

I N D I C E

PREFAZIONE

CAPITOLO I : Avvolgimenti per collettori a lamelle

| | |
|--|----|
| I. 1 - Generalità e definizioni | 5 |
| I. 2 - Avvolgimenti a tamburo | 10 |
| I. 3 - Avvolgimenti a doppio strato | 11 |
| I. 4 - Collegamento delle sezioni | 13 |
| I. 5 - Avvolgimento embricato semplice (o parallelo semplice) | 14 |
| I. 6 - Avvolgimento embricato multiplo (o parallelo multiplo) | 21 |
| I. 7 - Avvolgimento ondulato semplice | 23 |
| I. 8 - Avvolgimenti ondulati multipli (serie-parallelo) | 28 |
| I. 9 - Eseguibilità degli avvolgimenti | 30 |
| I.10 - Avvolgimenti progressivi e regressivi | 31 |
| I.11 - Disposizione delle sezioni nelle cave | 32 |
| I.12 - Avvolgimenti con sezione esclusa | 35 |
| I.13 - Avvolgimenti suddivisi | 37 |
| I.14 - Numero, posizione e polarità delle spazzole | 40 |
| I.15 - Stella di cave | 41 |
| I.16 - Numero dei raggi Z' della stella di cave | 45 |
| I.18 - Costruzione della poligonalità delle tensioni | 50 |
| I.19 - Collegamenti equipotenziali negli avvolgimenti embricati semplici | 61 |
| I.20 - Collegamenti equipotenziali negli avvolgimenti multipli | 65 |
| I.21 - Avvolgimenti di Latour | 68 |
| I.22 - F.E.M. indotta | 74 |
| I.23 - Tensione media fra le lamelle | 77 |
| I.24 - F.M.M. d'indotto | 78 |
| I.25 - Condizioni di simmetria | 80 |
| I.26 - Scelta del tipo di avvolgimento | 82 |
| I.27 - Dati d'avvolgimento | 82 |

CAPITOLO II : Avvolgimenti per corrente alternata

| | |
|---|----|
| II. 1 - Generalità | 87 |
| A - AVVOLGIMENTI TRIFASI EMBRICATI | |
| II. 2 - Numero ed estensione dei gruppi | 90 |
| II. 3 - Progettazione degli avvolgimenti trifasi ad uno strato ($q = \text{un intero}$) | 95 |
| II. 4 - Avvolgimenti embricati trifasi ad uno strato con bobine disuguali | 97 |
| II. 5 - Progettazione degli avvolgimenti embricati trifasi a doppio strato ($q = \text{un intero}$) | 99 |

| | |
|---|-----|
| II. 6 - Rappresentazione lineare degli avvolgimenti a doppio strato | 102 |
| II. 7 - Forza elettromotrice indotta. Generalità | 103 |
| II. 8 - Determinazione della f.e.m. indotta in una fase con l'ausilio della stella di cave | 106 |
| II. 9 - Determinazione analitica del fattore di distribuzione K_{q1} per $q =$ = un intero | 109 |
| II.10 - F.e.m. per fase negli avvolgimenti a doppio strato a passo accorciato. Fattore di passo K_x | 111 |
| II.11 - Avvolgimenti embricati trifasi a doppio strato a q intero ed a gruppi disuguali | 113 |
| II.12 - Collegamento delle fasi negli avvolgimenti trifasi | 115 |
| II.13 - Rami in parallelo per fase | 118 |
| B - AVVOLGIMENTI TRIFASI ONDULATI | |
| II.14 - Avvolgimenti trifasi a sbarre | 122 |
| II.15 - Avvolgimenti trifasi ondulati ad uno strato | 122 |
| II.16 - Avvolgimenti trifasi ondulati a doppio strato | 123 |
| C - AVVOLGIMENTI BIFASI E MONOFASI | |
| II.17 - Avvolgimenti bifasi ($m = 2$) a cave intere | 125 |
| II.18 - Avvolgimenti monofasi ($m = 1$) | 127 |
| D - AVVOLGIMENTI A GABBIA | |
| II.19 - Generalità | 130 |
| E - AVVOLGIMENTI A CAVE FRAZIONARIE | |
| II.20 - Generalità | 137 |
| II.21 - Progettazione degli avvolgimenti trifasi compatti a cave frazionarie mediante la stella di cave | 138 |
| Esempi | 139 |
| II.22 - Progettazione degli avvolgimenti trifasi a cave frazionarie secondo l'Autore. Considerazioni preliminari | 143 |
| II.23 - Progettazione degli avvolgimenti a cave frazionarie secondo l'Autore. Ordinamento equilibrato dei poli | 150 |
| II.24 - Progettazione degli avvolgimenti a cave frazionarie secondo l'Autore. Esempi | 154 |
| II.25 - Progettazione degli avvolgimenti a cave frazionarie secondo l'Autore. Tabella degli schemi fino a 20 poli | 158 |
| II.26 - Il passo alle fasi y_m | 164 |
| II.27 - Avvolgimenti con $a = 0$ | 166 |
| II.28 - F.E.M. negli avvolgimenti con rami in parallelo | 166 |
| II.29 - Impiego dei rami in parallelo | 168 |
| F - IL PROBLEMA DELLE ARMONICHE | |
| II.30 - Generalità | 169 |
| II.31 - Determinazione del fattore di distribuzione K_{qh} | 171 |
| Esempi | 172 |
| II.32 - Fattore di passo K_{xh} | 175 |

| | |
|---|-----|
| II.33 - Il fattore di disuguaglianza K_{yh} (per $q =$ un intero) | 177 |
| II.34 - Campi armonici di dentatura | 178 |
| II.35 - Le f.c.m. armoniche concatenate negli avvolgimenti polifasi. Il fattore di collegamento $K_{m,h}$ | 181 |
| II.36 - F.E.M. armoniche negli avvolgimenti bifasi e monofasi | 183 |
| II.37 - Avvolgimenti trifasi a doppio strato con $q = 2/3 Q$ | 184 |

G - F.M.M. PRODOTTE DAGLI AVVOLGIMENTI DISTRIBUITI ATTRAVERSATI DA CORRENTI ALTERNATE

| | |
|---|-----|
| II.38 - Generalità | 190 |
| II.39 - Tracciamento dei diagrammi | 191 |
| II.40 - Determinazione della posizione dell'asse x | 194 |
| II.41 - F.M.M. prodotta da una bobina a passo diametrale attraversata da corrente alternata | 195 |
| II.42 - F.M.M. prodotta da un gruppo di q bobine a passo diametrale | 196 |
| II.43 - F.M.M. di un avvolgimento trifase | 198 |
| II.44 - Campo pulsante e campo rotante | 200 |
| II.45 - Scomposizione di una f.m.m. pulsante in due rotanti in senso opposto | 202 |
| II.46 - Campi ellittici | 203 |
| II.47 - F.M.M. degli avvolgimenti bifasi. Caso generale degli avvolgimenti con m fasi | 203 |
| II.48 - F.M.M. armoniche negli avvolgimenti polifasi a passo diametrale, a $q =$ intero. Avvolgimenti trifasi | 205 |
| II.49 - F.M.M. armoniche negli avvolgimenti monofasi e bifasi | 207 |
| II.50 - Influenza del passo accorciato. Espressioni generali dell'ampiezza delle onde di f.m.m. | 208 |
| II.51 - F.M.M. prodotte dagli avvolgimenti a cave frazionarie | 210 |
| II.52 - F.M.M. e densità lineare di corrente | 211 |
| II.53 - Rappresentazione vettoriale delle f.m.m. Diagrammi di Görges | 212 |

H - AVVOLGIMENTI SPECIALI PER CORRENTE ALTERNATA

| | |
|---|-----|
| II.54 - Avvolgimenti a c.a. chiusi derivati dagli avvolgimenti a c.c. | 216 |
| II.55 - Rapporti fra tensione continua ed alternata | 219 |
| II.56 - Avvolgimenti a poli commutabili. Generalità | 220 |
| II.57 - Progettazione degli avvolgimenti tipo Dahlander | 222 |
| II.58 - Confronto fra i collegamenti esaminati nel paragrafo precedente | 225 |

CAPITOLO III : Fenomeni di dispersione

A - FENOMENI COMUNI ALLE MACCHINE ROTANTI

| | |
|---|-----|
| III. 1 - Generalità | 229 |
| III. 2 - Dispersione nelle cave degli avvolgimenti a passo diametrale | 231 |
| III. 3 - Dispersione nelle cave degli avvolgimenti a doppio strato, a passo y_x accorciato. Avvolgimenti trifasi con gruppi di 60° | 239 |
| III. 4 - Dispersione negli avvolgimenti trifasi con gruppi di 12° e di 90° | 246 |
| III. 5 - Esempio | 248 |

| | |
|---|-----|
| III. 6 - Dispersione frontale | 249 |
| III. 7 - Reattanze principali X_{p1} ed X_{p2} | 252 |
| III. 8 - Dispersione doppiamente concatenata | 255 |
| III. 9 - Dispersione dovuta all'inclinazione delle cave | 259 |
| III.10 - Dispersione sulla testa dei denti | 261 |
| III.11 - Avvolgimento secondario equivalente. Fattori di trasporto | 262 |
| III.12 - Reattanza totale di dispersione per fase X_{σ_1} del primario delle macchine sincrone | 269 |
| III.13 - Reattanza negli avvolgimenti con rami in parallelo. Espressioni delle f.m.m. e delle resistenze | 276 |
| III.14 - Reattanza a rotore estratto $X_{\sigma_{R1}}$ | 278 |
| III.15 - Reattanza di dispersione nelle macchine asincrone polifasi | 281 |
| III.16 - Reattanza totale delle macchine asincrone. Mutua induttanza fra primario e secondario | 285 |
| III.17 - La reattanza ideale X_i | 287 |
| III.18 - Esempio di calcolo della reattanza X_i | 291 |
| III.19 - Tipi di avvolgimenti | 298 |
| III.20 - Richiami sul comportamento dei trasformatori | 300 |
| III.21 - Reattanza, impedenza, tensione di corto circuito | 304 |
| III.22 - Calcolo delle reattanze | 308 |
| CAPITOLO IV : Conduttori, resistenze, perdite | |
| IV. 1 - Generalità | 320 |
| IV. 2 - Il rame | 324 |
| IV. 3 - L'alluminio | 326 |
| IV. 4 - Confronto fra il rame e l'alluminio | 327 |
| IV. 5 - Altri conduttori | 328 |
| IV. 6 - Calcolo delle perdite ohmiche P_{Ω} negli indotti delle macchine rotanti e nei trasformatori | 329 |
| IV. 7 - L'addensamento di corrente. Generalità | 335 |
| IV. 8 - L'addensamento nei conduttori massicci. Caso generale | 339 |
| IV. 9 - Addensamento nei conduttori massicci; influenza nei tratti fuori ferro | 343 |
| IV.10 - Avvolgimenti statorici con conduttori massicci | 345 |
| IV.11 - Addensamento nei conduttori massicci a sezione circolare. Altezza critica dei conduttori | 349 |
| IV.12 - Esempi di calcolo | 351 |
| IV.13 - Influenza dell'addensamento sull'induttanza | 354 |
| IV.14 - Addensamento di corrente. Avvolgimenti a gabbia | 356 |
| IV.15 - Esempio | 362 |
| IV.16 - L'insieme barre ed anelli di corto circuito | 365 |
| IV.17 - Perdite negli avvolgimenti con conduttori suddivisi. Generalità | 369 |
| IV.18 - Perdite addizionali negli avvolgimenti a bobine | 372 |
| IV.19 - Perdite negli avvolgimenti a barre composte | 377 |
| IV.20 - Calcolo delle perdite nelle barre Roebel. Elementi a sezione piena | 382 |
| IV.21 - Calcolo delle perdite nelle barre Roebel. Elementi forati | 385 |

| | |
|--|-----|
| IV.22 - Perdite addizionali negli avvolgimenti d'indotto delle macchine a corrente continua | 387 |
| IV.23 - Perdite addizionali negli avvolgimenti dei trasformatori. Spire con un solo conduttore | 390 |
| IV.24 - Avvolgimenti a spire multiple | 395 |
| IV.25 - Perdite addizionali nel cassone e nelle armature | 400 |
| IV.26 - Esempio di calcolo di perdite addizionali | 402 |
| IV.27 - Le spazzole | 404 |
| IV.28 - Perdite dovute alle spazzole | 408 |

CAPITOLO V : Materiali dielettrici

| | |
|--|-----|
| V. 1 - Generalità | 410 |
| V. 2 - Richiami sul campo dielettrico | 411 |
| V. 3 - Rigidità dielettrica | 414 |
| V. 4 - Dielettrici in serie | 415 |
| V. 5 - Sollecitazioni nelle configurazioni cilindriche | 420 |
| V. 6 - Resistività di massa e perdite dielettriche | 422 |
| V. 7 - Altre proprietà dei materiali dielettrici | 424 |
| V. 8 - Classificazione | 425 |
| V. 9 - Sovratemperature delle macchine e dei trasformatori | 428 |
| V.10 - L'aria e gli altri gas | 433 |

ISOLANTI LIQUIDI

| | |
|--|-----|
| V.11 - Generalità | 434 |
| V.12 - Oli minerali per trasformatori ed apparecchiature | 435 |
| V.13 - Askarel | 437 |
| V.14 - Altri dielettrici liquidi | 438 |

VERNICI

| | |
|---------------------------------------|-----|
| V.15 - Generalità | 440 |
| V.16 - Le resine | 441 |
| V.17 - Tipi di vernici e loro impiego | 443 |

ISOLANTI SOLIDI

| | |
|--------------------------------|-----|
| V.18 - Carta e derivati | 444 |
| V.19 - Fibre tessili | 447 |
| V.20 - Legno | 447 |
| V.21 - Fibre di vetro | 448 |
| V.22 - Amianto | 451 |
| V.23 - Prodotti ceramici | 451 |
| V.24 - Mica | 452 |
| V.25 - Micaniti | 453 |
| V.26 - Foglio di mica continua | 455 |
| V.27 - Carta aramide Nomex | 456 |
| V.28 - Film e fogli sintetici | 457 |

| | |
|--|-----|
| V.29 - Teflon (Politetrafluoroetilene) | 460 |
| V.30 - Elastomeri | 460 |
| V.31 - Durata degli isolanti | 461 |
| CAPITOLO VI : Costruzione degli avvolgimenti | |
| VI. 1 - Generalità | 464 |
| VI. 2 - Conduttori smaltati | 465 |
| VI. 3 - Conduttori smaltati in classe B, F, H | 467 |
| VI. 4 - Fili e piattine ricoperte | 468 |
| VI. 5 - Costruzione degli avvolgimenti delle macchine trifasi | 470 |
| VI. 6 - Avvolgimenti di eccitazione delle macchine sincrone | 487 |
| VI. 7 - Avvolgimenti delle macchine a induzione | 519 |
| VI. 8 - Avvolgimenti delle macchine a c.c. Generalità | 536 |
| VI. 9 - Reazione d'indotto | 538 |
| VI.10 - Avvolgimenti compensatori | 542 |
| VI.11 - Commutazione. Tempi e zona di commutazione | 544 |
| VI.12 - Commutazione. Larghezza dell'espansione polare (polo ausiliario) | 550 |
| VI.13 - Tensione massima tra le lamelle. Tensione di commutazione | 551 |
| VI.14 - F.M.M. del polo ausiliario | 554 |
| VI.15 - F.M.M. a carico dei poli principali | 557 |
| VI.16 - Dimensionamento degli avvolgimenti di campo principali | 560 |
| VI.17 - Metodi di progettazione | 563 |
| VI.18 - Costruzione dei commutatori | 570 |
| VI.19 - Verifica meccanica | 575 |
| CAPITOLO VII : Costruzione degli avvolgimenti dei trasformatori | |
| VII. 1 - Generalità | 579 |
| VII. 2 - Equilibrio delle f.m.m. Flussi dispersi radiali | 580 |
| VII. 3 - Forze elettrodinamiche | 583 |
| VII. 4 - Forze radiali | 586 |
| VII. 5 - Determinazione preliminare di σ | 588 |
| VII. 6 - Forze assiali | 591 |
| VII. 7 - Costruzione degli avvolgimenti. Generalità | 593 |
| VII. 8 - Avvolgimenti ad elica | 594 |
| VII. 9 - Avvolgimenti multistrato | 596 |
| VII.10 - Avvolgimenti con bobine a disco | 597 |
| VII.11 - Avvolgimenti in filo | 600 |
| VII.12 - Avvolgimenti in fogli o lastre, ed in nastri | 602 |
| VII.13 - Regolazione | 602 |
| VII.14 - Isolamento. Generalità | 606 |
| VII.15 - Distribuzione della tensione ad impulso | 606 |
| VII.16 - Avvolgimenti a disco a spire intercalate | 610 |
| BIBLIOGRAFIA | 617 |