

Metodo delle Correnti Indotte.

Livelli 2 e 3.

Indice.

Capitolo I.

1. Alcune nozioni introduttive di Elettrotecnica. 1

| | | |
|--------|--|----|
| 1.1. | Introduzione..... | 1 |
| 1.2. | Leggi fondamentali dell'Elettrotecnica. | 3 |
| 1.2.1. | Legge di Ohm (corrente continua)..... | 3 |
| 1.2.2. | Densità di corrente J | 4 |
| 1.2.3. | Coefficienti di resistività e conducibilità dei materiali conduttori. | 5 |
| 1.2.4. | Fattori influenzanti la conducibilità elettrica dei materiali..... | 8 |
| 1.3 | Campo magnetico prodotto da una corrente elettrica. | 10 |
| 1.4 | Permeabilità magnetica..... | 13 |
| 1.5 | Flusso magnetico. | 13 |
| 1.6 | Legge dell'induzione elettromagnetica..... | 14 |
| 1.7 | Grandezze alternate..... | 16 |
| 1.8 | Circuito elettrico in corrente alternata. | 19 |
| 1.9 | Circuito ohmico induttivo alimentato in corrente alternata. | 21 |

Capitolo II.

2 Materiali ferromagnetici. 23

| | | |
|-----|--|----|
| 2.1 | Tipi di materiali dal punto di vista magnetico. | 23 |
| 2.2 | Caratteristiche di prima magnetizzazione..... | 25 |
| 2.3 | Permeabilità magnetica..... | 26 |
| 2.4 | Giogo di saturazione magnetica..... | 28 |

Capitolo III.

3 Strati conduttori cilindrici sottili. (Geometria cilindrica)30

| | | |
|-------|---|----|
| 3.1 | Strato conduttore cilindrico sottile. | 30 |
| 3.2 | Influenza del diametro dello strato cilindrico..... | 35 |
| 3.3 | Principio di similitudine. | 38 |
| 3.4 | Analisi di fase..... | 40 |
| 3.5 | Breve riassunto sull'analisi del segnale ottenibile. | 43 |
| 3.5.1 | Piano dell'impedenza. | 43 |
| 3.5.2 | Principio di similitudine. | 44 |
| 3.5.3 | Analisi di fase. | 44 |
| 3.5.4 | Scelta della frequenza di prova ottimale. | 44 |

Capitolo IV.

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4 | Cilindro conduttore pieno. (Geometria cilindrica). | 45 |
| 4.1 | Introduzione generale | 45 |
| 4.2 | Introduzione della <i>frequenza caratteristica</i> f_0 . | 47 |
| 4.3 | Distribuzione delle correnti indotte e del campo m. nel conduttore cilindrico. | 47 |
| 4.4 | Modello reale e modello fittizio del conduttore cilindrico. | 48 |
| 4.5 | Valori della permeabilità effettiva μ_{eff} . | 50 |
| 4.6 | Distribuzione del campo m. $H(r)$ e della densità di corrente indotta $J(r)$. | 51 |
| 4.7 | Influenza delle variazioni di diametro del conduttore cilindrico. | 52 |
| 4.8 | Grafico dell'impedenza per il conduttore cil. al variare del fattore di riemp. M . | 55 |
| 4.9 | Analisi di fase. | 56 |
| 4.10 | Principio di similitudine per la geometria cilindrica con conduttore cil. pieno. | 60 |
| 4.11 | Influenza di una discontinuità longitudinale superficiale. | 64 |
| 4.12 | Grafico dell'impedenza per materiali ferromagnetici. | 66 |
| 4.13 | Giogo di saturazione magnetica. | 68 |

Capitolo V.

| | | | |
|-------|---|--|-----------|
| | 5 | Correnti indotte in un tubo conduttore. | 71 |
| 5.1 | Introduzione | | 71 |
| 5.1.1 | Grafico con T come parametro tenuto costante. | | 74 |
| 5.1.2 | Grafico con f/f_0 come parametro tenuto costante. | | 75 |
| 5.2 | Influenza delle variazioni del diametro esterno D_e del tubo per una data bobina. | | 76 |

Capitolo VI.

| | | | |
|-----|--|--|-----------|
| | 6 | Bobina all'interno di un tubo o di un foro. | 78 |
| 6.1 | Introduzione | | 78 |
| 6.2 | Parametri operativi e relativi grafici per una bobina induttrice entro | | 79 |
| 6.3 | Bobina all'interno di un foro | | 82 |

Capitolo VII.

| | | | |
|------|--|--|-----------|
| | 7 | Correnti indotte generate da un induttore | 84 |
| 7.1 | Introduzione | | 84 |
| 7.2 | Sistema ET a tastatore | | 85 |
| 7.3 | Profondità di penetrazione standard δ . | | 88 |
| 7.4 | Sensibilità del controllo con correnti indotte in funz. della prof. nel materiale. | | 92 |
| 7.5 | Discontinuità subsuperficiali. | | 93 |
| 7.6 | Sfasamento correnti indotte in funzione della prof. nel materiale. | | 94 |
| 7.7 | Aspetto pratico del controllo con tastatore per esterni. | | 95 |
| 7.8 | Materiali non ferromagnetici. | | 96 |
| 7.9 | Materiali ferromagnetici. | | 97 |
| 7.10 | Effetto discontinuità sup. sull'impedenza equiv. Z (geom. piana). | | 99 |

Capitolo VIII.

8 Strumentazione per il metodo 100

| | | |
|------|---|-----|
| 8.1 | Introduzione..... | 100 |
| 8.2 | Campo di frequenze impiegate col metodo della | 102 |
| 8.3 | Riferimento al piano dell'impedenza | 104 |
| 8.4 | Applicazioni del metodo della Selezione Magnetica. | 106 |
| 8.5 | Esempio di apparecchiatura per la selezione magnetica. | 107 |
| 8.6 | Selezione dei raggruppamenti di segnali..... | 108 |
| 8.7 | Bilanciamento mediante compensazione X,Y..... | 109 |
| 8.8 | Comparsa di componenti armoniche. | 109 |
| 8.9 | Presentazione del segnale col metodo della Selezione Magnetica..... | 111 |
| 8.10 | Finestre di analisi del segnale con la presentazione a punto- vettore. | 113 |
| 8.11 | Selezione con raggruppamenti non nettamente separati..... | 114 |
| 8.12 | Scelta della frequenza di esame..... | 115 |
| 8.13 | Riepilogo dei comandi e regolazioni di un generico | 116 |

Capitolo IX.

9 Controllo mediante Correnti Indotte 118

| | | |
|-----|---|-----|
| 9.1 | Controllo in linea barre con bobina avvolgente..... | 118 |
| 9.2 | Sistema assoluto e sistema differenziale. | 119 |
| 9.3 | Campioni per la taratura delle apparecch. ET a bobine avvolgenti..... | 121 |
| 9.4 | Controllo in linea di tubi saldati longitudinalmente. | 122 |
| 9.5 | Impiego del doppio sistema differenziale - assoluto. | 124 |
| 9.6 | Controllo in linea di tubi senza saldatura mediante bobine avv..... | 125 |

Capitolo X.

10 Apparecchiature per controllo tubi dall'interno mediante C.I.128

| | | |
|--------|--|-----|
| 10.1 | Applicazioni specifiche per il controllo tubi dall'interno..... | 128 |
| 10.2 | Tecniche per il controllo con correnti indotte di tubi dall'interno..... | 129 |
| 10.3 | Campioni di taratura (Rif. al Cod. ASME V- Article 8- Appendix..... | 131 |
| 10.4 | Taratura dello strumento mediante campione. | 132 |
| 10.4.1 | <i>Taratura con la tecnica mediante testina di tipo differenziale.</i> | 132 |
| 10.4.2 | <i>Taratura con la tecnica mediante testina di tipo assoluto.</i> | 133 |
| 10.5 | Correlazione fra segnale e profondità delle discontinuità. | 134 |
| 10.6 | Problema dei supporti-distanziali | 135 |
| 10.7 | Apparecch. per controlli con correnti indotte multifrequenza | 136 |
| 10.8 | Controllo dall'interno di tubi in materiale ferromagnetico..... | 139 |
| 10.9 | Controllo tubi dall'interno mediante il campo m. remoto | 141 |

Capitolo XI.

| | | |
|-----------|---|------------|
| 11 | Controllo con C. I. mediante testine per esterni (<i>probe</i>). | 145 |
| 11.1 | Introduzione..... | 145 |
| 11.2 | Correzione distanza ampiezza..... | 147 |
| 11.3 | Controllo di partic. meccanici a geom. assiale con profilo variabile..... | 149 |
| 11.4 | Piste di esplorazione con le testine rotanti..... | 150 |
| 11.5 | Considerazioni per i sistemi ET a testine rotanti applicati in linea..... | 152 |
| 11.6 | Campioni per verifica della centratura della testa rotante..... | 154 |

Capitolo XII.

12 Modalità di analisi del segnale 155

| | | |
|------|---|-----|
| 12.1 | Presentazione del segnale ET sul piano (X,Y)..... | 155 |
| 12.2 | Curve di disaccoppiamento (<i>lift-off</i>)..... | 157 |
| 12.3 | Segnale di una discontinuità in funzione della profondità..... | 159 |
| 12.4 | Misura strumentale nel piano dell'impedenza..... | 160 |
| 12.5 | Strati conduttori sottili..... | 161 |
| 12.6 | Strati non conduttori su materiale conduttore..... | 162 |
| 12.7 | Strati conduttori su materiale conduttore..... | 162 |
| 12.8 | Segnale derivante da scansione superficiale mediante tastatore..... | 165 |
| 12.9 | Filtro dinamico..... | 169 |

| | |
|--------------------------------|------------|
| Riferimenti bibliografici..... | 172 |
| Bibliografia generale..... | 172 |

Appendice. 173

| | | |
|-----------------------|---|-----|
| A.1 | Alcuni richiami di Elettrotecnica..... | 173 |
| A.2 | Circuito R, X_L , X_C in serie..... | 182 |
| A.3 | Circuito R, X_L , X_C in parallelo..... | 185 |
| A.4 | Applicazioni della risonanza parallelo nel metodo ET..... | 188 |
| A.5 | Presentazione del segnale sullo schermo del TRC..... | 190 |
| A.6 | Analisi di fase..... | 191 |
| A.7 | Campo m. $H(r)$ in funzione della profondità nel conduttore cilindrico..... | 193 |
| Indice analitico..... | | 194 |