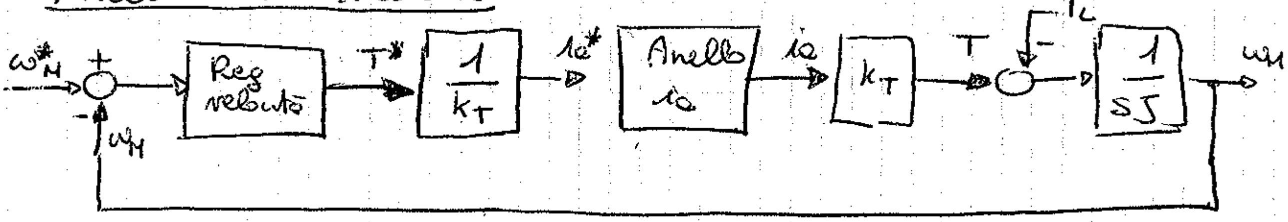
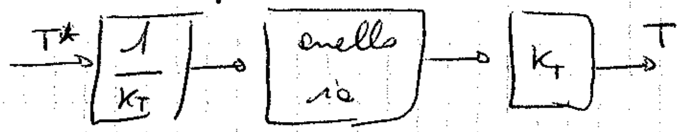
Anello di velocità



Facciamo l'ipotesi che l'anello di corrente sia un anello ideale ($i_a^* = i_a$ sempre).

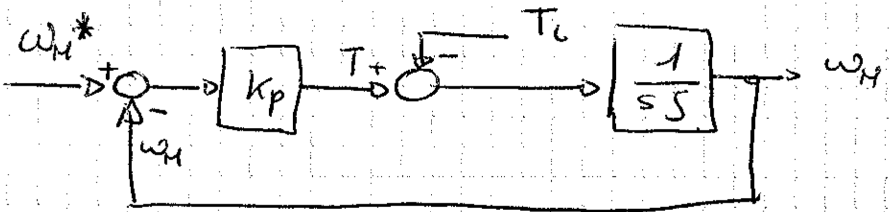
Questa ipotesi è valida se la dinamica di i_a^* è compatibile con la banda passante dell'anello di i_a.

Sotto quest'ipotesi si ha che



vale 1.

Studiamo l'anello di velocità semplificato. (Supponiamo regolatore propor.)

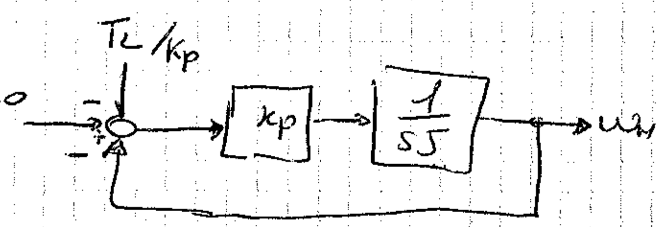


Supponiamo $T_L = 0$

$$\frac{\omega_M(s)}{\omega_M^*(s)} = \frac{K_p}{sJ} \cdot \frac{1}{1+\frac{K_p}{sJ}} = \frac{1}{\frac{s}{(K_p/J)} + 1}$$

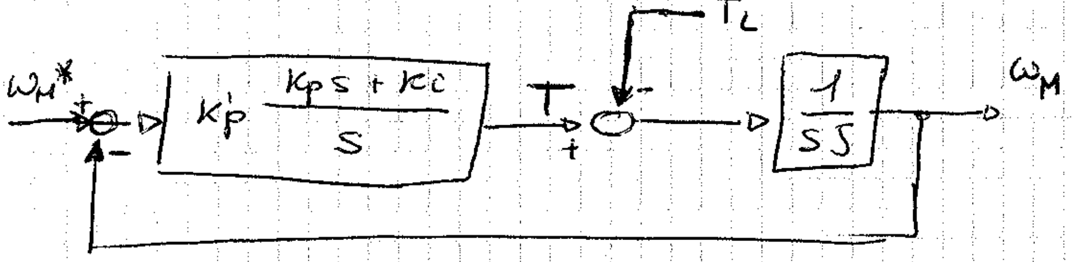
sistema del 1° ordine con polo in $-\frac{K_p}{J}$

Si iniziano ad avere problemi se la $T_L \neq 0$



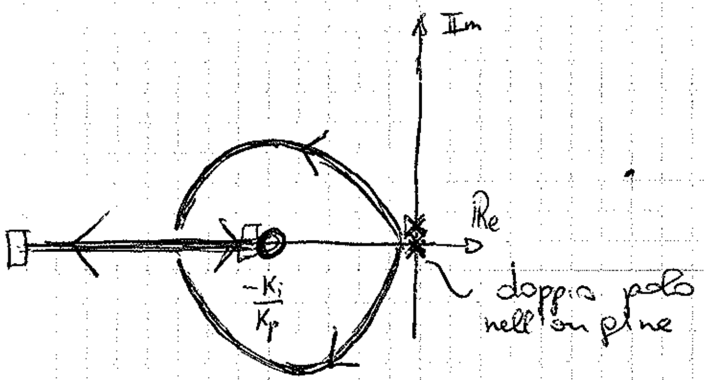
T_L ha effetto su ω_M - Il sistema non funziona.

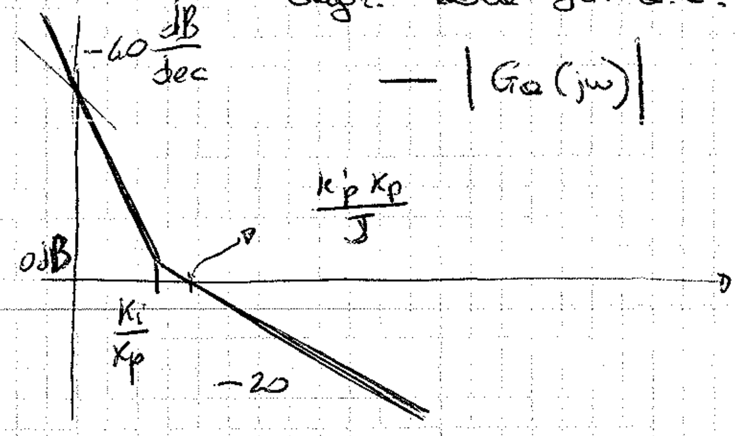
Devo usare un regolatore proporzionale integrale



luogo delle radici

diagr. bode fdt a.a.





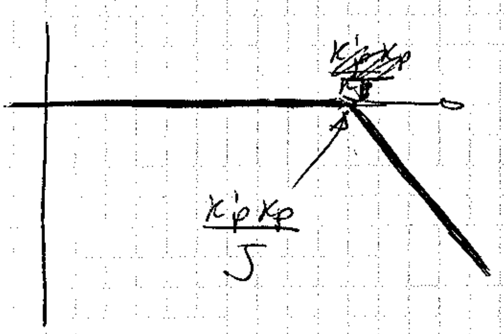
Guardando il luogo delle radici maggiore è k'_p meglio è

Forse il k'_p basso è un errore perché si rischia di tagliare l'asse 0dB con pendenza $-40\ \frac{dB}{dec}$

Una situazione critica si ha quando $\dfrac{K_i}{K_p} = \dfrac{k'_p K_p}{J}$ $\left(K'_p > \dfrac{K_i J}{K_p^2} \right)$

È quindi importante che $\dfrac{k'_p K_p}{J} > \dfrac{K_i}{K_p}$

Diagramma di bode fdt a.c.

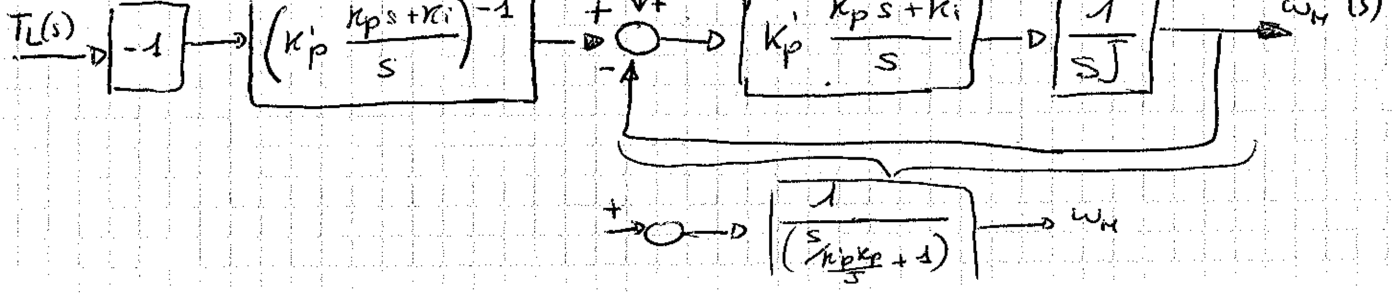


— $|G_c(j\omega)|$

$$G_c(s) = \frac{K'_p \dfrac{sK_p + K_i}{s} \cdot \dfrac{1}{sJ}}{1 + K'_p \dfrac{sK_p + K_i}{s} \cdot \dfrac{1}{sJ}}$$

Si può anche dire che $G_c(s) \simeq \dfrac{1}{\dfrac{s}{\frac{k'_p K_p}{J}} + 1} = \dfrac{1}{\dfrac{s}{\omega_b} + 1}$

Vogliamo capire come l'anello di velocità risponde a T_L.

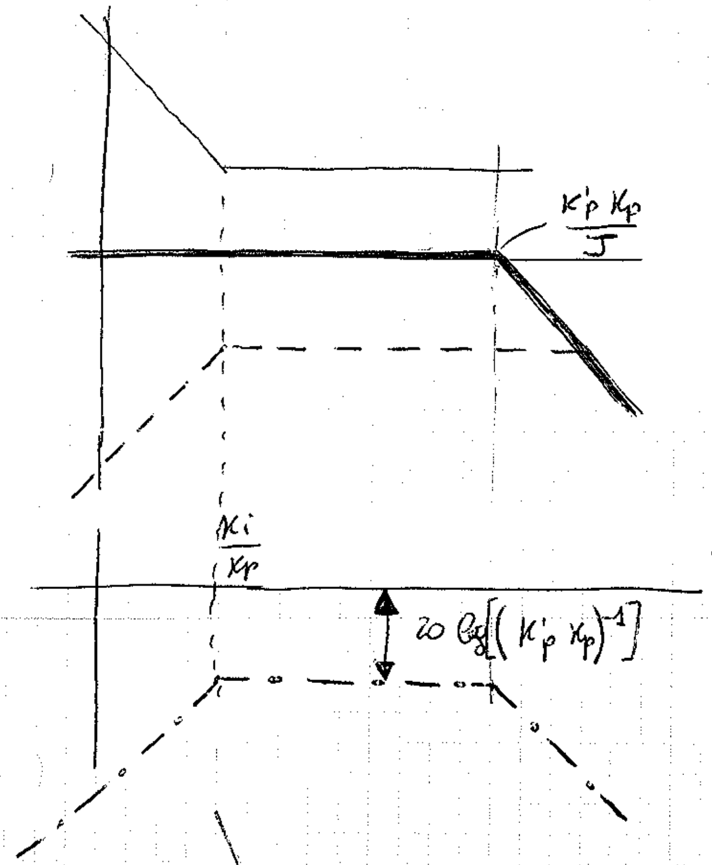


— P.I. $\left(K'_p \frac{K_p s + K_i}{s}\right)$

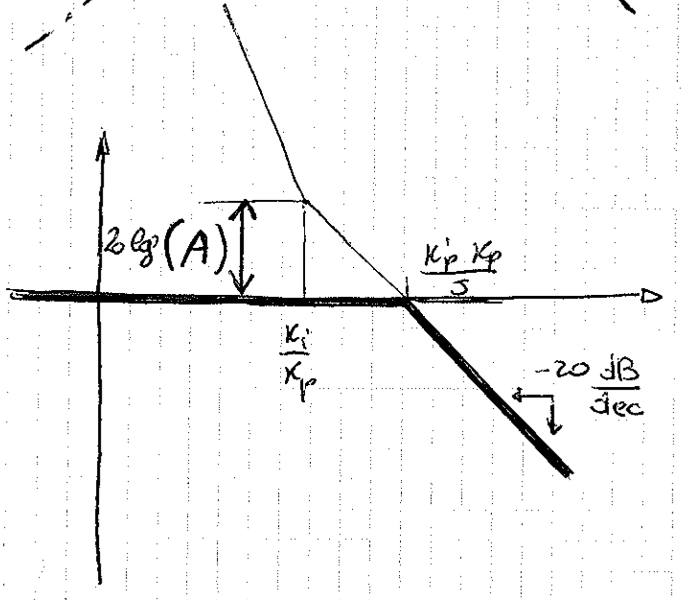
▬ f.d.t. anello chiuso

- - - $(P.I.)^{-1}$

— · — · — $\dfrac{|\omega_M(j\omega)|}{|T_L(j\omega)|}$



Se entro a freq. alta la var. di velocità è tendente a 0.
Se entro a freq. bassa la variaz. di velocità è tendente a 0.
La zona critica è quando si ha pendenza 0 dB/dec

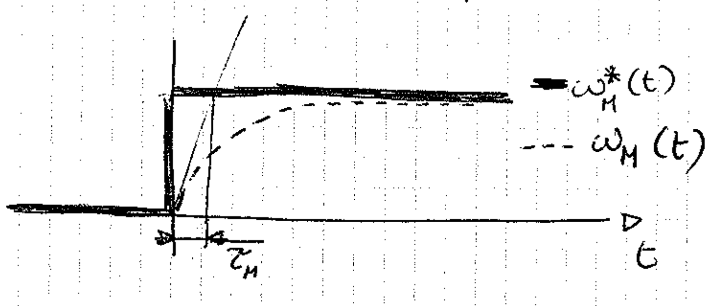


— $\left|\dfrac{\omega_m(j\omega)}{\omega_m^*(j\omega)}\right| = \dfrac{\left|K'_p \frac{sK_p+K_i}{s}\frac{1}{sJ}\right|}{\left|1+K'_p \frac{sK_p+K_i}{s}\frac{1}{sJ}\right|}$ *

— $\left|G_a(j\omega)\right| = \left|\dfrac{K'_p \frac{sK_p+K_i}{s}\frac{1}{sJ}}{1+K'_p}\right|$

$\overset{*}{\cong} \left|\dfrac{1}{\frac{j\omega}{\frac{K'_p K_p}{J}}+1}\right|$

Supponiamo di far partire un trapano a vuoto e dargli un gradino di velocità. Poi dopo inserisco la punta nell'oggetto da forare.



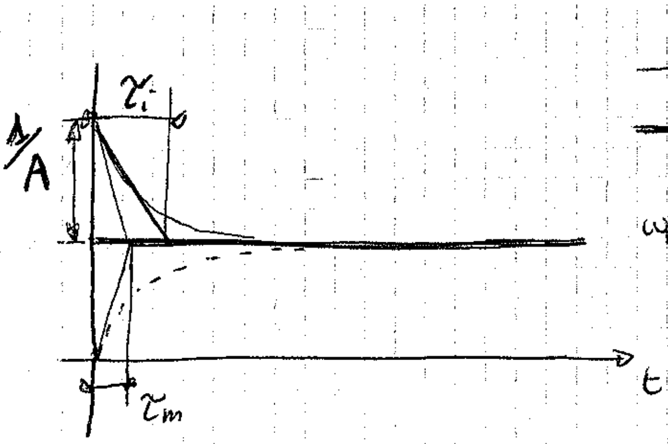
$$\omega_M(t) = \omega_M^*\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_M}}\right)$$

$$\omega_M^*(t) = \omega_M^*(t)$$

$$\tau_M = \frac{J}{K'_p K_p}$$

__Nota__: nella pratica degli azionamenti si ha che $\frac{K'_p K_p}{J} \gg \frac{K_i}{K_p}$

il valore $A \frac{K_i}{K_p} \frac{J}{K'_p K_p} = 1 \Longrightarrow A = \frac{K'_p K_p^2}{K_i J}$



— $\omega_M^* + \frac{1}{A} e^{-t/\tau_i}$; $\tau_i = \frac{K_p}{K_i}$

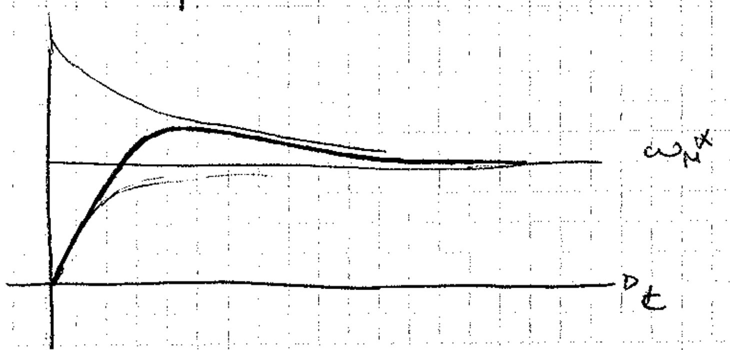
— ω_M^*

funz. di trasf. relativa allo 0 dell'integratore

$\tau_i > \tau_m$

Note le due curve ho due limiti per la risposta del sistema.

La risposta del sistema sarà qualcosa del genere



Quando il sistema parte è più veloce di un sistema del primo ordine. Problema: sforo la velocità di riferimento, la supero, e ci metto un tempo abbastanza lungo a raggiungerla.

Ho 2 possibilità:

- $K_i = 0$. Non c'è integrale. Il sistema è del 1° ordine e non ho sovraelongazioni di velocità. Ho i problemi della sola rete proporzionale.
- K_i abbastanza alto. $1/A$ diventa piccolo, ma τ_i diventa alto.

Dobbiamo usare qualcosa che sta nel mezzo. Dobbiamo soddisfare il tempo di salita, e il tempo di risposta all' x% e il t. di assest.

Tempo di salita: tempo che impiega il segnale da t=0 a raggiungere il valore finale. (In genere è il tempo che impiega da 10% al 90% del valore finale)

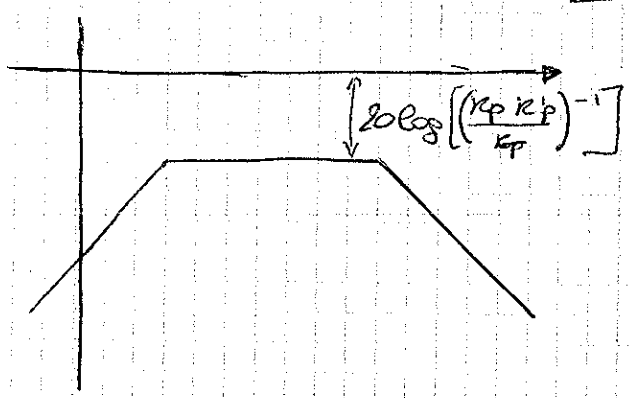
Tempo di risposta: tempo da 0 a raggiungere il x% del valore finale.

Tempo di assestamento: tempo che impiega il sistema per raggiungere e rimanere in un intorno definito del valore finale.

Se faccio passare un tempo che è dell'ordine di 4-5 volte $\frac{K_p}{K_i}$ il sistema è a regime

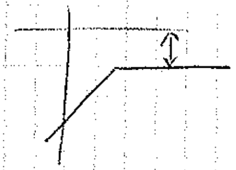
<u>Ora inizio a forare</u> cosa accade quando arriva la coppia di carico.

— $\left|\dfrac{\omega_M(j\omega)}{T_L(j\omega)}\right|$



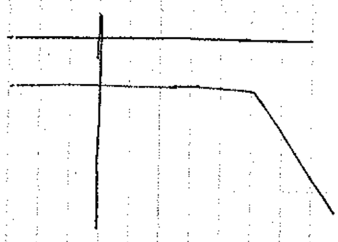
Cerchiamo di semplificare il problema. diciamo che la funzione di trasferimento è molto simile:

- a bassa frequenza



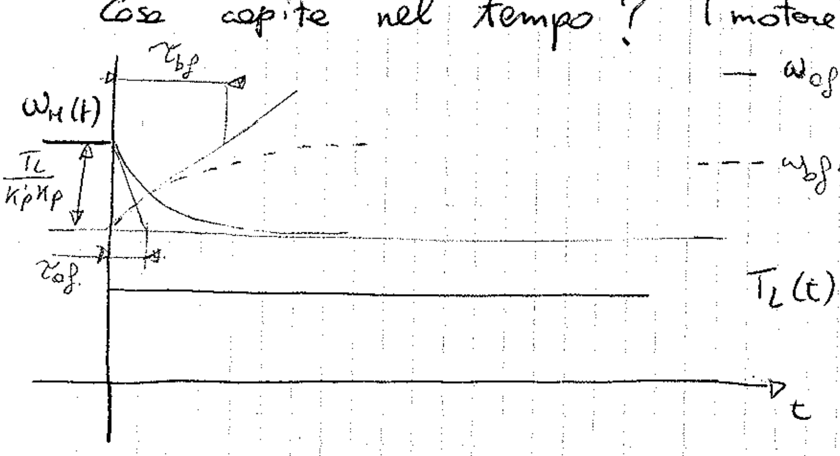
$$bf \quad \frac{|\omega_M(j\omega)|}{|T_L(j\omega)|} \simeq \left|\frac{s}{\frac{s}{\left(\frac{K_i}{K_p}\right)}+1}\cdot\frac{1}{K'_p K_i}\right|$$

- ad alta frequenza



$$af \quad \frac{|\omega_M(j\omega)|}{|T_L(j\omega)|} = \left|\frac{1}{K_p K'_p}\cdot\frac{1}{\frac{s}{\frac{K'_p K_p}{J}}+1}\right|$$

Cosa capita nel tempo? Il motore ruota a ω_M



— $\omega_{af}(t)=\omega_M-\frac{T_L}{K'_p K_p}\left(1-e^{-\frac{t}{\tau_{af}}}\right)$

--- $\omega_{bf}(t)=\omega_M-\frac{T_L}{K'_p K_p}\,e^{-\frac{t}{\tau_{bf}}}$

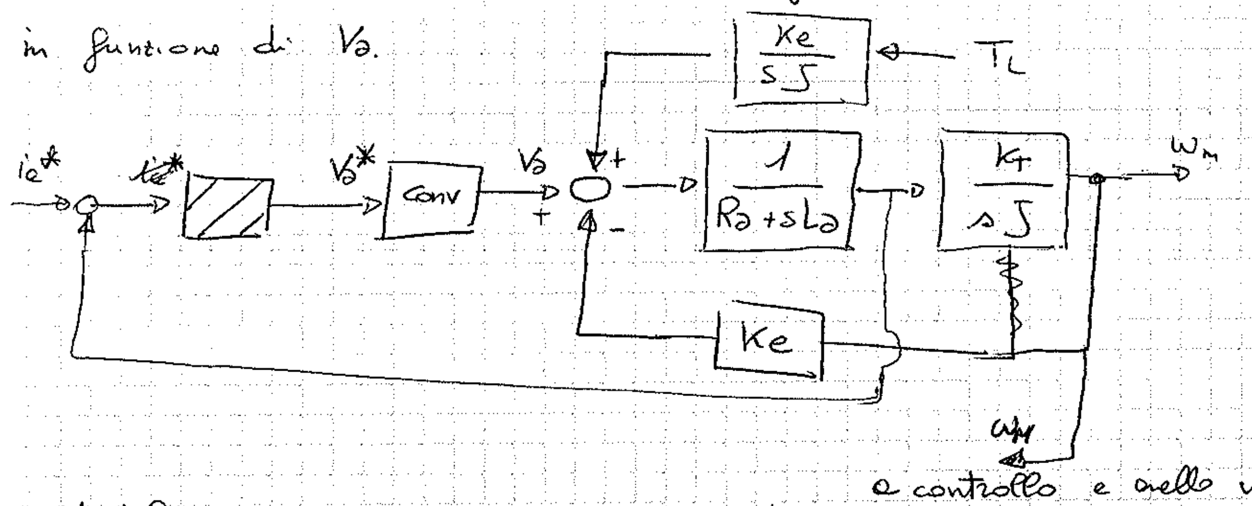
$T_L(t)=T_L\cdot u(t)$

$$\tau_{af}=\frac{J}{K'_p K_p}$$

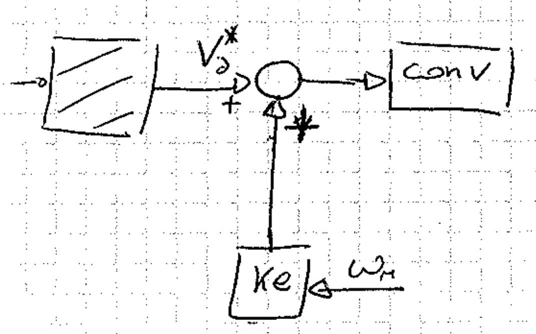
$$\tau_{bf}=\frac{K_p}{K_i}$$

$$\tau_{af}<\tau_{bf}$$

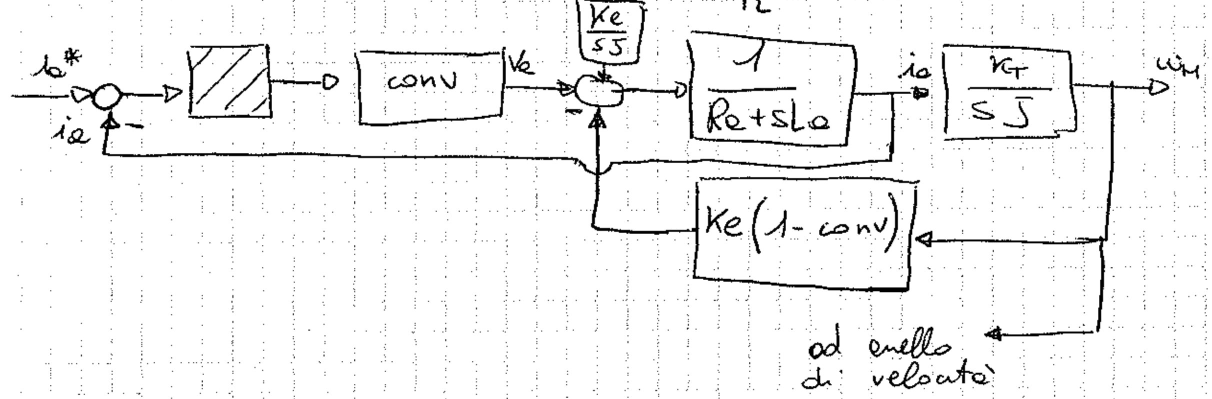
Ricordiamo che dato in ingresso $i_e^*(t) = i_e\, u(t)$ si ha che
$\lim_{t \to \infty} i_e(t) \leq i_e^*$
Inoltre in un motore DC per ogni condizione di funzionamento
$V_a \simeq E_a = k_E\, \omega$
Diciamo che $V_a = E + \Delta V$.
Proviamo a controllare il motore con la filosofia di controllare la velocità in funzione di V_a.



Modifico il controllo in questo modo:



Dobbiamo ridisegnare ilo schema in modo da semplificarlo.
Spostiamo il punto di somma a valle del convertitore

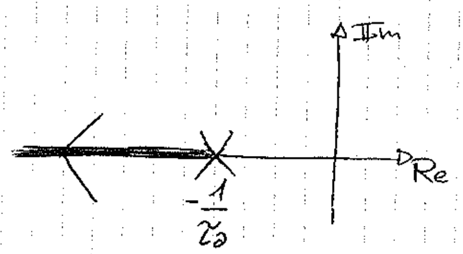


Supponiamo che $T_L = 0$
Se il convertitore ha una fdt ideale allora $1 - \text{conv} = 0$
cioè la retroazione $Ke(1 - \text{conv})$ non esiste più. Il motore diventa un gruppo $R_a + sL_a$ cioè diventa un'impedenza ohmico-induttiva.

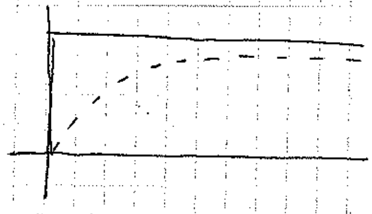
In questo caso basta una rete di regolazione di tipo proporzionale?
Consideriamo la f.d.t ..

$$G_a(s) = K_p \frac{1}{R_a + sL_a}$$

$$\tau_a = \frac{L_a}{R_a}$$

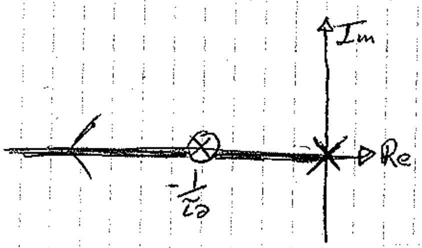


Si può notare che $G_a(s)$ non ha poli nell'origine (è ~~sistema~~ sistema tipo 0).. Ne segue che la risposta al gradino ha un errore finito



Se invece utilizzo una rete integratrice la fdt diventa:

$$G_a(s) = \frac{sK_p + K_i}{s} \frac{1}{R_a + sL_a}$$



Se invece il convertitore è reale?

$$conv(s) = \frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_c}}$$

$$\frac{i_a(s)}{V_a(s)} = \frac{\frac{1}{R_a + sL_a}}{1 + \frac{K_T K_e}{sJ(R_a + sL_a)}} = \frac{sJ}{s^2 JL_a + sJR_a + K_T K_e} = \frac{(sJ)/(JL_a)}{s^2 + s\left(\frac{R_a}{L_a}\right) + \frac{K_e K_T}{JL_a}}$$

↓
fdt vecchia

Al posto del blocco Ke devo sostituire $(1 - conv(s))K_e$

$$K_e(1 - conv(s)) = K_e\left(1 - \frac{1}{\frac{s}{\omega_c} + 1}\right) = K_e\left(\frac{\cancel{1} + \frac{s}{\omega_c} - \cancel{1}}{1 + \frac{s}{\omega_c}}\right) = K_e \frac{s}{\omega_c + s}$$

$$\frac{i_a(s)}{V_a(s)} = \frac{\cancel{s}/L_a}{s^{\cancel{2}} + \cancel{s}\left(\frac{R_a}{L_a}\right) + \frac{K_T}{JL_a} K_e \left(\frac{\cancel{s}}{\omega_c + s}\right)}$$

Per $s=0$ la fdt non ha più uno zero. La fdt non ha zeri nell'origine. Il sistema riesce a seguire un ingresso gradino per $t \to \infty$