

SCUOLA SUPERIORE DI SPECIALIZZAZIONE
IN TELECOMUNICAZIONI

IL PROGETTO ENERGETICO PER LA SOCIETA' DEI SERVIZI

L'energetica per le tecnologie elettriche e di telecomunicazione

GIANPIERO MARCHETTI

NUOVA
EDIZIONE
2003

VOLUME 1 - FONTI ENERGETICHE - PROGETTUALITA' GENERALE E TLC

- FONTI DI ENERGIA: SCENARIO FISICO, TECNOLOGICO, GESTIONALE, AMBIENTALE
- SICUREZZA ELETTRICA: PROTEZIONE DELLE PERSONE E ADEGUAMENTO IMPIANTI
- COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA, NORMATIVA
- REQUISITI DELL'ENERGIA ELETTRICA E TERMICA PER I SERVIZI DI CONTINUITA'
- INDICAZIONI E PARAMETRI PER LA PROGETTAZIONE TERMICA
- PROGETTAZIONE ELETTRICA TRADIZIONALE E RINNOVABILE
- TELEGESTIONE, INTERAZIONE GESTIONE-SICUREZZA

VOLUME 2° - CONVERSIONE ENERGETICA ED AUTOMAZIONE

- CONVERSIONE ELETTRICA ED ELETTROMECCANICA AD INDUZIONE
- CRITERI DIMENSIONALI GENERALI, CARATTERISTICHE DI FUNZIONAMENTO
- CONVERSIONE ELETTRONICA DI POTENZA: LE NUOVE TECNOLOGIE E PROGETTI
- LA GENERAZIONE ELETTRICA LOCALE E GLI AUTOMATISMI PER LA RISERVA DI RETE

VOLUME 3° - RICHIAMI DI ELETTROTECNICA E CAMPI E.M.

- ELETTROSTATICA - LA STRUTTURA DELLA MATERIA - LE CORRENTI ELETTRICHE
- I CIRCUITI ELETTRICI - I CIRCUITI MAGNETICI - I SISTEMI TRIFASI - I CAMPI EM
- LO STATO DELL'ARTE SUL PERICOLO DEI CAMPI E-M PER LA SALUTE UMANA

VOLUME 4° - NORME E REGOLAMENTI TECNICI (DIRETTIVE EUROPEE ECC.)

- DIRETTIVA DI NUOVO APPROCCIO PER TERMINALI TLC ED APPARATI RADIOTRASMITT.
- COMPATIBILITA' E.M. (IMMUNITA - EMISSIONE): DIRETTIVA, RECEPIMENTO ITAL., NORME TECNICHE
- SICUREZZA ELETTRICA: APPARATI (DIRET., RECEPIM. IT., NORME TECNICHE)-PERSONE (LEGG. IT.)
- NORME TECNICHE ETSI ED ITU PER LE TELECOMUNICAZIONI
- REGOLA TECNICA DELLE STAZIONI DI ENERGIA PER TLC

VOLUME 5° - I PROGETTI FONDAMENTALI (SAFETY TERMOELETTRICA, SECURITY RINNOVAB.)

- IL DIMENSIONAMENTO TERMICO E ANTINCENDIO DEI LOCALI DEI GRUPPI ELETTROGENI
- LA PROTEZIONE ELETTRICA DELLE LINEE DEI CARICHI E DELLE PERSONE
- IL DIMENSIONAMENTO TERMICO E ANTINCENDIO DEI CAVI ELETTRICI
- IL DIMENSIONAMENTO DEI SISTEMI RINNOVABILI STAND ALONE
- I LABORATORI PREPOSTI ALLA VERIFICA TECNICA

PREFAZIONE

Questo lavoro vuole essere una risposta operativa all'invito del Direttore di dare un contributo di impegno e, mi auguro, anche di professionalità alla Scuola Superiore di Specializzazione di Telecomunicazione, di cui ho avuto l'onore di essere incaricato, per l'ultimo decennio, della docenza per l'insegnamento nella materia "Energetica". L'esigenza di mantenere il passo con gli aggiornamenti tecnologici e normativi ha richiesto e richiede continui aggiustamenti redazionali delle dispense: ho peraltro voluto dare un taglio prettamente sistemistico, che in un certo senso costituisce la parte meno obsoleta del corso e che nello stesso tempo rappresenta un'innovazione nell'approccio didattico; spero quindi possa essere un ulteriore motivo di interesse per lo sviluppo di una cultura tecnica, troppo spesso racchiusa in una visione strettamente specialistica. Questa peculiarità, malgrado alcune mie precedenti riflessioni, mi ha posto davanti a difficoltà più grosse del previsto nel plasmare la materia, richiedendo di conciliare coerenza, attendibilità e semplicità espositiva: per questa ragione spero mi si perdonerà il ritardo alla sua conclusione editoriale.

Pierluigi Marchetti

INDICE

VOLUME I°: FONTI ENERGETICHE – PROGETTUALITA' GENERALE E PER TLC

(pagg.160)

- 1 - GENERALITA'
 - 1.1 - ETICA AMBIENTALE
 - 1.2 - FONTI DI ENERGIA GENERATRICI
 - 1.3 - FONTI DI ENERGIA ACCUMULATRICI
 - 1.4 - PROSPETTIVE FUTURE
 - 1.5 - LA SICUREZZA:
 - L'accumulo rinnovabile per la trazione
 - 1 - Obiettivi
 - 2 - Tecnologie e gestione
 - 1.6 - LA NUOVA TECNOLOGIA ELETTRICA
 - 1 - Scenario normativo (definizioni)
 - 2 - Le norme di sicurezza del personale
 - 3 - Le norme sulla compatibilità elettromagnetica
 - 4 - Le norme per la compatibilità con la rete TLC
 - 5 - Le norme di riferimento CEI
 - 1.7 - LE BASI DELLA SICUREZZA ELETTR.
 - 1 - Gli effetti della corrente nel corpo
 - 2 - Confronto tra ca e cc
 - 3 - L'impedenza del corpo
 - 4 - Prescrizioni di sicurezza
 - 5 - Definizioni
 - 6 - La tecnologia della sicurezza
 - 7 - Criteri costruttivi di apparato
 - 1.8 - CONCLUSIONI
- 2 - CARATTERISTICHE DELLA GENERAZIONE
 - 2.1 - TIPI DI SORGENTI SECONDARIE
 - 2.2 - LA PROBLEMATICA PROGETTUALE:
 - 1-Invecchiamento e usura
 - 2-La gestione
 - 3-Il progetto tecnico-economico globale
- 3 - LA FORNITURA DI ENERGIA ELETTRICA
 - 3.1 - LA GENERAZIONE PER USO PUBBLICO
 - 3.2 - LA GENERAZIONE AUTONOMA
 - 3.3 - IL GRUPPO ELETTROGENO
 - 1-Il motore termico
 - 2-Il generatore elettrico
 - 3-I parametri del progetto
 - 3.4 - LE PILE COMBUSTIBILI E LE TERMOCOPPIE
 - 3.5 - LA GENERAZIONE EOLO-ELETTRICA
 - 1-L'aeromotore
 - 2-Il generatore
 - 3.6 - LA GENERAZIONE FOTO-VOLTAICA
 - 1-Le celle fotovoltaiche
 - 2-L'impianto di generazione
 - 3-Il dimensionamento del generatore
 - 3.7 - CONSIDERAZIONI FINALI
- 4 - LE SORGENTI DI ACCUMULO
 - 4.1 - GLI ACCUMULATORI A BATTERIA
 - 1-Accumulatori al Pb acido
 - 2-Caratteristiche e funzionamento (accum. Pb)
 - 3-L'accumulatore per il servizio di continuità
- 5 - LA FORNITURA O LA SOTTRAZIONE DI ENERGIA TERMICA
 - 5.1 - I REQUISITI TERMICI DELL'UTENZA
 - 5.2 - CICLI TERMODINAMICI INVERSI: EFFETTI FRIGORIFERI E POMPA DI CALORE
- 6 - LA PROGETTAZIONE ENERGETICA PER I SERVIZI DI CONTINUITA'
 - 6.1 - LA SCELTA DELLE SORGENTI
 - 6.2 - STIME DI PRIMO APPROCCIO
 - 6.3 - GLI OBIETTIVI

- 6.4 - LA RIDONDANZA, L'AUTOMAZIONE E LA MODULARITA'
- 6.5 - LA STRUTTURA DI BASE
- 6.6 - LA STAZIONE DI ENERGIA
- 6.7 - TIPOLOGIE DI STAZIONI DI ENERGIA
 - 1-per cc (a batteria sul carico e a batt.separata)
 - 2-per ca (a batteria, a volano, a vol. ipersincr.)
- 7 - IL PROGETTO DELLA STAZIONE DI ENERGIA
- 7.1 - IL PROGETTO TRADIZIONALE CON IMPIEGO DI ENERGIA DI RETE
- 7.2 - SVILUPPO DEL PROGETTO TRADIZIONALE PER CC E CA A BATTERIA
- 7.3 - IL PROGETTO CON ESCLUSIVO USO DI ENERGIE RINNOVABILI
 - 1-Linee guida progetto
 - 2-Organizzaz.dat
 - 3-Preelaboraz.dat vento
 - 4- Progetto min.costo
 - 5-valutaz. eventi eccez.
 - 6-La ridondanza
- 8 - LE LE NUOVE CONCEZIONI PROGETTUALI
- 8.1 - INFORMATIZZAZIONE E TELEGESTIONE
- 8.2 - INTERAZIONE SICUREZZA GESTIONE
- 9 - GLI IMPIANTI DI ALIMENTAZIONE PER LE TLC
- 9.1 - GLOSSARIO
- 9.2 - LE PRESTAZIONI ELETTRICHE
- 9.3 - LE SOLLECITAZIONI AMBIENTALI
 - 1 - Condizioni climatiche di riferimento
 - 2 - Condizioni elettromagnetiche di riferimento
- 9.4 - TIPOLOGIE DEGLI IMPIANTI DI ALIMENTAZIONE
- 9.5 - I LIMITI DI NORMALITA' DELLA RETE
- 9.6 - ESIGENZE DEGLI APPARATI DI TLC
- 9.7 - CARATTERISTICHE DEGLI EQUIPAGGIAMENTI DI ALIMENTAZIONE
- 9.8 - CONVERTITORI
- 9.9 - STATO DELL'ARTE
 - 1 - alimentazione in cc
 - 2 - alimentazione in ca
- 9.10 - PROSPETTIVE FUTURE
- 9.11 - CONSIDERAZIONI FINALI
- . - BIBLIOGRAFIA

VOLUME 2°: CONVERSIONE ENERGETICA ELETTRICA, ELETTROMECCANICA ED ELETTRONICA
(pagg.168)

A : GENERALITA'

- 1 - SIMBOLI IMPIEGATI
- 2 - CARATTERIZZAZIONI ESTERNE

B : LA CONVERSIONE AD INDUZIONE

- 1- GLI ASPETTI FISICI DELLA CONVERSIONE;
- 2 - GLI ASPETTI ENERGETICI E LE PRESTAZIONI
- 3 - LE RELAZIONI FONDAMENTALI DELLE MACCHINE ELETTRICHE
- 4 - LA POTENZA APPARENTE COME INDICATORE DIMENSIONALE
- *CRITERI DIMENSIONALI DELLE MACCHINE ELETTRICHE*
- 5 - I MATERIALI
 - 1 Circuiti elettr(effet.Joul)
 - 2 Circuiti magnetici
 - 3 Perdite dei circ. magn.
 - 4 Leggi delle perdite
 - 5 Perdite meccaniche
 - 6 I materiali isolanti
- 6 - LE PRESTAZIONI DELLE MACCHINE
 - 1 Servizio continuo
 - 2 Serv. intermittente
 - 3 Risposta fuori frequenza e tensione nominali
- 7 - LE PROBLEMATICHE PROGETTUALI
 - 1 Bilancio termico
 - 2 Requisiti termici
 - 3 Le eq.param.di progetto
 - 4 I criteri progettuali
- 8 - RELAZ. NUMER. DI PROGET.Industr.
- 9 - IL DIMENSIONAMENTO ELETTRICO
 - 1 Tavola sinottica
 - 2 Osservazioni
 - 1 Calcolo delle sezioni
 - 2 Calcolo N°spire

B1: IL TRASFORMATORE

- 10 - COSTITUZIONE
- 11 - VERSI CONVENZIONALI
- 12 - FLUSSI PRINCIPALE E DISPERSI
- 13 - EQUAZIONI ELETTRICHE E MAGNETICHE
- 14 - CIRCUITO EQUIVALENTE
- 15 - DIAGRAMMA VETTORIALE
- 16 - SCHEMI EQUIVALENTI SEMPLIFICATI
- 17 - RAPPRESENTAZIONE VETTORIALE
- 18 - RILIEVO SPERIMENTALE PARAMETRI E CARATTERISTICHE
- 19 - TRASFORMATORI TRIFASI

B2: LE MACCHINE ELETTRICHE ROTANTI

- 21 - LE LEGGI DI FISICA
 - 1 Richiam.princ.reversib.
 - 2 Le equaz. magnet
 - 3 Progetto circuitomagn.
 - 4 Struttura macch.el
 - 5 Indotto fem da camp rot.
 - 6 Dislocazione avv
 - 7 Reaz. d'indotto monof.
 - 8 Reaz.d'indotto trif
 - 9 Campo complessivo
- 22 - LA MACCHINA SINCRONA (generatore)
 - 0 Generalità
 - 1 Caratterist esterne
 - 2 Analisi energetiche
 - 3 Peculiarità tecnol
 - 4 La regolazione
 - 5 Regolat.ad anello
 - 6 Generat.brushless
 - 7 Il compensatore
- 23 - LA MACCHINA SINCRONA (motore)
 - 1 La coppia motrice
 - 2 Transiz.gen.-mot
 - 3 Caratt.esterne motore
- 24 - LA MACCHINA ASINCRONA
 - 1 Il motore
 - 2 Scorrimento
 - 3 Il generatore asincrono

C : L'ELETTRONICA DI POTENZA

- 1 - PREMESSA
- 2 - RISPOSTA DEI CIRCUITI SWITCHING
 - 1 Rispost.i(t) a v(t) quals.
 - 2 i(t) a v(t) period
 - 3 Tipi risp.da celle unidir.
 - 4 Risposta periodica
- 3 - LA CONVERSIONE ELETTRONICA
 - 1 Componenti per celle di commutazione
- 4 - LA CONVERSIONE C.A./C.C.
 - 1 Param. di conversione
 - 2 Tipi di convers
 - 3 Celle raddrizz. polifasi
 - 4 Risp.a Z=RL serie
- 5 - I FILTRI
- 6 - I CONVERTITORI SWITCHING C.C.
 - 1 Schema a blocchi
 - 2 Il controllo
 - 3 Convert. riduttore
 - 4 Convert. elevat.
 - 5 Conv. ridutt.
 - 6 Convertit. ad isolam. galvanico
(a ponte; a generat. di corrente)
- 7 - INVERTER P.W. M.
 - 1 Principio di funzion.
 - 2 Caratter. Salienti

Z1: APPENDICE 1 - I GRUPPI ELETTRICI (motore Diesel; generalità; accoppiam-vibraz; quadro com; prestaz; installaz.)

Z2: APPENDICE 2 - AUTOMATISMI LOGICI (circuiti L elementari; memorie L; catene L; automatismi RETE-GE)

VOLUME 3°: RICHIAMI DI ELETTROTECNICA E CAMPI ELETTROMAGNETICI

(pagg.92)

1 ELETTROSTATICA

- 1.1. La carica elettrica Q : unità di misura (C)
- 1.2. Il potenziale elettrico: unità di misura (V)
- 1.3. Il campo elettrico (E) e l'induzione elettrica (D)
- 1.4. Il teorema del flusso di D
- 1.5. La correlazione tra E e V
- 1.6. La carica puntiforme isolata Q
- 1.7. Il condensatore piano
- 1.8. Condensatori in serie e in parallelo
- 1.9. Energia immagazzinata
- 1.10. La forza elettrostatica

2. LA STRUTTURA DELLA MATERIA

3. LE CORRENTI ELETTRICHE

- 3.1. Generalità
- 3.2. La definizione di corrente elettrica di carica
- 3.3. Il regime stazionario
- 3.4. Il regime periodico
- 3.5. La corrente elettrica di induzione
- 3.6. Il I° principio di Kirchhoff
- 3.7. La definizione di generatore e di utilizzatore
- 3.8. Le due leggi di Ohm

4. I CIRCUITI ELETTRICI

4.1 Richiamo del metodo simbolico per i fenomeni sinusoidali

- Le grandezze periodiche
- Le grandezze sinusoidali
- I parametri caratteristici
- Il significato geometrico della grandezza sinusoidale
- La rappresentazione vettoriale
- La rappresentazione complessa
- La proprietà degli operatori complessi
- La correlazione tra le diverse rappresentazioni
- Le quattro operazioni principali

4.2 La legge di Ohm

- L'espressione generale
- La risposta alle sollecitazioni sinusoidali
- La proprietà della funzione sinusoidale: l'operatore $j\omega$
- Alcuni casi particolari di carico

4.3 La potenza

- La potenza attiva
- Il valore efficace
- Potenza e valore efficace per tensioni e correnti sinusoidali
- La rappresentazione simbolica con i valori efficaci
- La potenza reattiva
- La potenza apparente

4.4 Il circuito elementare

- Il generatore equivalente serie
- Equivalenza tra generatore di tensione e generatore di corrente
- Dipoli in serie (generatore e impedenza serie)
- Dipoli in parallelo (principio di Kirchhoff)

4.5 Le reti

- La risoluzione generale
- La risoluzione di una rete piana
- Il principio di sovrapposizione degli effetti
- Il principio di Thevenin
- Il principio di Norton
- Il principio di Millman

-
- 4.6 L'adattamento elettrico
 - Il trasformatore ideale
 - Massima potenza assorbita ad una determinata frequenza
 - Massima potenza assorbita su un range di frequenza
 - Analisi comparativa dei due casi precedenti
 - Massimo rendimento energetico
- 5. I CIRCUITI MAGNETICI
 - Il campo magnetico
 - Il teorema della circuitazione: correlazione tra H e I (legge di Ampere)
 - Alcune applicazioni semplici
 - L'induzione magnetica nel vuoto: correlazione tra H e B
 - L'induzione magnetica nei materiali: correlazione tra H e B
 - La costanza del flusso di B nei circuiti magnetici
 - L'equazione di Hopkinson
 - La legge di Faraday-Neumann: correlazione tra B ed E
 - Il coefficiente di autoinduzione
 - Il coefficiente di mutua induzione
 - Le unità di misura
 - L'energia immagazzinata nel circuito magnetico
 - La forza di attrazione magnetica
- 6. I SISTEMI TRIFASI
 - Definizione
 - Connessioni
 - Tipi di sistemi trifasi
 - Potenza reale, e reattiva e fattore di potenza
 - I sistemi trifasi 4 fili
 - Procedimento per i sistemi simmetrici ed equilibrati
 - La connessione dei morsetti delle fasi dei generatori
- 7. I CAMPI ELETTROMAGNETICI (equazioni di Maxwell)
 - Grandezze fisiche
 - Operatori differenziali
 - Tipologia dei campi e proprietà degli operatori matematici integro-differenziali
 - 7.1 Il principio di conservazione dell'energia
 - *Caso dei dielettrici non conduttivi (\mathbf{e} , \mathbf{m}) ed in particolare dello spazio vuoto ($\mathbf{e}=\mathbf{e}_0$, $\mathbf{m}=\mathbf{m}_0$)*
 - 7.2 Riconoscimento del carattere ondulatorio del fenomeno
 - Il significato fisico del vettore di Poynting
 - *Caso dei dielettrici conduttivi (caso generale di un mezzo qualsiasi omogeneo e isotropo)*
 - 7.3 Il principio di conservazione della carica elettrica
 - 7.4 Leggi di Ohm e Joule in forma puntuale
 - 7.5 Applicazione delle equazioni di Maxwell al caso generale
 - 7.6 Risoluzione delle equazioni di Maxwell (il potenziale vettore ed il potenziale scalare)
 - I potenziali U e V per conduttori filiformi
 - 7.7 Il campo EM nel dipolo elettrico
 - 7.8 Interpretazione dei risultati sui campi
 - Campo remoto
 - Campo vicino
 - Campo intermedio
 - 7.9 Confronto tra onde generate da strutture assimilabili a dipoli
 - Linea elettrica trifase (es. 132kV – 50Hz – carico di 50A/fase – squilibrio tra le correnti pari al 20%)
 - Antenna da impianto fisso radiomobile (900MHz) di media potenza
- 8 Lo stato dell'arte sui pericoli dei campi elettromagnetici per salute umana

VOLUME 4°: NORME E REGOLAMENTI NEL CAMPO TECNOLOGICO
(pagg.286)

- 0 Comitati tecnici CEI
- 1 Settore compatibilità EM: a – generica di immunità:
 - EN 50082.1: domestico, commerciale e industriale leggero
 - EN 50082.2: industriale (pesante)
 - relative norme tecniche (EN 6100.4....)
- b – generica di emissione:
 - EN 50081.1: domestico, commerciale e industriale leggero
 - EN 50081.2: industriale (pesante)
- c – norma di base (di emissione EN 55022 6100-3...)
- d – elenco titoli norme armonizzate di (famiglia di) prodotto:
 - 1 settore domestico e industriale leggero
 - 2 settore industriale (pesante)
- 2 Settore sicurezza elettrica: a – riguardanti gli apparati (elenco titoli norme armonizzate)
 - b – specifiche per tlc (EN60950)
 - c – apparati TV ed assimilati (EN 60065)
 - c – verso le persone (protezione dai campi EM: DM 381/98)
- 3 Direttiva apparati radio e ed apparati terminali TLC (Direttiva 99/5/CE)
- 4 Gestione servizi TLC (DPR 318/97)
- 5 Regola tecnica delle stazioni di energia per TLC

VOLUME 5° (pagg283.)

**I PROGETTI FONDAMENTALI: { SAFETY TERMO-ELETTRICA
SECURITY DELLA ENERGIA RINNOVABILE**

I LABORATORI OMOLOGATI: LA VERIFICA TECNICA (EMC, SAFETY)

- 1 - IL DIMENSIONAMENTO TERMICO E ANTINCEDIO DEI LOCALI DEI GRUPPI ELETTOGENI
- 2 - LA PROTEZIONE ELETTRICA DELLE LINEE DEI CARICHI E DELLE PERSONE
- 3 - IL DIMENSIONAMENTO TERMICO E ANTINCEDIO DEI CAVI ELETTRICI
- 4 - IL DIMENSIONAMENTO DEI SISTEMI RINNOVABILI STAND ALONE
- 5 - I LABORATORI PREPOSTI ALLA VERIFICA TECNICA

