anotace studijního předmětu

(uveďte se stručná anotace studijního předmětu – vymezení cíle a obsahové zaměření - v české i anglické verzi, asi 4 řádky textu)

Dělení výrobních strojů. Základy konstrukce strojů a základní mechanismy používané ve výrobních strojích. Přehled automatizačních principů a prvků používaných u výrobních strojů. Základní struktura a principy řídicích systémů. Principy, funkce, provedení, hlavní výhody a nevýhody elektrických a hydraulických pohonů. Základy regulace - proudová, rychlostní, polohová smyčka. Statické a dynamické charakteristiky. Seřizování regulátorů, dopředné vazby, řízení rychlosti.

The types of production machines. Basics of machine design and basic mechanisms used in production machines. An overview of the principles of automation and the elements used in production machines. The basic structure and principles of control systems. Principles, function, performance, main advantages and disadvantages of electric and hydraulic drives. Fundamentals of control - current, speed, position loop. Static and dynamic characteristics. Adjustment of regulators, feedforward, speed control.

Návaznost a podmínky pro zápis předmětu

(uveďte se návaznost na jiné studijní předměty a podmínky pro zápis předmětu)

Předpokládá se absolvování předmětu APLIKOVANÁ KYBERNETIKA, avšak zápis předmětu není podmíněn jeho absolvováním.

Podmínky pro absolvování

(zakončení předmětu - uvedou se podmínky pro získání zápočtu z předmětu a forma zkoušky nebo klasifikovaného zápočtu)

Zápočet – úspěšné absolvování testů a vypracování semestrální práce.

Zkouška – písemná a ústní.

Přílohy (dokumentace studijního předmětu obsahuje evidenční list a přílohy)**A - Obsah konzultací a soustředění**

(jako příloha se uvede stručná charakteristika jednotlivých témat konzultací a soustředění)

B - Doporučená studijní literatura a charakteristika studijní literatury

(jako příloha se uvede seznam odborné literatury - povinné a doporučené, doporučených učebnic, skript ad., uvede se charakteristika s odkazy na příslušné části či témata)

C – Charakteristika dalších pomůcek pro studenty

(V příloze se uvedou možnosti využití informačních technologií – adresy www stránek, multimediální pomůcky – videokazety, programy ap, jež souvisí s tématy předmětu. Pomůcky tvoří součást dokumentace předmětu)

D – Rozsah a obsahové zaměření individuálních prací studentů

(V příloze se uvede seznam a charakteristika individuálních (kupř. semestrálních) prací, jež jsou pro absolvování předmětu požadovány)

E – Studijní (distanční) texty pro studenty

(V příloze se uvede seznam textů, jež jsou studentům nabízeny k samostatnému studiu jednotlivých témat, příp. i odkaz na zdroj textu – kupř. www, knihovna. Studijní texty tvoří součást dokumentace předmětu)

A – Konzultace a soustředění - stručný obsah přednášek a cvičení

Tématické celky

I. Úvod, základní definice, zásady konstrukce výrobních strojů.

Dělení výrobních strojů, vlastnosti a možnosti jednotlivých typů, přesnost, tuhost, síly, přenos výkonu. Zásady konstrukce strojů s ohledem na přesnost, tuhost a požadované vlastnosti. Převodové mechanismy, ložiska, vřetena, mechanismy pro přímočarý pohyb, lineární pohony. *Lit. [2] str. 24-33, 128-144, 161-343, [12] str. 7-40, 45-125*

Distančně: Krytování a nové trendy v konstrukci výrobních strojů. EcoDesign. *Lit. [2] str. 324-331, 581-629*

II. Základní mechanismy používané ve výrobních strojích a jejich dynamika.

Mechanismy s přerušovaným pohybem (maltézské mechanismy s vnějším a vnitřním záběrem, rázové maltézské mechanismy, kinematika maltézských mechanismů, hvězdicové a západkové mechanismy), přímovody a jejich konstrukce, zesilovací mechanismy, mechanismy s periodickým vratným posuvným nebo rotačním pohybem hnaného členu včetně návrhu zdvihové funkce. Dynamika mechanismů s pružnými členy. Dynamické řešení mechanických systémů s pružnými členy a vůlemi v kinematických dvojicích. Sestavení matematických modelů a otázky jejich tlumení.

Distančně: Vedení, typy, konstrukce, tuhost. Mazání, chlazení. Spojky a brzdy u výrobních strojů *Lit. [2] str. 210-251, 314-323 a [12] str. 126-152*

III. Odměřovací systémy, automatizační principy a prvky

Odměřovací systémy. Odměrování přímé a nepřímé, absolutní a inkrementální. Zpracování signálu, referenční body. Fotoelektrické snímače polohy, princip, funkce. Schéma CNC systému. *Lit. [5] str. 22-25, [9] str. 92-98.*

Distančně: Důvody pro zavádění pružné automatizace, její přínosy a směry vývoje. Energetická efektivnost. Oblasti automatizace, příklady realizace. Tvrdá a pružná automatizace, dělení strojů dle stupně pružnosti. *Lit. [9] str. 10-11, 99-113.*

IV. Konstrukční zásady návrhu polohových servopohonů, regulační pohony

Minimální vůle, maximální tuhost, malé pasivní odpory, přiměřený moment setrvačnosti. Optimální převod. Ztráta pohybu vlivem konečné tuhosti a pasivních odporů. Tuhost mechanických částí, předepnuté a nepředepnuté spojení. Výpočet celkové tuhosti a tlumení kinematické vazby motor – šroub – suport. Hlavní parametry mající zásadní vliv na přesnost řízení a kvalitu pohonu (propustné pásmo, dosažitelné polohové zesílení). Rázová a frekvenční dynamická tuhost. *Lit. [5] str. 9-13, 26-53, [6] str. 82-83, 115-117, [7] str. 78-85, 109-114, [9] str. 70-71, 82-84.*

Distančně: Používané typy pohonů a jejich porovnání. Principy, funkce, provedení. Hlavní výhody a nevýhody elektrických a hydraulických pohonů. Pohony posuvů a vřeten obráběcích strojů, jejich regulační vlastnosti. Speciální motory v servopohonech (lineární, prstencové). *Lit. [4] str. 19-79, 80-84, [5] str. 14-19, [6] str. 12-60, [7] str. 26-50, [9] str. 73-81.*

V. Způsoby řízení pohonů, modelování polohových servomechanismů

Dynamický model polohového servopohonu s rotačním a lineárním motorem, principy a provedení polohové, rychlostní a proudové regulace. Polohová odchylka, odezva na skok rychlosti, odezva na skok zatěžující síly. Dynamické chyby interpolace polohových servomechanismů při lineární a kruhové interpolaci a základní principy jejich kompenzace. Dopředné signály rychlosti a proudu. *Lit. [4] str. 11-18, [6] str. 61-81, [7] str. 14-26, 50-77, 78-85.*

Distančně: Způsob vytváření simulačních schémat jednotlivých prvků obvodu (motor, regulátor, měnič) v prostředí Matlab / Simulink. Provedení polohové, rychlostní a proudové regulační smyčky, dopředné vazby. Přejížděcí a frekvenční charakteristiky, seřízení regulátorů. *Lit. [1] str. 166-174, 180-186, 190-192, [7] str. 33-50, 50-77.*

VI. Základní výpočty strojních částí (cvičení)

Základní výpočty strojního času, rychlosti, řezných sil, výkonu pro obrábění. Návrh a výpočet laděného tlumiče vyvrtávací tyče. Návrh převodového systému, výpočet převodů, návrh ozubených kol, hřídelů, úchytky otáček. Optimalizace uložení vřetena obráběcího stroje. Příklad uložení, výpočet optimální vzdálenosti podpor. *Lit. [13] str. 11-22.*

Distančně: Srovnávací sazba stroje. Konstrukce a výpočet kulisového mechanismu. Konstrukce a výpočet maltézského mechanismu. *Lit. [13] str. 8-10, str. 29-37*

VII. Laboratorní měření elektrických servopohonů, návrh a dimenzování polohového servomechanismu obráběcího stroje (cvičení)

Měření dynamických charakteristik servomechanismu (frekvenční a přechodové charakteristiky v proudové a rychlostní smyčce), identifikace parametrů pohonu, měření rázové dynamické tuhosti, měření polohové odchylky v místě kvadrantových přechodů apod. *Lit. [6] str. 2-11, [7] str. 78-85.*

Zadání semestrální práce „Návrh a dimenzování polohového servomechanismu“. Parametry a vztahy používané při návrhu servopohonů, přepočty zatížení a setrvačných hmot. Redukce hmoty na hřídel motoru. *Lit. [5] str. 54-71, [6] str. 136-140.*

Distančně: Vypracování zadané semestrální práce. Výpočet a volba posuvového šroubu, převodu a motoru, mechanického uspořádání a kontrola dynamických stavů pohonu. Písemné zpracování - výpočty, grafy, atd. *Lit. [5] str. 72-81, [6] str. 136-140.*

B - Doporučená studijní literatura

- [1] KARBAN, Pavel. *Výpočty a simulace v programech Matlab a Simulink*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2006, 220 s. ISBN 80-251-1301-9.
- [2] MAREK, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích strojů III*. Praha: MM publishing, s.r.o., 2014, 684 stran. MM speciál. ISBN 978-80-260-6780-1.
- [3] MENDŘICKÝ, Radomír. *Modelování a identifikace tření u vysoce přesných polohových servomechanismů*. Liberec, 2006. Disertační práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní.
- [4] SKALICKÝ, Jiří. *Elektrické servopohony*. Vyd. 1. Brno: PC-DIR Real, 1999, 86 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-1484-7.
- [5] SKALLA, Jan. *Návrh a dimenzování polohových servomechanismů obráběcích strojů*. Liberec, 1995. Habilitační práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní.
- [6] SOUČEK, Pavel. *Pohony výrobních zařízení: servomechanismy*. Dot. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 1997, 163 s. ISBN 80-01-01159-3.
- [7] SOUČEK, Pavel. *Servomechanismy ve výrobních strojích*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004, 210 s. ISBN 80-01-02902-6.
- [8] MAREK, Jiří. *Design of CNC machine tools*. Prague: MM publishing, 2015, 727 s. MM speciál. ISBN 978-80-260-8637-6.
- [9] ZELENÝ, Jaromír. *Vysokorychlostní obrábění aneb obráběcí stroje a technologie na přelomu století*. Praha. MM Průmyslové spektrum – speciál, červen 2000. 114 s. ISBN 80-85986-19-1.

C – Charakteristika dalších pomůcek pro studenty

- [10] DVD s ukázkami automatizovaných strojů a systémů (např. moderní 5osá obráběcí centra fy Mazak, PVS, PTL, produktivní obrábění, automatická doprava obrobků a nástrojů apod.) (k zapůjčení na katedře).
- [11] Studentům je k dispozici vybavení katedry KSA (laboratoř CNC strojů, laboratoř HPM, programový systém MATLAB/SIMULINK pro modelování dynamiky servomechanismů.
- [12] Elektronická verze skript týkajících se tématu „Výrobní stroje“, <http://www.ksa.tul.cz/pro-studenty/vyucovane-predmety/id:2002/vyrobni-technika>
- [13] Elektronická verze podkladů pro cvičení „Příklady výpočtů strojních částí“, <http://www.ksa.tul.cz/pro-studenty/vyucovane-predmety/id:2002/vyrobni-technika>

D – Rozsah a obsahové zaměření individuálních prací studentů

V rámci předmětu studenti vypracovávají samostatnou semestrální práci na téma:

- Návrh servomechanismu pohonu posuvu obráběcího stroje - volba posuvového šroubu, převodu a motoru, mechanického uspořádání a kontrola dynamických stavů pohonu. Výpočty parametrů pohonů posuvů s ohledem na dobrou funkci polohového řízení.

E – Studijní (distanční) texty pro studenty

Kromě veřejně dostupné literatury uvedené v příloze B jsou studentům k dispozici k zapůjčení materiály, které jsou využívány při konzultacích a soustředěních, manuály k použití programového balíku Matlab/Simulink., skripta, knihy či katalogy firem z fondu knihovny katedry. Na web katedry (<http://www.ksa.tul.cz/pro-studenty/vyucovane-predmety/id:2002/vyrobni-technika>) budou též průběžně umístěny zadání ke cvičením, případně prezentace použité na přednáškách. Pro samostudium je dále možné využít libovolné odborné články ve sbornících, časopisech týkající se probírané problematiky, na které budou studenti průběžně upozorňováni přednášejícími.