

SAPIENZA UNIVERSITA' DI ROMA

Programma dettagliato

del Corso di Meccanica applicata alle macchine I

per gli allievi iscritti al Corso di Laurea in Ingegneria meccanica

A.A. 2006 – 2007

Prof. N.P. Belfiore

Struttura cinematica dei meccanismi. Prime definizioni: elemento cinematica, coppia cinematica. Grado di libertà di una coppia cinematica. Numero di mobilità. Grado di vincolo. Esempi di coppie cinematiche di uso frequente e determinazione del corrispondente grado di libertà e grado di vincolo: coppia rotoidale, coppia prismatica, coppia elicoidale, coppia cilindrica, coppia sferica, coppia piana. Classificazione delle coppie secondo Relaux. Coppie superiori ed inferiori. Coppie in chiusura di forza e in chiusura di forma. Definizione di meccanismo e di catena cinematica. Metodi di rappresentazione di meccanismi e catene cinematiche. Schema funzionale del meccanismo. Rappresentazione poligonale delle catene cinematiche. Rappresentazione di Franke. Cenno all'impiego dei grafi. Matrice delle adiacenze del grafo. Cenni al problema dell'isomorfismo. Formule topologiche per il calcolo dei gradi di libertà dei meccanismi. Formula del Grubler nello spazio e nel piano. Esempio: manovellismo e quadrilatero. Meccanismi a catena aperta e chiusa. Formula di Eulero per il calcolo del numero di circuiti indipendenti. Formula di Kutzbach.

Analisi cinematica. Velocità ed accelerazione di un elemento nella formulazione intrinseca. Cinematica del corpo rigido. Velocità ed accelerazioni di due elementi appartenenti al medesimo corpo rigido. Formula fondamentale della cinematica. Moti relativi. Teorema dei moti relativi. Velocità ed accelerazioni di un elemento rispetto a due diversi sistemi di riferimento in moto relativo. Atto di moto. Centro P_0 delle velocità (centro di istantanea rotazione). Campo delle velocità. Polari del primo ordine. Definizione. Esempio: la polare fissa del moto della biella nel manovellismo. Metodo del trasporto per la determinazione delle polari del primo ordine. Campo delle accelerazioni. Centro K delle accelerazioni. Circonferenza dei flessi. Accelerazione di P_0 e di I : ortogonalità delle polari all'accelerazione di P_0 in P_0 . Dimostrazione della formula di Euler Savary nella seconda espressione: esempi. Euler-Savary (prima espressione): esempi. Circonferenza di stazionarietà. Esempi di applicazione della prima espressione della formula de Euler Savary. Le circonferenze di Bresse nel manovellismo. Individuazione del centro K a partire dalla conoscenza della circonferenza dei flessi, di P_0 e dell'accelerazione di un punto.

Meccanismi con coppie superiori. Teorema di Aronhold Kennedy. Tracciamento del profilo s coniugato da uno σ assegnato, essendo note le polari del moto: metodo dell'inviluppo e delle normali. Metodo dell'epiciclo con curva ausiliaria e traiettoria di punto per il tracciamento simultaneo dei profili coniugati, essendo note le polari e la curva epiciclo. Velocità di strisciamento tra due profili coniugati e velocità u_s ed u_σ . Costruzione grafica per la determinazione del centro di curvatura della traiettoria di un punto M in M medesimo, assegnate le polari. Proprietà dei centri di curvatura dei profili coniugati. Meccanismi equivalenti.

Sistemi articolati. Il quadrilatero articolato: regola del Grashof. Giunti articolati. Giunto di Oldham. Moti cardanici. Giunto di Cardano. Espressione del rapporto di trasmissione. Doppio giunto cardanico.

Statica dei meccanismi. Dinamica nei sistemi in regime stazionario. Equazioni cardinali della statica per il corpo rigido. Corpo soggetto a 2, 3 o 4 forze soltanto. Principio di disgregazione. Principio dei lavori virtuali e sue applicazioni.

Introduzione alla tribologia. Rugosità: profilo nominale; massima altezza superficiale; rugosità media R_a ; parametro di rugosità R_q . Formule di Hertz: contatti puntiformi (raggio a dell'areola, pressione massima di contatto, schiacciamento); contatti lineari (facoltativo). Introduzione all'usura. Usura adesiva. Coefficiente di attrito approssimato nell'ipotesi di usura adesiva. Altri meccanismi di usura. Classificazione fenomenologia dell'usura. Attrito coulombiano. Modelli per il calcolo dell'usura: modello energetico del Reye. Modello di Archard. Tasso di usura = k / H . Modello di usura abrasiva di Archard – Khrushchov.

Attrito nelle coppie cinematiche. Attrito nella coppia rotoidale portante (circonferenza di attrito). Equilibrio statico di una leva con attrito. Attrito nella coppia rotoidale spingente (raggio medio). Attrito volvente per isteresi e ritardo di elasticità: ruota motrice trainante. Attrito di rotolamento dovuto da urti. Cuscinetti volventi. Calcolo a fatica.

Introduzione alla teoria della lubrificazione. Lubrificanti ed additivi. Viscosità. Legge del Petroff. Indice di viscosità V.I. Fluidi Newtoniani. Teoria monodimensionale del Reynolds. Portata Q del fluido nel meato a facce piane parallele: necessità di un meato a spessore variabile. Gradiente delle pressioni in un meato piano convergente. Deduzione della sezione di gradiente nullo. Deduzione del diagramma delle pressioni. Forza sustentatrice, forza tangenziale, retta d'applicazione. Coefficiente di attrito mediato. Lubrificazione idrostatica della coppia rotoidale spingente. Meato costante a tratti (cuscinetti a gradino). Meato ad altezza variabile linearmente. Cuscinetti assiali lubrificati idrodinamicamente. Cuscinetti Michell. Cenni sulla coppia portante lubrificata idrodinamicamente.

Il rendimento meccanico. Lavoro ed energia. Equazione del bilancio energetico in una macchina. Regime assoluto e periodico. Esercizio ideale ed esercizio reale. Definizione del rendimento meccanico. Rendimento dei meccanismi in serie ed in parallelo. Espressioni del rendimento nei sistemi a regime assoluto. Moto retrogrado ed arresto spontaneo. Condizioni per l'arresto spontaneo.

Introduzione agli ingranaggi. Ruote di frizione. Applicazione del metodo dell'epiciclo per la deduzione del profilo dei denti delle ruote dentate con profili ad evolvente. Grandezze fondamentali: interasse, rapporto di trasmissione. diametro delle primitive, angolo caratteristico, passo, modulo e proporzionamento modulare, spessore del dente e vano, arco di accesso, recesso e azione, fattore di ricoprimento. Interferenza nelle ruote dentate e condizioni per ovviare a tale inconveniente.

Introduzione alla dinamica dei meccanismi. Classificazione delle forze: interne – esterne; motrici – resistenti; attive – vincolari. Dinamica dell'elemento. Massa inerziale e gravitazionale e loro equivalenza concettuale. Dinamica del corpo rigido: equazioni cardinali del corpo rigido. Sollecitazioni di inerzia. Applicazione del principio dei lavori virtuali alla dinamica dei meccanismi. Problemi di dinamica dei sistemi di corpi rigidi: problema dinamico diretto e inverso. Esempio: quadrilatero articolato (inverso), pendolo composto (diretto).

Vibrazioni meccaniche. Oscillatore libero smorzato e non. Vibrazioni libere non smorzate. Equazione di equilibrio dinamico. Calcolo della pulsazione propria. Espressione della risposta. Risposta con assegnate condizioni iniziali. Frequenza, periodo e pulsazione. Vibrazioni libere smorzate. Coefficiente di attrito viscoso – parametro di attrito viscoso. Caso coefficiente ipercritico. Caso coefficiente critico. Caso coefficiente sottocritico. Oscillatore smorzato e forzato. Coefficiente di amplificazione dinamica. Angolo di fase. Risonanza. Rappresentazione nel piano complesso. Modelli a parametri concentrati. Riduzione di molle in serie ed in parallelo. Oscillazioni di un sistema puleggia-cavo-massa e calcolo della frequenza propria di vibrazione. Metodo basato sul modello elementare dell'oscillatore libero non smorzato. Metodo del Rayleigh. Pulsazioni torsionali. Pendolo torsionale. Pulsazioni torsionali di sistemi a più gradi di libertà. Pulsazioni torsionali di un albero con due volani ed estremi liberi. Velocità critiche flessionali. Albero con un volano. Autocentrimento. Albero con più masse calettate. Equazione delle frequenze e formula del Dunkerley.

- Esercitazione n. 1.** Dinamica dell'elemento soggetto a una forza variabile. Metodo di integrazione numerico di Bezout e Simpson Cavalieri. Uso del foglio elettronico.
- Esercitazione n. 2.** Analisi cinematica del manovellismo mediante metodo dei diagrammi polari.
- Esercitazione n. 3.** Analisi cinematica del quadrilatero articolato mediante metodo dei diagrammi polari.
- Esercitazione n. 4.** Analisi dinamica di vari meccanismi in equilibrio statico.
- Esercitazione n. 5.** Analisi cinematica del meccanismo con biella-madre e bielletta. Determinazione dei centri di istantanea rotazione nei moti relativi.
- Esercitazione n. 6.** Lubrificazione nel pattino piano ad altezza linearmente variabile.
- Esercitazione n. 7.** Evolvente e cicloide. Studio geometrico e cinematico.
- Esercitazione n. 8.** Calcolo del rendimento in vari meccanismi.
- Esercitazione n. 9.** Applicazione del teorema dei moti relativi. Analisi cinematica di un sistema a camma e di una guida di Fairbairn.
- Esercitazione n. 10.** Geometria delle ruote dentate con profili ad evolvente. Risoluzione del problema dell'interferenza.
- Esercitazione n. 11.** Problema dinamico inverso di un sistema con camma a rullo. Problema dinamico diretto di un pendolo composto con grandi oscillazioni. Problema dinamico diretto di un oscillatore libero smorzato. Integrazione passo-passo e metodo alle differenze finite.
- Esercitazione n. 12.** Velocità critiche flessionali. Equazione delle frequenze e formula del Dunkerley.