

ATTILIO PIANESE

IMPIANTI TECNICI IN EDILIZIA



SERVIZI GRATUITI ON LINE

Questo libro dispone dei seguenti servizi gratuiti disponibili on line:

- files di aggiornamento al testo
- possibilità di inserire il proprio commento al libro.

L'indirizzo per accedere ai servizi è: www.darioflaccovio.it/scheda/?codice=DF8661

INDICE

| | |
|-----------------------|---------|
| <i>Premessa</i> | pag. xv |
|-----------------------|---------|

Parte prima

GLI IMPIANTI ELETTRICI E DI TERRA

| | |
|---|------|
| 1. PRINCIPI DELL'ELETTROMAGNETISMO | |
| 1.1. Corrente elettrica: grandezze fondamentali | » 3 |
| 1.1.1. Carica elettrica | » 3 |
| 1.1.2. Intensità di corrente | » 3 |
| 1.1.3. Potenziale elettrico o tensione | » 4 |
| 1.1.4. Lavoro elettrico | » 4 |
| 1.1.5. Potenza elettrica..... | » 4 |
| 1.1.6. Resistenza elettrica | » 5 |
| 1.1.7. Seconda legge di Ohm..... | » 6 |
| 1.1.8. Conduttori ohmici in serie e in parallelo..... | » 7 |
| 1.1.8.1. Resistenze in serie | » 7 |
| 1.1.8.2. Resistenze in parallelo..... | » 7 |
| 1.1.9. Condensatori | » 7 |
| 1.2. Campo magnetico | » 8 |
| 1.2.1. Induzione magnetica e intensità di campo magnetico..... | » 8 |
| 1.2.2. Campo magnetico nella materia | » 9 |
| 1.2.3. Materiali ferromagnetici: il ciclo di isteresi | » 10 |
| 1.3. Correnti alternate | » 11 |
| 1.3.1. Legge dell'induzione elettromagnetica: generalità | » 12 |
| 1.3.1.1. Flusso del vettore induzione magnetica concatenato con un solenoide | » 12 |
| 1.3.1.2. Legge dell'induzione elettromagnetica | » 12 |
| 1.3.2. Grandezze caratteristiche della corrente alternata | » 13 |
| 1.3.2.1. Induttanza di un circuito | » 14 |
| 1.3.2.2. Impedenza di una linea elettrica | » 14 |
| 1.3.3. Potenza nei sistemi in corrente alternata | » 15 |
| 1.3.3.1. Sistemi monofase e trifase..... | » 15 |
| 1.3.3.2. Potenza nei sistemi in corrente alternata..... | » 16 |
| 1.3.3.3. Potenza istantanea, potenza attiva e reattiva..... | » 16 |

| | |
|---|------|
| 2. PROTEZIONE DAL RISCHIO DI ELETTROCUZIONE: GLI IMPIANTI DI TERRA | |
| 2.1. Pericolosità della corrente elettrica | » 19 |
| 2.1.1. Effetti della corrente elettrica sul corpo umano | » 19 |
| 2.1.2. Limiti convenzionali di pericolosità della corrente | » 22 |
| 2.1.3. Limiti convenzionali di pericolosità della tensione | » 24 |
| 2.2. Impianti di terra | » 30 |
| 2.2.1. Concetti preliminari | » 30 |
| 2.2.1.1. Contatti diretti e contatti indiretti | » 30 |
| 2.2.2. Impianti di terra: criteri costruttivi | » 31 |
| 2.2.3. Sistemi di distribuzione della corrente elettrica | » 36 |
| 2.2.4. Interruttori differenziali | » 38 |
| 2.2.5. Principio di funzionamento di un impianto di terra | » 41 |
| 2.2.5.1. Protezione dai contatti indiretti nei sistemi TT | » 41 |
| 2.2.5.2. Impianti di terra e protezione dai contatti indiretti nei sistemi TN | » 42 |
| 2.2.6. Impianti di terra in media e alta tensione: cenni | » 48 |
| 2.2.7. Utenti con propria cabina elettrica MT/BT: ulteriori considerazioni | » 50 |
| 2.2.7.1. Principali criteri di sicurezza | » 50 |
| 2.2.7.2. Impianti di terra vicini ed interconnessi | » 51 |
| 2.2.7.3. Altre misure di sicurezza specifiche per le cabine elettriche | » 51 |
| 2.2.8. Misura della resistenza di terra | » 52 |
| 2.2.8.1. Misura dell'impedenza dell'anello di guasto | » 52 |
| 2.2.8.2. Misura della resistenza di terra con metodo voltamperometrico | » 53 |
| 2.2.8.3. Verifiche agli impianti di terra | » 55 |
| 3. CRITERI DI PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI IN BASSA TENSIONE | |
| 3.1. Componenti elettrici | » 57 |
| 3.1.1. Interruttori automatici | » 58 |
| 3.1.2. Altri dispositivi di protezione e manovra | » 59 |
| 3.1.3. Cavi elettrici di uso comune | » 60 |
| 3.2. Dimensionamento delle condutture | » 62 |
| 3.2.1. Corrente di impiego e portata di un cavo | » 63 |
| 3.2.2. Criteri base per la progettazione di un cavo | » 66 |
| 3.2.3. Calcolo delle cadute di tensione | » 67 |
| 3.2.3.1. Cadute di tensione prodotte dai motori | » 69 |
| 3.2.4. Dimensionamento del neutro | » 69 |
| 3.2.5. Conduttore di protezione | » 70 |
| 3.3. Calcolo delle correnti di corto circuito | » 72 |
| 3.3.1. Consegna della corrente elettrica in media tensione | » 73 |
| 3.3.1.1. Consegna della corrente in bassa tensione | » 76 |
| 3.3.1.2. Metodo di calcolo semplificato per le minime correnti di corto circuito | » 77 |
| 3.3.1.3. Contributo dei motori alle correnti di corto circuito | » 78 |
| 3.3.1.4. Conclusioni | » 78 |
| 3.4. Scelta degli apparecchi di protezione | » 80 |
| 3.4.1. Criteri generali | » 80 |

| | | |
|---|---|----|
| 3.4.2. Selettività delle protezioni | » | 84 |
| 3.4.2.1. Selettività degli interruttori magnetotermici | » | 84 |
| 3.4.2.2. Selettività tra interruttori differenziali..... | » | 86 |
| 3.4.3. Protezione dei motori asincroni..... | » | 86 |
| 3.4.4. Esatto dimensionamento del conduttore di protezione | » | 88 |
| 3.4.5. Cenni ai circuiti ausiliari | » | 89 |
| 3.5. Sistemi BUS per il comando di apparecchi elettrici | » | 90 |
| 3.5.1. Sistemi di comando tradizionali più diffusi in uso nell'edilizia | » | 90 |
| 3.5.2. Sistemi BUS: generalità..... | » | 91 |

Parte seconda

IMPIANTI TERMOIDRAULICI

| | | |
|--|---|-----|
| 4. MOTO DEI FLUIDI ALL'INTERNO DEI CONDOTTI | | |
| 4.1. Leggi fondamentali per fluidi ideali..... | » | 97 |
| 4.1.1. Fluidi incompressibili..... | » | 97 |
| 4.1.1.1. Legge di conservazione della massa | » | 97 |
| 4.1.1.2. Legge di conservazione dell'energia per fluidi incompressibili: equazione di Bernoulli | » | 99 |
| 4.1.2. Principio di conservazione dell'energia per i sistemi aperti | » | 99 |
| 4.1.3. Esempi di applicazione dell'equazione di conservazione dell'energia | » | 101 |
| 4.1.3.1. Pompa | » | 101 |
| 4.1.3.2. Soffiante..... | » | 101 |
| 4.1.3.3. Compressore | » | 102 |
| 4.1.3.4. Turbina a vapore | » | 102 |
| 4.1.3.5. Scambiatore di calore | » | 103 |
| 4.2. Perdite di carico per attrito..... | » | 103 |
| 4.2.1. Principio fisico | » | 103 |
| 4.2.2. Perdite di carico distribuite | » | 104 |
| 4.2.3. Valutazione del coefficiente di attrito | » | 105 |
| 4.2.4. Perdite di carico concentrate | » | 110 |
| 4.2.4.1. Metodo delle costanti di attrito | » | 111 |
| 4.2.4.2. Metodo delle lunghezze equivalenti | » | 111 |
| 4.2.4.3. Metodo del K_V o del C_V | » | 112 |
| 5. IMPIANTI DI RISCALDAMENTO AD ACQUA CALDA | | |
| 5.1 Generalità | » | 117 |
| 5.2. Principali componenti e architettura dell'impianto di riscaldamento | » | 118 |
| 5.2.1. Generatore di calore..... | » | 118 |
| 5.2.2. Pompa di circolazione | » | 122 |
| 5.2.3. Schemi termoidraulici di principio | » | 124 |
| 5.2.3.1. Considerazioni generali sugli schemi di impianto | » | 124 |
| 5.2.3.2. Generalità sulle valvole di sicurezza e sugli altri dispositivi per la sicurezza | » | 128 |

| | | |
|--|---|-----|
| 5.2.3.3. Valvola a tre vie e sonda climatica esterna | » | 129 |
| 5.2.4. Vaso di espansione | » | 130 |
| 5.2.4.1. Generalità | » | 130 |
| 5.2.4.2. Dimensionamento del vaso di espansione..... | » | 131 |
| 5.2.5. Corpi scaldanti | » | 132 |
| 5.2.5.1. Descrizione e tipologie | » | 132 |
| 5.2.5.2. Dimensionamento dei corpi scaldanti | » | 135 |
| 5.2.6. Rete dell'aria | » | 137 |
| 5.3. Determinazione della potenza termica da installare..... | » | 138 |
| 5.3.1. Procedimento di calcolo: generalità | » | 138 |
| 5.3.2. Criteri e parametri principali di progetto..... | » | 139 |
| 5.3.3. Calcolo delle dispersioni termiche | » | 140 |
| 5.3.3.1. Perdite per ventilazione | » | 141 |
| 5.3.3.2. Calcolo delle dispersioni attraverso le pareti degli edifici | » | 143 |
| 5.3.3.3. Scambio termico con ambienti non riscaldati | » | 148 |
| 5.3.3.4. Dispersioni di calore attraverso il terreno | » | 150 |
| 5.3.4. Apporti di calore: irraggiamento solare..... | » | 152 |
| 5.3.5. Fabbisogno energetico e rendimento globale di impianto..... | » | 155 |
| 5.3.5.1. Fabbisogno energetico per il riscaldamento | » | 155 |
| 5.3.5.2. Considerazioni sul rendimento globale di impianto | » | 156 |
| 5.3.6. Potenza termica da installare | » | 159 |
| 5.3.6.1. Procedimento della normativa europea | » | 159 |
| 5.3.6.2. Procedimento delle norme UNI 7357 | » | 160 |
| 5.3.6.3. Confronto tra i due metodi | » | 162 |
| 5.3.7. Metodo di dimensionamento dell'impianto basato sul concetto di coefficiente di dispersione volumico..... | » | 163 |
| 5.3.7.1. Coefficienti di dispersione volumici degli edifici..... | » | 163 |
| 5.3.7.2. Calcolo semplificato delle dispersioni termiche | » | 165 |
| 5.3.8. Risparmio energetico | » | 167 |
| 5.4. Criteri di progetto ai fini della sicurezza ed economicità di esercizio..... | » | 171 |
| 5.4.1. Centrale termica: criteri generali di sicurezza..... | » | 171 |
| 5.4.1.1. Sicurezza impiantistica | » | 171 |
| 5.4.1.2. Sicurezza antincendio | » | 173 |
| 5.4.1.3. Verifica delle emissioni e dei rendimenti | » | 175 |
| 5.4.2. Componenti impiantistici rilevanti ai fini della sicurezza..... | » | 175 |
| 5.4.2.1. Tubo di sicurezza..... | » | 176 |
| 5.4.2.2. Valvola di sicurezza..... | » | 177 |
| 5.4.2.3. Valvola di scarico termico | » | 180 |
| 5.4.2.4. Valvola di blocco del combustibile | » | 182 |
| 5.4.3. Rendimenti dei generatori di calore | » | 182 |
| 5.4.4. Misure sui fumi: parametri chimici e fisici caratteristici dei generatori di calore | » | 187 |
| 5.4.4.1. Chimica della combustione | » | 187 |
| 5.4.4.2. Aria stechiometrica di combustione | » | 188 |
| 5.4.4.3. Eccesso di aria..... | » | 189 |

| | | | |
|--------------------------|--|---|-----|
| 5.4.4.4. | Portata in massa dei fumi | » | 189 |
| 5.4.4.5. | Concentrazione di ossigeno nei fumi | » | 189 |
| 5.4.4.6. | Concentrazione di anidride carbonica nei fumi | » | 190 |
| 5.4.4.7. | Altri parametri termo-tecnici..... | » | 191 |
| 5.4.4.8. | Perdite percentuali nei fumi: verifica in opera del rendimento convenzionale | » | 192 |
| 5.4.5. | Camini | » | 193 |
| 5.4.5.1. | Principio di funzionamento ed aspetti generali..... | » | 193 |
| 5.4.5.2. | Protezione dalle condense acide | » | 195 |
| 5.4.5.3. | Criteri di progetto per la verifica del tiraggio | » | 196 |
| 5.4.5.4. | Camini in pressione..... | » | 200 |
| 5.4.5.5. | Caratteristiche tecniche dei camini | » | 201 |
| 5.5. | Reti di distribuzione: criteri di progetto | » | 203 |
| 5.5.1. | Dimensionamento delle tubazioni | » | 204 |
| 5.5.1.1. | Criterio dei circuiti semplici | » | 206 |
| 5.5.1.2. | Bilanciamento idraulico dei circuiti | » | 209 |
| 5.5.2. | Distribuzione mediante collettori | » | 210 |
| 5.5.2.1. | Caratteristiche generali e costruttive per collettori locali di zona | » | 211 |
| 5.5.2.2. | Criteri generali di dimensionamento e calcolo | » | 212 |
| 5.5.2.3. | Criterio di calcolo della differenza di pressione prestabilita e del salto termico guida | » | 213 |
| 5.5.2.4. | Criterio di calcolo della differenza di pressione prestabilita e dei diametri predefiniti | » | 214 |
| 5.5.3. | Valvole di regolazione del calore | » | 215 |
| 5.5.3.1. | Valvole a tre vie..... | » | 215 |
| 5.5.3.2. | Valvole a due vie | » | 216 |
| 5.5.4. | Dilatazioni termiche delle tubazioni. Vincoli | » | 218 |
| 5.5.4.1. | Dilatazioni termiche: compensatori..... | » | 218 |
| 5.5.4.2. | Vincoli delle tubazioni..... | » | 221 |
| 5.5.5. | Isolamento termico delle tubazioni | » | 222 |
| 5.5.5.1. | Tubazione nuda | » | 223 |
| 5.5.5.2. | Tubazione coibentata..... | » | 224 |
| 5.5.5.3. | Valori sperimentali dei coefficienti di scambio..... | » | 227 |
| 5.5.6. | Trattamento dell'acqua | » | 228 |
| 5.5.7. | Caratteristiche delle tubazioni commerciali più utilizzate | » | 230 |
| 5.5.7.1. | Tubi in acciaio | » | 231 |
| 5.5.7.2. | Tubi di materiale plastico | » | 233 |
| 5.5.7.3. | Tubi in rame | » | 235 |
| 5.6. | Complementi: teoria dello scambio termico tra radiatore ed ambiente..... | » | 236 |
| 6. IMPIANTI IDROSANITARI | | | |
| 6.1. | Generalità | » | 241 |
| 6.2. | Impianto di alimentazione di acqua fredda e calda | » | 241 |
| 6.2.1. | Generalità e descrizione dei principali componenti | » | 241 |
| 6.2.1.1. | Dispositivi di allaccio dell'impianto idrico ad un acquedotto | » | 242 |

| | | | |
|----------|--|---|-----|
| 6.2.1.2. | Riduttori e stabilizzatori di pressione | » | 244 |
| 6.2.1.3. | Ammortizzatori del colpo di ariete | » | 244 |
| 6.2.1.4. | Valvole di sicurezza, di intercettazione e valvole dell'aria | » | 245 |
| 6.2.2. | Principali caratteristiche dell'acqua potabile | » | 247 |
| 6.2.3. | Dimensionamento delle reti di distribuzione | » | 250 |
| 6.2.3.1. | Fasi preliminari | » | 250 |
| 6.2.3.2. | Determinazione della portata di progetto | » | 251 |
| 6.2.3.3. | Determinazione del diametro delle tubazioni | » | 253 |
| 6.2.4. | Produzione e distribuzione dell'acqua calda | » | 256 |
| 6.2.4.1. | Dimensionamento della rete di ricircolo | » | 258 |
| 6.2.4.2. | Fabbisogni di acqua calda | » | 259 |
| 6.2.4.3. | Dimensionamento del boiler | » | 260 |
| 6.2.5. | Tubazioni utilizzate per la distribuzione dell'acqua | » | 264 |
| 6.2.5.1. | Tubi in acciaio | » | 265 |
| 6.2.5.2. | Tubi di polietilene ad alta densità | » | 267 |
| 6.2.5.3. | Altre tubazioni in materiale plastico | » | 269 |
| 6.2.5.4. | Tubi multistrato | » | 270 |
| 6.2.6. | Sistemi di sovrarelevazione della pressione | » | 271 |
| 6.3. | Impianto di scarico delle acque usate | » | 274 |
| 6.3.1. | Progettazione idraulica delle condotte | » | 275 |
| 6.3.1.1. | Formula di Colebrook-White: calcolo della portata | » | 275 |
| 6.3.1.2. | Considerazioni applicative | » | 277 |
| 6.3.2. | Reti fognarie | » | 279 |
| 6.3.2.1. | Dimensionamento delle fogne per acque meteoriche e/o miste | » | 279 |
| 6.3.2.2. | Cenni al dimensionamento delle fogne per sole acque sanitarie | » | 280 |
| 6.3.2.3. | Inondazioni, riflusso e altri problemi delle reti fognarie | » | 280 |
| 6.3.3. | Impianto di scarico interno delle acque sanitarie | » | 281 |
| 6.3.3.1. | Descrizione del sistema | » | 281 |
| 6.3.3.2. | Criteri di progetto di massima | » | 286 |
| 6.3.3.3. | Criteri di progetto convenzionali | » | 289 |
| 6.3.4. | Impianto di raccolta delle acque meteoriche da tetti e lastrici solari | » | 291 |
| 6.3.4.1. | Dimensionamento dei pluviali | » | 292 |
| 6.3.4.2. | Dimensionamento delle grondaie | » | 293 |
| 6.3.4.3. | Collettori di scarico, pozzetti intermedi e pozzo principale | » | 294 |
| 6.3.5. | Caratteristiche delle tubazioni | » | 294 |
| 6.3.5.1. | Tubazioni in PVC | » | 295 |
| 6.3.5.2. | Altri tipi di tubazioni | » | 296 |
| 6.4. | Produzione di acqua calda sanitaria con collettori solari | » | 298 |
| 6.4.1. | Generalità | » | 298 |
| 6.4.2. | Caratteristiche dell'energia solare termica | » | 300 |
| 6.4.2.1. | Principio di funzionamento di un collettore solare piano | » | 300 |
| 6.4.2.2. | Caratteristiche funzionali e termotecniche | » | 302 |
| 6.4.3. | Schema di impianto | » | 305 |
| 6.4.4. | Calcolo della quantità di energia proveniente dal sole | » | 308 |
| 6.4.4.1. | Caratteristiche fisiche della radiazione solare | » | 308 |

| | | |
|--|---|-----|
| 6.4.4.2. Orientamento di una superficie | » | 309 |
| 6.4.4.3. Parametri geometrici relativi al sole | » | 310 |
| 6.4.4.4. Posizione del sole rispetto al pannello solare | » | 310 |
| 6.4.4.5. Irraggiamento solare di una superficie extra-atmosferica..... | » | 311 |
| | | |
| 7. IMPIANTI A GAS PER USO DOMESTICO | | |
| 7.1. Generalità | » | 313 |
| 7.2. Condotte del gas | » | 315 |
| 7.2.1. Criteri generali di sicurezza e costruzione | » | 315 |
| 7.2.2. Tipologia di tubazioni comunemente impiegate | » | 319 |
| 7.2.2.1. Tubazioni di acciaio | » | 319 |
| 7.2.2.2. Tubi di ghisa sferoidale | » | 321 |
| 7.2.2.3. Tubi di polietilene | » | 322 |
| 7.2.2.4. Tubi di rame | » | 324 |
| 7.3. Dimensionamento degli impianti interni di distribuzione | » | 325 |
| 7.3.1. Determinazione della portata di progetto | » | 326 |
| 7.3.2. Dimensionamento delle tubazioni | » | 328 |
| 7.3.3. Verifica delle perdite di carico..... | » | 330 |
| 7.4. Prescrizioni di sicurezza degli impianti domestici..... | » | 333 |
| 7.4.1. Classificazione degli apparecchi a gas | » | 333 |
| 7.4.1.1. Classificazione generale | » | 333 |
| 7.4.1.2. Ulteriore classificazione in base al sistema di installazione | » | 334 |
| 7.4.1.3. Dispositivi di sicurezza relativi agli apparecchi tipo A o B | » | 336 |
| 7.4.2. Caratteristiche costruttive degli impianti domestici | » | 336 |
| 7.4.2.1. Contatore | » | 337 |
| 7.4.2.2. Caratteristiche costruttive interne | » | 338 |
| 7.4.2.3. Prova di tenuta dell'impianto | » | 339 |
| 7.4.3. Requisiti generali degli ambienti e degli apparecchi utilizzatori | » | 339 |
| 7.4.3.1. Prescrizioni per apparecchi per cottura di cibi | » | 340 |
| 7.4.3.2. Apparecchi tipo A diversi dalle cucine | » | 340 |
| 7.4.3.3. Apparecchi tipo B | » | 341 |
| 7.4.3.4. Apparecchi tipo C | » | 342 |
| 7.5. Complementi sugli apparecchi a gas | » | 343 |
| 7.5.1. Problematiche relative alla ventilazione degli ambienti connesse con l'uso di apparecchi a gas di tipo A | » | 343 |
| 7.5.2. Concentrazione di inquinanti generati da apparecchi tipo A | » | 343 |
| 7.5.3. Aperture di ventilazione: valutazione dei moti convettivi | » | 348 |
| | | |
| 8. GLI IMPIANTI DI CONDIZIONAMENTO DELL'ARIA | | |
| 8.1. Generalità | » | 351 |
| 8.2. Richiami ed approfondimenti di fisica..... | » | 353 |
| 8.2.1. Miscele di aria e vapor d'acqua..... | » | 353 |
| 8.2.1.1. Principali grandezze fisiche relative all'aria umida | » | 353 |
| 8.2.1.2. Entalpia dell'aria umida e diagramma ASHRAE | » | 354 |
| 8.2.2. Pareti opache esposte all'irraggiamento solare | » | 356 |

| | | | |
|------------|---|---|-----|
| 8.2.2.1. | Temperatura equivalente al sole | » | 356 |
| 8.2.2.1.1. | Considerazioni sulla temperatura equivalente al sole | » | 358 |
| 8.2.2.2. | Comportamenti di diverse strutture | » | 359 |
| 8.2.3. | Scambio termico in regime periodico di temperatura | » | 360 |
| 8.2.4. | Calcolo del calore estivo trasmesso attraverso le pareti opache | » | 363 |
| 8.2.5. | Parametri caratteristici delle pareti | » | 367 |
| 8.2.5.1. | Pareti sottili | » | 367 |
| 8.2.5.2. | Parete con intercapedine ed isolante | » | 368 |
| 8.2.5.3. | Pareti multistrato | » | 370 |
| 8.3. | Calcolo della potenzialità frigorifera e delle portate di aria | » | 373 |
| 8.3.1. | Vari tipi di impianto: cenni | » | 373 |
| 8.3.2. | Dimensionamento della potenzialità frigorifera: concetti di base..... | » | 375 |
| 8.3.3. | Criteri e parametri principali di progetto..... | » | 376 |
| 8.3.4. | Calcolo degli apporti di calore sensibile | » | 378 |
| 8.3.4.1. | Calore ricevuto per irraggiamento solare attraverso le finestre e le superfici vetrate | » | 379 |
| 8.3.4.2. | Calore trasmesso attraverso le pareti opache | » | 381 |
| 8.3.4.3. | Calore sensibile per la ventilazione..... | » | 383 |
| 8.3.5. | Apporti di calore latente | » | 384 |
| 8.3.6. | Determinazione delle portate di aria di ventilazione..... | » | 385 |
| 8.4. | Principali componenti degli impianti di condizionamento | » | 387 |
| 8.4.1. | Refrigeratori di acqua | » | 388 |
| 8.4.1.1. | Principio di funzionamento | » | 388 |
| 8.4.1.2. | Caratteristiche dei refrigeranti più comuni | » | 389 |
| 8.4.1.3. | Considerazioni energetiche: effetto utile..... | » | 390 |
| 8.4.1.4. | Sicurezza dei refrigeratori di acqua..... | » | 391 |
| 8.4.2. | Unità di trattamento dell'aria..... | » | 392 |
| 8.4.2.1. | Criteri di progetto | » | 393 |
| 8.4.2.2. | Cenni al sistema di regolazione | » | 396 |
| 8.4.3. | Canali dell'aria ed accessori | » | 397 |
| 8.4.3.1. | Dimensionamento dei canali | » | 398 |
| 8.4.3.2. | Bocchette e diffusori | » | 399 |
| 8.4.3.3. | Criteri progettuali di buona tecnica..... | » | 401 |
| 8.4.4. | Ventilatori e filtri | » | 402 |
| 8.4.4.1. | Ventilatori o soffianti | » | 402 |
| 8.4.4.2. | Filtri | » | 403 |
| 8.4.5. | Torri di raffreddamento | » | 405 |
| 8.4.5.1. | Descrizione dell'apparecchiatura | » | 405 |
| 8.4.5.2. | Teoria di funzionamento | » | 406 |
| 8.5. | Principali norme UNI relative al condizionamento (riscaldamento e raffrescamento) | » | 408 |
| 8.5.1. | Riferimenti principali sui metodi di calcolo del fabbisogno termico per riscaldamento..... | » | 408 |
| 8.5.2. | Riferimenti sulle prestazioni energetiche degli edifici | » | 409 |
| 8.5.3. | Prestazioni energetiche degli impianti di riscaldamento degli edifici..... | » | 409 |

| | | |
|--|---|-----|
| 8.5.4. Ulteriori norme sul fabbisogno di calore | » | 410 |
| 8.5.5. Riferimenti sui dati climatici | » | 410 |
| 8.5.6. Norme sul calcolo delle trasmittanze negli edifici e sulle proprietà isolanti dei materiali | » | 410 |
| 8.5.7. Qualità dell'aria negli edifici | » | 411 |
| 8.5.8. Misure della trasmittanza | » | 412 |
| 8.5.9. Conduzione e controllo degli impianti | » | 412 |
| 8.5.10. Impianti di condizionamento | » | 412 |
| <i>Bibliografia</i> | » | 415 |

PREMESSA

La collaborazione tra gli stati europei, iniziata alla fine degli anni '50 come cooperazione economico-politica che ha dato vita all'Unione Europea, si è manifestata anche nel campo scientifico e oggi è presente, ancor più di allora, in molteplici forme.

Per quanto riguarda, in particolare, l'ingegneria non si può trascurare quella molteplicità di norme tecniche di prodotto e di impianto (le norme UNI EN) che, stabilite nelle sedi internazionali europee, aggiornano o modificano le precedenti norme nazionali: esse propongono, in alcuni casi, differenti metodologie e criteri, in altri, recepiscono semplicemente miglioramenti tecnologici raggiunti e, in altri ancora, modificano standard precedentemente fissati solo su base nazionale.

La difficoltà di un tecnico che per la prima volta si accosta in modo organico e sistematico alla progettazione degli impianti per l'edilizia è costituita dall'estrema frammentarietà e dal dettaglio con cui le norme si presentano, a causa della mancanza di un quadro di insieme.

Scopo precipuo di questo lavoro è fornire un quadro di sintesi per quanto riguarda la progettazione degli impianti tecnici in edilizia: impianti elettrici e di terra, di riscaldamento e di condizionamento, idrici, di scarico delle acque reflue e del gas negli edifici civili. Anche se la trattazione si propone un livello approfondito, tuttavia, si serve di strumenti matematici semplici, che possono facilmente essere compresi.

Le presenti linee-guida si compongono di due parti, la prima dedicata agli impianti elettrici e di terra, la seconda agli impianti termoidraulici. Particolare rilievo si è dato alla sicurezza ed ai criteri progettuali da adottare sia per gli impianti elettrici sia per gli impianti termoidraulici. In particolare, per gli impianti elettrici si descrivono dettagliatamente gli impianti di terra, in quan-

to basilari per la prevenzione dai rischi di elettrocuzione. Per tutti gli impianti termoidraulici, invece, vengono approfonditi gli schemi di principio, i dispositivi di sicurezza e i relativi criteri di progetto.

Il manuale – che, si sottolinea, non pretende d’essere esaustivo – non si propone di sostituirsi al progettista né di sostituire le specifiche norme tecniche, che con il loro dettaglio coprono la totalità delle situazioni specifiche possibili, qui tralasciate a vantaggio di una trattazione incentrata unicamente sulle nozioni minime che realmente occorrono a chi si avvicina a questo settore. Inoltre, si ritiene che il continuo riferimento alle norme di prodotto e di impianto faciliterà il lettore nell’approfondire direttamente le norme tecniche. Una seconda caratteristica di queste linee-guida – che si aggiunge e si compenetra alle precedenti – è l’attenzione rivolta alla precisa interpretazione dei fenomeni fisici, sviluppata sia con estesi richiami all’elettromagnetismo, alla fluidodinamica e alla fisica-tecnica sia con descrizioni dettagliate di tutte le leggi matematiche presentate.

Infine, è opportuno fare presente che le formule matematiche, complete delle unità di misura ed esposte a scopo esemplificativo, in alcuni casi, sono ricavate da ragionamenti semplificati proprio per consentire di acquisire in via preliminare gli ordini di grandezza necessari alla progettazione degli impianti tecnici.

Si spera, con il presente lavoro, di poter fornire un aiuto concreto a quanti desiderassero conoscere le problematiche relative alla progettazione e alla sicurezza dei comuni e – solo apparentemente banali – impianti tecnici utilizzati nella maggior parte degli edifici civili.

Ing. Attilio Pianese

PARTE PRIMA

Gli impianti elettrici e di terra

CAPITOLO 1

PRINCIPI DELL'ELETTROMAGNETISMO

1.1. CORRENTE ELETTRICA: GRANDEZZE FONDAMENTALI

In via preliminare, va chiarito che la corrente elettrica nei conduttori è generata dal movimento delle cariche elettriche che si spostano da punti con livello energetico maggiore (il cosiddetto *potenziale*) a punti con livelli inferiori.

La corrente elettrica è descritta da una serie di grandezze che verranno di seguito illustrate; saranno, inoltre, richiamate le leggi di Ohm, le leggi fondamentali descrittive dei fenomeni energetici dissipativi che trovano applicazione in tutti i conduttori percorsi da corrente.

1.1.1. Carica elettrica

La carica elettrica, che si indica con la lettera q , rappresenta la proprietà della materia per cui corpi carichi, anche puntiformi, esercitano tra di loro forze attrattive o repulsive. La carica elettrica ha origine nelle strutture ultime della materia, elettroni e ioni, cioè elettroni liberi o atomi che per vari motivi hanno perduto degli elettroni. Nei metalli, caratterizzati da un particolare legame chimico detto *legame metallico*, gli elettroni sono liberi di muoversi sulla banda di conduzione, per cui il movimento delle cariche elettriche avviene con resistenze al moto relativamente basse.

L'unità di misura della carica elettrica è il coulomb (C) che rappresenta la quantità di elettricità che passa attraverso la sezione di un conduttore in 1 secondo se l'intensità di corrente è pari ad 1 ampere (A).

Si ricorda che gli elettroni atomici sono la carica elettrica più piccola conosciuta in natura, pari a $1,60 \cdot 10^{-19}$ C.

1.1.2. Intensità di corrente

L'intensità di corrente, indicata generalmente con la lettera I , rappresenta la carica che passa nel tempo unitario attraverso la sezione di un conduttore. La corren-

te si misura in ampere (A) così definito: l'ampere è l'intensità di corrente tale che, percorrendo due conduttori rettilinei molto lunghi posti nel vuoto a distanza di 1 m l'uno dall'altro, produce tra i conduttori stessi una forza per metro di lunghezza (attrattiva o repulsiva a seconda dei versi concordi o discordi di percorrenza della corrente nei conduttori) di $2 \cdot 10^{-7}$ newton.

1.1.3. Potenziale elettrico o tensione

La tensione è l'energia potenziale elettrica posseduta dall'unità di carica positiva. Risulta conveniente nelle applicazioni tecniche assumere il potenziale della terra pari a 0, attribuendo cioè un valore nullo di energia potenziale alle cariche elettriche presenti sulla terra e misurare le differenze di potenziale rispetto a tale riferimento. La rete elettrica di distribuzione della corrente presente nelle abitazioni comuni ha, ad esempio, un potenziale di circa 220 volt, vale a dire che l'energia potenziale, rispetto alla terra dell'unità di carica positiva sul conduttore in tensione, è di 220 J (joule).

Il volt, l'unità di misura delle differenze di potenziale, è il livello energetico pari all'energia potenziale di 1 joule per ogni carica di 1 coulomb. Il potenziale si indica con la lettera V .

1.1.4. Lavoro elettrico

Il lavoro elettrico rappresenta l'energia prodotta o consumata durante l'impiego della corrente elettrica: esso è pari alla differenza di potenziale per la quantità di elettricità che passa attraverso il conduttore. Se la corrente è costante nel tempo (corrente continua) si ha:

$$L = V \cdot I \cdot t \quad (1.1)$$

dove

t = tempo in cui transita la corrente I

$I \cdot t$ = quantità di elettricità che attraversa il conduttore

V = energia potenziale della carica unitaria.

Il lavoro L è misurato in joule. Talvolta, specie nelle applicazioni, si utilizza però un'altra unità di misura derivata dalla potenza: il kWh (chilowattora): è l'energia elettrica consumata o fornita ad un motore o apparecchio che abbia la potenza di 1 kW e funzioni ininterrottamente per 1 ora ($1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$).

1.1.5. Potenza elettrica

La potenza elettrica è l'energia (lavoro elettrico) consumata o prodotta nel tempo unitario si misura in watt o nel suo multiplo il kW ($1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$) e corrisponde al lavoro di 1000 joule per secondo.

La potenza è pari al prodotto della tensione per l'intensità di corrente:

$$W = V \cdot I \quad (1.2)$$

Si evidenzia che l'espressione precedente riveste carattere generale ed è valida in corrente sia alternata che continua, intendendo con V , con I e con W i valori istantanei delle grandezze.

Data l'importanza che riveste la potenza – a cui è strettamente correlato il dimensionamento degli impianti e delle macchine elettriche, oltre ovviamente i consumi di energia – di seguito, saranno richiamate anche le espressioni di più frequente impiego in corrente alternata monofase e trifase.

1.1.6. Resistenza elettrica

Il passaggio della corrente elettrica in un conduttore produce il riscaldamento del conduttore. Si definisce *resistenza* un componente circuitale in cui l'unico effetto nel passaggio della corrente sia la trasformazione dell'energia posseduta dalle cariche elettriche in calore. La quantità di calore sviluppata è pari a 860 kcal/h per ogni kWh di energia assorbita ovvero 0,239 calorie per ogni joule di energia elettrica consumata.

Per i conduttori vale la legge di Ohm:

$$V_1 - V_2 = R \cdot I \quad (1.3)$$

cioè

la differenza di potenziale tra i due estremi del conduttore (V_1 e V_2) diviso l'intensità di corrente che circola è costante.

Il coefficiente R è detto *resistenza elettrica del conduttore* e si misura in ohm (Ω): un conduttore ha la resistenza di 1 ohm se è percorso dalla corrente di 1 ampere quando la differenza di potenziale ai suoi estremi è di 1 volt.

Per effetto del riscaldamento il potenziale all'interno dei cavi elettrici tende a diminuire man mano che ci si allontana dalla cabina elettrica fino all'utilizzatore finale. Normalmente, si cerca di contenere questa diminuzione di tensione intorno al 6 ÷ 8% della tensione di rete. Le cadute di tensione per effetto joule (riscaldamento) rappresentano delle perdite di energia da tenere adeguatamente in conto nel dimensionamento di tutte le linee elettriche.

La potenza elettrica dissipata attraverso una resistenza, detta V la differenza di potenziale agli estremi di questa, in virtù della legge di Ohm, assume l'espressione:

$$W = V \cdot I = R \cdot I^2 \quad (1.4)$$

Ogni qual volta si ha passaggio di corrente in un elemento circuitale resistivo, si consuma della corrente che viene trasformata in calore; per ogni watt di corren-

te *perduta*, si trova una potenza termica di 0,86 kcal/h in accordo cioè con il principio di conservazione dell'energia secondo cui la somma dell'energia meccanica e termica di un sistema isolato è costante.

Il passaggio di corrente (si suppone corrente continua) in un conduttore produce, in realtà, anche altri effetti, che si possono meglio evidenziare nei conduttori liquidi o nei gas. Tali effetti sono l'effetto chimico e l'emissione di luce. Il principio di conservazione dell'energia può, in forma più generale, essere così enunciato: la somma dell'energia termica, dell'energia luminosa e dell'energia chimica che si osservano in un conduttore è sempre uguale all'energia W sviluppata dalla corrente.

1.1.7. Seconda legge di Ohm

Si osserva sperimentalmente che la resistenza elettrica di un filo conduttore è direttamente proporzionale alla sua lunghezza e inversamente proporzionale alla sua sezione e che essa dipende, inoltre, dalla sostanza di cui è costituito il filo e dalla sua temperatura. Indicando con ρ un coefficiente di proporzionalità – che dipende dalla sostanza di cui è costituito il filo e dalla sua temperatura – e con l e S , rispettivamente, la lunghezza e la sezione del filo, si può dunque esprimere la seconda legge di Ohm:

$$R = \rho \left(\frac{l}{S} \right) \quad (1.5)$$

dove

ρ = coefficiente di resistività o resistenza specifica, caratteristico del materiale di cui è fatto il conduttore; il coefficiente di resistività dipende, inoltre, dalla temperatura del conduttore.

La resistività del rame a 20°C è $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$.

Per l'alluminio a 20°C è $\rho = 2,8 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$.

Per temperature diverse da 20°C la resistività dei conduttori può calcolarsi con l'espressione:

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha \Delta t) \quad (1.6)$$

dove

ρ = resistività alla temperatura generica t

ρ_0 = resistività a 20°C

Δt = differenza ($t - 20$)

α = coefficiente di temperatura che vale $0,0039^\circ\text{C}^{-1}$ per il rame.