

PROGRAMMI INSEGNAMENTI 2° ANNO

Laboratorio di Elettronica, Sensoristica e Diagnostica (12 CFU, 120 ore)

Obiettivi formativi

Il laboratorio è finalizzato allo sviluppo di competenze operative nell'ambito dell'elettronica applicata, della sensoristica e delle tecniche di diagnostica e manutenzione, con riferimento ai sistemi tecnologici complessi utilizzati in ambito industriale e nei sistemi elettrici e avionici di bordo.

Al termine del laboratorio lo studente sarà in grado di comprendere il funzionamento dei principali componenti elettronici analogici e digitali, utilizzare sensori per la misura di grandezze elettriche, meccaniche e ambientali, interpretare i segnali acquisiti a fini di monitoraggio e diagnostica, individuare condizioni anomale e supportare le attività di manutenzione e troubleshooting nei sistemi industriali e aeronautici.

Prerequisiti

Conoscenze di base dei principi di matematica e fisica, di elettrotecnica e di elementi di elettronica.

Contenuti

Le attività pratiche sono strutturate in modo progressivo e integrato e comprendono:

- montaggio, configurazione e test di circuiti elettronici di base;
- utilizzo di sensori e sistemi di acquisizione per la misura delle grandezze operative;
- esecuzione di misure sperimentali e analisi dei risultati;
- simulazione e analisi di casi di guasto su sistemi elettronici e sensoristici;
- attività guidate di diagnostica e troubleshooting;
- simulazione di interventi di manutenzione in ambito industriale e avionico.

Metodi didattici

Il laboratorio prevede lezioni introduttive con supporto multimediale, attività pratiche su banchi di laboratorio, lavori di gruppo, analisi di casi applicativi e utilizzo diretto della strumentazione di misura e dei sistemi di acquisizione dati.

Modalità di verifica dell'apprendimento

La valutazione del raggiungimento degli obiettivi formativi è effettuata mediante la redazione di una relazione finale sulle attività pratiche svolte durante il laboratorio, con valutazione delle competenze operative acquisite.

Testi di riferimento

Slides e dispense fornite dal docente.

Impostazione generale del laboratorio

- Numero postazioni: 10 banchi di lavoro
- Studenti per postazione: 2-3

La dotazione per ciascuna postazione di lavoro deve includere

Strumentazione elettronica di base

Ogni banco dovrebbe includere:

- Oscilloscopio digitale segnali misti (≥ 2 canali, 50-100 MHz)
- Multimetro digitale True RMS
- Alimentatore stabilizzato da banco (0-30 V, limitazione di corrente)
- Generatore di funzioni (opzionale, condivisibile su 2 banchi)

Questa dotazione consente misure, diagnostica e analisi dei segnali, fondamentali per elettronica, sensoristica e manutenzione.

Kit di elettronica e sensoristica

Per ogni banco o gruppo:

- Breadboard e moduli di prototipazione
- Componenti passivi (R, C, L)
- Componenti attivi (diodi, BJT, MOSFET, op-amp)

- Sensori:
 - temperatura (PT100 / termistori / sensori digitali)
 - pressione
 - vibrazioni/accelerometri
 - posizione (encoder, potenziometri)
 - corrente e tensione

Sistemi di acquisizione e controllo

Per gruppi di 2 banchi:

- Schede di acquisizione dati USB / Ethernet
- Microcontrollori didattici (Arduino / STM32 / equivalenti industriali)
- Moduli ADC/DAC
- Interfacce digitali (I²C, SPI, CAN – quest'ultimo molto rilevante avionica)

Area diagnostica e troubleshooting

- Pannelli didattici con guasti inseribili (fault injection)
- Moduli sensoristici con anomalie simulate
- Schede elettroniche "faulty" per esercitazioni di diagnostica
- Documentazione tecnica e schemi elettrici/elettronici

Area avionica / sistemi di bordo (didattica applicata)

Per rendere il laboratorio coerente con il profilo aeronautico–avionico:

- Simulatori di sottosistemi di bordo (sensori, alimentazioni, linee dati)
- Moduli di comunicazione tipici (CAN, ARINC-like didattico)
- Cablaggi aeronautici, connettori, etichettatura
- Procedure di test e verifica funzionale

Sicurezza e infrastrutture

- Alimentazione elettrica protetta (interruttori differenziali dedicati)
- Pulsanti di emergenza
- Messa a terra dei banchi
- Armadi per stoccaggio componenti
- Rinforzo ESD (tappeti, bracciali)

TECNOLOGIE PER LA CONVERSIONE STATICA DELL'ENERGIA

(6 CFU, 48 ORE)

Curriculum Tecnologie Elettriche Industriali e Conversione dell'Energia

Obiettivi formativi

Il corso di Fondamenti di "Tecnologie per la Conversione Statica dell'Energia" ha come obiettivo quello di fornire allo studente le conoscenze fondamentali per comprendere il principio di funzionamento dei sistemi per la conversione statica dell'energia elettrica, in ambito industriale e nell'ambito delle energie rinnovabile. Inoltre, il corso intende fornire le conoscenze per poter verificare il loro corretto funzionamento dei convertitori all'interno degli impianti complessi.

Le principali conoscenze acquisite nel corso di "Tecnologie per la Conversione Statica dell'Energia e Azionamenti Elettrici" sono:

- conoscenza e comprensione dei principi di funzionamento dei convertitori statici;
- comprensione dei principali problemi inerenti all'esercizio dei sistemi di conversione;
- conoscenza degli elementi necessari per la misura delle prestazioni energetiche dei convertitori elettronici di potenza.

Le principali capacità acquisite durante il corso sono:

- comprensione delle problematiche associate all'utilizzo e all'esercizio dei convertitori statici;
- saper scegliere gli strumenti ed i setup più idonei per la misura delle prestazioni energetiche dei sistemi di conversione e per la verifica delle loro condizioni di funzionamento;
- saper valutare differenti tipologie di convertitori in funzione delle prestazioni richieste e dell'efficienza energetica.

Prerequisiti

Nozioni di base di matematica, fisica e elettrotecnica.

Contenuti

Il corso affronta i seguenti argomenti:

- Richiami sui dispositivi elettronici di potenza (diodi e swich)
- Raddrizzatori non controllati e controllati
- Convertitori DC/DC di tipo "switching":
- Tecniche di modulazione PWM e vettoriali
- Caratteristiche operative dei convertitori elettronici di potenza.
- Gestione dei sistemi di accumulo tramite convertitori statici.

Metodi didattici

Lezioni frontali in aula, durante le quali sono svolti anche esempi pratico-applicativi.

Modalità di verifica dell'apprendimento

La valutazione del raggiungimento degli obiettivi formativi è effettuata tramite una prova d'esame composta da una prova orale.

Testi di riferimento

- E.Bassi, A.Bossi "Macchine e Azionamenti Elettrici"
- M. Rashid, "Power electronics", 3rd ed., Prentice-Hall, ISBN 0-13-122815-3.
- Slides e dispense fornite dal docente

RETI ELETTRICHE INTELLIGENTI

(6 CFU, 48 ORE)

Curriculum Tecnologie Elettriche Industriali e Conversione dell'Energia

Obiettivi formativi

Il corso ha come obiettivo quello di fornire allo studente le conoscenze fondamentali per comprendere e approfondire gli aspetti riguardanti i principali componenti dei sistemi di distribuzione dell'energia elettrica in MT e in BT con particolare alle protezioni elettriche digitali e i sistemi di comunicazione IEC 61850. Vengono trattati la struttura dei sistemi, dello stato di connessione a terra delle reti (neutro a terra, neutro a terra tramite impedenza, neutro isolato), delle caratteristiche dei dispositivi di protezione, le tecniche di analisi in condizioni normali e di guasto le componenti simmetriche, le tecniche di ottimizzazione delle reti, lo studio della continuità e qualità del servizio elettrico nelle reti elettriche di distribuzione anche in presenza della generazione distribuita.

Le principali conoscenze acquisite nel corso di Reti Elettriche Intelligenti sono:

- conoscenza delle soluzioni progettuali per sistemi di distribuzione dell'energia elettrica;
- conoscenza dei modelli e tecniche di soluzione delle reti elettriche di distribuzione in condizioni normali e di guasto;
- conoscenza dell'impatto della generazione distribuita nelle reti elettriche, delle Microreti ed evoluzione delle reti verso le "smart grid".

Le principali capacità acquisite durante il corso sono:

- capacità di scegliere e interpretare le caratteristiche di funzionamento delle apparecchiature di manovra e protezione per sistemi elettrici di distribuzione a MT e BT;
- capacità di impiego dei modelli dei componenti dei sistemi di distribuzione;
- capacità di soluzione di problemi di analisi, riconfigurazione e pianificazione dei sistemi di distribuzione;
- padronanza dei concetti principali riferiti alla connessione in rete della generazione distribuita.

Prerequisiti

Nozioni di base di matematica, fisica e del corso di componenti e impianti elettrici.

Contenuti

Struttura ed esercizio dei sistemi di distribuzione. Protezione e manovra dei sistemi di distribuzione. Schemi delle reti, modelli dei componenti. Le tecniche di analisi in condizioni normali e di guasto le componenti simmetriche. Studio gli effetti della diffusione della generazione distribuita connessa in rete e la pianificazione

ottimale delle reti attive e dei protocolli di comunicazioni per le Smart Grid.

Metodi didattici

Lezioni frontali in aula, durante le quali sono svolti anche esercizi su problemi applicativi.

Modalità di verifica dell'apprendimento

La valutazione del raggiungimento degli obiettivi formativi è effettuata tramite una prova d'esame composta da una prova scritta e una orale.

Testi di riferimento

- Antonio Paolucci. Lezioni di impianti elettrici. Vol. 1. CLEUP. Padova, 1989
- Vincenzo Cataliotti, Impianti elettrici. Vol. 1, 2, 3. Flaccovio. 2005
- V. Mangoni, G. Carpinelli, P. Varilone, Elementi di impianti elettrici di media e bassa tensione, Editore: Università di Cassino, 2010
- G. Conte, Manuale di impianti elettrici, Hoepli, 2014
- V. Carrescia, Fondamenti di sicurezza elettrica, TNE, 2008
- Dispense e lucidi forniti dal docente
- Norme del Comitato Elettrotecnico Italiano

CORSO INTEGRATO: TECNOLOGIE ELETTROTECNICHE E AUTOMAZIONE INDUSTRIALE

Curriculum Tecnologie Elettriche Industriali e Conversione dell'Energia

Modulo Applicazioni di elettrotecnica industriale (4 CFU, 32 ore)

Obiettivi formativi

L'insegnamento ha l'obiettivo di fornire allo studente le conoscenze di base sui sistemi elettrici trifase e sui circuiti magnetici, integrando teoria ed esercitazioni pratiche, con particolare attenzione agli aspetti applicativi e professionali. Al termine del corso lo studente sarà in grado di:

- comprendere e analizzare sistemi elettrici trifase in condizioni equilibrate e squilibrate;
- calcolare potenze, correnti e tensioni nei sistemi trifase;
- comprendere il funzionamento dei circuiti magnetici e del trasformatore elettrico;
- utilizzare strumenti software e hardware per l'analisi e la realizzazione di circuiti elettrici;
- applicare le conoscenze teoriche a contesti reali e di laboratorio.

Prerequisiti

Sono richieste conoscenze di base di:

elettrotecnica di base; teoria dei circuiti elettrici in corrente continua e alternata; grandezze elettriche fondamentali (tensione, corrente, potenza, impedenza).

Contenuti

Studio dei sistemi elettrici trifase a regime sinusoidale.

Vengono affrontati gli argomenti:

- sistemi trifase equilibrati e loro rappresentazione;
- teorema di Millman;
- trasformazioni stella-triangolo;
- circuito monofase equivalente di un sistema trifase equilibrato;
- introduzione ai sistemi trifase squilibrati e metodi di risoluzione;
- calcolo delle potenze nei sistemi trifase;
- rifasamento dei carichi trifase.

Circuiti magnetici

Analisi dei circuiti magnetici attraverso l'analogia con i circuiti elettrici.

Vengono affrontati gli argomenti:

- legge di Hopkinson;
- analogia tra circuito magnetico ed elettrico;
- analisi dei circuiti magnetici mediante modelli equivalenti;
- mutua induttanza;
- principio di funzionamento del trasformatore elettrico;

- circuito equivalente del trasformatore.

Esercitazioni

- analisi di circuiti elettrici con Multisim;
- analisi di circuiti elettrici su breadboard.

Metodi didattici

- Lezioni teoriche
- Esercitazioni/casi applicativi

Modalità di verifica dell'apprendimento

La verifica dell'apprendimento potrà prevedere:
prova scritta e/o orale sugli argomenti teorici;
valutazione delle attività di laboratorio e delle esercitazioni svolte.

Testi di riferimento

Slides e dispense fornite dal docente

Modulo Sistemi di controllo e automazione (3 CFU, 24 ore)

Obiettivi formativi

Il modulo ha l'obiettivo di fornire allo studente le conoscenze fondamentali e operative sui sistemi di controllo e automazione applicati alla gestione, conversione e accumulo dell'energia elettrica, con particolare riferimento ai contesti industriali ed elettro-energetici moderni.

Al termine del corso lo studente sarà in grado di:

- comprendere i principi di funzionamento dei sistemi di controllo in commutazione;
- interpretare e applicare criteri di equivalenza tra controllo continuo e controllo discreto/commutato;
- comprendere il ruolo dei sistemi di controllo nei convertitori elettronici di potenza;
- acquisire le basi dell'ottimizzazione di sistemi a più variabili;
- comprendere i principi del Model Predictive Control (MPC) e le sue applicazioni nei sistemi energetici;
- analizzare casi applicativi relativi a reti elettriche, sistemi di accumulo e gestione dell'energia.

Prerequisiti

Conoscenza dei principi di base dei sistemi di controllo automatico, in particolare:

- concetto di controllo in retroazione;
- nozioni fondamentali di dinamica dei sistemi;
- elementi di elettrotecnica ed elettronica di potenza.

Contenuti

Il corso introduce i principi fondamentali dei sistemi di controllo utilizzati nei moderni sistemi elettrici e di automazione industriale, con particolare attenzione ai sistemi di conversione e accumulo dell'energia.

Nella prima parte vengono affrontati i principi e i criteri di progettazione dei sistemi di controllo in commutazione, tipicamente impiegati nei convertitori elettronici di potenza. Vengono analizzati i concetti di controllo continuo e controllo discreto, evidenziando i criteri di equivalenza pratica tra le due modalità di controllo e il loro impatto sulle prestazioni dinamiche e sull'efficienza dei sistemi. Tali concetti vengono applicati a esempi reali di convertitori statici utilizzati in ambito industriale ed energetico.

Successivamente il corso introduce i fondamenti dell'ottimizzazione di funzioni di più variabili, con riferimento ai problemi tipici dell'automazione e della gestione energetica. Vengono presentati i principali metodi euristici di ottimizzazione, evidenziandone il ruolo nei sistemi complessi e non lineari.

La parte finale del corso è dedicata ai principi del Model Predictive Control (MPC), illustrandone l'architettura di base, i vantaggi rispetto ai controlli tradizionali e le potenzialità applicative. Vengono discussi esempi di applicazione del MPC alla gestione delle reti elettriche, ai sistemi di accumulo e alla regolazione intelligente dei flussi energetici, con un approccio orientato all'automazione e all'efficienza.

Metodi didattici

- Lezioni frontali con supporto di slide
- Analisi di esempi applicativi e casi di studio

- Esercitazioni guidate su schemi di controllo e sistemi energetici
- Discussione di applicazioni industriali reali

Modalità di verifica dell'apprendimento

La verifica dell'apprendimento potrà avvenire attraverso:

- prova orale e/o scritta sugli argomenti trattati;
- discussione di esercizi o casi applicativi affrontati durante il corso.

Testi di riferimento

Slides e dispense fornite dal docente

LABORATORIO DI TECNOLOGIE PER LA CONVERSIONE STATICA DELL'ENERGIA

(12 CFU, 120 ore)

Curriculum Tecnologie Elettriche Industriali e Conversione dell'Energia

Obiettivi formativi

Il laboratorio ha come obiettivo quello di fornire allo studente una preparazione completa e operativa sui sistemi di conversione statica dell'energia con applicazioni sia in ambito industriale sia nei sistemi elettrici e avionici dei velivoli.

Durante il laboratorio lo studente acquisirà le competenze necessarie per comprendere il funzionamento dei dispositivi di potenza, realizzare e testare convertitori elettronici, eseguire misure sperimentali, interpretare schemi elettrici ed elettronici e supportare le attività di verifica funzionale, diagnostica e individuazione dei principali guasti nei sistemi di conversione e negli azionamenti elettrici.

Al termine del laboratorio lo studente sarà in grado di interfacciare correttamente sistemi hardware, acquisire ed elaborare dati sperimentali, effettuare prove di collaudo e valutare le prestazioni e l'affidabilità dei sistemi di conversione statica dell'energia in contesti industriali e aeronautici.

Prerequisiti

Conoscenze di base delle leggi dell'elettrotecnica, degli elementi fondamentali di elettronica e della teoria delle misure.

Contenuti

Il laboratorio affronta in modo integrato i seguenti argomenti:

- introduzione ai sistemi di conversione statica dell'energia elettrica;
- strumentazione di misura per sistemi di potenza: voltmetri, amperometri, oscilloscopi e dispositivi per la misura di grandezze elettriche, meccaniche e termiche;
- componenti elettronici passivi e attivi per l'elettronica di potenza e loro impiego nei convertitori;
- misurazione sperimentale delle caratteristiche statiche e dinamiche dei componenti;
- tecniche di saldatura, assemblaggio e realizzazione di circuiti elettronici, con riferimento ai requisiti di affidabilità dei sistemi industriali e aeronautici;
- cenni alle topologie circuitali dei convertitori di potenza e tecniche di modulazione;
- convertitori DC/DC e DC/AC;
- prototipazione e test di convertitori elettronici di potenza;
- principi di funzionamento degli azionamenti elettrici a velocità variabile;
- schemi elettrici, elettronici e funzionali dei sistemi di conversione e degli azionamenti;
- configurazione delle misure e procedure di prova su convertitori statici e macchine elettriche in ambito industriale e aeronautico.

Le attività pratiche comprendono:

- realizzazione, montaggio e test di circuiti elettronici di potenza;
- utilizzo della strumentazione di misura per l'analisi dei convertitori e degli azionamenti;
- esecuzione di prove sperimentali e collaudi funzionali;
- acquisizione ed elaborazione dei dati di misura;
- analisi guidata di anomalie e malfunzionamenti nei sistemi di conversione statica e negli azionamenti elettrici;
- esercitazioni su applicazioni industriali e sistemi elettrici e avionici di bordo.

Metodi didattici

Il laboratorio prevede lezioni introduttive con supporto multimediale, affiancate da esercitazioni pratiche su banchi di laboratorio e attività sperimentali guidate sui sistemi e dispositivi utilizzati per la conversione statica dell'energia.

Modalità di verifica dell'apprendimento

La valutazione del raggiungimento degli obiettivi formativi è effettuata mediante la redazione di una relazione finale sulle attività pratiche svolte durante il laboratorio, con valutazione delle competenze operative acquisite.

Testi di riferimento

Slide e dispense fornite dal docente.

Impostazione generale del laboratorio

- Numero postazioni: 5 banchi di lavoro

Stima minima di configurazione

- 5 postazioni complete convertitori
- 3 postazioni azionamenti motori
- 3 power analyzer condivisi
- 3 banchi dinamometrici

La dotazione per ciascuna postazione di lavoro deve includere

Strumentazione base

- 5 Oscilloscopio digitale 100 MHz, 2–4 canali
- 5 Multimetro digitale da banco
- 5 Alimentatore da laboratorio DC programmabile (0–30 V / 5 A)
- 5 Generatore di funzioni
- 5 Wattmetro / power analyzer monofase (anche condiviso 1 ogni 2 banchi)

Kit convertitori di potenza didattici

Per esercitazioni DC/DC, inverter e PWM

Per ogni postazione:

- N° 5 Kit didattico convertitori DC/DC (buck, boost, buck-boost)
- N° 5 Kit inverter DC/AC monofase
- N° 5 Driver PWM / scheda di controllo DSP o microcontrollore
- N°5 Moduli IGBT / MOSFET didattici con protezioni

Azionamenti e macchine elettriche

Per prove su azionamenti

- N° 3 motori asincroni trifase didattici
- N° 3 inverter industriali (VFD)
- N° 2 motori brushless DC didattici con drive
- N° 2 Banchi prova meccanici con freno dinamometrico

Strumentazione di misura elettrica e sensori

- Pinze amperometriche AC/DC (5)
- Sonde di corrente per oscilloscopio (5)
- Sonde differenziali alta tensione (3)
- Sensori temperatura (termocoppie + datalogger)
- Tachimetri ottici (3)

Strumentazione di sicurezza

- Trasformatori di isolamento (5)
- Pulsanti di emergenza per ogni banco
- Tappeti isolanti
- Guanti isolanti

- Segnaletica sicurezza elettrica

Infrastruttura e supporto informatico

- 5 PC di laboratorio con software acquisizione dati (MATLAB / LabVIEW / Python)
- Schede acquisizione dati DAQ (3)
- Software simulazione convertitori (PSIM / LTspice / Matlab Simulink)

Componentistica e materiali di consumo

- Set resistori di potenza
- Carichi elettronici DC (2 condivisi)
- Breadboard potenza
- Cavi di sicurezza 4 mm
- Fusibili di ricambio
- Dissipatori e ventole
- Kit MOSFET/IGBT di ricambio

LABORATORIO DI PROGETTAZIONE DI IMPIANTI ELETTRICI

(12 CFU, 120 ore)

Curriculum Tecnologie Elettriche Industriali e Conversione dell'Energia

Obiettivi formativi

Il corso ha come obiettivo quello di fornire allo studente le conoscenze fondamentali per sviluppare un progetto dell'impianto elettrico a MT e BT, e di building automation per edifici a uso civile o industriale. In aggiunta, il laboratorio introduce i principi di progettazione e gestione degli impianti elettrici di bordo aeronautici, con particolare riferimento agli aspetti di affidabilità, sicurezza, ridondanza e manutenibilità tipici dei sistemi avionici.

Le principali conoscenze acquisite nel laboratorio sono:

- sviluppo di soluzioni progettuali per sistemi di distribuzione dell'energia elettrica in ambito civile, industriale e, per analogia, nei sistemi elettrici aeronautici di bordo;
- la capacità di sviluppare soluzioni progettuali per sistemi di building automation e per sistemi di gestione automatizzata dell'energia.

Le principali capacità acquisite durante il corso sono:

- capacità di dimensionare cavi elettrici, apparecchiature di manovra e protezione e quadri elettrici per sistemi di distribuzione e produzione dell'energia elettrica in MT e BT, con riferimenti ai criteri adottati nei sistemi elettrici aeronautici
- capacità di progettare sistemi di building automation per la gestione dell'energia, illuminazione, condizionamento e sistemi security and safety anche in relazione ai sistemi avionici.
- comprensione dei principi di manutenzione e verifica funzionale degli impianti elettrici, anche in relazione ai sistemi avionici.

Prerequisiti

I requisiti che lo studente deve possedere per affrontare Laboratorio di progettazione di impianti elettrici e di Building Automation sono quelli acquisiti nel corso di Reti Elettriche Intelligenti e nel corso di Componenti e Impianti Elettrici.

Contenuti

Lo studente acquisirà le conoscenze e le competenze necessarie per l'integrazione di impianti elettrici e sistemi di automazione, monitoraggio e telecontrollo applicati ai servizi tecnologici dell'edilizia civile, industriale. Parallelamente, verranno introdotti i principi di architettura degli impianti elettrici di bordo aeronautici, evidenziando analogie e differenze rispetto agli impianti civili e industriali, nonché le implicazioni in termini di manutenzione avionica.

Con l'ausilio di strumenti CAD, lo studente sarà inoltre in grado di sviluppare il progetto impiantistico esecutivo, completo della relativa documentazione tecnica, nel rispetto della normativa vigente in materia di lavori pubblici. Nel corso delle attività formative, gli allievi saranno chiamati a sviluppare il progetto completo di un impianto elettrico alimentato in Media Tensione, con particolare riferimento alla cabina di trasformazione MT/BT, all'impianto di distribuzione dell'energia elettrica in Bassa Tensione, agli impianti per

forza motrice e agli impianti di illuminazione normale, di riserva ed emergenza. Verranno inoltre analizzati i criteri di affidabilità, continuità di servizio e manutenibilità degli impianti elettrici, con opportuni richiami alle architetture e alle logiche di gestione dei sistemi elettrici aeronautici di bordo.

Sarà infine sviluppato un progetto relativo ai sistemi elettronici per la casa e l'edificio (HBES) e ai sistemi di automazione e controllo degli edifici (BACS), finalizzati alla gestione dei dispositivi connessi alla rete elettrica in un edificio moderno. In particolare, saranno considerati sistemi di generazione elettrica fotovoltaica, climatizzazione, illuminazione, impianti antifurto e antintrusione, videosorveglianza, nonché applicazioni avanzate per il monitoraggio in tempo reale e storico dei consumi elettrici e per la gestione energetica dei carichi, in un'ottica di efficienza, affidabilità e manutenzione. Verranno analizzate anche le logiche di gestione energetica, diagnostica e manutenzione tipiche dei sistemi avionici.

Metodi didattici

Lezioni frontali in aula ed esercitazioni su problemi applicativi

Modalità di verifica dell'apprendimento

La valutazione del raggiungimento degli obiettivi formativi è effettuata tramite la consegna di elaborati grafici di progetto.

Testi di riferimento

- Piero Vezzani. Elementi di progettazione elettrica. TNE. 2002
- Luigi Martirano. Manuale illustrato per il risparmio energetico. Impianto elettrico e gestione efficace degli edifici. Tecniche Nuove. 2011
- Dispense e lucidi forniti dal docente
- Norme del Comitato Elettrotecnico Italiano

Impostazione generale del laboratorio

- 10–12 postazioni di lavoro CAD (2 studenti per postazione)
- 1 area dimostrativa di building automation
- 1 area di quadri elettrici e impianti didattici

Di seguito sono riportate le dotazioni per postazione

- PC e Monitor
- Software CAD elettrico
- Software di calcolo e verifica impianti elettrici (BT/MT)
- Software di simulazione energetica di base
- Controller KNX o equivalente per i sistemi di automazione di edifici
- Alimentatore bus
- Moduli di ingresso/uscita
- Sensori (presenza, luminosità, temperatura, etc)
- Attuatori (relè luci, dimmer, attuatori HVAC, etc)
- Software di configurazione e supervisione
- 1 quadro elettrico BT didattico (sezionatore, protezioni, contattori)
- Moduli di protezione (magnetotermici, differenziali)
- Simulatore di carichi
- Strumentazione base di misura (multimetro, pinza amperometrica)

Infrastrutture e sicurezza (minimo indispensabile)

- Alimentazione elettrica protetta
- Messa a terra dei banchi
- Armadi per documentazione tecnica e norme CEI
- Spazio per consultazione collettiva dei progetti

CORSO INTEGRATO: PROPULSIONE E IMPIANTI AERONAUTICI/AVIONICI

Curriculum Tecnologie e Manutenzione dei Sistemi Avionici

Obiettivi formativi

Lo studente acquisirà competenze pratiche per operare in ambito tecnico aeronautico, in particolare in quello manutentivo, sviluppando competenze e capacità relative a: identificazione di componenti di motori e impianti di bordo; esecuzione di ispezioni visive di base; lettura di schemi tecnici e manualistica; riconoscimento di anomalie comuni; esame e applicazione di normative e procedure di sicurezza.

Prerequisiti

Matematica e fisica di base (livello secondaria superiore); comprensione elementare della terminologia tecnica in inglese.

Contenuti

Modulo Fondamenti di Propulsione aeronautica (5 CFU, 40 ore)

- Introduzione: principi di volo, tipi di propulsori (pistoni, turboreattori, turbofan, turboelica)
- Motori a pistoni: architettura, ciclo 4 tempi, sistemi di alimentazione, lubrificazione e controllo. Turbine a gas: funzionamento e componenti, differenze tra turboreattore, turbofan, turboelica;
- Sistemi ausiliari: alimentazione carburante, avviamento, lubrificazione, antighiaccio, inversori spinta;
- Operazioni e manutenzione: procedure avviamento/spegnimento, acquisizione e lettura parametri, ispezioni pre/post-volo, sicurezza

Modulo Elementi di Impianti Meccanici di Bordo (5 CFU, 40 ore)

- Sistema pneumatico: principi base, generazione, distribuzione, applicazioni
- Sistema idraulico: principi base, componenti, attuatori, applicazioni
- Sistema carburante: serbatoi, alimentazione motori, rifornimento, drenaggio, sicurezza
- Condizionamento e pressurizzazione: ciclo aria, controllo, emergenze
- Altri impianti

Metodi didattici

Lezioni frontali interattive con modelli fisici, lettura schemi, approfondimenti delle normative, visite tecniche

Modalità di verifica dell'apprendimento

La valutazione del raggiungimento degli obiettivi formativi è effettuata tramite una prova d'esame composta da una prova scritta (50%) e una orale (50%).

Testi di riferimento

Testi e dispense forniti dal docente

TECNOLOGIE E MATERIALI AERONAUTICI

(5 CFU, 40 ore)

Curriculum Tecnologia e Manutenzione dei Sistemi Avionici

Obiettivi formativi

Il corso fornisce le conoscenze di base relative ai materiali e alle tecnologie costruttive impiegate nel settore aeronautico, con particolare riferimento alle caratteristiche meccaniche e termiche dei materiali utilizzati nelle strutture e nei sistemi di bordo. L'obiettivo è consentire allo studente di comprendere i criteri di scelta dei materiali aeronautici, le principali tecnologie di lavorazione e assemblaggio e le problematiche legate alla manutenzione, al degrado e alla sicurezza strutturale dei componenti aeronautici.

Conoscenza e comprensione: Al termine del corso le studentesse e gli studenti avranno acquisito la conoscenza delle principali tipologie di materiali aeronautici, delle loro caratteristiche meccaniche, termiche ed elettriche e delle principali tecnologie di lavorazione e assemblaggio impiegate nel settore aeronautico. Comprendranno inoltre i principali fenomeni di degrado dei materiali e i criteri di selezione in funzione delle applicazioni aeronautiche.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione: Le conoscenze acquisite consentiranno agli studenti di individuare i materiali più idonei per specifiche applicazioni aeronautiche, interpretare documentazione tecnica relativa ai materiali e comprendere le principali problematiche operative connesse alla lavorazione, all'utilizzo e alla manutenzione dei componenti.

Autonomia di giudizio: Gli studenti saranno in grado di effettuare valutazioni comparative tra differenti materiali e tecnologie costruttive, tenendo conto delle prestazioni richieste, delle condizioni operative e degli

aspetti di affidabilità e sicurezza.

Abilità comunicative: Gli studenti sapranno descrivere in modo appropriato le caratteristiche dei materiali e delle tecnologie aeronautiche utilizzando la terminologia tecnica del settore, comunicando efficacemente con tecnici e specialisti.

Capacità di apprendere: Gli studenti acquisiranno la capacità di reperire e comprendere informazioni tecniche relative ai materiali e alle tecnologie aeronautiche da manuali tecnici, standard e documentazione di settore, aggiornando autonomamente le proprie conoscenze in relazione all'evoluzione delle tecnologie.

Prerequisiti

Conoscenze di base di matematica e fisica.

Contenuti

Introduzione ai materiali aeronautici e ai criteri di selezione dei materiali per applicazioni aeronautiche. Proprietà meccaniche, termiche ed elettriche dei materiali metallici, polimerici e compositi. Leghe leggere aeronautiche e materiali compositi avanzati. Tecnologie di lavorazione, trattamenti termici e superficiali. Tecniche di assemblaggio e giunzione dei componenti aeronautici. Fenomeni di degrado dei materiali, corrosione, fatica e danneggiamento strutturale. Principi di controllo non distruttivo e tecniche di ispezione. Aspetti di manutenzione e sicurezza dei componenti aeronautici.

Metodi didattici

Lezioni frontali supportate da materiale multimediale, analisi di casi applicativi e, ove possibile, attività dimostrative di laboratorio.

Modalità di verifica dell'apprendimento

Prova scritta e/o orale finalizzata alla verifica delle conoscenze sui materiali aeronautici, sulle tecnologie costruttive e sui principali fenomeni di degrado e manutenzione.

Testi di riferimento

Slides e dispense del docente

CORSO INTEGRATO: SISTEMI ELETTRICI E DI CONVERSIONE STATICA PER APPLICAZIONI AERONAUTICHE

Curriculum Tecnologie e Manutenzione dei Sistemi Avionici

Il corso integrato fornisce le conoscenze fondamentali relative all'architettura, al funzionamento e alla gestione dei sistemi elettrici di bordo dei velivoli, con particolare attenzione ai sistemi di generazione, distribuzione e utilizzo dell'energia elettrica e ai criteri di affidabilità, ridondanza e sicurezza operativa richiesti nelle applicazioni aeronautiche.

Sono analizzati i principali sistemi di alimentazione di bordo, inclusi generatori, reti di distribuzione AC e DC, dispositivi di protezione, sistemi di accumulo energetico e alimentazioni di emergenza, nonché le tecniche di lettura e interpretazione degli schemi elettrici aeronautici e i principi di manutenzione e diagnostica degli impianti elettrici di bordo.

Il corso approfondisce inoltre le tecnologie di conversione statica dell'energia utilizzate nei sistemi avionici, con riferimento ai convertitori AC/DC, DC/DC e DC/AC, ai dispositivi elettronici di potenza e ai sistemi di power management impiegati per l'alimentazione dei carichi di bordo. Particolare attenzione è dedicata agli aspetti di affidabilità, monitoraggio e manutenzione dei convertitori elettronici, nonché alle principali applicazioni nei sistemi elettrici aeronautici.

Nel complesso, il corso consente allo studente di acquisire una visione integrata dei sistemi elettrici e dei sistemi di conversione statica di bordo, fornendo le competenze di base necessarie per operare nelle attività di gestione, verifica e manutenzione dei sistemi elettrici e avionici.

Modulo Sistemi elettrici di bordo (3 CFU, 24 ore)

Obiettivi formativi

Il modulo fornisce le conoscenze di base sull'architettura degli impianti elettrici di bordo dei velivoli, con particolare riferimento ai sistemi di generazione, distribuzione e gestione dell'energia elettrica. Lo studente acquisirà competenze utili alla lettura degli schemi elettrici aeronautici, alla comprensione dei criteri di affidabilità, ridondanza e sicurezza e alle attività di manutenzione di base dei sistemi elettrici avionici.

Prerequisiti

Conoscenze di base di elettrotecnica, elettronica e principi fondamentali di matematica e fisica.

Contenuti

- Architettura generale dei sistemi elettrici aeronautici
- Generazione e distribuzione dell'energia elettrica di bordo
- Sistemi di protezione, sezionamento e gestione dei carichi
- Batterie aeronautiche e sistemi di alimentazione di emergenza
- Concetti di affidabilità, ridondanza e continuità di servizio nei sistemi elettrici avionici
- Elementi di manutenzione e diagnostica degli impianti elettrici di bordo
- Lettura di schemi elettrici aeronautici di base

Metodi didattici

Lezioni frontali supportate da materiale multimediale, analisi di schemi elettrici reali e esempi applicativi.

Modalità di verifica dell'apprendimento

Prova scritta e/o orale finalizzata alla verifica delle conoscenze teoriche e della capacità di interpretare schemi elettrici di base.

Testi di riferimento

Slide e dispense fornite dal docente.

Modulo Tecnologie per la conversione statica di bordo (3 CFU 24 ore)

Obiettivi formativi

Il modulo introduce i principi e le tecnologie dei convertitori statici di potenza utilizzati nei sistemi elettrici aeronautici, fornendo le competenze di base necessarie alla comprensione del funzionamento dei sistemi di alimentazione elettronica e delle tecniche di conversione dell'energia nei sistemi avionici.

Prerequisiti

Conoscenze di base di elettrotecnica ed elementi fondamentali di elettronica.

Contenuti

- Convertitori AC/DC, DC/DC e DC/AC per applicazioni aeronautiche
- Alimentatori elettronici per sistemi avionici
- Tecnologie dei dispositivi elettronici di potenza
- Sistemi di power management e distribuzione controllata dell'energia
- Aspetti di affidabilità, raffreddamento e protezione dei convertitori
- Principi di test, diagnostica e manutenzione dei sistemi di conversione statica
- Esempi applicativi nei sistemi elettrici di bordo

Metodi didattici

Lezioni frontali con esempi applicativi, analisi di schemi di convertitori e discussione di casi reali.

Modalità di verifica dell'apprendimento

Prova scritta e/o orale volta alla verifica delle conoscenze sui principi di conversione statica e sulle applicazioni nei sistemi aeronautici.

Testi di riferimento

Slide e dispense fornite dal docente.

LABORATORIO DI SISTEMI ENERGETICI E PROPULSIVI PER VELIVOLI

(12 CFU, 120 ore)

Curriculum Tecnologie e Manutenzione dei Sistemi Avionici

Obiettivi formativi

Il laboratorio ha l'obiettivo di fornire agli studenti competenze operative e applicative sui sistemi energetici e propulsivi dei velivoli, con particolare riferimento all'integrazione tra sistemi meccanici, elettrici ed elettronici di bordo. Il corso affronta le architetture propulsive aeronautiche più utilizzate e le basi della conversione meccanica dell'energia nei sistemi di bordo, ponendo attenzione agli aspetti di sicurezza, affidabilità,

continuità di servizio e manutenibilità.

Al termine del laboratorio lo studente sarà in grado di comprendere il funzionamento dei principali sistemi propulsivi aeronautici, analizzare i sottosistemi di generazione e distribuzione dell'energia di bordo, interpretare i parametri operativi e supportare le attività di verifica funzionale, diagnostica e manutenzione dei sistemi energetici e propulsivi.

Prerequisiti

Conoscenze di base di fisica, elettrotecnica e elettronica.

Contenuti

Il laboratorio fornirà competenze di base e capacità di analisi sui seguenti argomenti:

- principi di propulsione aeronautica e classificazione dei sistemi propulsivi (motori alternativi, turbine a gas, sistemi elettrici e ibridi);
- architettura generale dei sistemi energetici e ausiliari di bordo e loro interazione con la propulsione;
- sistemi di generazione e accumulo di energia elettrica nei velivoli (generatori, alternatori, starter-generator);
- sistemi di controllo e monitoraggio dei parametri energetici e propulsivi;
- note operative, di gestione e manutentive degli aeromobili;
- cenni normativi e requisiti di certificazione dei sistemi energetici e propulsivi aeronautici.

Le attività pratiche sono organizzate in modo progressivo e comprendono:

- analisi funzionale di schemi e architetture dei sistemi energetici e propulsivi di bordo;
- utilizzo di modelli didattici e simulatori di sistemi propulsivi e di generazione elettrica;
- acquisizione e analisi di dati operativi relativi a sistemi energetici e propulsivi;
- caratterizzazione delle prestazioni, di una turbina aeronautica in scala didattica;
- simulazione di anomalie e guasti e attività di troubleshooting guidato;
- acquisizioni ed analisi su banco didattico di sistemi oleodinamici asserviti al funzionamento del velivolo;
- redazione di report tecnici e documentazione di supporto alle attività di manutenzione.

Metodi didattici

Il laboratorio prevede lezioni introduttive con supporto multimediale, esercitazioni pratiche su banchi di laboratorio e simulatori, lavori di gruppo, analisi di casi applicativi e utilizzo diretto della strumentazione di misura e acquisizione dati.

Modalità di verifica dell'apprendimento

La valutazione del raggiungimento degli obiettivi formativi è effettuata tramite la redazione di una relazione tecnica finale sulle attività laboratoriali svolte e la valutazione delle competenze operative acquisite durante il corso.

Testi di riferimento

- Dispense e slide fornite dal docente
- Manuali tecnici e documentazione di settore
- Normativa e documentazione tecnica aeronautica di riferimento

Impostazione generale del laboratorio

La strumentazione proposta verte su un banco didattico per microturbina a gas (sistema propulsivo) e su un banco oleodinamico per la simulazione di parti funzionali dell'aeromobile (carrello, flap).

Banco prove per microturbina aeronautica

- Micro-turbogetto
- Sensori per acquisizione dei dati di spinta, consumo carburante, temperatura
- Sensori per analisi vibrazionale
- Software di acquisizione ed analisi

Banco idraulico didattico

- Pompa idraulica azionata da un motore elettrico
- Attuatori, a singolo e doppio effetto

- Valvole di controllo, con distributori automatici/manuali e altri componenti per circuiti
- Accumulatore idraulico
- Strumenti di misura come manometri, flussimetri e sensori di temperatura
- Software di acquisizione ed automazione

LABORATORIO DI MANUTENZIONE E AFFIDABILITA' DEI SISTEMI AERONAUTICI DI BORDO

(12 CFU, 120 ore)

Curriculum Tecnologie e Manutenzione dei Sistemi Avionici

Obiettivi formativi

Il laboratorio ha l'obiettivo di fornire agli studenti competenze operative relative alla manutenzione, alla diagnostica e all'affidabilità dei sistemi aeronautici di bordo, con particolare riferimento ai sistemi elettrici, elettronici e avionici. Il corso è orientato alla comprensione delle architetture di bordo, dei principi di sicurezza e ridondanza e delle metodologie di manutenzione adottate nel settore aeronautico. Al termine del laboratorio lo studente sarà in grado di interpretare la documentazione tecnica aeronautica, eseguire verifiche funzionali, supportare attività di troubleshooting e applicare criteri di affidabilità e sicurezza operativa ai sistemi di bordo, in coerenza con le pratiche manutentive del settore.

Prerequisiti

Conoscenze di base di fisica, elettrotecnica, elettronica, sistemi di automazione.

Contenuti del laboratorio

Il laboratorio affronta in modo integrato i seguenti argomenti:

- architettura dei sistemi aeronautici di bordo e classificazione dei sottosistemi;
- sistemi elettrici di bordo;
- sistemi avionici e di controllo;
- concetti di affidabilità, sicurezza funzionale e continuità di servizio;
- analisi dei guasti e modalità di degrado dei sistemi aeronautici;
- tecniche di diagnostica e monitoraggio dei parametri operativi;
- strategie di manutenzione preventiva, correttiva e predittiva;
- procedure di verifica funzionale e collaudo dei sistemi di bordo;
- gestione della documentazione tecnica e delle procedure manutentive;
- cenni normativi e requisiti di sicurezza nel contesto della manutenzione aeronautica.

Le attività pratiche sono strutturate in modo progressivo e comprendono:

- analisi di schemi funzionali dei sistemi di bordo;
- utilizzo di strumentazione di misura per la verifica dei parametri operativi;
- esercitazioni di diagnostica e troubleshooting su sistemi reali o simulati;
- simulazione di guasti e valutazione delle azioni correttive;
- attività di verifica funzionale e controllo dell'affidabilità dei sistemi;
- redazione di report tecnici e documentazione di manutenzione.

Metodi didattici

Il laboratorio prevede lezioni introduttive con supporto multimediale, esercitazioni pratiche su banchi di laboratorio e simulatori, lavori di gruppo e analisi di casi applicativi tratti dal contesto aeronautico.

Modalità di verifica dell'apprendimento

La valutazione del raggiungimento degli obiettivi formativi è effettuata mediante la redazione di una relazione tecnica finale sulle attività laboratoriali svolte e la valutazione delle competenze operative acquisite.

Testi di riferimento

- Dispense e slide fornite dal docente
- Manuali e normativa tecnica aeronautica e documentazione di settore

Impostazione generale del laboratorio

La strumentazione proposta comprende componenti avionici reali dismessi, strumentazione di misura professionale, postazioni di simulazione e software diagnostici, per fornire un approccio pratico alle tecniche di manutenzione aeronautica.

Componenti avionici reali per esercitazioni pratiche

- Apparati radio di comunicazione
- Ricevitori di navigazione
- Servoattuatori di controllo volo
- Sensori inerziali e giroscopi
- Batterie aeronautiche
- Pannelli strumentazione cabina

Strumentazione di misura e test

- Multimetri digitali professionali
- Oscilloscopi digitali a doppio canale
- Megaohmetri per test di isolamento
- Tester per batterie aeronautiche
- Utensili specializzati aeronautici con chiavi dinamometriche

Postazioni di simulazione e diagnostica

- Computer per simulazione sistemi avionici
- Software simulatori di volo con avionica realistica
- Kit per simulazione bus dati aeronautici
- Monitor per postazioni didattiche

Documentazione tecnica e materiale didattico

- Manuali di manutenzione aeronautica (AMM, CMM) in formato digitale
- Piattaforma e-learning con contenuti multimediali
- Testi specialistici per biblioteca
- Poster didattici con schemi e procedure

Materiale di consumo e dispositivi di protezione

- Componentistica elettronica per esercitazioni
- Dispositivi di protezione individuale (DPI) per studenti