



gd

Gabriele Dragotto
gabriele.dragotto@studenti.polito.it

GRANDEZZE FONDAMENTALI

POTENZIALE	V	VOLT	$V = \frac{W}{q} = \frac{[J]}{[C]} = [V]$
CORRENTE	I	AMPERE	$I = \frac{q}{t} = \frac{[C]}{[s]} = [A]$
POTENZA	P	WATT	$P = VI = \frac{[J]}{[s]} = [W]$

BIPOLO

"ELEMENTO BASICO DI UN CIRCUITO"

ATTIVO

IMMETTE POTENZA

PASSIVO

ASSORBE POTENZA UTILIZZ.

LEGGE + SEGNO

CONVENZIONE DEI VERSI

CORRENTE

DAL POLO \oplus AL \ominus FRECCE
FLUSSO DI CARICHE POSITIVE

TENSIONE

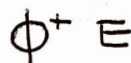
V_{AB} : MORSETTO \oplus IN A

GEN. CORR.



NON INVERTIBILE CON
CORRENTE I_A

GEN. TENS.

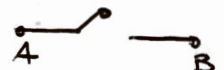


E' INVERTIBILE CON
TENSIONE $V=E$

CORTO. IDEALE $\Delta V=0$ FILO



CIRC. APERTO $I=0$ INTERRU.



TIPI DI COLLEGAM.

SERIE

PERCORSI DA STESSA I

PARALLELO

PERCORSI DA STESSA ΔV

FORMULARIO

POTENZA

$$P = VI = RI^2 = V^2/R \quad W \quad P = I^2/G$$

SOMMO GOLO IL COMPLESSO (OHM: $V=RI$)

CONDUTTANZA

$$G = 1/R \quad \Omega^{-1}$$

KIRKHOFF

$$\begin{aligned} 1^a L \quad \text{NODI} \quad \sum \bar{I}_i &= 0 \\ 2^a L \quad \text{MAGLIE} \quad \sum \bar{V}_i &= 0 \end{aligned}$$

RESISTORI

SERIE $R_T = \sum R_i$

PARALLELO $(R_T)^{-1} = (\sum R_i)^{-1} \quad R_{EQ} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

PARTITORI

CORRENTE CORRENTE IN // RESISTORI

$$\bar{I}_i = \frac{1/R_i}{\sum_j 1/R_j} \cdot \bar{I}_{TOT}$$

TENSIONE TENSIONE IN SERIE

$$\bar{V}_i = \frac{R_i}{\sum_j R_j} \cdot \bar{V}_{TOT}$$

THEVENIN

AB \Leftrightarrow SERIE TRA: - GEN. TENSIONE
VUOTO MORSETTI

$$V = E_{EQ} - R_{EQ} \cdot I$$

- **REQ**
CORTOCIRCUITO GEN.
(CORRENTE APERTA \checkmark -)

NORTON

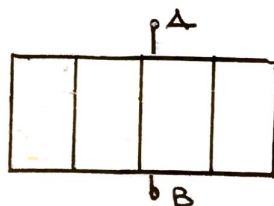
AB \Leftrightarrow THEVENIN CON - GEN CORRENTE
I IN CORTOCIRCUITO AB

DUALITA'

A	B
MAGLIA	NODO
PARALLELO	SERIE
CORTOCIRC.	CIRC. APERTO
TENSIONE	CORRENTE
RESISTENZA	CONDUTTANZA
INDUTTANZA	CAPACITA'
REATANZA	SUSCETTANZA
IMPEDENZA	AMMETTENZA

MILLIMANN

CIRCUITI CON RAMI IN PARALLELO



$$V_{AB} = \frac{\sum E_i / R_i + \sum I_i}{\sum 1/R_k} \quad *$$

* OMETTO R IN SERIE A
GEN DI TENSIONE

INDUTTANZA

CARATTERISTICA DELL'INDUTTORE IDEALE Henry:

$$V = L \frac{di(t)}{dt} \quad e \quad i = \frac{1}{L} \int_0^t v dt + I_0$$

ENERGIA ACCUMULATA $W = \frac{1}{2} L i^2$

CAPACITÀ

CARATTERISTICA DEL CONDENSATORE

$$C = \frac{Q}{\Delta V} \quad i = C \cdot \frac{dv}{dt} \quad v = \frac{1}{C} \int_0^t i dt + V_0$$

ENERGIA ACCUMULATA $W = \frac{1}{2} C v^2$

REGIME SINUSOIALE

$$a(t) = A_M \sin(\omega t + \varphi)$$

PULSAZIONE $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$

AMPIEZZA

ELONGAZIONE RISPETTO AL VALORE MEDIO

V. MEDIO
CONVENZION.

$$A_M = \frac{1}{T} \int_0^T |a(t)| dt = \frac{2}{\pi} \cdot A_M$$

VALORE
EFFICACE

$$A = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt} = \frac{A_M}{\sqrt{2}}$$

VALORE CONTINUO DA APPLICARE
PER OTTENERE EFFETTO ANALOGO
ALL'ALTERNATA

FASORI

VETTORI COMPLESSI ROTANTI, LE
CUI INTERRELAZIONI NON MUTANO

$$\varphi \quad A_M \quad \text{ISOFREQ}$$

$$\underline{A} = A_M \cdot e^{j(\omega t + \varphi)} = A_M e^{j\omega t} e^{j\varphi}$$

ISOFREQ:

$$\begin{cases} \underline{A} = A e^{j\varphi} \\ A = A_M / \sqrt{2} \end{cases}$$

$$\underline{A} = A (\cos \varphi + j \sin \varphi)$$

$$\begin{cases} \varphi = \arctg(a_1/a_2) \\ a_1 = A \cos \varphi \quad a_2 = A \sin \varphi \end{cases}$$

IMPEDENZA

RESISTENZA AD UNA CORRENTE VARIABILE

$$Z = \frac{V}{I} = R + jX$$

AMMETENZA $Y = Z^{-1}$

SERIE

$$Z_s = \sum Z_i$$

R RESISTENZA

PARALLELO

$$Z_p^{-1} = \sum Z_i^{-1}$$

X REATANZA

REATANZE

INDUTTIVA

$$X_L = \omega L \quad 90^\circ$$

$$\text{CAPACITIVA } X_C = 1/\omega C \quad 90^\circ$$

RISONANZA $X_L = X_C \Rightarrow \text{SOLO } R$

EQUIVALENTE AD UNA RES. IN SERIE CON UNA REATANZA DEVO RICORDARE CHE SONO IN SERIE

$$\begin{cases} R = Z \cos \varphi \\ X = Z \sin \varphi \\ Z = \frac{V^2}{S} \quad \varphi = \text{ARCTG}(Q/P) \end{cases}$$

\sim OHM

$$V = RI \quad \Leftrightarrow \quad V = ZI$$

AMMETENZA

RECIPROCO DELL'IMPEDENZA **CONDUTTANZA**

$$Y = Z^{-1} = G - jB$$

SIEMENS \sim^{-1}

G CONDUTTANZA +

B SUSCETANZA + AMMETENZA CAPACITIVA
- AMMETENZA INDUTTIVA

$$\text{MODULO } Y = \sqrt{G^2 + B^2}$$

$$\text{ANGOLO } \varphi_Y = \text{ARCTG}(B/G = -X/R)$$

$$\text{OHM DUALE } \bar{I} = \bar{Y} \bar{V}$$

PARALLELO CONDUTTANZA E SUSCETANZA

POTENZE COMPLESSE

$$p(t) = VI \cos \varphi [1 - \cos(2\omega t)] + V I \sin \varphi \sin(2\omega t)$$

$$\bar{S} = \bar{P} + j\bar{Q}$$

S POTENZA APPARENTE VOLTAMPERE (VA)

P POTENZA ATTIVA WATT (W)

Q POTENZA REATTIVA VOLT. REATTIVI (VAR)

ATTIVA VERSO ESTERNO

REATTIVA VERSO BIPOLI COND. (L e C)

$\varphi = 0^\circ$
 $\varphi = 90^\circ$

NON E' UN FASORE! : NON E' ISOFREQUENZIALE

**FATTORE DI
POTENZA**

$\cos \varphi$ REGOLA LO SCAMBIO
DELLA POTENZA A/R

$$\underline{S} = \underline{V} \underline{I}^*$$

$$|S| = \sqrt{P^2 + Q^2} = VI$$

RESISTORE

$$P = V^2/R \quad Q = 0 \quad \varphi = 0$$

INDUTTORE

$$P = 0 \quad Q = V^2/X_L \quad \varphi = 90^\circ$$

CONDENSAT.

$$P = 0 \quad Q = -V^2/X_C \quad \varphi = -90^\circ$$

GENERICO

$$\underline{Z} = \frac{V^2}{\bar{P} - j\bar{Q}} \quad \begin{cases} P_Z = RI^2 \\ Q_Z = XI^2 \end{cases}$$

**TEOREMA
BOUCHEROT**

IN UN CIRCUITO IN SINUSOIDALE
 $\sum P_k = 0 \quad \sum Q_k = 0$

RIFASAMENTO

MINIMIZZAZIONE POTENZA REATTIVA^I RIFASANDO
V e I e MINIMIZZANDO GLI SPRECHI

$$\tan \varphi = Q/P$$

NORMATIVA $\tan \varphi \leq 0.33$

COMPENSO

L'INDUTTIVA CON UNA CAPACITIVA
DI SEGNO OPPOSTO

$$X_C = V^2/Q_R \quad C = 1/\omega X_C$$

$$Q_R = P(\tan \varphi_D - \tan \varphi)$$

OBBIETTIVO

RENDIMENTO

$$\eta_L = \frac{P_{EX}}{P_{IN}}$$

SISTEMI TRIFASE

TERNE
VETTORIALI

PURA
SPURIA
SIMMETRICA

$$\begin{aligned}\sum \bar{V}_L &= 0 \\ \sum \bar{V}_L &\neq 0 \\ \text{D/I TRIANGOLO EQ}\end{aligned}$$

STELLA
TRIANGOLO

TERMINALE COMUNE
TERMINALE SEQUENZIALE

$$\bar{Z}_Y = \frac{\bar{Z}_\Delta}{3}$$

TENSIONI
TRIFASE

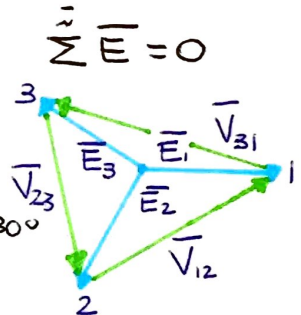
\bar{E} TENSIONI EROGATE

\bar{V} TENSIONI CONCATENATE (LINEA)

$$\begin{cases} \bar{E}_1 = E \\ \bar{E}_2 = E \cdot e^{-j120^\circ} \\ \bar{E}_3 = E \cdot e^{+j120^\circ} \end{cases}$$

$$\bar{V}_{Lj} = \sqrt{3} \bar{E}_i \cdot e^{j \cdot 30^\circ}$$

$$|V_{Lj}| = \sqrt{3} |E_i|$$



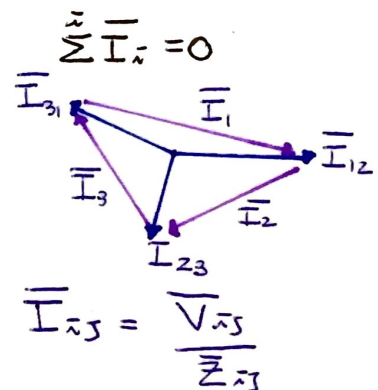
CARICHI
TRIFASE

\bar{I}_L CORRENTE DI LINEA
 \bar{I}_{Lj} CORRENTE DI LATO

$$\begin{cases} \bar{I}_1 = \bar{I}_{12} - \bar{I}_{31} \\ \bar{I}_2 = \bar{I}_{23} - \bar{I}_{12} \\ \bar{I}_3 = \bar{I}_{31} - \bar{I}_{23} \end{cases}$$

$$|I_L| = \sqrt{3} |I_{Lj}|$$

$$\bar{I}_L = \frac{\bar{V}_{Lj}}{\bar{Z}_L} = \frac{\bar{E}_i}{\bar{Z}_L}$$



$$\begin{cases} I_{12} = \frac{V_{12}}{Z} \\ I_{23} = I_{12} \cdot e^{-j120^\circ} \\ I_{31} = I_{12} \cdot e^{-j240^\circ} \end{cases}$$

TRIFASE SQUILIBRATO

QUATTRO FILI RIPIRTO LA TENSIONE NULLA

$$\begin{cases} |\bar{E}_1| = |\bar{E}_2| = |\bar{E}_3| & \forall i, j & \text{TERNA SIMM.} \\ \bar{Z}_1 \neq \bar{Z}_2 & & \text{CARTICHI IRREGOLARI} \\ -\bar{I}_N = \bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3 \neq 0 & & \text{I DEL NEUTRO} \end{cases}$$

CASO REALE

$V_{AO} \neq 0$ POICHE' VI E' UNA
IMPEDENZA NEUTRO \bar{Z}_N

ITALIA $E = 230V$ $V = 400V$

SQUILIBRATI 3 FILI

UTILIZZO MILLMANN

POTENZE IN TRIFASE

A. SIMMETRICO EQUILIBRATO

$$\bar{S} = P + jQ = \sqrt{3} V_L I_L \cos \phi + j \sqrt{3} V_L I_L \sin \phi$$

ISTANTANEA $p(t) = v(t) \cdot i(t) = P$

$$\phi = \text{ARCTG} \left(\frac{X}{R} \right) = \text{ARCTG} \left(\frac{Q}{P} \right)$$

IMPEDENZA $Z_A = 3Z = \frac{V^2}{S} \cdot 3$

ARON

$$\begin{cases} P = P_A + P_B \\ Q = \sqrt{3} (W_A - W_B) \end{cases} \quad S = \sqrt{3} VI$$

B. DISSIMMETRICO 3 FILI

IL SISTEMA HA (n-1) PARAMETRI LIBERI

$$\begin{matrix} \uparrow V_{12} & \bullet 1 \\ \uparrow V_{23} & \bullet 2 \\ \downarrow V_{31} & \bullet 3 \end{matrix} \quad \begin{cases} \sum \bar{I} = 0 \\ \bar{S} = \bar{E}_1 \bar{I}_1^* + \bar{E}_2 \bar{I}_2^* + \bar{E}_3 \bar{I}_3^* \end{cases}$$

C. DISSIMMETRICO 4 FILI

$$\bar{S} = \sum \bar{E}_i \bar{I}_i^*$$

RIFAGAMENTO TRIFASE

FORNISCO POTENZA REATTIVA MANCANTE

$$\begin{cases} Q_R = V^2 \omega C_Y & |Q_C| = 3 \frac{V^2}{X_C} \\ C_Y = 3 C_A \end{cases}$$

CADUTA DI TENSIONE

$$\begin{aligned} \Delta V &= |\bar{V}_P| - |\bar{V}_A| & \begin{cases} P_P = P + 3 R_L I^2 \\ Q_P = Q + 3 X_L I^2 \end{cases} \\ V_P &= \frac{\sqrt{Q_P^2 + P_P^2}}{\sqrt{3} I} \end{aligned}$$

INDUSTRIALE

$$\Delta V = \sqrt{3} (R_L \cos \phi + X_L \sin \phi) I$$

$$\Delta V = \frac{PR_L + QX_L}{V}$$

PERDITE
TRIFASE

$$P_T = 3R_L I^2$$

TRASFORMATORE

DEFINIZIONE

// MACCHINA ELETTROSTATICA CHE VARIA INPUT e OUTPUT ($\bar{i}(t)$, $\bar{e}(t)$) MANTENENDO QUASI COSTANTE LA POTENZA //

$$\Phi = BS$$

$$\bar{B} = \mu \cdot \bar{H}$$

$$R_{\bar{L}} = \frac{P_{\bar{L}}}{\mu_{\bar{L}} \cdot S_{\bar{L}}}$$

$$N_1 = R \cdot \Phi$$

FLUSSO e
TENSIONE

$$\bar{E} = J \cdot \omega N_{\bar{L}} \cdot \Phi = J \omega \cdot L \cdot I$$

INDUTTANZA

$$L = \frac{\Phi_{\text{CONC}}}{I_{\text{IND}}} = \frac{N^2}{R}$$

FLUSSO
1° 2° RT

$$\Delta N_{\bar{L}} I_{\bar{L}} = R \Phi$$

RELAZIONE
E e I N

$$\frac{\bar{V}_1}{\bar{V}_2} = \frac{\bar{I}_2^*}{\bar{I}_1^*} = t \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = t$$

TRASF. IDEALE

A. $P=0$ NO RESISTIVITA'

B. PER. MAGN=0 FOCAULT e ISTERESI

C. NO Φ DISPERGO

D. $R=0$

PER ISTERESI

$$P_{\bar{L}} = K \omega B_M^2$$

PER FOCAULT

$$P_{\bar{L}} = 1/R_{\bar{L}} \cdot (\frac{d\Phi}{dt})^2$$

PER FERRO

$$P_F = P_{\bar{L}} + P_{\bar{L}} = \frac{E^2}{R_{Fe}}$$

$$I_{\text{magn}} = \frac{E}{\omega L}$$

$$\bar{S} = \bar{V}_1 \bar{I}_1^* = \bar{V}_2 \bar{I}_2^*$$

PRIM \rightarrow SEC
SERIE

AMPLIFICO DI t^2

$$\begin{cases} P = R' I_1^2 = t^2 R I_1^2 \\ Q = X' I_1^2 = t^2 X I_1^2 \end{cases}$$

PRIM \rightarrow SEC
//

TENSIONE SECOND

$$\begin{cases} P = V_1^2 / t^2 R = V_1^2 / R' \\ Q = V_1^2 / t^2 X = V_1^2 / X' \end{cases}$$

TRASFORMATORE REALE

- A. R_{cu1} R_{cu2}
- B. X_{d1} X_{d2}
- C. R_{fe}
- D. X_m

P. JOULE

FLUSSI Φ_{disp}

MINIMIZZ.

PERM. MAGNETICA

\Rightarrow PRIMARIO R_0 X_0 "VUOTO"

$$\begin{cases} S_0 = V_{1m} \cdot I_0 & Q_0 = \sqrt{S_0^2 - P_0^2} \\ R_0 = \frac{V_{1m}^2}{P_0} & X_0 = \frac{V_{1m}^2}{Q_0} \end{cases}$$

SECONDAR. R_{cc} X_{cc} "CORTO CIRCO"

$$\begin{cases} Z_{cc} = \frac{V_{cc2}}{I_{2m}} & R_{cc} = \frac{P_{cc}}{I_{2m}^2} \\ X_{cc} = \sqrt{Z_{cc}^2 - R_{cc}^2} \end{cases}$$

CORTOCIRCUITO IL
SECONDARIO

DATI DI TARGA

$$V_{cc} \% = 100 \cdot \frac{V_{cc2}}{V_{1m}} \quad I_0 \% = 100 \cdot \frac{I_{0m}}{I_{1m}}$$

$$P_{cc} \% = 100 \cdot \frac{P_{cc}}{S_m} \quad P_0 \% = 100 \cdot \frac{P_0}{S_m}$$

RENDIMENTO $\eta = \frac{P_{usc}}{P_{usc} + P_{fe} + P_{cu}}$

COLLEGAMENTI TRIFASE

OMONIMI

STESSO TIPO (STELLA)

$V_{\bar{a}} = T$. CONCATENATE

$$\bar{E} = \frac{\bar{V}_{12I}}{\bar{V}_{12II}} = \frac{\bar{E}_{I.I}}{\bar{E}_{I.II}} = \frac{N_1}{N_2}$$

ETERONIMI

$$\bar{E} = \frac{N_1}{N_2} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} e^{-j30^\circ}$$

GRUPPO

$$g = \frac{\phi_{V_{12I}} - \phi_{V_{12II}}}{30^\circ}$$

DATI DI TARGA

$$S_m = \sqrt{3} V_{1m} I_{1m} = \sqrt{3} V_{2m} I_{2m}$$

PRIMARIO $S_0 = \sqrt{3} V_{1m} I_0$

$$\text{SECOND.} \begin{cases} Z_{cc}^{(T)} = Z_{cc} / \sqrt{3} \\ R_{cc}^{(T)} = \frac{1}{3} R_{cc} \end{cases}$$

IMPIANTI INDUSTRIALI

LINEE ELETTRICHE

DOPPIO BIPOLO $[(E_i, I_i), (E_m, I_m)]$

RES. SERVIZIO CONDUCTORI V_3

IND. SERVIZIO AUTOIND. $P_3 = 0.46 \log_{10} \left(\frac{2D}{d} \right) + K$
(d DIAMETRO D DISTANZA)

CAP. SERVIZIO CONDUCTORI

$$C_3 = \frac{0.024}{\log_{10} \frac{2D}{d}}$$

COND. SERVIZIO **EFFETTO CORONA**
ARIA SUPER CONDUTTIVA

EFFETTO FERANTI

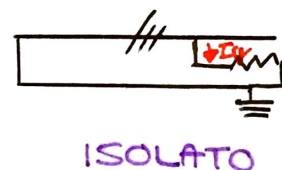
TENS. IN USCITA PIU' ELEVATA DI QUELLA IN INGRESSO A VUOTO

CARICO OHMICO - CAPACITIVO

STATO DEL NEUTRO

A TERRA GRANDI I_g CON DISFUNZ. R_g, C_p

ISOLATO PICCOLE I_g NO DISFUNZIONE



ARCO ELETTRICO

CANALE DI CONDUCTORE DELLA I IN UN DIELETTRICO IONIZZATO

ANNULLAMENTO "ISTANTANEO" $E = \frac{1}{2} L i^2(t)$

ESTINZIONE ALIMENTATO DA E_0 ARTIFICIALMENTE IN DC NATURALMENTE IN AC

CORTI CIRCUITI

FRANCO TRIFASE CONNETTE LE 3 FASI

$$I_g = \frac{V}{\sqrt{3} |\bar{Z}_T + \bar{Z}_L|}$$

FRANCO FASE NEUTRO

CONNETTE FASE NEUTRO

$$I_g = \frac{V}{\sqrt{3} |\bar{Z}_T + 2\bar{Z}_L|}$$

FRANCO FASE FASE

CONNETTE 2 FASI

$$I_g = \frac{V}{|2\bar{Z}_T + 2\bar{Z}_L|}$$

CORRENTI DI
CORTO

I_{C-MAX} GUASTO TRIFASE FRANCO
AD INIZIO LINEA

I_{C-MIN} GUASTO TRIFASE FRANCO
FASE-NEUTRO O FASE-FASE

$$\bar{Z}_R = \frac{V_m}{\sqrt{3} I_{cc}} e^{-j\phi}$$

TIPICI DI
APPARECCHI

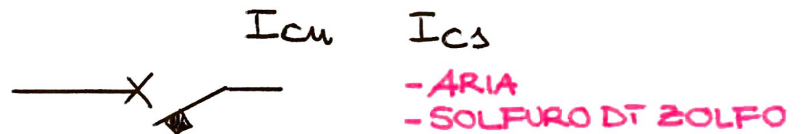
INT. POTENZA e
FUSIBILI APRONO FORTI CORRENTI
DI CORTO CIRCUITO

INT. DI MANOVRA
SEZIONATORI CON CIRCUITO IN FUNZIONE
RELE CON CIRC. A VUOTO
RILEVANO Malfunz.

INTERRUTTORE DI POTENZA

// ESTINZIONE DI $I \leq I_m$ TRAMITE UN
MECCANISMO MAGNETICO //

CONTATTO ALLARGA L'ARCO
CAMERA DI INTERRUZ. PRIMA DELLA IONIZZAZ.



INTERRUTTORE DI MANOVRA

// APRONO E CHIUDONO NORMALI CORRENTI //

CONTATTORI

// INTERRUTTORI DI MANOVRA CON CIRCUITI
DI CONTROLLO (24 48 110 220 V)

SEZIONATORI

// INTERRUTTORE DI APERTURA CON CONTRASS.
VISIBILE UTILIZZATO IN HT CAT //

FUSIBILI

// DISPOSITIVO DI INTERRUZIONE AUTOM.
DELLE SOVRACORRENTI //

FILO

PORTATA AMPEROM. PRECISA
CARATT. INTERVENTO TEMPO INVERSO



RELE

// DEVIATORE AZIONATO DA UN ELETTROM.
SENSIBILE AD UNA GRANDEZZA FISICA //

TIPÌ DI RELE'

TERMICO DI MAXI

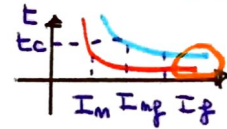
// LAMINA BIMETALLICA FORMATA DA DUE METALLI DIVERSI //

LEGA INVAR

BASSO K - DILATAZIONE

EFFETTO SOULE

TEMPO DIPEN.



// DISTRUZZ
A FREDDO
A CALDO

I_m NON CONV. INTER. $t \leq t_c$ NON INT.

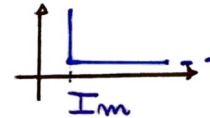
I_f CONV. INTER. SICURO INT.

I_m SENSIBILITÀ

MAGNETICO

// ELETTROMAGNETE AZIONATO DA UNA I / FORZA MAGNETICA APRE //

TEMPO
INDIPEND.



MAGNETOTERMICO

// INT. IN GRADO DI INTERROMPERE SOVRACURRENTI: TERMICO + MAGNETICO //



I_m NO INTERVENTO

I_m TERMICO

I_{an} MAGNETICO
 $I \gg I_m$ DANNO!

DIFFERENZIALE

// CONFRONTO TRA I_{im} I_{omt} ATRAVERSO DUE BOBINE: SGANCIAMENTO IN CASO DI DIFFERENZA //

$$N(I - I') = R\phi$$

$$I - I' = I_d$$

CORRENTE DIFFERENZIALE

$$F.E.M = - \frac{d\phi(t)}{dt} \text{ AZIONANTE}$$

ALTA SENS. //SALVAVITA//

BASSA SENS. ALTRI

CONDUTTURE

CAVI

CONDUTTORE RIVESTITO IN RAME

O ALLUMINIO UNI-MULTI POLARE

CONDUTTORE \angle ISOLANTE \angle SCHERMO

\angle RIEMPITIVO \angle GUAINA

SBARRE

CONDUTTORI METALLICI SEPARATI DA CERAMICHE O ISOLANTI

PORTATA CONDUTTURE

$$I_Z = K_1 \cdot K_2 \cdot I_0 \quad K_2 = 1/\sqrt{m}$$

K_1 CORREZIONE PER $t \neq 30^\circ$

K_2 GRUPPI CAVO FASCTO

POSA LIBERA

POSA CUNTIOLI

POSA INTERRATA

POSA ARTA

SOVRACCORRENTI

SOVRACCARICO

ASSENZA GUASTI $P_F \leq P_R$

CORTO CIRCUITO

GUASTO IN IMPIANTO

I GUASTO ALTA
IMPIEDENZA

ENTITÀ MINORE E
POCO RILEVABILI

GUASTO VS TERRA

GUASTO CONDUTTORE e
PROTEZIONE

PROTEZIONE SOVRACCARICO

// INTERRUZIONE SOVRACCORRENTE NON
ISTANTANEA PER VIA DI TEMPORANEI
SQUILIBRI //



// RELE
// SOVR. CAVO

$$I_B \leq I_m \leq I_z \quad 15\% \text{ TOLL.}$$

IMPIEGO \leq SGANC. \leq PORTATA

MASSIMA E
SPEC. PASSANTE

$$\int_{t_0}^{t'} i^2 dt \leq K^2 S^2$$

$$I_{CCMAX} \ll I_{cm}$$

DIMENSIONAM. POTENZA

FATTORE DI
CONTEMPO.

$$f_c = \frac{P_T}{\sum_i P_i} \leq 1$$

FATTORE DI
UTILIZZAZ.

$$f_m = \frac{P_{PASS}}{P_m} \leq 1$$

POTENZA ATTIVA

$$P = \sum_i \frac{f_c \cdot f_m \cdot P_{mi}}{\eta_i}$$

POTENZA APPAR

$$S \approx \sum_i \frac{P_i}{\cos \phi_i}$$

CADUTE AMMIX

$$\Delta V \approx 3-4\% \quad \Delta P \approx 1-3\%$$

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{P_{RL} + Q_{RL}}{V^2}$$

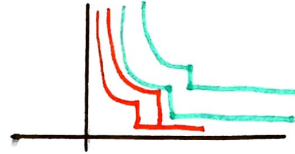
$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{3 R_L I_B^2}{P} \quad I_B = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3} V_m}$$

SELETTIVITÀ

// UN SISTEMA ELETTRICO SI DICE SELETTIVO SE È IN GRADO DI ISOLARE UN GUASTO INTERVENENDO LOCALMENTE //

VELOCITÀ
INT.

SCALARE E IN DIFFERITA
SUI COMPONENTI
TOTALE O PARZIALE



// PARZIALE
// TOTALE

ELETTROCUZ.

// SCARICA DI CORRENTE ELETTRICA SUL
CORPO UMANO R_{CORPO} //

ZONA 1 PERCEZIONE $I < 0.5 \text{ mA}$

ZONA 2 RILASCTO $0.5 < I < 10 \text{ mA}$

ZONA 3 TETANIZZAZIONE $10 < I < 50 \text{ mA}$

ZONA 4 MORTALE $I > 50 \text{ mA}$

RESISTENZA
CORPO UMANO

MODELLO IL CORPO UMANO
COME UNA RESISTENZA

ISOLAMENTO

FUNZIONALE
PRINCIPALE
SUPPLEMENT.

PARTI ATTIVE IN TENSIONE
CONTATTO PARTI ATTIVE (P)
AGGIUNTIVO (S)

DOPPIO

$P + S$

RINFORZATO

$= P + S$

MASSE

MASSE

PARTI CONDUTTRICI NON IN
TENSIONE EX: SCATOLA TOSTAPANE

MASSE
ESTRANEE

TENS. SE CEDE PRINCIPALE
CONDUTTORE A BASSA R NON
APPARTENENTE ALL'IMPIANTO
ASSUME POTENZ. DI TERRA

CONTATTO DIRETTO/INDIRETTO

DISPERSTONE
A TERRA

// IMPEDENZA TERRA " R_{TERRA}

CAMPO
RADIALE

INTORNO AL
DISPERSORE

$$J = \frac{I}{2\pi r^2} \quad V_t = \frac{I}{1\pi}$$

$$K = \rho \cdot I \quad R_T = \frac{\rho}{2\pi l_0}$$

TENSIONI

TENSIONE A PASSO PIEDI - PIEDI
TENSIONE DI CONTATTO PIEDI - MANO

STRUTTURA TERRA

PE EQUIPOTENZIALE MASSE AL COLL. TERRA
EQP EQ. PRINCIPALE MASSE ESTR. AL COLL.
EQS EQ. SUPPLEMEN. MASSE ESTR. AL PE
/// COLORAZIONE GIALLOVERDE

METODO WENNER

$$(T/I - T/N)$$

MISURA R_{TERRA}
TERRA AUSILIARIA ALLONT.
 $V_{AB} = CONST = V_t$

TT TERRA CABINA + UTENTE (PE)
TN TERRA CABINA + PE UNLENZE
TN-S LINEE COINCIDENTI PE - N
TN-C LINEE DIST. NEUTRO - TERRA
IT TERRA SOLO SU UTENZA I_g BASSA
CONTINUITÀ DI SERVIZIO

MISURE PREVENTIVE

1. ISOLAMENTO PARTI ATTIVE
2. INVOLUCRI
3. BARRIERE
4. SEZIONAMENTO
5. INDICAZIONI
6. SISTEMI CATEGORIA "ZERO" $\Delta V \leq 50V$ @

PROTEZIONE
TT

$$R_T \leq \frac{50}{I_{DP}} \quad R_T \leq \frac{50}{30 \cdot 10^{-3} A}$$

CONDIVISIONE
TERRA

EVITA LA FORMAZIONE
DI CIRCUITI ELETTRICI

PROTEZIONE
TN

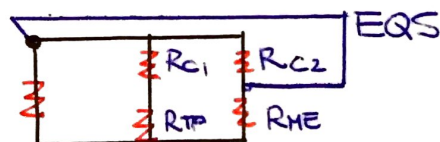
$$E/Z_g \geq I_{LE}, \quad Z_g = |\bar{Z}_p + \bar{Z}_f|$$

EQUIPOTENZIAL.

// PORTARE TUTTE LE MASSE ESTRANEE ALLO
STESSO POTENZIALE //

EX: 
IN EQUIPOTENZ

R_{TP} TERRA PIEDI
 R_{CI} MANO PIEDI
 R_{C2} MANO MANO



EQS SE $R_{TP} \gg$
SOLO SCARICHI

CLASSE COMPONENTI

- 1 EGS + ISOLAMENTO + 50V + RELE' DIFF.
- 2 "DOPPIO ISOLAMENTO" + NO TERRA
- 3 POCO ISOLATI (SISTEMI ZERO)
- 0 SOLO PRINCIPALE

SEPARAZIONE ELETTRICA

A. PRIMARIO A TERRA

B. VINCOLI CEI

$$V_2 \leq 500 \text{ V} \quad L \leq 500 \text{ m} \quad V_m \cdot L \leq 10000 \text{ Vm}$$

$$V_2 \leq 50 \text{ TRANSF. DI SICUREZZA}$$

DIRETTO / IND.

NON E' PERICOLOSO

UNIPOLARE

MASSE NON A TERRA

CATEGORIA ZERO

SELV

SAFETY

PELV

PROTECTIVE

FELV

FUNCTIONAL

Note finali

Alcuni dei contenuti presenti nelle seguenti dispense sono stati liberamente tratti dai materiali didattici disponibili al Politecnico di Torino.

Le dispense sono state elaborate dal sottoscritto come complemento allo studio e non intendono in alcun modo sostituire la completezza dei libri di testo e delle lezioni dalle quali sono state liberamente tratte.

Le dispense sono state scritte per l'esame di Sistemi Elettrici Industriali dell'A.A. 2016-2017, docente Federico Piglione, corso di laurea in Ingegneria Gestionale L8.

E' doveroso quindi citare alcuni delle fonti da cui sono stati liberamente tratti alcune parti di esercizi e/o metodologie di soluzione:

- Federico Piglione, Gianfranco Chicco, Sistemi Elettrici Industriali, Politeko, A.A. 2016-2017.
- wikipedia.org