

Introduzione agli Impianti Elettrici

Luigi Verolino

Ad Antonella,
naturalmente

Indice

Prefazione

Prefazione alla seconda edizione

Capitolo 1

Generalità sugli impianti

- 1.1 Considerazioni sulla produzione dell'energia elettrica
- 1.2 Scelte fondamentali per la trasmissione e la distribuzione
- 1.3 Scelta della frequenza
- 1.4 Struttura tipica dei moderni sistemi elettrici
- 1.5 Materiali elettrici
- 1.6 Gli impianti elettrici e le norme
- 1.7 La legislazione sugli impianti
- Appendice: schemi unifilari

Capitolo 2

Produzione dell'energia elettrica

- 2.1 Le fonti primarie di energia
- 2.2 Centrali idroelettriche
- 2.3 Centrali termoelettriche
- 2.4 Centrali termoelettriche con turbine a gas
- 2.5 Altri tipi di centrale
- 2.6 La cogenerazione ed il teleriscaldamento
- 2.7 I gruppi di continuità
- Appendice: alcune centrali italiane

Capitolo 3

Impianti in Alta Tensione

- 3.1 Elementi costitutivi delle linee aeree
- 3.2 Equazioni delle linee
- 3.3 Novità rispetto ai sistemi trifasi
- 3.4 Apparecchiature di protezione e manovra
- 3.5 Campi in prossimità di una linea di alta tensione

- 3.6 Misure del campo elettrico e magnetico
- 3.7 Effetti biologici e sanitari dei campi a basse frequenze
- 3.8 Simboli grafici per interruttori, contattori e sezionatori
- 3.9 Sala per prove in Alta Tensione
- Appendice: considerazioni meccaniche e termiche sulle linee

Capitolo 4

Impianti in Media Tensione

- 4.1 Linee in media tensione
- 4.2 Schemi di distribuzione
- 4.3 Calcolo elettrico delle reti di distribuzione
- 4.4 Fulminazione indiretta
- Appendice: la fulminazione

Capitolo 5

Impianti in bassa tensione

- 5.1 Fusibili
- 5.2 Relè
- 5.3 Selettività delle protezioni
- 5.4 Protezione delle apparecchiature
- 5.5 Cabine di distribuzione
- 5.6 Quadri elettrici
- 5.7 Tipologie degli impianti utilizzatori
- 5.8 Protezioni contro sovracorrenti e cortocircuiti
- 5.9 Sorgenti di campo in ambiente domestico
- 5.10 Cenni sulla tariffazione dell'energia
- Appendice: norme CEI

Capitolo 6

Sicurezza elettrica

- 6.1 Pericolosità della corrente elettrica
- 6.2 La dispersione della corrente a terra
- 6.3 Impianto di terra
- 6.4 Classificazione dei sistemi in relazione al collegamento a terra
- 6.5 Tipi di contatto e di isolamento
- 6.7 Protezioni contro il contatto indiretto
- 6.8 Protezione combinata contro i contatti diretti e indiretti

6.9 Altri tipi di pericoli elettrici

6.10 Il progetto degli impianti elettrici

6.11 Soccorsi di emergenza

Appendice: legge sulla sicurezza e suo regolamento di attuazione

Capitolo 7

Elementi di Illuminotecnica

7.1 Fotometria

7.2 L'occhio umano ed il meccanismo della visione

7.3 Sorgenti luminose

7.4 Calcolo degli impianti di illuminazione

7.5 La velocità della luce

Appendice: l'illuminazione elettrica

Prefazione

La disciplina degli Impianti Elettrici, per essere compresa appieno, richiede buone conoscenze di Elettrotecnica Generale e di Campi Elettrici e Magnetici, nonché qualche cognizione di Macchine Elettriche, relativa specialmente ai trasformatori. Se poi si pensa che, per lo studio delle centrali elettriche, è indubbiamente necessaria qualche conoscenza di Idrodinamica (per le centrali idroelettriche) e di Termodinamica (per le centrali termoelettriche), allora il quadro è proprio completo.

La difficoltà di concepire un corso introduttivo di impianti, come quello presentato in questo volume, risiede proprio in questa connaturata interdisciplinarietà. Per superare questa difficoltà, sono state messe in campo due idee.

La prima consiste nel trattare le varie parti che compongono un impianto, in alta, media e bassa tensione, in maniera separata non solo per poter parlare più specificamente degli aspetti caratteristici del tipo di impianto in esame, ma soprattutto per dare all'allievo la sicurezza di orientarsi rapidamente in questo complesso e variegato mondo. Volendo muovere una critica ad alcuni degli ottimi testi di impianti presenti in commercio, si può dire che, studiando ad esempio apparecchiature di protezione e manovra, il lettore si trova un po' sconcertato dato che apprende nozioni che trovano applicazioni in diversi campi degli impianti, date tutte assieme.

La seconda è rappresentata dall'uso del simulatore Spice, normalmente adoperato per risolvere circuiti a costanti concentrate, per trattare i circuiti a costanti distribuite, come le linee in alta tensione, altrimenti intrattabili (e per questo non presenti in altri testi del genere). La soluzione fornita da Spice consente di mettere in rilievo la 'natura propagativa' del fenomeno in maniera piana e naturale, eliminando dalla trattazione tutti gli aspetti matematici, anche piuttosto aridi, connessi con la soluzione di equazioni alle derivate parziali.

Un certo rilievo è stato anche dato alla misura dei campi prodotti dagli elettrodotti dato che, nel momento storico in cui questo libro è stato pensato, l'opinione pubblica del nostro paese viveva un massimo di sensibilità verso i problemi relativi all'inquinamento elettromagnetico (conosciuto anche come elettrosmog). Infine, un'ampia pagina di sicurezza, troppo spesso trascurata nei corsi di impianti, chiude il volume.

Questo testo serve a completare la preparazione elettrotecnica degli allievi ingegneri 'non elettrici', cioè gli allievi gestionali, meccanici, chimici, aeronautici, e, per quanto possibile, è scritto in forma colloquiale per consentire di stabilire con

chi apprende un contatto più diretto e di alleggerire le parti più nozionistiche del programma.

Passiamo, ora, in rapida rassegna i sei capitoli che compongono questo libro.

Nel **primo capitolo** si illustrano i problemi fondamentali dei *sistemi elettrici per l'energia*. Dopo avere evidenziato lo sviluppo che nel passato essi hanno avuto, viene discussa l'architettura dei sistemi elettrici moderni. Alcuni aspetti normativi e legislativi, importanti per chi si avvicina alla progettazione e alla realizzazione di impianti, chiudono il capitolo.

Viene presentata, nel **secondo capitolo**, una panoramica dei tipi fondamentali di centrali utilizzate nella produzione dell'energia elettrica, ponendo l'accento su quelle più interessanti: le centrali idroelettriche e termoelettriche.

La lunga distanza che spesso intercorre tra il luogo in cui l'energia elettrica viene prodotta (la centrale) e quello in cui viene utilizzata (officine, case, vie cittadine) viene coperta per mezzo di lunghi cavi, chiamati in gergo linee di trasmissione, che, per quanto buoni conduttori, assorbono comunque una parte dell'energia elettrica e la trasformano in calore. Se il valore della corrente circolante lungo queste linee fosse elevato, avremmo potenze perse in linea non trascurabili: si preferisce, allora, innalzare la tensione e contenere a valori relativamente bassi le correnti. Le linee in Alta Tensione sono presentate nel **terzo capitolo**.

Nel **quarto capitolo** vengono presentati gli impianti in Media Tensione, analizzando, in particolare, gli aspetti riguardanti le linee ed i componenti più significativi quali sostegni, isolatori e cavi. Nella parte finale del capitolo, è illustrato un problema caratteristico di questi impianti, vale a dire la fulminazione indiretta, esaminando i metodi comunemente impiegati per contenerne gli effetti.

Gli impianti in bassa tensione non presentano molti dei problemi esaminati per quelli in alta e media tensione. Tuttavia, una volta giunti allo stadio finale del processo di trasmissione e di distribuzione dell'energia elettrica, ci si trova a dover risolvere, in maniera più stringente, problemi di sicurezza legati all'interazione delle persone con gli impianti. Per questi motivi, nel **quinto capitolo**, particolare attenzione verrà messa nella presentazione di nuovi dispositivi di protezione e manovra, adatti, per esempio, all'interruzione automatica dei circuiti.

Nel **sesto capitolo** introdurremo tutti quei metodi di protezione dalle folgorazioni elettriche dato che non è pensabile progettare un buon impianto elettrico senza tener conto della sicurezza dell'impianto stesso, delle cose e delle persone che potrebbero essere interessate da un guasto elettrico.

Bisognerebbe proporre di emendare la nostra Costituzione per proibire agli autori di ringraziare le mogli per l'aiuto ricevuto nella redazione del manoscritto: mia moglie usa poco il calcolatore e quel poco non lo dedica certo ai miei lavori. Sono

grato, caso mai, a mia moglie Antonella per la copertura offertami durante le lunghe assenze procurate alla mia famiglia per scrivere questo libro. Qualche ringraziamento, però, devo pur farlo.

Sono in debito, innanzitutto, con coloro che mi hanno svelato i segreti e la bellezza dell'Elettrotecnica, di cui questo libro è comunque intriso, cioè i professori Scipione Bobbio e Luciano De Menna, con l'amico e collega Giulio Fabricatore, compagno di tante interessanti discussioni e, poi, con gli amici professori Amedeo Andreotti, Claudio Assante, Giovanni Borrelli, Salvatore Celozzi, Bruno Delfino e Vincenzo Di Donna, con i quali ho più specificamente discusso di Impianti Elettrici, e che con tanta cura e pazienza hanno rivisto le bozze di questo volume nel tentativo di rendere più 'digeribile' una materia tanto complicata. Eventuali omissioni ed errori sono, in ogni caso, da imputare esclusivamente a me.

Luigi Verolino

Dicembre 2000

Prefazione alla seconda edizione

Sono in debito con tutti quei docenti e quegli studenti che, adottando questo testo, hanno reso possibile una seconda edizione. Il testo conserva la sua originale impostazione, ma in alcune parti è stato completamente rivisto, cosa che accade spesso ad un prodotto didattico dopo che sia stato saggiato durante le lezioni. In particolare, sia il capitolo relativo alle centrali che quello dedicato alla trasmissione in AT sono stati parecchio rimaneggiati ed ampliati; i capitoli relativi alla bassa tensione ed alla sicurezza sono stati arricchiti di nuove tabelle ed integrati con ampi stralci, presi direttamente dalle norme, di volta in volta, menzionate. Infine, in questa seconda edizione, ho ritenuto opportuno aggiungere un nuovo capitolo, il **capitolo settimo**, in cui vengono presentati gli elementi essenziali di Illuminotecnica, allo scopo di introdurre almeno i tipi fondamentali di lampade.

Devo rivolgere uno speciale ringraziamento al prof. Umberto De Martinis, assieme al quale ho potuto discutere e sperimentare diverse soluzioni impiantistiche, presentate in questa nuova edizione, al dott. Giovanni Salvietti, direttore dell'Archivio Storico dell'Enel di Napoli, che mi ha regalato la splendida medaglia commemorativa adoperata per la copertina di questo libro, al prof. Giovanni Borrelli che ha scritto il paragrafo del terzo capitolo dedicato alla 'Sala per prove in Alta Tensione', ed all'ingegner Simone Falco che ha riletto diverse parti del testo, fornendomi utili suggerimenti.

Sarò grato, infine, a quanti vorranno segnalarmi eventuali errori, imprecisioni ed omissioni.

Luigi Verolino
Ottobre 2002