

SAPIENZA UNIVERSITA' DI ROMA
Programma del Corso di Meccanica applicata alle macchine
per gli allievi iscritti al Corso di Laurea in Ingegneria aerospaziale
A.A. 2006 – 2007
Prof. N.P. Belfiore
(24 giugno 2007)

Cinematica

Prime definizioni: elemento cinematica, coppia cinematica. Grado di libertà di una coppia cinematica. Numero di mobilità. Grado di vincolo. Esempio 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 di un meccanismo. Rappresentazione poligonale di catene cinematiche. Le catene di Watt e Stephenson. Notazione di Franke. Cenni sulla teoria dei grafi nella classificazione dei meccanismi. FORMULE TOPOLOGICHE PER IL CALCOLO DEI G.D.L. Formula del Grubler nello spazio e nel piano. Formula di Eulero per il calcolo del numero di circuiti indipendenti. Formula di Kutzbach. LA VARIETA' DEI MECCANISMI NELLE APPLICAZIONI. Prima introduzione all'uso dei modellatori solidi per l'analisi cinematica e dinamica dei meccanismi spaziali. Pacchetti software integrati. VELOCITÀ ED ACCELERAZIONE DI UN ELEMENTO NELLA FORMULAZIONE INTRINSECA. VELOCITÀ ED ACCELERAZIONI DI DUE ELEMENTI APPARTENENTI AL MEDESIMO CORPO RIGIDO. Formula fondamentale della cinematica. 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. Polari del primo ordine. Definizione. Costruzione della polare fissa date le traiettorie di due punti. Metodo del trasporto per la costruzione della polare mobile. Il puro rotolamento nel moto relativo tra le polari. SCALE DI RAPPRESENTAZIONE. Scale di rappresentazione dei vettori nel piano. Scale degli spazi. Esempio: rappresentazione del manovellismo

Calcolo della configurazione del manovellismo all'istante considerato. Determinazione del c.d.i.r. METODO DEI POLI. Determinazione della velocità del bottone di manovella A, del piede di biella B, della mezzeria M e del punto di biella generico C. Determinazione delle velocità angolare della biella METODO DEI DIAGRAMMI POLARI Determinazione della traiettoria del punto di biella C.

Determinazione delle polari (fissa e mobile) CAMPO DELLE ACCELERAZIONI Il centro K delle accelerazioni. Esistenza ed unicità. Campo delle accelerazioni.

CIRCONFERENZA DEI FLESSI. velocità di K. accelerazione di P_0 . Circonferenza dei flessi

PUNTI PARTICOLARI. Accelerazione di P_0 e di I in funzione di δ . Ortogonalità delle polari all'accelerazione di P_0 in P_0

FORMULA DI EULER SAVARY 1 E 2. Euler Savary (seconda espressione). Euler-Savary (prima espressione)

ESERCIZI. Tracciamento della circonferenza dei flessi del moto della biella rispetto al telaio

Circonferenza di stazionarietà. Individuazione del centro K a partire dalla conoscenza della circonferenza dei flessi, di P_0 e dell'accelerazione di un punto.

Determinazione del centro di curvatura Ω della traiettoria di un punto M date le polari (costruzione grafica e sua giustificazione).

Coppie superiori

Meccanismi con coppie superiori. Tracciamento del profilo s coniugato da uno σ assegnato, essendo note le polari del moto: metodo dell'involuppo, metodo delle normali. Tracciamento simultaneo dei profili coniugati, essendo note le polari e la curva epiciclo. Metodo dell'epiciclo con curva ausiliaria. Metodo dell'epiciclo con traiettoria di punto

Determinazione delle proprietà dei centri di curvatura dei profili coniugati: tramite circonferenze osculatrici ai profili coniugati, tramite profili ricavati dal metodo dell'epiciclo per traiettoria di punto
Meccanismi equivalenti.

“Moti relativi”.

Teorema dei moti relativi. Teorema di Aronhold Kennedy. Velocità di strisciamento tra due profili coniugati e velocità u_s ed u_σ . Analisi cinematica delle leve oscillanti, leve rotolanti, con il teorema dei moti relativi E il meccanismo equivalente

FACOLTATIVO: Regola del Grashof per il quadrilatero articolato
Modellazione solida 3D.
Atlante dei meccanismi

“Giunti di trasmissione ed altri sistemi articolati”

Tipi di giunti di trasmissione, Giunti rigidi ed elastici (cenni), Giunti articolati, Giunto di Oldham, Moti cardanici, Giunto di Cardano, Espressione del rapporto di trasmissione, Doppio giunto cardanico

“Sistemi articolati - statica – diagrammi polari”

Statica, equazioni cardinali
Corpo soggetto soltanto a 2, o 3, o 4 forze
Principio di disgregazione
Disgregazione di sottoelementi complessi

FACOLTATIVO: Cenni su altri meccanismi articolati Parallelogramma ed

antiparallelogramma, tecnigrafo, pantografo, Inversori: Hart e Peaucellier.

“Introduzione alla tribologia”.

Introduzione all'usura ed all'attrito, Rugosità: profilo nominale; massima altezza superficiale; rugosità media R_a ; parametro di rugosità R_q . Coefficiente di attrito Coulombiano. attrito statico, attrito radente, Formule di Hertz: contatti puntiformi, raggio a dell'areola. pressione massima di contatto, schiacciamento, Contatti lineari (facoltativo). Coefficiente di attrito approssimato nell'ipotesi di usura adesiva. Altri meccanismi di usura (abrasione, erosione, fretting e corrosione, fatica superficiale). Classificazione fenomenologia dell'usura (scuffing, scoring, spalling, case crushing, pitting, galling). Modelli per il calcolo dell'usura: modello energetico del Reye. Modello di Archard. Tasso di usura = k / H

“Attrito nelle coppie. Attrito volvente.”

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 (ritardo di elasticità): ruota motrice trainante. Applicazioni: CUSCINETTI VOLVENTI, RUOTE DI FRIZIONE, interasse, rapporto di trasmissione, diametro delle primitive

“Introduzione alla teoria della lubrificazione”

Lubrificanti ed additivi. Viscosità. Legge del Petroff. 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 sostentatrice, forza tangenziale, retta d'applicazione. Coefficiente di attrito mediato. Meato costante a tratti (cuscinetti a gradino) Meato ad altezza variabile linearmente. Cuscinetti assiali lubrificati idrodinamicamente. Cuscinetti Michell.

FACOLTATIVO: Cenni sulla coppia portante lubrificata idrodinamicamente (SUL TESTO)
FACOLTATIVO: Lubrificazione idrostatica della coppia rotoidale spingente (SUL TESTO)

“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 alla dinamica dei meccanismi”

Classificazione delle forze: Interne – esterne; motrici – resistenti; attive – vincolari; Dinamica dell'elemento; Dinamica del corpo rigido: equazioni cardinali generali; Sollecitazioni di inerzia e riformulazione delle equazioni cardinali; Applicazione del Principio dei lavori virtuali esteso alla dinamica ()

Problemi di dinamica dei sistemi di corpi rigidi

Problema dinamico diretto e inverso.

Esempio: quadrilatero articolato (inverso), pendolo composto (diretto);

Soluzione del problema dinamico diretto mediante integrazione passo-passo delle equazioni differenziali della dinamica.

“Oscillatore armonico libero smorzato e non”

Vibrazioni libere non smorzate, Equazione di equilibrio dinamico, Calcolo della pulsazione propria, Espressione della risposta (con costanti reali A e $-B$) (con costanti reali X e φ),

Risposta con assegnate condizioni iniziali.

Frequenza, periodo e pulsazione.

Vibrazioni libere smorzate, Equazione caratteristica, Coefficiente di attrito viscoso – parametro di attrito viscoso, Caso coefficiente ipercritico, Caso coefficiente sottocritico.

“Vibrazioni forzate e smorzate”

Forzante, Soluzioni particolare e del sistema omogeneo, Soluzione nel campo complesso, Coefficiente di amplificazione dinamico (numeri complessi), Fase, Diagrammi vettoriali, Zone quasi statica, di risonanza e sismografica.

Vibrazioni flessionali;

velocità critiche flessionali ad un g.d.l., Autocentrimento

Pulsazioni torsionali

Pendolo torsionale.

Sistemi con n g.d.l.

Cenni

Metodo del Rayleigh;

Esempi: Massa molla oscillatore, Massa carrucola.

Coefficiente di trasmissibilità

RUOTE DENTATE.

PROFILI AD EVOLVENTE: angolo caratteristico, passo, modulo e proporzionamento modulare, spessore del dente e vano, arco accesso recesso e azione, fattore di ricoprimento, interasse, rapporto di trasmissione, angolo caratteristico, modulo, verifica della continuità del moto; profili ribassati e i profili corretti, interferenza in accesso e interferenza in recesso, elementi geometrici delle dentature, lunghezza della linea di ingranamento, dell'arco di azione e la verifica della continuità del moto; velocità di strisciamento nei punti di accesso e recesso. INTERFERENZA. MEZZI PER OVVIARE AL PROBLEMA DELL'INTERFERENZA

ESERCITAZIONI

ATTENZIONE: Le esercitazioni sono parte integrante del presente programma.