

Programma del corso di IMPIANTI ELETTRICI
(12 CFU – Mod. I e II - terzo anno)
(Docente: prof. ing. Mariano G. IPPOLITO)

Introduzione al corso; Definizioni e concetti di base; Architettura del sistema elettrico di potenza; Vettori elettrici; Struttura e principali caratteristiche (livelli di tensione, stato del neutro, componenti) delle reti di trasmissione, di sub-trasmissione e di distribuzione; Norme CEI; Simboli dei principali componenti e schemi degli impianti elettrici.

PRODUZIONE

Generalità sulla produzione di energia elettrica; Fonti primarie: convenzionali e rinnovabili; Programmazione della produzione di energia elettrica: servizio di base e servizio di punta; Centrali termoelettriche: combustibili, ciclo termodinamico, rendimenti, provvedimenti per migliorare il rendimento; Centrali idroelettriche: ad acqua fluente e a serbatoio; Turbine idrauliche ad azione e a reazione, rendimenti; Centrali di generazione e pompaggio. Centrali geotermoelettriche; Centrali a turbogas; Cenni generali sulla generazione distribuita.

Il mercato dell'energia elettrica; Modelli di mercato: a dispacciamento passante e a dispacciamento di merito economico; Quadro legislativo. Articolazione del mercato in Italia: MGP, MA, MSD. Mercato dei Certificati Verdi e dei Titoli di Efficienza Energetica.

TRASMISSIONE

Costanti fondamentali di una linea elettrica: espressioni della resistenza, induttanza e capacità di servizio, conduttanza trasversale. Linee elettriche di trasmissione: equazioni in regime sinusoidale permanente; Costante di propagazione, angolo complesso e impedenza caratteristica delle linee; Quadripoli equivalenti; Rappresentazione a parametri distribuiti e a parametri concentrati; Caso ideale: linea senza perdite. Linea chiusa sull'impedenza caratteristica; Potenza naturale; Linea con lunghezza pari a $1/2$ e $1/4$ della lunghezza d'onda; Espressione delle potenze; Capacità di trasporto delle linee aeree ed in cavo.

Metodo dei valori relativi; Scelta delle grandezze di riferimento; Modalità d'impiego dei valori relativi e vantaggi conseguibili.

Analisi delle reti elettriche di potenza in regime permanente; Variabili di stato, di disturbo e di controllo; Load-flow in corrente continua; Il dispatching della generazione: costi orari, specifici e incrementali della produzione, costi incrementali delle perdite; Analisi nodale, costruzione della matrice delle ammettenze nodali; Matrice delle impedenze di cortocircuito; Formulazione canonica del problema del load-flow: nodi PQ, V δ , PV, Q δ ; Principali metodi iterativi di risoluzione: Gauss-Siedel e Newton-Raphson.

Introduzione al problema di regolazione della tensione e della frequenza nei sistemi elettrici di potenza.

Regolazione primaria di frequenza in un'area di controllo isolata; Regolatore di velocità; Energia regolante dei carichi, energia regolante della macchina e relative caratteristiche statiche. Regolazione secondaria della frequenza; Analisi della regolazione primaria e secondaria a mezzo delle caratteristiche statiche.

La regolazione della tensione; Regime delle tensioni nei nodi di una rete; Potenza di cortocircuito in un nodo. Regolazione della tensione in un nodo; Legame fra tensioni e iniezioni di potenza reattiva; Mezzi di regolazione; Caratteristiche e ruolo dei dispositivi FACTS; Sistema gerarchico di regolazione (regolazione primaria, secondaria e terziaria).

La stabilità dei sistemi elettrici; Stabilità statica e relativi limiti di trasmissione; Stabilità transitoria; Criterio delle aree e modalità applicative; Provvedimenti per migliorare le condizioni di stabilità statica e transitoria.

DISTRIBUZIONE

Linee e reti di distribuzione in media e bassa tensione: considerazioni generali; Costanti fondamentali delle linee di distribuzione; Reti radiali, reti ad anello, reti in banking e altre strutture; Generalità sul calcolo preliminare e sul calcolo di verifica delle reti di distribuzione.

Espressione della caduta di tensione; Diagramma delle tensioni; Calcolo elettrico delle linee di distribuzione: linee alimentate ad un estremo con carichi concentrati e distribuiti, in corrente continua e in corrente alternata a diverso fattore di potenza; Calcolo preliminare e di verifica di reti radiali, con il criterio della massima caduta di tensione; Calcolo di linee alimentate ai due estremi con tensioni uguali e differenti; Punti di inversione delle correnti in fase e in quadratura; Calcolo di reti magliate: metodo del Coltri; Espressione delle perdite di potenza.

Problematiche termiche per conduttori in cavo; Criterio termico; Norme CEI-UNEL 35024 e 35026 sulle portate di corrente.

Dimensionamento di linee elettriche con il criterio del massimo tornaconto economico.

Le correnti di cortocircuito nelle reti di distribuzione: generalità, il regime transitorio, ipotesi e metodo di calcolo (Norma CEI 11-25); Calcolo delle correnti di cortocircuito per guasti simmetrici e dissimmetrici (particolarizzazione ai casi di guasto monofase a terra, bifase con e senza contatto a terra).

I sistemi di protezione negli impianti di distribuzione: classificazione dei guasti, caratteristiche e requisiti dei sistemi di protezione; Protezione delle reti MT a struttura aperta (a neutro isolato, con neutro a terra attraverso la bobina di Petersen, con neutro a terra attraverso una resistenza); Impiego di dispositivi DSTG; Protezione delle reti MT ad anello; Protezione delle reti BT a struttura aperta; Protezione delle reti BT in banking e a maglie; Selettività amperometrica, cronometrica e logica; Selettività parziale e totale; Protezione in serie o back-up; Verifica termica della protezione dei cavi da sovracorrenti dovute a sovraccarichi e cortocircuiti; Energia specifica passante; Lunghezza massima protetta.

Generalità sulle sovratensioni nelle reti elettriche: di origine atmosferica, di manovra e sostenute; Criteri di protezione dalle sovratensioni.

Cabine elettriche di distribuzione; Cabine palo; Cabine in muratura con installazioni a giorno, protette, blindate e miste; Cabine sotterranee; Cabine prefabbricate; Interblocchi; Dotazione e accessori. Quadri elettrici per la bassa tensione.

UTILIZZAZIONE

Rifasamento: generalità, vantaggi tecnici ed economici del rifasamento, condensatori di rifasamento e relative problematiche di installazione; Determinazione della potenza rifasante: criterio della penale, criterio delle minime perdite, criterio del massimo tornaconto economico; Altri aspetti relativi alla progettazione e all'esercizio di banchi di condensatori di rifasamento (resistenze di scarica, reattanze di limitazione della corrente di inserzione, risonanza su armoniche e sovratensioni).

Criteri generali per la progettazione di impianti elettrici in BT; Analisi dei carichi: fattori di utilizzazione del carico, fattori di punta, fattori di contemporaneità (espressione di Rusck per quartieri residenziali); Problematiche di previsione del fabbisogno di energia (modello esponenziale e polinomiale); Calcolo della potenza convenzionale.

Documentazione di progetto degli impianti elettrici (Guida CEI 0-2).

Esercitazioni

- Formulazione e risoluzione del load-flow in corrente continua per una rete a tre nodi.
- Formulazione e risoluzione del load-flow in corrente alternata con metodi iterativi.

- Modello matematico del regolatore di velocità: funzione di trasferimento del regolatore nel dominio di s.
- Applicazioni del criterio termico e della massima caduta di tensione per il calcolo di reti di distribuzione aventi diversa configurazione.
- Calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti di distribuzione.
- Progettazione di banchi di rifasamento, con l'applicazione di diversi criteri per la determinazione della potenza rifasante.
- Schema elettrico trifilare di una cabina MT/BT (con anello in MT, banking in BT, misura dell'energia al primario e al secondario).
- Applicazioni dei problemi di progetto e di verifica ad impianti elettrici utilizzatori e di distribuzione.

Prove d'esame: - *prova finale unica*

Testi consigliati

V. Cataliotti "Impianti elettrici"- Volumi II e III, F. Flaccovio Editore.

Altri ausili

Dispense distribuite dal Docente su vari argomenti del corso.

IL DOCENTE
(Mariano G. Ippolito)