

LEZIONE DEL 07/03/2007

24

RIFERIMENTO DI PARK SULLA MACCHINA SINCRONA

ABBIAMO VISTO, NELLA LEZIONE PRECEDENTE, CHE HA
SENSO APPLICARE LA TRASFORMATA DI PARK ALLE
SOLE GRANDEZZE DI STATORE:

$$\begin{pmatrix} \psi_s \\ \psi_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -L_{ss} & L_{sr} \\ -L_{sr}^T & L_{rr} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_s \\ I_r \end{pmatrix}$$

LA MATRICE L_{rr} , PERTANTO, NON È COINVOLTA
NELLA TRASFORMAZIONE, ESSENDO COMPOSTA DA ELEMENTI
COSTANTI.

L'EQUILIBRIO ELETTRICO IN VARIABILI TRASFORMATE
ABBIAMO VISTO ESSERE:

$$V_s(t) = -R I_s(t) + \frac{d\psi_s(t)}{dt}$$

$$V_p(t) = -R I_p(t) + \frac{d\psi_p(t)}{dt} + \Omega T_{\Omega} \psi_p(t)$$

$$\rightarrow \begin{cases} V_{d1}(t) = -R I_{d1}(t) + \frac{d\psi_{d1}}{dt} - \Omega \psi_q \\ V_q(t) = -R I_q(t) + \frac{d\psi_q}{dt} + \Omega \psi_{d1} \\ V_o(t) = -R I_o(t) + \frac{d\psi_o}{dt} \end{cases}$$

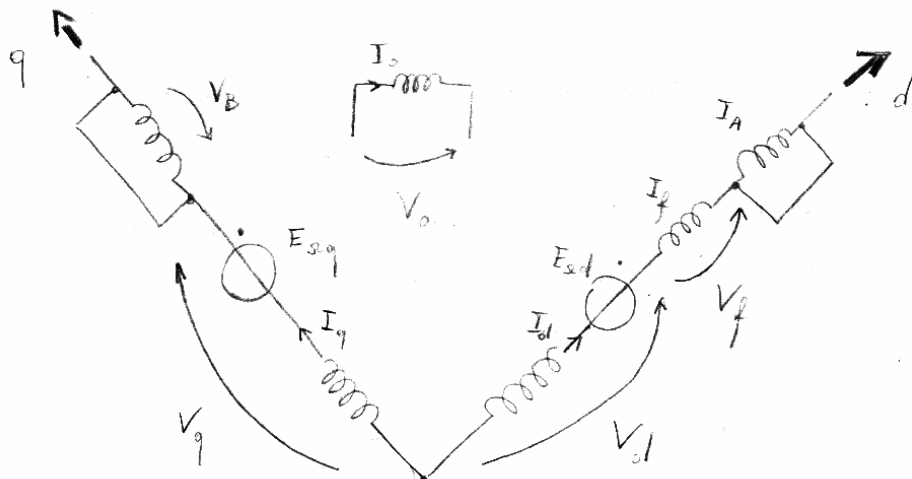
POSTI:

$$E_{sd1} = -\Omega \psi_q$$

$$E_{sq} = \Omega \psi_{d1}$$

DIAMO UN'INTERPRETAZIONE GRAFICA DEL RISULTATO OTTENUTO:

(25)



QUESTA RAPPRESENTAZIONE SUGGERISCE LA SEGUENTE MODELLIZZAZIONE:

$$\Psi = L I \Rightarrow \begin{cases} \Psi_s = -L_{ss} I_s + L_{sr} I_r \\ \Psi_r = -L_{sr}^T I_r + L_{rr} I_r \end{cases} \quad (**)$$

RICORDANDO CHE

$$\begin{cases} \Psi_s = T_P^{-1} \Psi_P \\ I_s = T_P^{-1} I_P \end{cases} \quad (*)$$

SOSTITUIAMO LE (*) NELLE (**) OTTENENDO:

$$\begin{cases} T_P^{-1} \Psi_P = -L_{ss} T_P^{-1} I_P + L_{sr} I_r \\ \Psi_r = -L_{sr}^T T_P^{-1} I_P + L_{rr} I_r \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Psi_P = -T_P L_{ss} T_P^{-1} I_P + T_P L_{sr} I_r \\ \Psi_r = -L_{sr} T_P^{-1} I_P + L_{rr} I_r \end{cases}$$

IN FORMA MATRICIALE:

$$\begin{pmatrix} \Psi_P \\ \Psi_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -T_P L_{ss} T_P^{-1} & T_P L_{sr} \\ -L_{sr} T_P^{-1} & L_{rr} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_P \\ I_r \end{pmatrix}$$

VALUTIAMO SINGOLARMENTE GLI ELEMENTI CHE COMPONGONO
LA MATRICE L_P :

(26)

$$L_{11} = -T_P L_{SS} T_P^{-1} = \begin{pmatrix} L_d & 0 & 0 \\ 0 & L_q & 0 \\ 0 & 0 & L_0 \end{pmatrix}$$

$$L_{12} = T_P L_{SR} = \sqrt{\frac{3}{2}} \begin{pmatrix} M_f & M_A & 0 \\ 0 & 0 & M_B \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$L_{21} = -L_{SR}^T T_P^{-1} = -\sqrt{\frac{3}{2}} \begin{pmatrix} M_f & 0 & 0 \\ M_A & 0 & 0 \\ 0 & M_B & 0 \end{pmatrix}$$

$$L_{22} = L_{RR} = \begin{pmatrix} L_f & M_{fA} & 0 \\ M_{Af} & L_A & 0 \\ 0 & 0 & L_B \end{pmatrix}$$

DA UN PUNTO DI VISTA MAGNETICO SI NOTA CHE I
TRE CIRCUITI DI PARK (L_{12}) SONO DISACCOPPIATI
TRA DI LORO.

EQUAZIONI ELETTRICHE IN TERMINI DI TRASFORMATE DI PARK
PER L'ASSE DIRETTO POSSIAMO SCRIVERE:

$$\begin{cases} V_d = -R I_d + \frac{d\psi_d}{dt} - \omega_L \psi_q \\ V_f = R_f I_f + \frac{d\psi_f}{dt} \\ 0 = R_A I_A + \frac{d\psi_A}{dt} \end{cases} \quad \text{DOVE:} \quad \begin{cases} \psi_d = f(I_d, I_f, I_A) \\ \psi_f = f(I_d, I_f, I_A) \\ \psi_A = f(I_d, I_f, I_A) \end{cases}$$

(27)

$$\begin{cases} \psi_d = -L_d I_d + \sqrt{\frac{3}{2}} M_f I_f + \sqrt{\frac{3}{2}} M_A I_A \\ \psi_f = -\sqrt{\frac{3}{2}} M_f I_d + L_f I_f + M_{fA} I_A \\ \psi_A = -\sqrt{\frac{3}{2}} M_A I_d + M_{Af} I_f + L_A I_A \end{cases}$$

PER L'ASSE QUADRATURA SI HA:

$$\begin{cases} V_q = -R I_q + \frac{d\psi_q}{dt} + \omega \psi_d \\ 0 = R_B I_B + \frac{d\psi_B}{dt} \end{cases} \quad \text{DOVE:} \quad \begin{cases} \psi_q = -L_q I_q + \sqrt{\frac{3}{2}} M_B I_B \\ \psi_B = -\sqrt{\frac{3}{2}} M_B I_q + L_B I_B \end{cases}$$

PER L'ASSE OMOPOLARE, INFINE:

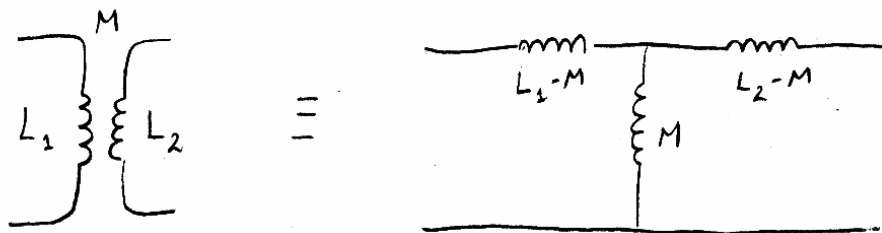
$$V_o = -R I_o + \frac{d\psi_o}{dt} \quad \text{DOVE:} \quad \psi_o = -L_o I_o$$

VOGLIAMO RISCRIVERE QUESTE EQUAZIONI IN UNA FORMA CHE CI PERMETTA DI RICAVERNE UNA INTERPRETAZIONE CIRCUITALE SEMPLICE. SIANO:

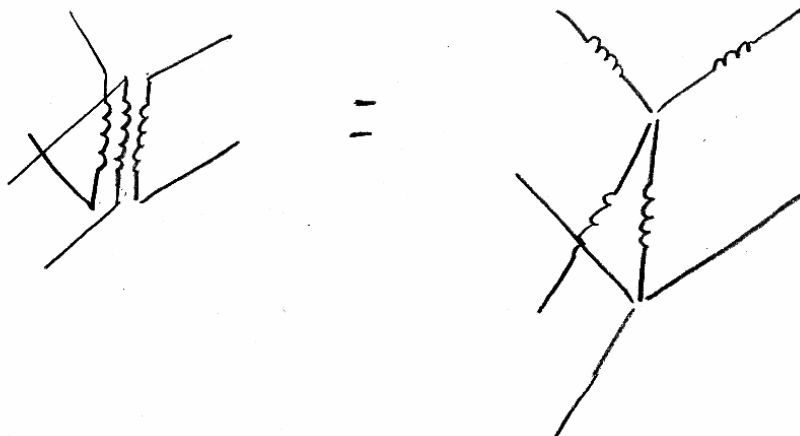
$$V(d) = \begin{pmatrix} V_d \\ V_f \\ 0 \end{pmatrix} ; \quad \psi(d) = \begin{pmatrix} \psi_d \\ \psi_f \\ \psi_A \end{pmatrix} ; \quad I(d) = \begin{pmatrix} I_d \\ I_f \\ I_A \end{pmatrix}$$

LA MATRICE MAGNETICA DI ASSE DIRETTO NON È SIMMETRICA E CIO' IN QUANTO GLI ACCOPPIAMENTI MUTUI NON SONO UGUALI TRA LORO. È TUTTAVIA POSSIBILE TRASFORMARE UN ACCOPPIAMENTO MAGNETICO IN UN CIRCUITO A "Y" EQUIVALENTE:

(28)



PARIMENTI :



CONSIDERIAMO, A TAL FINE UNA MATRICE N_{ol} TALE CHE:

$$N_{ol} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & N_f & 0 \\ 0 & 0 & N_A \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} \hat{\psi}_d \\ \hat{\psi}_f \\ \hat{\psi}_A \end{pmatrix} = N_{ol} \begin{pmatrix} \psi_d \\ \psi_f \\ \psi_A \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \hat{I}_d \\ \hat{I}_f \\ \hat{I}_A \end{pmatrix} = N_{ol}^{-1} \begin{pmatrix} I_d \\ I_f \\ I_A \end{pmatrix}$$

ATTA A "RIPORTARE LE GRANDEZZE AL PRIMARIO"

$$\psi_{(d)} = L_{(d)} I_{(d)}$$

DA CUI:

$$N_{ol}^{-1} \hat{\Psi}_{(d)} = L_{(d)} N_d \hat{I}_{(d)}$$

$$\Rightarrow \hat{\Psi}_{(d)} = N_{ol} L_{(d)} N_{ol} \hat{I}_{(d)}$$

FORNITI DI QUESTO STRUMENTO POSSIAMO SCRIVERE:

$$L_{ol} = \begin{pmatrix} -L_{ol} & \sqrt{\frac{3}{2}} M_f N_f & \sqrt{\frac{3}{2}} M_A N_A \\ -\sqrt{\frac{3}{2}} M_f N_f & L_f N_f^2 & M_{fA} N_f N_A \\ -\sqrt{\frac{3}{2}} M_A N_A & M_{fA} N_f N_A & N_A^2 L_A \end{pmatrix}$$

SCEGLIENDO, IN PARTICOLARE $N_f = \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot \frac{M_A}{M_{fA}}$ E $N_A = \sqrt{\frac{3}{2}} \frac{M_f}{M_{fA}}$:

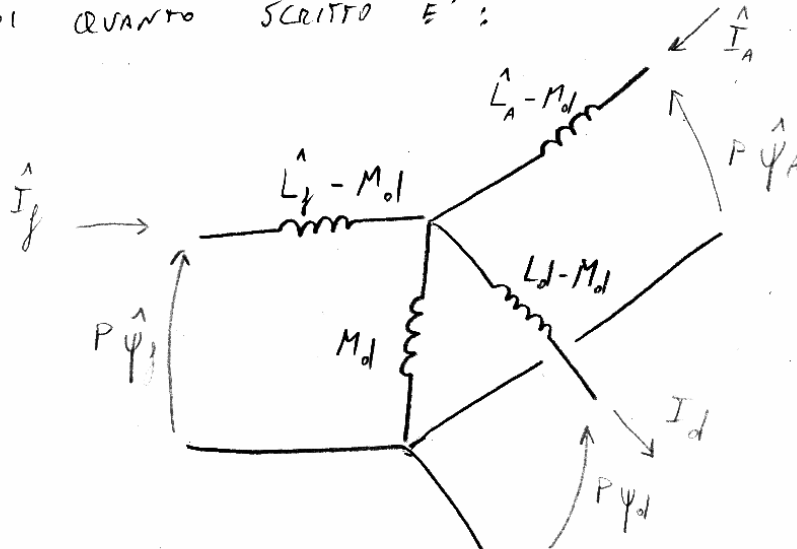
$$\Rightarrow L_{ol} = \begin{pmatrix} -L_{ol} & M_{ol} & M_{ol} \\ -M_{ol} & \hat{L}_f & M_{ol} \\ -M_{ol} & M_{ol} & \hat{L}_A \end{pmatrix}$$

$$\Rightarrow \begin{pmatrix} \hat{\Psi}_d \\ \hat{\Psi}_f \\ \hat{\Psi}_A \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -L_{ol} \hat{I}_d + M_{ol} \hat{I}_f + M_{ol} \hat{I}_A \\ -M_{ol} \hat{I}_d + \hat{L}_f \hat{I}_f + M_{ol} \hat{I}_A \\ -M_{ol} \hat{I}_d + M_{ol} \hat{I}_f + \hat{L}_A \hat{I}_A \end{pmatrix}$$

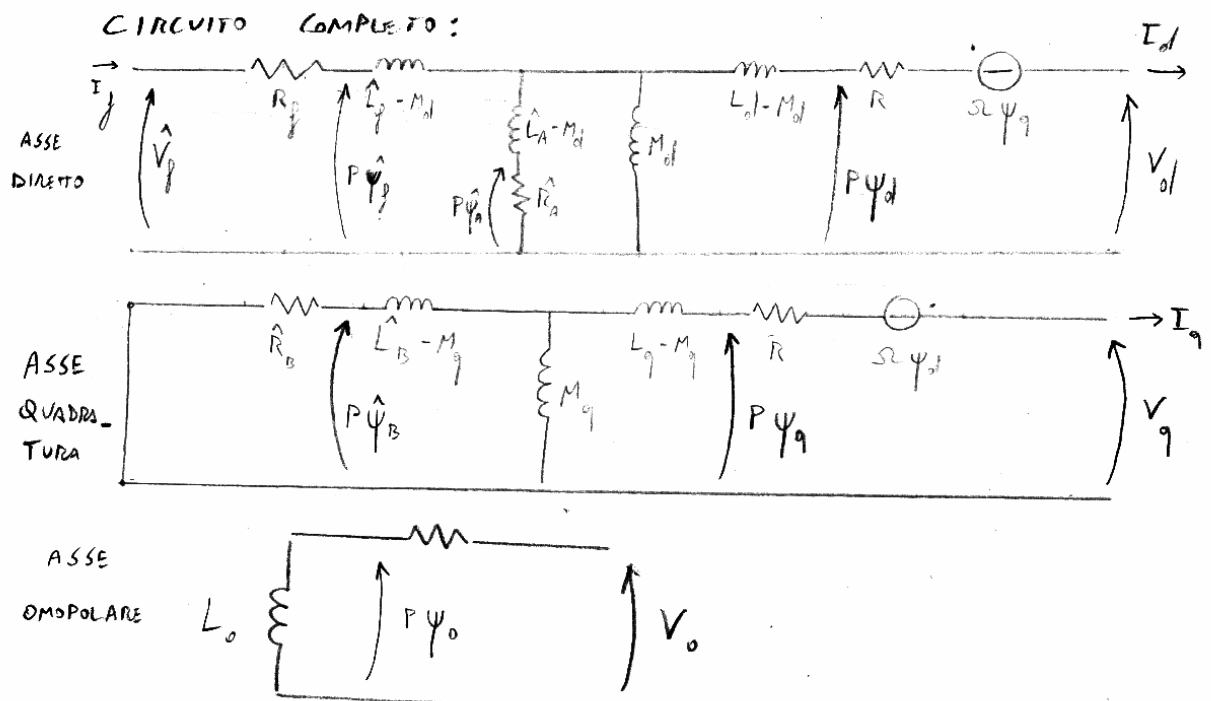
$$\Rightarrow \begin{cases} V_{ol} = -R \hat{I}_d + P \hat{\Psi}_d - \Omega \hat{\Psi}_f \\ \hat{V}_f = \hat{R}_f \hat{I}_f + P \hat{\Psi}_f \\ 0 = \hat{R}_A \hat{I}_A + P \hat{\Psi}_A \end{cases}$$

È UTILE TENERE PRESENTE CHE, NONOSTANTE TUTTE LE TRASFORMAZIONI OPERATE, QUESTO SISTEMA RESTA COMUNQUE A POTENZA INVARIANTE. L'EQUIVALENTE CIRCUITALE DI QUANTO SCRITTO È:

(30)



IN CUI NON COMPaiono ANCORA COMPONENTI MOZIONALI E RESISTIVE:



QUESTI TRE CIRCUITI SONO INDIPENDENTI TRA LORO E CARATTERIZZATI DA PARAMETRI COSTANTI (I SECONDI DUE RICAVALI IN MODO ANALOGO AL PRIMO)