

# **Ing. Meccanica**

**Disciplina:** 0065274 **AZIONAMENTI OLEODINAMICI E PNEUMATICI** ING-IND/14

**Corso di Studio:** IME **Crediti:** 6 **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** BRACCIALI ANDREA P2 ING-IND/14 **Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

---

Introduzione. Caratteristiche della pneumatica. Impieghi dell'aria compressa. Differenze fra pneumatica e oleoidraulica. Classificazione dei dispositivi pneumatici. Descrizione dei principali simboli ISO. Caratteristiche generali dei gas. Efflusso dei gas. Velocità dell'efflusso e velocità del suono

La compressione dell'aria, tipi di compressori: a pistoni, a palette a lobi, a vite, cenno sui turbocompressori, regolazione dei compressori, scelta del tipo di compressore per vari utilizzi.

Trattamento dell'aria compressa, filtraggio, deumidificazione, lubrificazione, i gruppi FRL, immagazzinaggio dell'aria compressa, dimensionamento dei serbatoi, reti di distribuzione, esempi di distribuzione in linea ad anello e in parallelo.

Raccordi per tubi metallici, Collegamenti flessibili, dimensionamento delle reti, perdite di carico distribuite e concentrate, determinazione del diametro dei tubi, classificazione degli attuatori, i cilindri pneumatici, caratteristiche costruttive, ammortizzatori di fine corsa, cilindri in particolari condizioni di lavoro, fissaggio dei cilindri.

Dimensionamento dei cilindri, forza statica, forza trasversale, forza dinamica, carico di punta, consumo di aria, Attuatori lineari a trascinamento magnetico e con fenditura, attuatori rotativi a cremagliera e a pamola, attuatori speciali, unità guida con cilindri interni ed esterni, pinze pneumatiche, unità di traslazione e rotazione, tavole rotanti, unità aria-olio, moltiplicatori di pressione, unità di avanzamento oleopneumatiche, cenno sugli ammortizzatori oleoidraulici.

Valvole di controllo della direzione, tipi funzionali, tipi costruttivi, comando delle valvole, Servopilotaggio, comandi manuali, meccanici, pneumatici, elettrici, montaggio delle valvole, collegamenti singoli in batteria e fieldbus, dimensionamento delle valvole, calcolo analitico e grafico.

Valvole di regolazione della portata, tipi e varietà costruttive, dimensionamento dei regolatori di portata, Valvole riduttrici di pressione, impiego dei riduttori di pressione, dimensionamento dei riduttori di pressione, valvole ad autocommutazione, valvole unidirezionali, valvole di scarico rapido, valvole sequenziali, valvole selettive, valvole temporizzatrici, i silenziatori.

Tecnica proporzionale, azionamento, attuatori, sensore - trasduttore, elemento di comparazione, elemento di elaborazione ed amplificazione, controllo proporzionale della pressione, impieghi controllo proporzionale della pressione, controllo proporzionale della portata e impieghi, controllo proporzionale della posizione, posizionamento servopneumatico, esempi di costruzione dei circuiti e relativa simulazione al PC.

Caratteristiche dei sistemi oleoidraulici: definizioni, schema rappresentativo di un circuito oleoidraulico, grandezze fondamentali e unità di misura, tabelle di conversione, proprietà dei fluidi utilizzati in oleoidraulica, attrito interno e viscosità, moto dei fluidi, laminare o turbolento, il numero di Reynolds, le perdite di carico distribuite e concentrate, classificazione e caratteristiche dei fluidi idraulici, la viscosità in funzione della temperatura, potere lubrificante e proprietà antiusura, l'inflammabilità.

Le pompe, caratteristiche generali, pompe volumetriche e non volumetriche, diagramma delle caratteristiche, portata e rendimento volumetrico, il rendimento meccanico, rendimento globale e potenza di una pompa. Le pompe a ingranaggi: esterni ed interni, le pompe a vite, pompe a palette, pompe a pistoni e pompe a pistoni radiali, pompe a pistoni assiali, pompe a pistoni assiali con piastra inclinata e con blocco cilindri fisso allineato, pompe a piastra inclinata con blocco cilindri rotante allineato, pompe a pistoni assiali con blocco cilindri inclinato. La regolazione della cilindrata, regolatore a potenza costante, regolatore a pressione costante. La durata delle pompe.

Attuatori, cilindri, caratteristiche generali e tipologie, parametri per il dimensionamento, carico di punta. Frenatura, stima della velocità finale. Attuatori rotativi. Motori, caratteristiche meccaniche coppia, velocità, potenza, curve caratteristiche. Tipologie costruttive, ingranaggi, palette, cilindri assiali, orbitali.

Regolazione a potenza costante del motore a cilindrata variabile. Motori a pistoni radiali fissi, a pistoni radiali. Valvole per il controllo della direzione, intercettazione. Distributori rotativi, a sede ed a cassetto. Esempi di applicazione. Ricoprimento nei distributori a cassetto, azionamento, manuale, pneumatico, oleodinamico, elettrico diretto ed indiretto. Tipi di pilotaggio nei distributori ad azionamento elettrico indiretto.

Valvole a cartuccia, struttura e funzionamento, funzioni realizzabili in funzione dei diversi collegamenti attuabili, valvola di non ritorno pilotata in un senso o nell'altro, valvola di intercettazione, distributore 4/2. Valvole limitatrici di pressione (caratteristica  $D_p Q$ ), valvole limitatrici pilotate, valvole regolatrici di pressione. Strozzatori, dipendenza della portata dal  $D_p$ , regolatori di flusso, adattamento al  $D_p$ . Valvole di non ritorno pilotate.

Accumulatori, cenni alle tipologie costruttive, pistone, diaframma, sacca. Stima del volume utile in funzione del ciclo di funzionamento. Valutazione del legame tra il rapporto delle pressioni massima e minima, il volume utile ed il volume massimo del gas. Considerazioni sulla potenza dissipata e sul suo smaltimento.

Esempi di circuiti oleodinamici. Esempio di trasmissione con circuito chiuso e reintegro dell'olio. Tecnica proporzionale, schema logico, elettronica, amplificazione attuatore elettromeccanico valvola attuatore oleodinamico ed eventuale retroazione. Solenoide proporzionale schema e caratteristica. Distributore proporzionale bistadio, caratteristica ingresso portata perdita di pressione. Valvola limitatrice di pressione proporzionale, schema caratteristica ingresso pressione con e senza retroazione. Valvola di controllo portata schema, caratteristica ingresso portata con e senza retroazione. Servovalvola, schema di servovalvola bistadio, curve caratteristiche, portata ingresso, pressione ingresso, risposta in frequenza, portata perdite di pressione.

**Disciplina:** 11225663 **BIOINGEGNERIA ELETTRONICA**

ING-INF/06

**Corso di Studio:** **IME** IEL

**Crediti:** 6 **Tipo:** C

**Note:** BARONI 3 CFU

**Docente:** **BARONI MAURIZIO**

RC ING-INF/06

**Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Ingegneria Elettron. e delle Telecom.

---

---

**Disciplina:** 11223335 **BIOINGEGNERIA INDUSTRIALE**

ING-IND/34

**Corso di Studio:** IME IEL

**Crediti:** 6 **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** CORVI ANDREA

P1 ING-IND/34

**Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

---

Bioingegneria Industriale: approcci, metodi; aree di interesse e di sviluppo.

Richiami di anatomia degli arti inferiori

Introduzione alla Biomeccanica: Statica, cinematica e dinamica dei segmenti corporei

Antropometria: Masse e baricentri e momenti di inerzia.

Contrazione muscolare

Analisi del movimento:

sistemi di acquisizioni di grandezze cinematiche,

Biomeccanica del passo,

Misura azioni suolo/piede

Valutazione delle azioni agenti nei muscoli, articolazioni, segmenti ossei.

Biomeccanica dell'anca

Biomeccanica del ginocchio

Biomeccanica della mano

Protesi d'anca

Protesi di ginocchio

Ingegneria della riabilitazione: problematiche, metodi, strumenti

Il sistema circolatorio: Il cuore, sistema arterioso e sistema venoso

Biomeccanica nello sport: problematiche, metodi, strumenti

**Disciplina:** A000071 **CALCOLO DELLE PROBABILITA' E STATISTICA** MAT/06

**Corso di Studio:** **IME** MEL MEM ENM **Crediti:** 6 **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** **ANICHINI GIUSEPPE** P1 MAT/05 **Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Matematica Applicata "G.Sansone"

---

**Disciplina:** B002372 **CALCOLO NUMERICO**

MAT/08

**Corso di Studio:** IME

**Crediti:** 6 **Tipo:** B

**Note:**

**Docente:** MORANDI ROSSANA

P1 MAT/08

**Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. di Energetica "S.Stecco"

---

#### {1} CONCETTI GENERALI

- Condizionamento
- Stabilità
- Algoritmi

#### {2} ANALISI DELL'ERRORE

- Rappresentazione in base di numeri interi e reali
- Algoritmi di conversione
- Numeri di macchina
- Operazioni di macchina

#### {3} EQUAZIONI NON LINEARI

- Bisezione, Corde, Regula Falsi, Secanti e Tangenti:  
descrizione ed analisi dei metodi.
- Criteri di arresto
- Ordine di convergenza

#### {4} SISTEMI LINEARI

- Condizionamento
- Metodi diretti per la soluzione di sistemi lineari:  
descrizione ed analisi della fattorizzazione
- Metodo di Gauss; stabilità e strategie di pivot
- Metodi Iterativi: Jacobi, Gauss Seidel

#### {5} INTERPOLAZIONE ED APPROSSIMAZIONE

- Il problema dell'interpolazione polinomiale
- Interpolazione di Lagrange: forma di  
Lagrange e di Newton del polinomio interpolante
- Espressione dell'errore
- Funzioni splines
- Il problema della migliore approssimazione polinomiale ai minimi quadrati nel  
discreto

#### {6} FORMULE DI QUADRATURA

- Formule interpolatorie
- Formule composte
- Cenni sulla convergenza e stabilità

#### {7} INTRODUZIONE AL LINGUAGGIO MATLAB

**Disciplina:** 0065313 **COSTRUZIONE DI MACCHINE**

ING-IND/14

**Corso di Studio:** IME

**Crediti:** 9 **Tipo:** A

**Note:** CAPITANI 4 CFU, PIERINI 5 CFU

**Docente:** PIERINI MARCO

P2 ING-IND/14 **Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

---

Progetto meccanico e relative metodologie

Considerazioni sulle verifiche a resistenza e a rigidezza

Materiali impiegati nelle costruzioni meccaniche

Progetto e verifica in condizioni di carichi statici

Progetto e verifica in condizioni di carichi affaticanti

Alcuni argomenti strutturali di interesse per le costruzioni meccaniche:

-) travi di grande curvatura

-) contatti hertziani

-) componenti in pressione

-) elementi rotanti

Elementi delle macchine:

-) collegamenti chiodati

-) collegamenti saldati

-) collegamenti per forzamento

-) incollaggi

-) progetto e verifica di perni, assi e alberi

-) collegamenti smontabili: chiavette, linguette, spine, scanalati

-) collegamenti con viti

-) viti di manovra

-) molle: barra di torsione, molla ad elica

-) ruote dentate: ruote cilindriche e coniche a denti diritti ed elicoidali, coppia vite senza fine - ruota elicoidale

-) cinghie piane, tonde, trapezoidali e poly-v, cinghie dentate

-) catene di trasmissione

-) cuscinetti di strisciamento

-) cuscinetti di rotolamento



**Disciplina:** 44455566 **ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE** ING-IND/35  
**AZIENDALE**

**Corso di Studio:** IME IGE MEM **Crediti:** 6 **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** VISINTIN FILIPPO RL ING-IND/35 **Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. di Energetica "S.Stecco"

---

Modulo 1: Il bilancio e le informazioni di natura economico-finanziaria

Introduzione al bilancio.

I concetti fondamentali e lo stato patrimoniale

I cambiamenti nello stato patrimoniale e la misurazione del reddito

I sistemi contabili e le modalità di contabilizzazione

I ricavi e le attività monetarie

Il conto economico e la misurazione dei costi

Rimanenze e costo del venduto

Le attività immobilizzate e l'ammortamento

Le Passività e il Capitale Netto

Il rendiconto finanziario

L'analisi del bilancio

Il bilancio civilistico

Modulo 2: Elementi di matematica finanziaria.

Modulo 3: Il ruolo dell'impresa.

Il ruolo dell'impresa nella società e nel sistema economico-finanziario

Il valore economico dell'impresa

Modulo 4: La valutazione degli investimenti.

I criteri di valutazione e scelta degli investimenti

La valutazione degli investimenti con il criterio del Net Present Value

Modulo 5: L'analisi dei costi.

Costi fissi e variabili ed analisi Costi-Volumi-Risultati

Costi diretti, indiretti e costo pieno

**Disciplina:** 12233333 **ELEMENTI DI STRUMENTAZIONE** ING-INF/06  
**BIOMEDICA**

**Corso di Studio:** **IME** BMS IEL **Crediti:** 6 **Tipo:** C

**Note:** IME = ELEM.DI STRUMENTAZIONE BIOM. dori 2 cfu iadanza 2 cfu

**Docente:** **DORI FABRIZIO** CRE **Copertura:** CRETR

**Ente appartenenza:** Dip. Ingegneria Elettron. e delle Telecom.

---

---

---

**Disciplina:** 4857938 **ELETTROTECNICA**

ING-IND/31

**Corso di Studio:** IME MEL

**Crediti:** 6 **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** PICCIRILLI MARIA CRISTINA P2 ING-IND/31 **Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Ingegneria Elettron. e delle Telecom.

---

Grandezze elettriche fondamentali. Teoria dei Circuiti e suoi limiti di applicabilità. Leggi di Kirchhoff. Componenti passivi. Connessioni serie e parallelo di componenti. Partitore di tensione e di corrente. Trasformazioni stella-triangolo. Principio di sovrapposizione degli effetti. Teoremi di Millman, Thevenin, Norton. Metodi di analisi su base maglie e nodi. Generatori controllati. Trasformatore ideale. Analisi di circuiti nel dominio del tempo. Analisi mediante soluzione di equazioni differenziali. Risposta transitoria e risposta permanente. Calcolo della risposta a regime con eccitazioni costanti. Valore efficace. Fasori. Circuiti equivalenti nel dominio dei fasori. Risposta in frequenza. Risposta in ampiezza e risposta in fase. Circuiti risonanti serie e parallelo. Coefficiente di risonanza. Larghezza di banda. Potenza attiva, fattore di potenza, potenza reattiva, potenza apparente e potenza complessa. Triangolo delle potenze. Conservazione della potenza complessa. Rifasamento. Teorema del massimo trasferimento di potenza. Analisi di sistemi trifase simmetrici ed equilibrati, simmetrici e non equilibrati, con e senza filo neutro. Rifasamento di carichi trifase. Potenza nei sistemi trifase. Induttori mutuamente accoppiati. Trasformatore.

**Disciplina:** 11233698 **ENERGIA E AMBIENTE (modulo A)**

ING-IND/08

**Corso di Studio:** **IME** IAT ENM

**Crediti:** 3 **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** **MANFRIDA GIAMPAOLO**

P1 ING-IND/08

**Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. di Energetica "S.Stecco"

---

1) Richiami sulla tipologia delle emissioni inquinanti dai sistemi di conversione dell'energia. Emissioni caratteristiche di impianti a vapore, turbine a gas e motori volumetrici a combustione interna. Emissioni da traffico veicolare. Inquinanti primari e secondari. Inquinanti in traccia. Esame della normativa italiana ed europea sulle emissioni inquinanti, con riferimento ai valori guida per la qualità dell'aria.

2) Combustibili tecnici. Poteri calorifici, calcolo di reagenti e prodotti. Legislazione sui combustibili. Combustione in letto fluido: letti bollenti e circolanti. Vantaggi tecnici, problematiche operative, emissioni inquinanti.

3) Effetto serra e contenimento delle emissioni di anidride carbonica. Dimensioni del problema. Commercio delle emissioni. Protocollo di Kyoto. Cenni alle soluzioni per la cattura e lo stoccaggio dell'anidride carbonica.

4) La misura delle emissioni gassose e di particolato. Conversione tra unità di misura volumetriche, di massa ed energetiche. Analizzatori di gas e loro principio di funzionamento. Analizzatori NDIR, FID, CL, polarografici e paramagnetici. Gascromatografo. Analizzatori FTIR e DOAS.

5) Rimozione del particolato. Efficienza di rimozione. Distribuzioni di granulometria. Equilibrio dinamico delle particelle di piccole dimensioni. Cicloni, principio fisico di funzionamento. Metodologia approssimata di dimensionamento. Perdita di pressione nei cicloni. Multicicloni, cicloni a umido. Descrizione dei sistemi di depolverazione con filtri elettrostatici ed a manica.

6) Dispersione delle emissioni gassose e di particolato. Stabilità dell'atmosfera, inversioni al suolo ed in quota. Equazioni caratteristiche della diffusione. Modelli diffusionali gaussiani, esempi applicativi. Risalita dei pennacchi. Modellistica fisica in galleria del vento.

**Disciplina:** 1123333 **ENERGIA E AMBIENTE (modulo B)** ING-IND/09

**Corso di Studio:** **IME** IAT ENM **Crediti:** 3 **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** **DE LUCIA MAURIZIO** P1 ING-IND/09 **Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. di Energetica "S.Stecco"

---

**Disciplina:** N296IAT **ENERGIE RINNOVABILI/COMBUSTORI INDUSTRIALI C.I.**

ING-IND/09

**Corso di Studio:** IME IAT ENM

**Crediti:** 3 **Tipo:** A

**Note:** .

**Docente:** CHIARAMONTI DAVID 25U

**Copertura:** CRETR

**Ente appartenenza:** Dip. di Energetica "S.Stecco"

---

1-Introduzione

QUADRO GENERALE:

Descrizione del corso

Il panorama energetico presente Europeo e Nazionale

Le emissioni di CO2 e gas serra

Il mercato delle rinnovabili.

Cenni ai sistemi di incentivazione e supporto.

2-Altre Rinnovabili:

Impianti mareomotori, geotermia

3-Energia eolica

Energia Eolica:

Principi funzionamento.

Stima della risorsa.

Principali tipologie di impianti

Minieolico. Valutazioni anemologiche e micrositing

Impatto ambientale energia eolica

4-Idroelettrico

5-Sistemi Informativi Territoriali GIS-Biomassa

6-Biomassa-Intro e combustione

Introduzione alla filiera ed alle tecnologie di conversione

Caratterizzazione chimico-fisica delle biomasse

Combustione e co-combustione: tecnologie, impianti. Impatto ambientale

Pirolisi: processo, tecnologie e soluzioni impiantistiche

Digestione Anaerobica

Biocombustibili

Gassificazione: processo, tecnologie e soluzioni impiantistiche. Esercitazione

Dimensionamento-reazioni

7-Solare

Introduzione: la Radiazione Solare. Il Solare Termico

Il Solare Fotovoltaico

Cenni di solare termodinamico. Esercitazione dimensionamento

impianto ST e FV

---

**Disciplina:** 0065058. **FONDAMENTI DI AUTOMATICA**

ING-INF/04

**Corso di Studio:** **IME** BMS ETL INL INE

**Crediti:** 6 **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** **BASSO MICHELE**

RC ING-INF/04

**Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Sistemi e Informatica

---

---

**Disciplina:** N119IME **GESTIONE INDUSTRIALE DELL'ENERGIA** ING-IND/09

**Corso di Studio:** IME IAT ENM **Crediti:** 6 **Tipo:** A

**Note:** .

**Docente:** CARNEVALE ENNIO ANTONIO P1 ING-IND/09 **Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. di Energetica "S.Stecco"

---

Settori industriali ad alta intensità energetica.

Richiami di termodinamica e Termotecnica. Scambi termici. Scambiatori di calore.

Generatori termici a tubi di fumo, tubi di acqua, ad olio diatermico, prestazioni e caratteristiche. Caldaie a recupero.

Impianti con fluidi termovettori (vapore, acqua surriscaldata, olio diatermico).

La gestione dei sistemi energetici. Tecniche di monitoraggio e controllo. Aspetti economici. Analisi dei vari costi

(combustibile, mano d'opera, ammortamenti ecc.). Cenni alla manutenzione programmata.

Struttura dei consumi energetici in alcuni processi industriali (Carta, vetro, concerie, laterizi, industrial tessile).

Ottimizzazione dell'uso di energia. Possibilità di impiego della produzione combinata di energia elettrica, termica e

frigorigena.

Prospettive di uso delle fonti rinnovabili. Energy Accountig e Energy Auditing. Problematiche di impatto ambientale.

Norme e regolamentazioni.



**Disciplina:** N242IME **IMPIANTI INDUSTRIALI**

ING-IND/17

**Corso di Studio:** **IME** IGE INE

**Crediti:** 6 **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** **BANDELLONI MARTINO**

ROT ING-IND/17

**Copertura:** CONCS

**Ente appartenenza:** Dip. di Energetica "S.Stecco"

---

**Disciplina:** N103IMEA **MACCHINE (A-L)**

ING-IND/08

**Corso di Studio:** IME

**Crediti:** 6 **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** ARNONE ANDREA

P1 ING-IND/09

**Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. di Energetica "S.Stecco"

---

ELEMENTI DI TURBOMACCHINE:

- Esempi di turbomacchine, triangoli di velocità, bilanci energetici, lavoro, equazione energia
- Turbomacchine multistadio, canale meridiano, scalatura aerodinamica, coefficienti di carico e portata, curve caratteristiche di stadio

COMPRESSORI ASSIALI:

COMPRESSORI CENTRIFUGHI:

TURBINE A GAS:

ELICHE:

PROPULSIONE AEREA:

TURBINE A VAPORE:

TURBINE IDRAULICHE:

POMPE:

**Note:**

- 
1. Elementi di Turbomacchine: Esempi di turbomacchine
    - Triangoli di velocità
    - Bilanci energetici, lavoro, equazione energia
    - Turbomacchine multistadio, canale meridiano
    - Considerazioni sulle velocità
    - Scalatura aerodinamica
    - Coefficienti di carico e portata
    - Variazioni di portata, portata massima
    - Grado di reazione
    - Scalatura dinamica, numero di Reynolds
    - Curve caratteristiche di stadio
  2. Macchine assiali
    - a. La turbina assiale a gas
      - Lo stadio di turbina
      - Turbine industriali
      - Turbine aeronautiche
    - b. La turbina a vapore - Caratteristiche del vapore
      - Campi di applicazione
      - Caratteristiche costruttive
      - Tipologia di turbine
      - Tipologia di stadi
      - Regolazione
    - c. Compressori assiali:
      - Palettature dei compressori assiali
      - Triangoli di velocità, carico, diffusione, Stallo
      - Accoppiamento stadi e caratteristiche di funzionamento
  3. Macchine Radiali
    - a. Compressori centrifughi:
      - Compressori centrifughi singolo stadio e multistadio
      - Giranti centrifughe, caratteristiche, curve di funzionamento
      - Diffusori, caratteristiche, curve di funzionamento
    - b. Turbine centripete
  4. Apparat Propulsivi: Eliche - Caratteristiche generali
    - Bilancio di quantità di moto
    - Rendimento di propulsione
    - Coefficienti aerodinamici
    - Curve caratteristiche
    - Generalità sulla propulsione aerea
    - Turboelica, turbofan, turbogetto
    - Tipologie, prestazioni e caratteristiche
    - Postcombustione ed inversione della spinta
    - Intakes
    - Prop-fan
  5. Macchine idrauliche
    - a. Pompe, Assiali-Centrifughe
      - Potenza e rendimenti
      - Numero di giri specifico
      - Curve caratteristiche
      - Cavitazione
    - b. Turbine idrauliche:
      - Equazione energia per macchine idrauliche
      - Potenza e rendimenti
      - Numero di giri specifico, classificazione
      - Turbine Pelton

- Turbine Francis
- Turbine Kaplan
- 6. Combustione :Richiami di chimica e termodinamica
  - Grandezze termochimiche fondamentali per le miscele di gas perfetti
  - Richiami di termodinamica, entalpie di formazione , potere calorifico
  - Classificazione dei combustibili tecnici
  - Combustibili gassosi, liquidi e solidi
  - Aspetti fluidodinamici delle fiamme
  - Fiamme premiscelate e diffusive
  - Stabilità della combustione
  - Emissioni inquinanti (incombusti, NOX, CO)
  - Unità di misura e normative
- 7. Camere di combustione TG- Cenni
- 8. Generatori di vapore
  - Classificazione generatori di vapore a tubi di fumo a tubi d'acqua
  - Circuito acqua-vapore
  - Caldaie a circolazione naturale
  - Caldaie a circolazione assistita e forzata
  - Circuito aria-fumi- · Combustione
  - Preriscaldatori dell'aria - Tiraggio
  - Esempi di generatori
  - Scambio termico nei generatori di vapore
  - Corrosione e incrostazioni
  - Emissioni inquinanti (Sox Nox articolato, CO)

**Disciplina:** N279IME **MISURE E DIAGNOSTICA INDUSTRIALE**

ING-IND/14

**Corso di Studio:** IME

**Crediti:** 6 **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** REALE SERGIO

P1 ING-IND/14

**Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

---

Valutazione del comportamento meccanico strutturale di organi o componenti di macchine

La tecnica estensimetrica: la misura delle deformazioni, gli estensimetri elettrici a resistenza; tipi di estensimetri elettrici e loro modalità di scelta; installazione degli estensimetri elettrici, ponte di Wheastone; strumentazione; normative per la utilizzazione degli estensimetri elettrici, analisi dei risultati delle misure con estensimetri elettrici.

Valutazione della difettosità in organi o componenti di macchine: i controlli non distruttivi;

Il metodo ultrasonoro: gli ultrasuoni, le sonde; la catena di misura per i rilievi con ultrasuoni; calibrazione, esecuzione dei rilievi; identificazione, caratterizzazione, localizzazione e dimensionamento di un difetto; interpretazione dei risultati; prescrizioni per la accettazione / rigetto di una struttura difettata.

**Note:**

Concetto di media e di varianza. Distribuzione di probabilità. Errori casuali e bias, classificazione e valutazione degli errori di misura. La propagazione dell'errore nelle misure non ripetitive. Esempi applicativi.

Analisi dei campioni digitali. Costruzione della media e del valore rms della fluttuazione. Spettri di potenza.

Autocorrelazione di un segnale. Analisi bicanale: spettri e correlazioni incrociati. Significato fisico dell'analisi spettrale. Filtri analogici e digitali.

Richiami di concetti da altri corsi in termini di:

- Nozioni di estensimetria: Misure di forza, spostamenti e deformazioni.
- Misura della coppia
- Misure di deformazione, sforzi e tensioni
- Misure di velocità e accelerazioni
- Rumore

Sistemi di misura e misure di:

Pressione: Esecuzione delle prese, influenza delle linee di trasmissione. Manometri e trasduttori.

.Minimizzazione dell'errore di misura. Sensori di temperatura: termocoppie, termoresistenze, termistori.

Portata: contatori, dispositivi a strozzamento, sensori magnetici, ad ultrasuoni, ad effetto Coriolis, vortex-shedding.

Velocità/turbolenza: sonde pneumatiche, anemometria a filo caldo, velocimetria laser.; tecniche descrittive della turbolenza.

Utilizzo di strumenti elettrici comuni di misura: voltmetri digitali, oscilloscopi, filtri, generatori di segnali, ponti estensimetrici, frequenzimetri

Criteri di similitudine per l'analisi delle prove e la riduzione a condizioni standard dei risultati nonche i criteri base e le normative, ove reperibili, per il loro collaudo di:

Pompe: circuiti di prova; determinazione delle prestazioni; prove di cavitazione; spinte assiali, problemi e collaudo.

Compressori: circuiti e definizione delle classi di prova, problemi e collaudo.

Turbine a vapore: problemi e collaudo.

Gruppi turbogas: problemi e collaudo.

Motori a combustione interna alternativi problemi e collaudo

Generatori di vapore e caldaie a recupero: Determinazione del rendimento. Metodi diretti ed indiretti. Stima delle perdite. Problemi e collaudo

Generici Impianti termo-fluido-meccanici di servizio: Problemi e collaudo

**Disciplina:** P498IME **QUALITA, AFFID. E SICUREZZA DELLE** ING-IND/14  
**COSTRUZ. MECCANICHE**

**Corso di Studio:** IME MEM **Crediti:** 6 **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** CITTI PAOLO P1 ING-IND/14 **Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

---

Nella progettazione delle costruzioni meccaniche, sono tre gli aspetti fondamentali di cui l'ingegnere, oggi, deve tenere conto:

- La qualità
- L'affidabilità
- La sicurezza

Qualità, Affidabilità e Sicurezza sono materie strettamente connesse in quanto l'assenza di non conformità nel prodotto, obiettivo primo di ogni Sistema di Qualità, significa assenza di guasti, caratteristica di un prodotto affidabile, che soddisfa il cliente e limita i rischi connessi al malfunzionamento del prodotto, rendendolo sicuro.

Qualità significa prima di tutto soddisfazione del cliente, ma anche progettazione nell'ottica del miglioramento continuo dei processi aziendali

Il corso tratta quindi:

- La storia della qualità
- La garanzia e la certificazione della qualità:ISO 9000
- L'analisi della qualità
- Premi e modelli di eccellenza:EFQM, Deming, Baldrige
- Il miglioramento della qualità:Sei Sigma, Robust Design

Sia le normative che i modelli di eccellenza sottolineano l'importanza in un sistema di qualità dell'approccio per processi e del miglioramento continuo; in questa ottica sono fondamentali:

- Gli strumenti della qualità
- Strumenti per la misura del processo (Istogramma e diagramma di Pareto, QFD, etc.)
- Strumenti per l'analisi del processo (Capacità del processo,
- Strumenti per il miglioramento e il controllo del processo (carte di controllo,...)

L'affidabilità è la probabilità che un prodotto sia funzionante dopo un certo periodo di tempo; è quindi un concetto strettamente legato al guasto e ha conseguenze sia dal punto di vista della qualità, in quanto il malfunzionamento del prodotto implica l'insoddisfazione del cliente, che della sicurezza, perché un prodotto con una bassa affidabilità può generare rischi per l'utilizzatore.

L'affidabilità come scienza si è sviluppata grazie alla statistica, necessaria per la valutazione numerica della probabilità di guasto (inaffidabilità) di un prodotto a partire dai dati raccolti.

Il corso tratta quindi:

- Analisi affidabilistica:le funzioni Affidabilità  $R(t)$  e Inaffidabilità  $F(t)$ ; densità di guasto  $f(t)$  e tasso di guasto  $I(t)$ ;
- Andamento del tasso di guasto nel tempo: le curve Bath tub ; MTTF, MTBF e tempo di missione; Densità di probabilità di guasto: Distribuzione normale (di Gauss), Distribuzione esponenziale, Distribuzione di Weibull;
- Campionamento nel caso di distribuzione normale, esponenziale e di Weibull;
- Affidabilità dei sistemi: Dal prodotto al sistema: schematizzazione dei sistemi mediante diagrammi a blocchi; affidabilità dei sistemi in serie, in parallelo e in stand-by; Teorema di Bayes

Nell'ottica del Design for Reliability (Progettazione per l'affidabilità) il corso tratta:

- Progettazione dell'affidabilità del prodotto: Tecniche FMEA e FMECA
- Analisi preventiva dell'affidabilità di un sistema meccanico: FTA
- Probabilistic Design
- Sperimentazione prototipi (prove accelerate)

Il corso tratta inoltre la Sicurezza da due punti di vista:

- Sicurezza delle macchine: Direttive sociali e di prodotto, Direttiva Macchine e marcatura CE (Manuale di Istruzioni, Analisi dei rischi delle macchine)
- Sicurezza negli ambienti di lavoro: 626

**Note:**

1 Cinematica di manipolatori

1.1 Metodi per la rappresentazione dell'orientazione: matrici di rotazione, angoli di Euler ZYZ, Rappresentazione asse-angolo

1.2 Matrici di trasformazione omogenea

1.3 Il metodo di Denavit-Hartenberg applicato a cinematici seriali

1.2 Cinematica diretta ed inversa di manipolatori.

2 Cinematica differenziale e statica

2.1 Jacobiano geometrico, jacobiano analitico e loro calcolo.

2.2 Soluzione del problema statico di un manipolatore con il principio dei lavori virtuali e la trasposta dello jacobiano.

2.3 Singolarità cinematiche e loro studio

2.4 Analisi della ridondanza

2.5 Inversione della cinematica differenziale

e relativi algoritmi

2.6 Ellissoidi di manipolabilità

3 Dinamica

3.1 Problema dinamico diretto e problema dinamico inverso

3.2 Equazioni di Lagrange per sistemi olonomi e loro applicazione a semplici sistemi a 1 o 2 DOF.

3.3 Applicazione delle equazioni di Lagrange alla determinazione della dinamica inversa di un manipolatore.

3.4 Proprietà del modello dinamico dei manipolatori

3.5 Identificazione dei parametri dinamici

3.6 Modello dinamico nello spazio operativo

4. Pianificazione di traiettorie

4.1 Percorso geometrico e traiettoria

4.2 Traiettorie nello spazio dei giunti

4.3 Traiettorie nello spazio operativo

5. Controllo del movimento

5.1 Controllo nello spazio dei giunti e nello spazio operativo

5.2 Classificazione: controllo centralizzato e decentralizzato

5.3 Controllo indipendente al giunto

5.4 Controllo con compensazione in avanti a coppia calcolata

5.5 Controllo centralizzato

5.6 Controllo nello spazio operativo

5.7 Confronto tra le varie tecniche di controllo

Elenco degli argomenti oggetto di esercitazioni

1. Richiami di algebra lineare

Matrici - Vettori - Trasformazioni lineari - Autovalori e autovettori - Forme bilineari e quadratiche - Pseudoinversa - Decomposizione ai valori singolari

2. Dinamica

Calcolo del modello dinamico per alcune strutture di manipolatori con il metodo di Lagrange

3. Pianificazione di traiettorie

Algoritmi di generazione di traiettorie con leggi orarie paraboliche, cubiche, quintiche, spline

4. Controllo del moto libero



Confronto tra algoritmi di controllo del movimento di tipo centralizzato e decentralizzato

**Note:**

- 
- Introduzione ai sistemi di produzione e loro modellazione. Tipologia di sistemi. Principi e leggi dei sistemi. Tipologie ed usi dei modelli di rappresentazione.
  - Introduzione allo sviluppo concorrente di prodotto, processo e sistema di lavorazione (Concurrent Engineering).
  - Tecnologia di gruppo (GT), classificazione e codici di tecnologia di gruppo (gerarchici, sequenziali, ibridi), Product Flow analysis, metodi di clustering, process planning e computer process planning (variante, generativo, ibrido). Cenni alle tecniche utilizzate nella realizzazione dei CAPP (GT, tabelle decisionali, alberi decisionali, sistemi esperti, reti neurali e algoritmi genetici).
  - Sistemi CAD (wireframe, per superfici, solidi, parametrici), interscambio dati di prodotto (Iges, vdafs, pdes, step).
  - Computer Aided Manufacturing (CAM) e i sistemi a Controllo Numerico (CNC e DNC); Impatto della mecatronica sulle tecnologie convenzionali;
  - I componenti strutturali delle CNC; Sistemi di automazione e di controllo; La precisione delle MU/CNC; Il linguaggio ISO di programmazione delle macchine utensili e applicazioni alla programmazione
  - Cenni ai sistemi CAE per la prototipazione virtuale dei processi produttivi
  - Le tecniche del Design for X (con particolare riferimento ad Assembly).
  - Sistemi fisici di lavorazione ed assemblaggio: configurazioni di macchine utensili singole e aggregate (layout per tipo e per famiglie), celle di lavorazione; architetture di gestione e controllo, sistemi CNC; sistemi integrati e flessibili di lavorazione (FMS) e assemblaggio
  - Integrazione nei sistemi di produzione Produzione manifatturiera, sistemi di produzione, integrazione, CIM. Automazione dei sistemi di produzione. Controllo numerico computerizzato distribuito. I componenti dei sistemi di produzione.

Introduzione alla definizione di uno Studio di Fabbricazione

- Tecniche per la creazione semi automatica del ciclo di lavoro
- Ottimizzazione del ciclo di lavoro

Scelta ottimale parametri macchina

- Tecniche per la selezione dei parametri di lavoro in funzione delle operazioni
- Ottimizzazione delle lavorazioni in funzione dei costi/tempi

Staffaggio

- Teoria dello staffaggio
- Esempi di realizzazione di staffaggi

Introduzione alla Macchina Utensile a Controllo Numerico

- l'anello chiuso, asservimenti e CNC
- sistema di riferimento, nomi degli assi
- macchine orizzontali e verticali
- le fresatrici CNC, esempi di strutture

Programmazione Manuale

- linguaggio ISO
- lo zero pezzo
- la traiettoria: interpolazione lineare e circolare
- compensazione raggio utensile

Programmazione Automatica

- il ruolo del sistema CAM nel ciclo di produzione
- input della geometria proveniente dal CAD: il file IGES
- il modello matematico: rappresentazione di curve e superfici: Coons, Bezier, B-Spline e NURBS
- il modello poliedrico, algoritmi di posizionamento utensile su poliedro e su superfici analitiche
- funzioni geometriche di ausilio al CAM
- definizione della libreria utensili e portautensili
- processor e post processor
- simulazione realistica

Il ciclo di lavorazione per fresatura

- la sgrossatura: il grezzo iniziale
- utensili speciali per sgrossatura
- varie tecniche di sgrossatura: plunge roughing, concentric, morphing
- lavorazione in concordanza e discordanza: opzioni del sistema CAM
- avanzamento trocoidale
- la semifinitura : il grezzo dinamico e la ripresa automatica del materiale residuo
- lavorazioni in bitangenza
- lavorazioni a passo costante nello spazio
- la finitura : accorgimenti per una buona finitura superficiale

Lavorazioni ad alta velocita' : concetto di HSM

- la sinergia Utensile – Macchina Utensile – Controllo Numerico – Sistema CAM
- il ruolo dell'utensile nell'HSM: materiali, rivestimento, geometria
- il ruolo della M.U. Nell'HSM: struttura meccanica, motori, pinze portautensile
- Il ruolo del CNC nell'HSM: Dinamica del Movimento e Geometria delle Traiettorie
- il ruolo del CAM nell'HSM: esigenze tecnologiche ed opzioni software corrispondenti

Lavorazioni a tre assi e a 5 assi

- strutture delle fresatrici a 5 assi: head/head, Table/table e miste
- macchine Mill-Turn a 4 e 5 assi
- funzioni del CAM per lavorazioni a 4 e 5 assi
- la funzione RTCP del Controllo Numerico
- differenze tra post-processor 3 assi e 5 assi
- la soluzione alternativa nel calcolo degli assi macchina
- gli angoli di eulero nella definizione dei piani di lavoro a 5 assi

Lavorazioni degli stampi e dei modelli

- esempi di programmazione col CAM

Lavorazioni aeronautiche e motoristiche

- esempi (filmato Piaggio Aeronautica)
- lavorazioni di canali di aspirazione/scarico

Lavorazioni di turbine/impeller/turbochargers

- esempio impeller multipala e turbine blades singole
- accorgimenti per la fresatura di palette sottili

