



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO	Ingegneria
ANNO ACCADEMICO OFFERTA	2019/2020
ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE	2019/2020
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	6
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	96
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA	54
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

DOCENTE: Prof. SALVATORE FAVUZZA

PREREQUISITI	Per permettere la comprensione degli argomenti trattati nel corso, si ritiene necessario che lo studente possieda le seguenti conoscenze: - metodologie di base per l'analisi dei circuiti e delle reti elettriche; - struttura e tipologia dei sistemi elettrici di trasmissione e 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 COMPrensIONE Lo studente, al termine del corso, avra' acquisito conoscenze specifiche 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. CAPACITA' DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE Lo studente avra' acquisito conoscenze e capacita' adeguate 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, nonche' di indicare i necessari interventi di adeguamento, laddove richiesto, per rendere il sistema efficiente e sicuro. AUTONOMIA DI GIUDIZIO Lo studente sara' in grado di effettuare, di volta in volta e in maniera autonoma, la scelta delle misure piu' idonee per la protezione delle persone nei confronti dei contatti diretti e indiretti nelle applicazioni elettriche e per evitare danni a persone o cose dovuti agli effetti della corrente elettrica e ai fenomeni con cui essa si manifesta. ABILITA' COMUNICATIVE Lo studente sara' in grado di esporre con competenza e proprieta' 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. CAPACITA' DI APPRENDIMENTO Lo studente alla fine del corso avra' acquisito la preparazione necessaria per l'apprendimento e l'aggiornamento continuo , in piena autonomia, durante l'attivita' professionale. In particolare, sara' capace di seguire la costante evoluzione normativa e scientifica nel campo della sicurezza elettrica, mediante la consultazione di pubblicazioni scientifiche, norme tecniche e di legge di nuova emanazione. Inoltre, sara' anche capace di seguire, utilizzando le conoscenze acquisite nel corso, sia master di secondo livello sia corsi d'approfondimento e seminari specialistici.
VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO	La valutazione del livello di conoscenza e competenza acquisito di ciascun allievo, nonche' del grado di raggiungimento degli altri obiettivi minimi fissati nella sezione "Risultati di Apprendimento Attesi", avviene attraverso una prova di esame orale. L'esame riguarda gli argomenti trattati durante le ore di lezioni ed esercitazioni, con riferimento al programma del corso e ai testi consigliati, e consiste in un colloquio che prevede, di norma, un minimo di due/tre domande a risposta aperta e una/due domande a risposta chiusa o semi-aperta. La prova di esame mira a valutare se lo studente abbia conoscenza e comprensione degli argomenti trattati e abbia acquisito competenza interpretativa e autonomia di giudizio di casi concreti. Il giudizio dato al termine di ciascuna prova, espresso in trentesimi con una votazione minima di 18/30, sara' quindi commisurato alla preparazione dimostrata dallo studente sugli argomenti trattati nel corso e al raggiungimento degli obiettivi minimi fissati nella sezione "Risultati di Apprendimento Attesi", con particolare riferimento alla padronanza dei concetti e dei metodi, alla capacita' di applicare concetti e metodi alla soluzione di vari problemi, alla chiarezza e completezza di esposizione. La soglia della sufficienza, corrispondente alla votazione di 18/30, sara' raggiunta quando lo studente mostri conoscenza e comprensione degli argomenti almeno nelle linee generali e abbia sufficienti competenze applicative

	in ordine alla risoluzione di casi concreti; dovra' ugualmente possedere capacita' espositive e argomentative tali da consentire la trasmissione delle sue conoscenze all'esaminatore. Al di sotto di tale soglia, l'esame risultera' insufficiente. Quanto piu', invece, l'esaminando con le sue capacita' argomentative ed espositive riesce a interagire con l'esaminatore, e quanto piu' le sue conoscenze e capacita' applicative vanno nel dettaglio della disciplina oggetto di verifica, tanto piu' la valutazione sara' positiva. In particolare, la votazione verra' attribuita secondo il seguente schema: - da 28 a 30 - 30 e lode a) ottima/eccellente conoscenza e padronanza degli argomenti trattati nel corso, b) ottime/eccellenti capacita' di applicare le proprie conoscenze per l'analisi e la soluzione dei problemi proposti, con elevato grado di autonomia, efficacia ed elementi di originalita', c) piene/eccellenti capacita' espositive e di argomentazione, d) ottima/eccellente chiarezza e proprieta' di linguaggio; - da 24 a 27 a) buona conoscenza e padronanza degli argomenti del corso, con pochi e non significativi errori, inesattezze o omissioni, b) buone capacita' di applicare le proprie conoscenze per l'analisi e la soluzione dei problemi proposti, con sufficiente autonomia ed efficacia, c) discrete capacita' espositive e di argomentazione, d) soddisfacente/buona chiarezza e proprieta' di linguaggio; - da 18 a 23 a) sufficiente/discreta conoscenza e padronanza degli argomenti del corso, sebbene con alcuni errori, inesattezze o lacune, b) sufficienti/discrete capacita' di applicare le proprie conoscenze per l'analisi e la soluzione dei problemi proposti, anche se con limitata autonomia ed efficacia, c) sufficienti/discrete capacita' espositive e di argomentazione, d) sufficiente/discreta chiarezza e proprieta' di linguaggio. La prova di esame orale si intende non superato se lo studente dimostra un insufficiente livello di conoscenza e padronanza degli argomenti trattati nel corso, nonche' il non raggiungimento degli altri obiettivi minimi fissati nella sezione "Risultati di Apprendimento Attesi".
OBIETTIVI FORMATIVI	Obiettivo del corso e' quello di approfondire 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 anche dei vincoli normativi, un livello di sicurezza accettabile nella progettazione, esecuzione e gestione degli impianti elettrici. Dopo un'introduzione sugli aspetti legislativi e normativi riguardanti la sicurezza delle installazioni elettriche, sono trattati gli effetti della corrente elettrica sul corpo umano e vengono presentati i sistemi di protezione contro i contatti diretti e indiretti, con e senza interruzione automatica del circuito. In particolare, vengono approfonditi gli aspetti progettuali e realizzativi degli impianti di terra nelle installazioni elettriche di bassa, media e alta tensione, comprendendo anche le problematiche di sicurezza connesse con i fenomeni dell'interferenza tra elettrodi interrati e dei potenziali trasferiti negli impianti di terra. Vengono affrontate infine le problematiche di sicurezza negli ambienti a maggiore rischio elettrico, con particolare riguardo ai locali adibiti ad uso medico e a quanto prescritto dalle norme di sicurezza.
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	Per il raggiungimento degli obiettivi fissati nella sezione "Risultati di Apprendimento Attesi" il corso e' organizzato in lezioni frontali, esercitazioni assistite e analisi e discussione di casi pratici.
TESTI CONSIGLIATI	- V. Carrescia: Fondamenti di Sicurezza Elettrica - Edizioni TNE, Torino - Dispensa curata dal docente - Norme CEI

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
3	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. Conformita' alle Norme dei materiali elettrici; contrassegno CEI e marchio IMQ.
3	PRINCIPI GENERALI DI SICUREZZA Definizioni di sicurezza, tasso di guasto e rischio. Sistemi di protezione serie e parallelo. Affidabilita' e sicurezza. Causa di forza maggiore e caso fortuito. Livello di sicurezza accettabile.
3	CORRENTE ELETTRICA E CORPO UMANO Richiami di elettrofisiologia; potenziale di riposo e potenziale di azione della singola cellula, curva di eccitabilita'. Effetti patofisiologici della corrente elettrica sul corpo umano; tetanizzazione muscolare, arresto della respirazione, fibrillazione ventricolare e fattore di percorso, ustioni. Limiti di pericolosita' della corrente elettrica. Resistenza elettrica del corpo umano. Pericolosita' del percorso della corrente elettrica.
2	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.

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
3	GENERALITA' 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.
4	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. Protezione mediante interruttori differenziali, selettività orizzontale e verticale, interruttori differenziali di tipo selettivo e ritardati. Dispositivi toroidali. Collegamento equipotenziale principale. Considerazioni sul conduttore di neutro.
3	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.
2	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.
2	IMPIANTO DI TERRA Dispensori 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.
6	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.
2	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.
2	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.
2	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).
2	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. Gruppi elettrogeni; protezione contro i contatti indiretti. Messa a terra di apparecchi elettronici.
4	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. Simmetria verso terra degli apparecchi medicali.
ORE	Esercitazioni
8	Esercitazione, analisi e discussione di casi studio relativi agli argomenti sviluppati durante il corso.