

Dispense del corso di **ELETTROTECNICA INDUSTRIALE T**

CDS IN INGEGNERIA MECCANICA

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 [8]
 - 2.3 Condensatore lineare [9]
 - 2.4 Generatore di tensione [9]
 - 2.5 Generatore di corrente [10]
 - 2.6 Diodo [13]
 - 2.7 Trasformatore [14]
3. Componenti reali [15]
4. Unità di misura SI [18]

§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 [11]
3. Teoremi di Thevenin e Norton [14]
4. Circuiti non connessi [20]

§3. CIRCUITI DINAMICI

1. Metodo delle equazioni di stato [1]
2. Calcolo delle costanti di tempo [7]

§4. CIRCUITI IN REGIME SINUSOIDALE

1. Grandezze periodiche e sinusoidali [1]
 - 1.1 Trasformata di Steinmetz [2]
 - 1.2 Serie di Fourier [4]
2. Metodo simbolico [5]
3. Componenti [7]
4. Risonanza e antirisonanza [16]
5. Potenze in regime AC [17]
6. Rifasamento [19]

§5. 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]

§6. CIRCUITI MAGNETICI

1. Definizioni ed equazioni di Maxwell [1]
2. Passaggio dai campi ai circuiti [4]

3. Proprietà magnetiche dei materiali [7]
4. Circuiti magnetici [10]
5. Coefficienti di auto e mutua induzione [14]
6. Perdite nel ferro [17]

§7. TRASFORMATORI

1. Principio di funzionamento [1]
2. Il trasformatore ideale [2]
3. Induttori lineari accoppiati [4]
4. Il trasformatore reale [7]
5. Prove a vuoto ed in cortocircuito [9]
6. Rendimento convenzionale [10]
7. Trasformatori trifase [10]

§8. MACCHINA ASINCRONA

1. Campo magnetico rotante [3]
2. Principio di funzionamento [8]
3. Equazioni interne e circuito equivalente [10]
4. Coppia elettromagnetica [11]
5. Regolazione della velocità [15]
6. Motore Asincrono monofase [16]

§9. MACCHINA SINCRONA

1. Principio di funzionamento [1]
2. Equazioni interne e circuito equivalente [2]
3. Coppia elettromagnetica [4]
4. Parallelo con la rete trifase [4]

§10. MACCHINE DC

1. Principio di funzionamento [1]
2. Reazione di armatura e commutazione [4]
3. Equazioni interne e circuito equivalente [6]
4. Dinamo [7]
5. Motori DC [9]

§11. PERDITE E RISCALDAMENTO

1. Perdite nelle macchine elettriche [2]
2. Riscaldamento delle macchine elettriche [3]
3. Rendimento delle macchine elettriche [5]

§12. IMPIANTI E SICUREZZA ELETTRICA

1. Dispositivi di manovra e protezione [1]
2. Sicurezza degli utenti [5]
 - 2.1 Tipi di contatto e protezioni [5]
 - 2.3 Impianto di terra e differenziale [7]

INDICE ANALITICO
VOCE [SEZIONE-PAGINA]

A

AC, regime [§3-9, §4-5]
additività delle potenze in AC [§4-19]
albero di un grafo [§2-3]
alternatore [§9-2]
ammettenza [§4-9]
Ampere, legge di [§6-2]
– unità [§1-17]
amperspire [§6-11]
ampiezza [§4-1]
antirisonanza [§4-17]
armatura [§10-1]
armonica [§4-4]
– fondamentale [§4-4]
AT (alta tensione) [§5-9]
avvolgimento [§6-10]
– primario [§7-1]
– secondario [§7-1]
– di eccitazione [§10-1]
– di indotto [§10-1]
– embricato e ondulato [§10-4]
– trifase [§8-3]

B

B, induzione magnetica [§6-1]
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) [§5-9]

C

C, capacità [§1-9]
– termica [§11-4]
campo rotante [§8-3]
caratteristica elettromeccanica
– della macchina Asincrona [§8-13]
– del motore DC in parallelo [§10-10]
– del motore DC in serie [§10-11]
caratteristica esterna della dinamo [§10-8]
caratteristica di un bipolo [§1-6]
– di magnetizzazione [§6-8]
– di intervento [§12-4]
caratteristica meccanica

– della macchina Asincrona [§8-12]
– del motore DC in parallelo [§10-10]
– del motore DC in serie [§10-11]
carica elettrica [§1-1]
carico, angolo di [§9-4]
– ohmico-capacitivo [§4-20]
– ohmico-induttivo [§4-20]
cava [§8-1]
CEI, norme [§11-1, §12-5]
cifra di perdita [§6-18, §11-2]
circuito elettrico [§1-2]
– privo di memoria [§2-5]
– con memoria [§3-1]
– aperto [§1-7]
– equivalente del trasformatore [§7-7]
– della macchina Asincrona [§8-10]
– della macchina Sincrona [§9-3]
– delle macchine DC [§10-7]
– semplificato del trasformatore [§7-9]
– inammissibile [§1-11]
– lineare [§2-7]
– magnetico [§6-10]
– con magneti permanenti [§6-13]
– non-connesso [§2-20]
– planare o non-planare [§2-4]
– stabile [§3-5]
– univocamente solubile [§2-8]
classificazione dei trasformatori [§7-12]
classi termiche [§11-4]
coalbero di un grafo [§2-3]
coefficiente di accoppiamento [§7-6]
– di avvolgimento [§8-5]
– di temperatura [§6-4]
collegamenti delle fasi [§7-11]
collettore [§10-2]
commutazione [§10-5]
compensatore sincrono [§9-5]
componente elettrico [§1-1]
– con memoria [§1-8]
– equivalente [§1-13]
– lineare [§1-6]
– passivo [§1-6]
– reale [§1-15]
condensatore ideale [§1-9]
– nel dominio simbolico [§4-9]
– di rifasamento [§4-20, §5-6]
conducibilità elettrica [§6-3]

coniugato, complesso [§4-3]
connessione ideale [§1-2]
–, proprietà [§2-1]
conservazione della carica [§6-3]
contatto, tipi di [§12-5]
continuità dell'energia, postulato di [§3-3]
coppia
– di una macchina DC [§10-9]
– di una macchina Asincrona [§8-11]
– di una macchina Sincrona [§9-4]
corrente elettrica [§1-1, §6-5]
– alternata, regime di [§3-9]
– concatenata [§6-3]
– di cortocircuito [§12-1]
– di linea [§5-1]
– di maglia [§2-13]
– parassita [§6-17]
– magnetizzante [§7-7]
corto circuito [§1-2]
costante dielettrica [§6-2]
– – relativa [§6-2]
costante di tempo [§3-5, §3-7]
– – – termica [§11-4]
Coulomb, unità [§1-17]
Curie, temperatura di [§6-8]
–, legge di [§6-7]
curva di magnetizzazione [§6-8]
– di sicurezza [§12-6]

D

D, spostamento elettrico [§6-2]
DC, regime [§1-9]
densità di carica [§6-1]
– di corrente [§6-1]
diamagnetismo [§6-7]
dielettrici [§6-4]
differenziale, relè [§12-4]
dinamo [§10-7]
diodo ideale [§1-13]
dipolo [§6-2]
dispersi, flussi [§7-1]
dispersore di terra [§12-7]
divergenza, equazioni della [§6-3]
doppio bipolo [§1-14]

E

E, campo elettrico [§6-1]
 E_i , campo elettrico impresso [§6-3]
Eccitatrice, macchina [§9-2]

effetti parassiti [§1-16]
– termici [§1-16]
elettromotrice (forza) [§6-7]
energia elettrostatica [§1-9]
– magnetica [§1-8, §7-5]
equazioni interne
– – del trasformatore [§7-8]
– – della macchina Asincrona [§8-10]
– – della macchina Sincrona [§9-3]
– – delle macchine DC [§10-6]
equazioni esterne
– – del trasformatore [§7-8]
– – del motore Asincrono [§8-12]
– – della macchina Sincrona [§9-3]
– – del motore DC in parallelo [§10-9]
– – del motore DC in serie [§10-11]
equivalenza tra bipoli [§1-6]
–, tra componenti [§1-13]
–, per carichi trifase [§5-4]
–, per la macchina Asincrona [§8-9]
Eulero, identità di [§4-2]

F

Farad, unità [§1-17]
Faraday, legge di [§6-2]
fase [§4-1, §4-3]
–, anticipo di [§4-2]
–, differenza di [§4-2]
–, opposizione di [§4-2]
–, ritardo di [§4-2]
fasore [§4-2]
fattore di potenza [§4-18, §5-3]
ferriti [§6-9]
ferromagnetismo [§6-8]
flusso dell'induzione magnetica [§6-10]
– concatenato [§6-3]
– disperso [§7-1]
– principale [§7-1]
forza, densità di [§6-3]
– tra i poli di un magnete [§12-2]
– elettromotrice (f.e.m.) [§6-7]
– magnetomotrice (f.m.m.) [§6-11]
Fourier, serie di [§4-4]
frequenza [§4-1]
fusibili [§12-2]

G

G, conduttanza [§1-6]
gabbia, rotore a [§8-14]

Gauss, legge di [§6-3]
generatore di corrente [§1-10]
– nel dominio simbolico [§4-7]
– di tensione [§1-9]
– nel dominio simbolico [§4-7]
– , convenzione (scelta) del [§1-4]
generatori reali [§1-12]
grafo [§2-1]
grandezze fondamentali SI [§1-17]
– periodiche [§4-1]
– alternate [§4-1]
– sinusoidali [§4-1]
gruppo di appartenenza [§7-12]

H

H, campo magnetico [§6-2]
Henry, unità [§1-18]
Hertz, unità [§1-17]
Hopkinson, legge di [§6-11]

I

I, corrente [§1-1]
impedenza [§4-9]
impianto di terra [§12-7]
incidenza, matrice di [§2-2]
indipendenti, equazioni [§1-3]
induttanza, auto e mutua [§6-14, §7-4]
– di dispersione [§7-6]
– magnetizzante [§7-6]
induttore ideale [§1-8]
– , nel dominio simbolico [§4-8]
– reale [§6-15]
induttori accoppiati [§7-4]
interruttore ideale [§3-3]
– reale [§3-3, §12-1]
– differenziale [§12-4]
invecchiamento termico [§11-4]
isteresi, ciclo di [§6-8]

J

j (unità immaginaria) [§3-5, §4-2]
J, densità di corrente [§6-1]
Joule, effetto [§1-6]
– , unità [§1-17]

K

K (rapporto di trasformazione) [§1-14]
– (rapporto spire) [§7-3]

Kapp, rete di [§7-9]
Kirchhoff, leggi di [§1-2]
– , – , nel dominio simbolico [§4-6]
– , – , per circuiti magnetici [§6-12]

L

L, induttanza [§1-8]
– di un induttore reale [§6-16]
lamierini [§6-17]
legame materiale, equazioni di [§6-3]
limite di pericolosità [§12-5]
limiti operativi dei componenti [§1-15]
linee elettriche [§5-9]
Lorentz, forza di [§6-1]
– , legge di [§6-3]

M

M, magnetizzazione [§6-2]
maglia [§1-2]
– fondamentale [§2-3]
maglie fondamentali, matrice delle [§2-4]
magnetomotrice (forza) [§6-11]
magnete permanente [§6-9]
manovra, dispositivi di [§12-1]
massa [§12-5]
materiali conduttori [§6-4]
– diamagnetici [§6-7]
– isolanti [§6-4]
– ferromagnetici dolci [§6-9]
– duri [§6-9]
– paramagnetici [§6-7]
Maxwell, equazioni di, [§6-2]
metodo
– delle equazioni di stato [§3-1]
– delle correnti di maglia [§2-12]
– delle tensioni di nodo [§2-8]
– fondamentale [§2-11]
– simbolico [§4-5]
Millman, teorema di [§2-10]
modulo [§4-3]
motore Asincrono [§8-12]
– monofase [§8-16].
– DC. con eccitazione in parallelo [§10-9]
– DC con eccitazione in serie [§10-11]
– brushless [§9-1]
– universale [§10-12]
MT (media tensione) [§5-9]
multipli SI [§1-17]

N

N, potenza apparente [§4-18]
n-polo [§1-13]
n-porte [§1-14]
neutro, sistema trifase con [§5-5]
Newton, unità [§1-17]
nodo [§1-2]
norme CEI [§11-1, §12-5]
Norton, teorema di [§2-17]
numeri complessi [§4-3]
numero di giri, unità [§1-18]
– – – a vuoto [§10-10]
– – – del campo [§8-6]

O

Ohm, legge di [§1-6]
– in forma locale [§6-3]
– simbolica [§4-9]
– unità [§1-17]

P

P, polarizzazione [§6-2]
P, potenza attiva [§4-17]
Pacinotti, anello di [§10-1]
parallelo [§1-7]
paramagnetismo [§6-7]
parte reale [§4-2]
– immaginaria [§4-2]
Pascal, unità [§1-17]
passaggio dai campi ai circuiti [§6-4]
perdite per isteresi [§6-18]
– per correnti parassite [§6-17]
– nel ferro [§6-17, §7-7, §11-2]
– nel rame [§7-7, §11-2]
– addizionali [§11-3]
– meccaniche [§11-3]
periodica, grandezza [§4-1]
periodico, regime [§4-5]
periodo [§4-1]
permeabilità magnetica [§6-2]
– – relativa [§6-2]
poli, coppie di [§8-2]
– ausiliari [§10-6]
– schermati [§8-17]
– lisci e salienti [§9-1]
potenza
– apparente [§4-18]
– assorbita [§1-5]
– attiva [§4-17, §5-3]

– complessa [§4-18, §5-3]
– erogata [§1-5]
– istantanea [§1-5]
– – attiva [§4-17]
– – reattiva [§4-17]
– nominale [§11-4]
– reattiva [§4-18, §5-3]
protezione, conduttore di [§12-7]
–, dispositivi di [§12-1]
– dal contatto indiretto [§12-6]
– – – diretto [§12-5]
prova a vuoto [§7-9]
– in corto circuito [§7-9]
pulsazione [§4-1]
– di antirisonanza [§4-16]
– di risonanza [§4-16]

Q

Q, potenza reattiva [§4-18]
quadratura [§4-2]

R

R, resistenza [§1-6, §6-7]
– termica [§11-4]
raffreddamento, sistemi di [§11-4]
ramo [§1-2]
reattanza capacitiva [§4-9]
– di dispersione [§7-7]
– induttiva [§4-9]
– magnetizzante [§7-7]
– sincrona [§9-3]
reazione di armatura [§10-4]
regolazione della velocità
– – – del motore Asincrono [§8-15]
– – – del motore DC parallelo [§10-10]
– – – del motore DC serie [§10-12]
relè [§12-2]
– elettromagnetico [§12-2]
– differenziale [§12-4]
– magnetotermico [§12-4]
– termico [§12-3]
rendimento [§11-5]
– della macchina Asincrona [§8-15]
– – – del motore DC parallelo [§10-10]
– – – del motore DC serie [§10-12]
– convenzionale [§7-10, §11-6]
reostato di avviamento [§8-14]
resistività [§6-3]
resistore lineare [§1-6]

- –, nel dominio simbolico [§4-8]
- reale [§6-7]

rifasamento

- di un utilizzatore monofase [§4-19]
- di un utilizzatore trifase [§5-6]

riferimento, nodo di [§2-1]

- , versi di [§1-3]
- , di terra [§12-7]

rigidità dielettrica [§6-4]

riluttanza [§6-11]

risonanza [§4-16]

S

salvavita [§12-8]

saturazione magnetica [§6-8]

scaricatore [§12-2]

scorrimento [§8-8]

sensibilità nominale [§12-4]

sequenza chiusa di nodi [§1-2]

serie, connessione [§1-7]

- , di Fourier [§4-4]

servizio, tipo di [§11-1]

sezionatori [§12-1]

sfasamento [§4-2]

SI (Sistema Internazionale) [§1-16].

sicurezza, curva di [§12-6]

Siemens, unità [§1-17]

simboli circuitali [§1-19]

sincronismo [§8-12]

sinusoidale, grandezza [§4-1]

- regime [§3-9, §4-5]

sistema elettrico di potenza [§5-9]

solenoidalità [§6-3]

sottomultipli SI [§1-17]

sovraccarico [§11-2]

- , relè di [§12-3]

sovracorrenti [§12-1]

sovrapposizione, principio di [§2-8]

sovratensioni [§12-1]

spazzole [§8-14, §9-1, §10-1]

stato, variabili di [§1-8]

- , equazioni di [§3-2]
- iniziale [§3-3]
- , matrice di [§3-2]
- , vettore di [§3-2]

stazionario, regime [§1-9]

Steinmetz, trasformata di [§4-2]

- , formula di [§6-18]

stella

- di resistori [§1-8]

- di impedenze [§5-4]

- – – equilibrata [§5-4]

suscettività elettrica [§6-2]

- magnetica [§6-2]

T

Tableau, metodo di [§2-5]

- matrice [§2-7]

taglio [§2-12]

- fondamentale [§2-12]

tamburo, rotore a [§10-2]

teleruttore [§12-1]

Tellegen, teorema di [§1-5]

temperatura, coefficiente di [§1-16]

- ambiente [§11-4]

tensione elettrica [§1-1, §6-5]

- alle spazzole [§10-2]

- concatenata [§5-1]

- di cortocircuito [§7-9]

- di nodo [§1-2]

- di ramo [§1-3]

- principale di fase [§5-2]

- , alta (AT) [§5-9]

- magnetica [§6-12]

- , media (MT) [§5-9]

- , bassa (BT) [§5-9]

- indotta [§8-7]

terminali [§1-1]

terra, impianto di [§12-7]

- , resistenza di [§12-7]

Tesla, unità [§1-18]

testate [§8-1]

Thevenin, teorema di [§2-15]

topologia dei circuiti [§1-3]

traferro [§6-11]

transitorio [§3-6]

trasformata di Steinmetz [§4-2]

trasformatore ideale [§1-14]

- – nel dominio simbolico [§4-8]

- reale [§7-7]

- trifase [§7-10]

trasformazione stella-triangolo [§1-8]

- da secondario a primario [§1-15]

trasmissione, linee di [§5-7]

triangolo di resistori [§1-8]

- di impedenze [§5-5]

- – – equilibrata [§5-5]

trifase, sistema [§5-1]

- , –, simmetrico [§5-1]

- , –, –, diretto o inverso [§5-1]

–, –, equilibrato [§5-1]
–, –, con neutro [§5-5]
tripolo [§1-1, §1-13]

U

Unità di misura SI [§1-16]
– di misura non-SI [§1-18]
utilizzatore trifase equilibrato [§5-3]
– –, teorema di equivalenza [§5-4]
– –, convenzione (scelta) del [§1-4]

V

V, tensione [§1-1]
valore efficace [§4-1]
– massimo [§4-1]
– medio [§4-1]
VAR, unità [§1-18]
versi di riferimento associati [§1-4]
vita dei dielettrici [§11-4]
Volt, unità [§1-17]
Volt-Ampere, unità [§1-17]

W

Watt, unità [§1-17]
Weber, unità [§1-17]
Weiss, domini di [§6-8]

X

X, reattanza [§4-9]

Y

Y, ammettenza [§4-9]

Z

Z, impedenza [§4-9]
Zig-zag [§7-11]

α , Alfa
 β , Beta
 γ , Gamma
 δ Δ , Delta
 ϵ , Epsilon
 η , Eta
 θ , Theta
 λ Λ , Lambda
 μ , Mi (o Mu)
 π , Pi
 ρ , Rho
 σ , Sigma
 τ , Tau
 ϕ , Phi
 χ , Chi
 ψ , Psi
 ω Ω , Omega