



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO	Ingegneria
ANNO ACCADEMICO OFFERTA	2022/2023
ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE	2022/2023
CORSO DILAUREA MAGISTRALE	INGEGNERIA ELETTRICA
INSEGNAMENTO	TECNICA DELLA SICUREZZA ELETTRICA
TIPO DI ATTIVITA'	B
AMBITO	50363-Ingegneria elettrica
CODICE INSEGNAMENTO	07186
SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI	ING-IND/33
DOCENTE RESPONSABILE	FAVUZZA SALVATORE Professore Ordinario Univ. di PALERMO
ALTRI DOCENTI	
CFU	9
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	144
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA	81
PROPEDEUTICITA'	
MUTUAZIONI	
ANNO DI CORSO	1
PERIODO DELLE LEZIONI	1° semestre
MODALITA' DI FREQUENZA	Facoltativa
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	FAVUZZA SALVATORE Lunedì 12:00 13:30 Studio proprio sito al terzo piano del DEIM (ex DIEET) - edificio 9 Mercoledì 14:00 15:00 Polo decentrato di Caltanissetta

PREREQUISITI	Per permettere la comprensione degli argomenti trattati nel corso, si ritiene necessario che lo studente possieda le seguenti conoscenze: - metodologie per l'analisi dei circuiti e delle reti elettriche; - struttura, tipologia e componenti dei sistemi elettrici di trasmissione, di distribuzione e di utilizzazione dell'energia elettrica; - principali componenti e dispositivi di manovra e protezione impiegati nelle reti elettriche di distribuzione.
RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI	CONOSCENZA E CAPACITA' DI COMPRESIONE Lo studente, al termine del corso, avra' acquisito conoscenze specifiche e capacita' di comprensione sul rischio di elettrocuzione nella utilizzazione dell'energia elettrica per contatti diretti e indiretti e, piu' in generale, sui pericoli dell'elettricit� e dei fenomeni ad essa correlati, nonche' sulle misure di protezione da impiegare caso per caso per prevenire eventuali pericoli per le persone e danni alle cose nel rispetto della normativa vigente. In particolare, lo studente sara' in grado di comprendere ed applicare correttamente le prescrizioni contenute nelle norme e leggi esistenti in materia di sicurezza elettrica nella progettazione, realizzazione e verifica di impianti e installazioni elettriche, sia in ambito civile che industriale, e di predisporre e redigere la necessaria documentazione tecnica che ne attesti la conformita' alla normativa vigente. Per il raggiungimento di questi obiettivi il corso prevede lezioni frontali, discussione di casi studio ed esercitazioni guidate. La verifica di questi obiettivi e prevista all'interno della prova orale.
	CAPACITA' DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPRESIONE Lo studente al termine del corso sar� in grado di applicare le proprie conoscenze e la propria comprensione per analizzare e risolvere in maniera autonoma e metodica i problemi relativi alla sicurezza elettrica nella progettazione e gestione di impianti ed installazioni elettriche, nel rispetto della normativa tecnica e di legge vigente. Inoltre, sara' capace di disporre le necessarie prove e misure su impianti elettrici al fine di verificarne la rispondenza alle norme di sicurezza, di indicare i necessari interventi di adeguamento, laddove richiesto, per rendere il sistema efficiente e sicuro, nonch� di approssimare la progettazione di un impianto di terra in alta tensione. Per il raggiungimento di questi obiettivi il corso prevede lezioni frontali, discussione di casi studio, esercitazioni in aula guidate ed autonome sviluppate anche in gruppo di lavoro, uso di software specialistici, utilizzo di cataloghi commerciali. La verifica di questi obiettivi e prevista all'interno della prova orale, anche mediante discussione dell'elaborato progettuale presentato da ciascun allievo in sede di esame.
	AUTONOMIA DI GIUDIZIO Lo studente al termine del corso avra' acquisito la capacit� di raccogliere ed interpretare tutti i dati necessari alla individuazione ed all'analisi delle principali problematiche correlate alla protezione dell'uomo dal rischio elettrico. Sulla scorta dei dati raccolti e delle conoscenze teoriche e pratiche acquisite, sar� in grado di formulare giudizi autonomi sull'efficacia delle diverse soluzioni progettuali applicabili alla fattispecie di volta in volta esaminata. Per il raggiungimento di questi obiettivi il corso prevede lezioni frontali, discussione di casi studio, esercitazioni in aula guidate, esercitazioni autonome, uso di software specialistici, utilizzo di cataloghi commerciali, sviluppo di un progetto di impianto di terra. La verifica di questi obiettivi � prevista all'interno della prova orale, anche mediante discussione dell'elaborato progettuale presentato da ciascun allievo in sede di esame.
	ABILITA' COMUNICATIVE Lo studente sara' in grado di esporre con competenza e propriet� di linguaggio le diverse problematiche di sicurezza elettrica esistenti in impianti ed installazioni elettriche anche complessi, nonche' di redigere un resoconto motivato e dettagliato che giustifichino le scelte e le soluzioni adottate in fase progettuale, o da adottare in fase di verifica, per conseguire il livello di sicurezza richiesto dalla normativa tecnica e di legge. Per il raggiungimento di questi obiettivi il corso prevede lezioni frontali, discussione di casi studio, sviluppo di un progetto in gruppo. La verifica di questi obiettivi e prevista all'interno della prova orale.
	CAPACITA' DI APPRENDIMENTO Lo studente al termine del corso avra' acquisito consapevolezza non solo sugli aspetti legati alla sicurezza elettrica, ma anche e soprattutto sulla necessit� di operare sempre e comunque uno studio continuo ed autonomo, a causa della

	<p>costante evoluzione normativa e legislativa e del progresso tecnico e tecnologico. Sara' in grado, pertanto, di proseguire gli studi ingegneristici con maggiore autonomia, consapevolezza e discernimento, riconoscendo che l'apprendimento autonomo caratterizzerà comunque tutto l'arco della vita professionale.</p> <p>Per il raggiungimento di questi obiettivi il corso prevede lezioni frontali, discussione di casi studio, esercitazioni guidate, sviluppo di un progetto di un impianto di terra.</p> <p>La verifica di questi obiettivi è prevista all'interno della prova orale, anche mediante discussione dell'elaborato progettuale presentato da ciascun allievo in sede di esame.</p>
VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO	<p>La verifica dell'apprendimento viene eseguita mediante un esame consistente in un'unica prova orale. Tale prova consiste in un colloquio durante il quale lo studente dovrà rispondere ad almeno cinque domande a risposta aperta sull'intero programma del corso svolto; alla prova ciascuno studente presenta un elaborato progettuale – sviluppato durante il corso in modo autonomo o in gruppo – di un impianto di terra in alta tensione, costituito da documentazione tecnica (relazione, planimetrie). Tale elaborato è anch'esso oggetto di discussione in sede di esame.</p> <p>La prova e' finalizzata ad accertare:</p> <ul style="list-style-type: none"> - il grado di conoscenza e comprensione dei contenuti dell'insegnamento; - la capacita' di applicare le conoscenze acquisite, con competenza, coerenza, efficacia ed autonomia di giudizio, alla risoluzione di problematiche o ad applicazioni inerenti all'insegnamento e/o ad esso correlate; - la capacita' di rielaborare le conoscenze e le competenze acquisite individuando collegamenti tra esse nell'ambito anche di tematiche interdisciplinari correlate al corso; - la capacita' espositiva con particolare riguardo alla chiarezza ed alla proprietà di linguaggio. <p>La valutazione, espressa in trentesimi, viene attribuita al termine della prova in funzione dei risultati complessivi raggiunti secondo lo schema sotto riportato:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 28-30/30 e lode <p>Lo studente dimostra una ottima/eccellente conoscenza e padronanza dei contenuti del corso, che declina in assenza di errori o con autonoma correzione di talune imprecisioni; le risposte alle domande poste sono organizzate con rigore metodologico fornendo soluzioni complete e dimostrando ottima/eccellente capacita' applicative caratterizzate da un alto grado di autonomia. La capacita' comunicativa e' caratterizzata da ottime/eccellenti chiarezza e proprietà di linguaggio e da argomentazioni articolate da cui traspare una piena capacita' di orientarsi autonomamente e formulare giudizi sia nell'ambito disciplinare stesso che in ambiti interdisciplinari.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 24-27 <p>Lo studente dimostra una soddisfacente/buona conoscenza e padronanza dei contenuti del corso, che declina con alcuni errori od omissioni e relative correzioni ed integrazioni parzialmente guidate dal docente; le risposte alle domande poste sono sostanzialmente corrette, dimostrando una soddisfacente/buona capacita' di analisi autonoma. La capacita' comunicativa e' caratterizzata da una soddisfacente/buona coerenza nel collegare i concetti e nell'orientarsi nell'ambito disciplinare o in quelli ad esso correlati; adeguata chiarezza espositiva e sostanzialmente corretta proprietà di linguaggio.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 18-23 <p>Lo studente dimostra una sufficiente/discreta conoscenza e padronanza dei contenuti del corso, che declina con errori od omissioni non gravi; le risposte alle domande poste, anche se complessivamente adeguate, sono caratterizzate da una limitata autonomia ed efficacia. La capacita' comunicativa e' caratterizzata da una accettabile coerenza nell'orientarsi e nel collegare i concetti in ambito disciplinare, sebbene in modo incerto e guidato; sufficienti chiarezza espositiva e proprietà di linguaggio.</p> <ul style="list-style-type: none"> - inferiore a 18 <p>Lo studente dimostra di non aver raggiunto i risultati di apprendimento minimi previsti. Insufficiente conoscenza e padronanza degli argomenti, con molti errori, inesattezze o gravi lacune; insufficiente capacita' di analisi e di risoluzione accettabile dei problemi posti, mancanza di autonomia nell'approccio metodologico, incapacita' di orientarsi autonomamente o di eseguire collegamenti disciplinari ed interdisciplinari; carenti capacita' espositive e di argomentazione, scarsa chiarezza ed inadeguata proprietà di linguaggio.</p>
OBIETTIVI FORMATIVI	<p>Obiettivo del corso e' quello di far acquisire allo studente le conoscenze e le competenze necessarie ad affrontare e risolvere le problematiche connesse con i pericoli dell'elettricità nella utilizzazione dell'energia elettrica e dei fenomeni ad essa correlati e di fornire gli elementi utili per conseguire, nel rispetto dei vincoli normativi, un livello di sicurezza accettabile nella progettazione, esecuzione e gestione degli impianti elettrici.</p> <p>Ulteriore obiettivo è quello di far acquisire la consapevolezza circa la necessita'</p>

	di operare uno studio continuo ed autonomo durante tutto l'arco della futura attività professionale, a causa della costante evoluzione normativa e legislativa e del progresso tecnico e tecnologico, al fine di individuare le soluzioni più idonee a garantire il corretto funzionamento degli impianti elettrici in condizioni di sicurezza.
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	<p>Il corso prevede lezioni frontali, esercitazioni guidate, autonome e di gruppo, analisi e discussione di casi studio, uso di cataloghi commerciali e software specialistici.</p> <p>Le attività sono sviluppate in modo da agevolare il raggiungimento degli obiettivi formativi e dei risultati di apprendimento attesi sotto declinati. Il corso, caratterizzato oltre che dai necessari contenuti teorici anche dai relativi aspetti applicativi, è svolto in modo da stimolare la partecipazione degli allievi prevedendo lezioni frontali anche dialogate ed interattive, in cui si privilegiano i collegamenti non solo tra gli argomenti dello stesso insegnamento, ma anche quelli interdisciplinari; durante le esercitazioni e la discussione di casi studio lo studente è stimolato ad analizzare in modo critico le problematiche proposte, sviluppando le proprie capacità di analisi, di autonomia di giudizio, di comunicazione, di argomentazione e di proprietà di linguaggio, essendo chiamato a confrontarsi col docente e con gli altri studenti.</p> <p>Particolare attenzione viene dedicata alla parte applicativa al fine di fornire strumenti e corretta modalità di uso degli stessi, essendo questi gli elementi che caratterizzeranno l'attività professionale di un ingegnere.</p>
TESTI CONSIGLIATI	<p>- V.ito Carrescia: Fondamenti di Sicurezza Elettrica - Edizioni TNE, Torino - ISBN 9788894847260</p> <p>- Dispensa curata dal docente</p>

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
5	RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI Legge 186/68, D.M. 37/08, D.P.R. 462/01. Norme CEI, IEC, CENELEC. Direttive CEE e marcatura CE. Conformità alle Norme dei materiali elettrici; contrassegno CEI e marchio IMQ.
2	PRINCIPI GENERALI DI SICUREZZA Definizioni di sicurezza, tasso di guasto e rischio. Sistemi di protezione serie e parallelo. Affidabilità e sicurezza. Causa di forza maggiore e caso fortuito. Livello di sicurezza accettabile.
4	CORRENTE ELETTRICA E CORPO UMANO Richiami di elettrofisiologia; potenziale di riposo e potenziale di azione della singola cellula, curva di eccitabilità. Effetti patofisiologici della corrente elettrica sul corpo umano; tetanizzazione muscolare, arresto della respirazione, fibrillazione ventricolare e fattore di percorso, ustioni. Limiti di pericolosità della corrente elettrica. Resistenza elettrica del corpo umano. Pericolosità del percorso della corrente elettrica.
4	DISPERSIONE DELLA CORRENTE ELETTRICA NEL TERRENO Comportamento del terreno come conduttore elettrico, resistenza di terra di un dispersore, equivalente emisferico, potenziali elettrici nel terreno, dispersori in parallelo. Resistenza verso terra di una persona. Tensione totale di terra e tensione di contatto.
2	GENERALITÀ SULLA PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI Isolamento funzionale, principale e supplementare, contatto diretto e indiretto, massa di un apparecchio elettrico. Classificazione degli apparecchi elettrici in relazione alle misure di protezione contro i contatti indiretti. Curva di sicurezza tensione-tempo; tensione di contatto limite convenzionale. Definizione di massa estranea. Tensione nominale e tensione nominale verso terra di un sistema elettrico. Classificazione dei sistemi elettrici in relazione alla tensione nominale e allo stato del neutro e delle masse. Classificazione degli apparecchi in relazione alla loro mobilità.
5	PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI NEI SISTEMI TT Circuito equivalente di guasto e tensione sulle masse. Protezione mediante interruttori automatici magnetotermici; coordinamento tra resistenza di terra e dispositivo di protezione, limiti della protezione. Collegamento a terra di masse di utilizzatori protetti da un medesimo interruttore differenziale. Protezione mediante interruttori differenziali, selettività orizzontale e verticale, interruttori differenziali di tipo selettivo e ritardati. Classificazione degli interruttori differenziali. Dispositivi toroidali. Collegamento equipotenziale principale. Considerazioni sul conduttore di neutro.
5	PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI NEI SISTEMI TN Circuito equivalente di guasto, anello di guasto, tensione sulle masse, sicurezza all'interno degli edifici. Requisiti di sicurezza. Circuiti di distribuzione e circuiti terminali. Tensioni trasferite e collegamento equipotenziale supplementare. Tensioni sul neutro in condizioni anomale del circuito. Sistema TN e reti pubbliche di distribuzione in bassa tensione. Confronto tra i sistemi TN e TT.
3	PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI NEI SISTEMI IT Caratteristiche di un sistema IT, doppio guasto a terra, controllo dell'isolamento verso terra. Requisiti di sicurezza nei sistemi con neutro non distribuito e in quelli con neutro distribuito. Sovratensioni per guasto a terra di tipo resistivo e induttivo.

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
3	<p>PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI SENZA INTERRUZIONE AUTOMATICA DEL CIRCUITO Protezione mediante isolamento doppio o rinforzato; fenomeno del tracking e requisiti di sicurezza. Protezione per separazione elettrica dei circuiti; trasformatore di isolamento. Protezione per mezzo di locali non conduttori. Protezione mediante collegamento equipotenziale locale non connesso a terra.</p>
2	<p>IMPIANTO DI TERRA Dispersioni intenzionali e di fatto, impianto di terra di fondazione. Corrosione dei dispersori. Dimensioni minime degli elementi disperdenti. Collettore principale di terra, conduttori di terra, di protezione ed equipotenziali.</p>
11	<p>PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI IN ALTA TENSIONE Andamento del potenziale sulla superficie del terreno; elettrodo emisferico, elettrodo sferico profondo; metodo delle immagini, dispersore cilindrico rettilineo, dispersori a maglie. Tensioni di contatto e di passo. Curva di sicurezza delle tensioni di contatto ammissibili e requisiti di sicurezza. Impianto di terra globale. Metodologia generale di studio per dispersori di forma complessa; metodo delle sorgenti equivalenti, applicazione del metodo delle sottoaree di Maxwell. Prestazioni caratteristiche dei dispersori a maglie in terreno omogeneo; valutazione a mezzo di abachi, o espressioni analitiche approssimate, delle grandezze caratteristiche ai fini del progetto. Drenaggio della corrente di guasto a terra da parte di funi di guardia e guaine metalliche dei cavi. Interferenza conduttiva tra elettrodi interrati e potenziali trasferiti; metodologia generale di studio, esempi applicativi e provvedimenti di sicurezza. Simulazione dell'uomo per la valutazione delle tensioni di contatto e di passo effettive; cenni sulla misura delle tensioni di contatto e di passo, scarti percentuali tra valori effettivi e valori a vuoto delle tensioni pericolose. Metodo di calcolo matriciale e metodo delle equazioni globali.</p>
2	<p>PROBLEMI DI SICUREZZA NELL'INTERFACCIA ALTA-BASSA TENSIONE Messa a terra delle masse delle apparecchiature in alta tensione e di quelle di bassa tensione; messa a terra del neutro del sistema di bassa tensione.</p>
4	<p>PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI Misure di protezione totali; isolamento, involucri e barriere, gradi di protezione del materiale elettrico contro la penetrazione di corpi estranei e contro la penetrazione di liquidi. Misure di protezione parziali. Protezione per limitazione della carica elettrica e della corrente. Protezione contro i contatti diretti mediante interruttori differenziali; limiti protettivi intrinseci alla caratteristica di intervento e in particolari condizioni circuitali. Comportamento degli interruttori differenziali nei confronti di componenti continue verso terra.</p>
2	<p>SISTEMI A BASSISSIMA TENSIONE Protezione contro i contatti diretti e indiretti mediante sistemi a bassissima tensione di sicurezza (SELV) e a bassissima tensione di protezione (PELV); trasformatore di sicurezza, apparecchi di classe III e requisiti di sicurezza. Sistemi a bassissima tensione funzionale (FELV).</p>
2	<p>APPLICAZIONE DELLE MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI Considerazioni sul rischio relativo ai contatti diretti e indiretti e sui limiti delle tensioni di sicurezza. Analisi del rischio elettrico in particolari condizioni ambientali. Luoghi a maggiore rischio elettrico; luoghi conduttori ristretti, locali contenenti bagni o docce, piscine, cantieri edili.</p>
4	<p>SICUREZZA ELETTRICA IN OSPEDALI E NEI LOCALI MEDICI Paziente con il cuore collegato con l'esterno nei locali per chirurgia, rischio di microshock. e sistema di protezione IT medicale. Classificazione dei locali adibiti ad uso medico e requisiti di sicurezza contro i contatti indiretti. Apparecchi elettromedicali.</p>
3	<p>LUOGHI CON PERICOLO DI ESPLOSIONE E/O A MAGGIOR RISCHIO IN CASO DI INCENDIO Definizioni: atmosfera esplosiva, energia minima di accensione, temperatura di accensione, limiti di infiammabilità e temperatura d'infiammabilità. Classe dei luoghi con pericolo di esplosione. Luoghi pericolosi per la presenza di gas o vapori infiammabili. Luoghi pericolosi per la presenza di polveri infiammabili. Luoghi pericolosi per la presenza di sostanze esplosive. Direttiva Atex; classificazione degli apparecchi destinati ad essere utilizzati nei luoghi con pericolo di esplosione. Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive; modi di protezione e componenti Ex. Luoghi a maggior rischio in caso di incendio; classificazione dei cavi in relazione al comportamento nei confronti dell'incendio.</p>
7	<p>PROTEZIONE CONTRO I FULMINI Fisica del temporale e formazione del fulmine. Classificazione dei fulmini. Forma d'onda della corrente di fulmine. Livello ceraunico. Danni causati da fulminazioni dirette e indirette. Area di captazione e raggio di captazione di un impianto di protezione contro i fulmini. Volume protetto. Posizionamento e installazione di un impianto di protezione contro i fulmini (LPS) esterno di una struttura; livelli di protezione ed efficacia della protezione in relazione ai valori assunti dai parametri della corrente di fulmine. Applicazione delle norme CEI per la protezione di una struttura contro i fulmini; valutazione del rischio; componenti di rischio, frequenza di fulminazione tollerabile, scelta del livello di protezione e caratteristiche dell'LPS esterno ed interno.</p>
ORE	Esercitazioni
9	<p>Scelta della configurazione e dimensionamento del dispersore di terra di una cabina primaria. Utilizzazione degli abachi per la determinazione delle grandezze caratteristiche ai fini del progetto di un impianto di terra. Dimensionamento di un dispersore magliato mediante uso di abachi ed espressioni analitiche semi-empiriche. Dimensionamento di un dispersore magliato mediante IEEE Standard 80-2013. Dimensionamento di un dispersore magliato rettangolare con picchetti mediante uso di abachi ed espressioni analitiche semi-empiriche.</p>
1	<p>Applicazione delle Norme CEI 81-10 sulla protezione delle strutture contro i fulmini: uso di software specialistico.</p>

ORE	Altro
1	PRESENTAZIONE E INTRODUZIONE AL CORSO Obiettivi e finalita' del corso, materiale didattico e prove di esame.