

# Dispense del corso di ELETTROTECNICA T

CDS IN INGEGNERIA DELL'AUTOMAZIONE

## INDICE SEZIONI

### §1. TEORIA DEI CIRCUITI - DEFINIZIONI

1. Definizioni e leggi di Kirchhoff [1]
2. Componenti ideali [5]
  - 2.1 Resistore lineare [6]
  - 2.2 Induttore lineare [9]
  - 2.3 Condensatore lineare [10]
  - 2.4 Generatore di tensione [10]
  - 2.5 Generatore di corrente [11]
  - 2.6 Diodo [14]
  - 2.7 Trasformatore [20]
  - 2.8 Amplificatore Operazionale [21]
3. Componenti reali [24]
4. Unità di misura SI [25]

### §2. METODI PER L'ANALISI DEI CIRCUITI

1. Dai circuiti ai grafi [1]
2. Circuiti privi di memoria [5]
  - 2.1 Analisi basate sui nodi [5]
  - 2.2 Analisi basate sulle maglie [9]
3. Sovrapposizione e sostituzione [13]
4. Teoremi di Thevenin e Norton [16]
5. Circuiti non connessi [22]
6. Circuiti contenenti A.O. [24]

### §3. CIRCUITI DINAMICI

1. Metodo delle equazioni di stato [1]
2. Calcolo delle costanti di tempo [12]
3. Soluzione numerica [14]

### §4. GRANDEZZE PERIODICHE

1. Grandezze sinusoidali [1]
2. Trasformata di Steinmetz [3]
3. Serie di Fourier [4]

### §5. REGIME SINUSOIDALE

1. Metodo simbolico [1]
2. Componenti [2]
3. Risonanza e antirisonanza [12]

4. Potenze in regime AC [12]
5. Massimo trasferimento di potenza [15]
6. Rifasamento [15]

### §6. SISTEMI TRIFASE

1. Definizioni [1]
2. Potenze in regime AC [2]
3. Sistemi trifase con neutro [5]
4. Rifasamento [6]
5. Trasmissione dell'energia elettrica [7]

### §7. RICHIAMI DI ELETTROMAGNETISMO

1. Definizioni ed equazioni di Maxwell [1]
2. Passaggio dai campi ai circuiti [6]
3. Induttore reale [11]
4. Condensatore reale [13]
5. Limiti di validità [14]

### §8. TRASFORMATORI

1. Principio di funzionamento [1]
2. Il trasformatore ideale [2]
3. Induttori lineari accoppiati [3]
4. Il trasformatore reale [6]
5. Prove a vuoto ed in cortocircuito [8]
6. Rendimento convenzionale [9]
7. Trasformatori trifase [9]
8. La conversione DC/DC [12]

### §9. ELEMENTI DI SICUREZZA ELETTRICA

1. Effetti della corrente elettrica [1]
2. Tipi di contatto e protezioni [2]
3. Impianto di terra e differenziale [3]

### §10. TRASFORMATATA DI LAPLACE

1. Definizione e proprietà [1]
2. Metodo simbolico e componenti [4]
3. Funzioni di rete [8]

**INDICE ANALITICO**  
VOCE [SEZIONE-PAGINA]

**A**

---

AC, regime [§3-10, §5-1]  
additività delle potenze in AC [§5-14]  
albero di un grafo [§2-3]  
ammettenza [§5-5]  
Ampere, legge di [§7-2]  
– unità [§1-25]  
amperspire [§7-9]  
ampiezza [§4-1]  
amplificatore operativo [§1-21]  
antirisonanza [§5-12]  
armonica [§4-4]  
– fondamentale [§4-4]  
AT (alta tensione) [§6-9]  
avvolgimento [§7-10]  
– primario [§8-1]  
– secondario [§8-1]

**B**

---

B, induzione magnetica [§7-1]  
bilancio delle potenze [§1-5]  
bipolo [§1-1]  
– controllato in tensione [§1-6]  
– – in corrente [§1-6]  
– equivalente [§1-6]  
– lineare [§1-6]  
BT (bassa tensione) [§6-9]

**C**

---

C, capacità [§1-10]  
– di un condensatore reale [§7-12]  
caratteristica di un bipolo [§1-6]  
– di magnetizzazione [§7-4]  
carica elettrica [§1-1]  
carico ohmico-capacitivo [§5-16]  
– ohmico-induttivo [§5-16]  
cascata, connessione in [§1-18]  
CEI, norme [§9-1]  
cifra di perdita [§7-12]  
circuito elettrico [§1-2]  
– – privo di memoria [§2-5]  
– – con memoria [§3-1]  
– aperto [§1-7]  
– equivalente del trasformatore [§8-7]  
– – semplificato del trasformatore [§8-8]  
– inammissibile [§1-12]

– lineare [§2-13]  
– magnetico [§7-9]  
– non-connesso [§2-22]  
– planare o non-planare [§2-4]  
– stabile [§3-5]  
– univocamente solubile [§2-9]  
classificazione dei trasformatori [§8-11]  
coalbero di un grafo [§2-3]  
coefficiente di accoppiamento [§8-4]  
– di temperatura [§7-3]  
collegamenti delle fasi [§8-10]  
componente elettrico [§1-1]  
– con memoria [§1-10]  
– equivalente [§1-15]  
– lineare [§1-6]  
– passivo [§1-6]  
– reale [§1-24]  
condensatore ideale [§1-10]  
– – nel dominio simbolico [§5-5]  
– – – – di Laplace [§10-6]  
– reale [§7-12]  
– di rifasamento [§5-16, §6-6]  
conducibilità elettrica [§7-3]  
coniugato, complesso [§4-4]  
connessione ideale [§1-2]  
–, proprietà [§2-1]  
conservazione della carica [§7-2]  
contatto, tipi di [§9-2]  
continuità dell'energia, postulato di [§3-3]  
conversione DC/DC [§8-12]  
convoluzione, integrale di [§10-4]  
corrente elettrica [§1-1, §7-6]  
– alternata, regime di [§3-10]  
– concatenata [§7-2]  
– di linea [§6-1]  
– di maglia [§2-11]  
– parassita [§7-11]  
– magnetizzante [§8-6]  
corto circuito [§1-2]  
–, virtuale [§1-24]  
costante dielettrica [§7-2]  
– – relativa [§7-2]  
costanti di tempo [§3-5, §3-12]  
Coulomb, unità [§1-26]  
Curie, temperatura di [§7-4]  
–, legge di [§7-4]  
curva di magnetizzazione [§7-6]

– di sicurezza [§9-26]

## D

---

D, spostamento elettrico [§7-2]

DC, regime [§1-10]

densità di carica [§7-1]

– di corrente [§7-1]

diamagnetismo [§7-3]

dielettrici [§7-3]

differenziale, relè [§9-5]

– , amplificatore [§2-29]

diode ideale [§1-14]

dipolo [§7-1]

dispersi, flussi [§8-1]

dispersore di terra [§9-3]

divergenza, equazioni della [§7-2]

doppio bipolo [§1-16]

## E

---

E, campo elettrico [§7-1]

$E_i$ , campo elettrico impresso [§7-3]

effetti parassiti [§1-24]

– termici [§1-24]

energia elettrostatica [§1-10]

– magnetica [§1-9, §8-4]

equivalenza tra bipoli [§1-6]

– , tra componenti [§1-15]

– , per carichi trifase [§6-4]

Eulero, identità di [§4-4]

– , metodi di [§3-14]

## F

---

Farad, unità [§1-26]

Faraday, legge di [§7-2]

fase [§4-1, §4-2]

– , anticipo di [§4-2]

– , differenza di [§4-2]

– , opposizione di [§4-2]

– , ritardo di [§4-2]

fasore [§4-3]

fattore di potenza [§5-13, §6-3]

ferromagnetismo [§7-4]

flusso dell'induzione magnetica [§7-8]

– concatenato [§7-2]

– disperso [§8-1]

– principale [§8-1]

forza, densità di [§7-2]

– elettromotrice (f.e.m.) [§7-8]

– magnetomotrice (f.m.m.) [§7-9]

Fourier, serie di [§4-4]

frequenza [§4-1]

funzioni di rete [§10-8]

## G

---

G, conduttanza [§1-6, §7-12]

Gauss, legge di [§7-2]

generatore di corrente [§1-11]

– nel dominio simbolico [§5-3]

– di Laplace [§10-5]

– di tensione [§1-10]

– nel dominio simbolico [§5-3]

– di Laplace [§10-4]

– , convenzione (scelta) del [§1-4]

generatori reali [§1-13]

grafo [§2-1]

grandezze fondamentali SI [§1-25]

– periodiche [§4-1]

– alternate [§4-1]

– sinusoidali [§4-1]

gruppo di appartenenza [§8-11]

## H

---

H, campo magnetico [§7-2]

Heaviside, funzione a gradino di [§10-1]

Henry, unità [§1-26]

Hertz, unità [§1-26]

Hopkinson, legge di [§7-9]

## I

---

I, corrente [§1-1]

impedenza [§5-5]

impianto di terra [§9-3]

incidenza, matrice di [§2-2]

indipendenti, equazioni [§1-3]

induttanza, auto e mutua [§8-4]

– di dispersione [§8-5]

– di un induttore reale [§7-10]

– magnetizzante [§8-5]

induttore ideale [§1-9]

– , nel dominio simbolico [§5-4]

– di Laplace [§10-6]

– reale [§7-10]

induttori accoppiati [§8-3]

interruttore ideale [§3-3]

– reale [§3-3]

– differenziale [§9-5]

isteresi, ciclo di [§7-4]

## J

---

$j$  (unità immaginaria) [§3-5, §4-2]  
J, densità di corrente [§7-2]  
Joule, effetto [§1-7]  
–, unità [§1-26]

## K

---

K (rapporto di trasformazione) [§1-20]  
– (rapporto spire) [§8-2]  
Kapp, rete di [§8-8]  
Kirchhoff, leggi di [§1-2]  
–, – –, nel dominio simbolico [§5-1]

## L

---

L, induttanza [§1-9]  
lamierini [§7-11]  
Laplace, trasformata di [§10-1]  
legame materiale, equazioni di [§7-3]  
limite di pericolosità [§9-1]  
limiti operativi dei componenti [§1-24]  
– di validità dei circuiti [§7-13]  
linee elettriche [§6-9]  
Lorentz, forza di [§7-1]  
–, legge di [§7-2]  
luce, velocità della [§7-14]

## M

---

M, magnetizzazione [§7-1]  
maglia [§1-2]  
– fondamentale [§2-3]  
maglie fondamentali, matrice delle [§2-4]  
magnetomotrice (forza) [§7-9]  
magnete permanente [§7-5]  
massa [§1-22, §9-2]  
massimo trasferimento di potenza [§5-15]  
materiali conduttori [§7-3]  
– diamagnetici [§7-3]  
– isolanti [§7-3]  
– ferromagnetici dolci [§7-5]  
– – duri [§7-5]  
– paramagnetici [§7-3]  
Maxwell, equazioni di, [§7-2]  
metodo  
– delle equazioni di stato [§3-1]  
– delle correnti di maglia [§2-11]  
– delle tensioni di nodo [§2-8]  
– fondamentale [§2-10]  
– simbolico [§5-1]

– – nel dominio di Laplace [§10-4]  
Millman, teorema di [§2-9]  
modulo [§4-3]  
MT (media tensione) [§6-9]  
multipli SI [§1-25]

## N

---

N, potenza apparente [§5-10]  
n-polo [§1-15]  
n-porte [§1-15]  
neutro, sistema trifase con [§6-5]  
nodo [§1-2]  
norme CEI [§9-17]  
Norton, teorema di [§2-19]  
numeri complessi [§4-3]

## O

---

Ohm, legge di [§1-6]  
– in forma locale [§7-3]  
– simbolica [§5-5]  
– unità [§1-26]  
operazionale, amplificatore [§1-21]  
operazioni compatibili  
– con la trasformata di Steinmetz [§4-3]  
– con la trasformata di Laplace [§10-3]  
oscillatore [§3-11]

## P

---

P, polarizzazione [§7-1]  
P, potenza attiva [§5-14]  
parallelo [§1-7]  
paramagnetismo [§7-3]  
parte reale [§4-3]  
– immaginaria [§4-3]  
passaggio dai campi ai circuiti [§7-5]  
perdite per isteresi [§7-12]  
– per correnti parassite [§7-11]  
– nel ferro [§7-11, §8-6]  
– nel rame [§8-6]  
periodica, grandezza [§4-1]  
periodico, regime [§5-1]  
periodo [§4-1]  
permeabilità magnetica [§7-2]  
– – relativa [§7-2]  
potenza  
– apparente [§5-14]  
– assorbita [§1-5]  
– attiva [§5-13, §6-3]  
– complessa [§5-13, §6-3]

- erogata [§1-5]
- istantanea [§1-5]
- – attiva [§5-13]
- – reattiva [§5-13]
- reattiva [§5-14, §6-3]
- protezione, conduttore di [§9-3]
- prova a vuoto [§8-8]
  - in corto circuito [§8-8]
- pulsazione [§4-1]
  - di antirisonanza [§5-12]
  - di risonanza [§5-12]

## Q

---

- Q, potenza reattiva [§5-14]
- quadratura [§4-2]

## R

---

- R, resistenza [§1-6, §7-8]
  - di un resistore reale [§7-8]
- ramo [§1-2]
- reattanza capacitiva [§5-5]
  - di dispersione [§8-7]
  - induttiva [§5-5]
  - magnetizzante [§8-7]
- rendimento convenzionale [§8-9]
- resistività [§7-3]
- resistore lineare [§1-6]
  - –, nel dominio simbolico [§5-4]
  - – – – di Laplace [§10-5]
  - reale [§7-8]
- rifasamento
  - di un utilizzatore monofase [§5-15]
  - – – – trifase [§6-6]
- riferimento, nodo di [§2-1]
  - , versi di [§1-3]
  - , di terra [§9-4]
- rigidità dielettrica [§7-3]
- riluttanza [§7-9]
- risonanza [§5-12]

## S

---

- salvavita [§9-5]
- saturazione magnetica [§7-4]
- sensibilità nominale [§9-5]
- sequenza chiusa di nodi [§1-2]
- serie, connessione [§1-7]
  - , di Fourier [§4-4]
- sfasamento [§4-2]
- SI (Sistema Internazionale) [§1-25].

- sicurezza, curva di [§9-2]
- Siemens, unità [§1-26]
- simboli circuitali [§1-27]
- sinusoidale, grandezza [§4-1]
  - regime [§3-10, §5-1]]
- sistema elettrico di potenza [§6-9]
- solenoidalità [§7-2]
- sostituzione, principio di [§2-14]
- sottomultipli SI [§1-25]
- sovrapposizione, principio di [§2-14]
- stato, variabili di [§1-9]
  - , equazioni di [§3-2]
  - iniziale [§3-3]
  - , matrice di [§3-2]
  - , vettore di [§3-2]
- stazionario, regime [§1-10]
- Steinmetz, trasformata di [§4-3]
  - , formula di [§7-11]
- stella
  - di resistori [§1-8]
  - di impedenze [§6-4]
    - – – equilibrata [§6-4]
- suscettività elettrica [§7-2]
  - magnetica [§7-2]

## T

---

- Tableau, metodo di [§2-5]
  - matrice [§2-13]
- taglio [§2-11]
  - fondamentale [§2-11]
- Tellegen, teorema di [§1-5]
- temperatura, coefficiente di [§1-24]
- tensione elettrica [§1-1, §7-6]
  - concatenata [§6-1]
  - di cortocircuito [§8-8]
  - di nodo [§1-2]
  - di ramo [§1-3]
  - principale di fase [§6-2]
    - , alta (AT) [§6-9]
    - , media (MT) [§6-9]
    - , bassa (BT) [§6-9]
    - indotta [§8-12]
- terminali [§1-1]
- terra, impianto di [§9-3]
  - , resistenza di [§9-3]
- Tesla, unità [§1-26]
- Thevenin, teorema di [§2-17]
- topologia dei circuiti [§1-3]
- transitorio [§3-8]
- trasferimento massimo di potenza [§5-15]

–, caratteristica di [§1-23]  
trasformata, di Laplace [§10-1]  
–, di Steinmetz [§4-3]  
trasformatore ideale [§1-20]  
– – nel dominio simbolico [§5-3]  
– – – di Laplace [§10-5]  
– reale [§8-6]  
– trifase [§8-9]  
trasformazione stella-triangolo [§1-8]  
– stella-poligono [§1-9]  
– da secondario a primario [§1-21]  
trasmissione, linee di [§6-7]  
triangolo di resistori [§1-8]  
– di impedenze [§6-5]  
– – – equilibrata [§6-5]  
trifase, sistema [§6-1]  
–, –, simmetrico [§6-1]  
–, –, –, diretto o inverso [§6-1]  
–, –, equilibrato [§6-1]  
–, –, con neutro [§6-5]  
tripolo [§1-1, §1-15]

## U

---

Unità di misura SI [§1-25]  
– di misura non-SI [§1-26]  
utilizzatore trifase equilibrato [§6-3]  
– –, teorema di equivalenza [§6-4]  
–, convenzione (scelta) del [§1-4]

## V

---

V, tensione [§1-1]  
valore efficace [§4-1]  
– massimo [§4-1]  
– medio [§4-1]  
VAR, unità [§1-26]  
versi di riferimento associati [§1-4]  
Volt, unità [§1-26]  
Volt-Ampere, unità [§1-26]

## W

---

Watt, unità [§1-26]  
Weber, unità [§1-26]  
Weiss, domini di [§7-4]

## X

---

X, reattanza [§5-5]

## Y

---

Y, ammettenza [§5-5]

## Z

---

Z, impedenza [§5-5]  
Zig-zag [§8-10]

---

$\alpha$ , Alfa  
 $\beta$ , Beta  
 $\gamma$ , Gamma  
 $\delta$   $\Delta$ , Delta  
 $\epsilon$ , Epsilon  
 $\eta$ , Eta  
 $\theta$ , Theta  
 $\lambda$   $\Lambda$ , Lambda  
 $\mu$ , Mi (o Mu)  
 $\pi$ , Pi  
 $\rho$ , Rho  
 $\sigma$ , Sigma  
 $\tau$ , Tau  
 $\phi$ , Phi  
 $\chi$ , Chi  
 $\psi$ , Psi  
 $\omega$   $\Omega$ , Omega