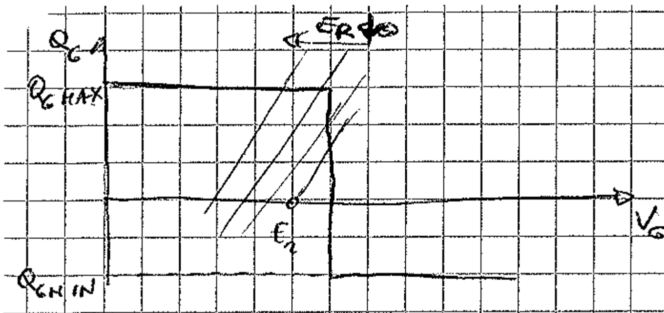
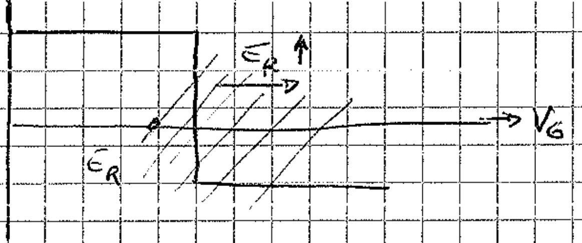
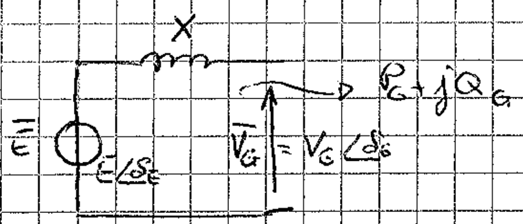


e aumenta Q_G fino all'intersezione con Q_{GMAX}. Non si riesce più a controllare V_G che inizia a diminuire.

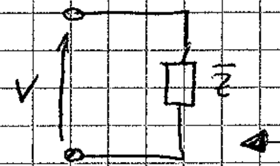


Quando E_R aumenta Q_G diminuisce fino a raggiungere Q_{GMIN}. A questo punto V_G inizia ad aumentare.



Poiché $X \sim 2$ (valore elevato) non è vero che $\delta_E \cong \delta_G$. Ma qualitativamente possiamo dire che al crescere di $\bar{Q}_G$ cresce $\bar{E}$ (cioè crescere Ve e Ie)

MODELLO dei CARICHI



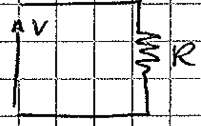
A elettrotecnica abbiamo sempre rappresentato i carichi così

I carichi possono essere:

- illuminazione
- calore
- motore
- apparecchiature elettroniche

$\bar{Z} = R$: - lampade ad incandescenza
- resistore di riscaldamento (forno, H_2O, stufa)

A noi interessa conoscere come varia l'andamento del carico al variare di V.



$Q = 0$

$P = \frac{V^2}{R}$

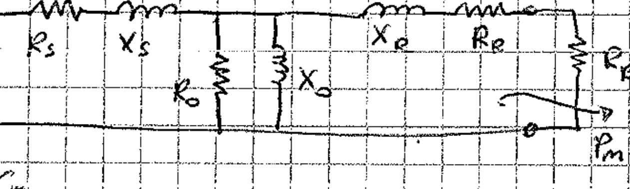
$P \propto V^2$ non è vero perché bisogna tenere presente la variazione di R con la temperatura.

25

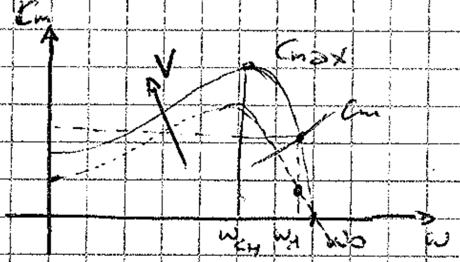
$P_1 = \frac{V_1^2}{R_1}$ con $V_2 > V_1 \Rightarrow P_2 = \frac{V_2^2}{R_2}$ con $R_2 > R_1$

Neanche un carico resistivo si comporta esattamente come una impedenza

- motore Asincrono



$s = \frac{\omega_0 - \omega_M}{\omega_0}$

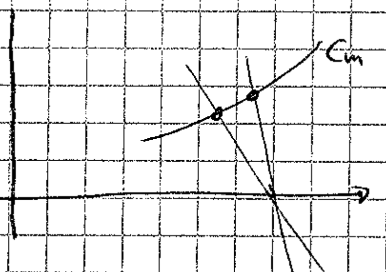


a s = costante e ω = costante il motore si comporta come a tutti gli effetti come una $\bar{Z}$ costante

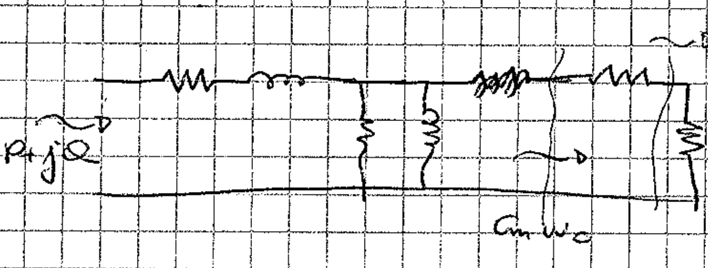
$C_{max} \propto V^2$ ω_{CM} è indipendente da V

Se cambio la tensione e C_m ~~e punto di coppia meccanica~~

il motore cambia velocità



Se C_m è indipendente da ω



$P = P_{js} + P_0 + \underbrace{C_m \omega_0}_{C_m \omega_M + P_{jR}}$

Se C_m rimane costante allora $C_m \omega_0$ rimane costante

~~Quindi le variazioni di potenza nell'albero~~

Se V ↑ P_0 ↑

P_{js} ↓

Ne segue che in un motore che funziona con C_m indipendente da ω si ha che P dipende poco da V

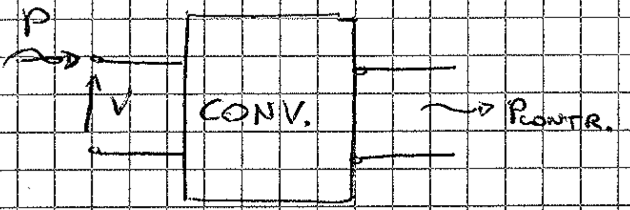
Se $C_m = C_{m0} \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 \propto \omega^2$ esempio ventilatori e pompe

Se $\uparrow V \rightarrow \uparrow \omega \rightarrow \uparrow C_m$ $\quad \Delta P_0 > 0 \quad \Delta P_{j's} < 0$

$\rightarrow P \uparrow$

In un motore asincrono i rapporti tra V e P dipendono dal carico meccanico

- Apparecchiature elettroniche (carichi controllati)



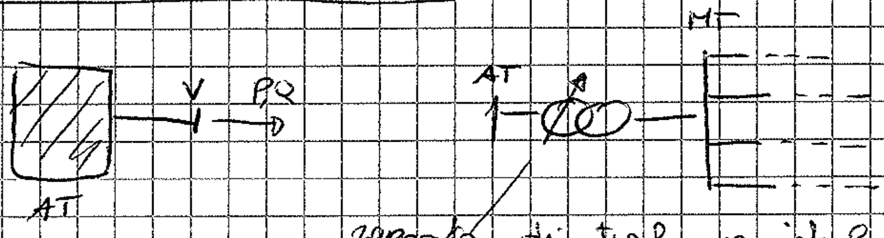
P_{contr} dipende da quello che si sta facendo con l'apparecchiatura ma è indipendente da V.

$P = P_{CONTR} + P_{perdite}$

Perdite << P_{contr}. Ne segue che $\Delta P = \Delta P_{perdite}$

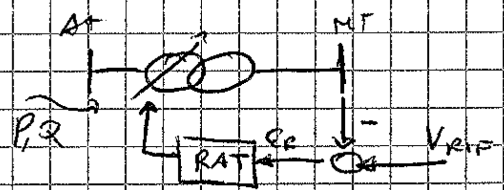
In termine $\uparrow V \rightarrow \downarrow I \Rightarrow \downarrow P_{perd.} \rightarrow \downarrow P$

Carichi delle reti AT



rapporto di trasf. variabile sotto carico

Variatore sotto carico (Tap Changer Under Load TCUL)



Questo metodo neutralizza parzialmente le variazioni di tensione nella rete AT.

Con V_{MT} = costante ne segue che anche gli avvolgimenti del trasfo variano poco in base a V quindi P e Q sono indipendenti da V

Noi analizzeremo i carichi a S costante e, ad I costante (I_0, φ_0 indipendenti da V) e a Z costante

Carico a Potenza costante

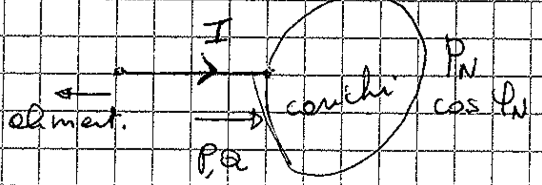
$$\left.\begin{array}{l} P = P_0 \\ Q = Q_0 \end{array}\right\} \text{indipendente da } V$$

Carico a corrente costante

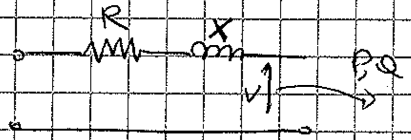
$$\left.\begin{array}{l} I = I_0 \\ \varphi = \varphi_0 \end{array}\right\} \text{indipendente da } V$$

$$\left.\begin{array}{l} P = V I_0 \cos\varphi_0 \\ Q = V I_0 \sin\varphi_0 \end{array}\right\} \Rightarrow \quad P = P_0 \frac{V}{V_0} \quad P_0 = V_0 I_0 \cos\varphi_0 \qquad Q = Q_0 \frac{V}{V_0} \quad Q_0 = V_0 I_0 \sin\varphi_0$$

Nella distribuzione BT i carichi sono rappresentati:



$$\left.\begin{array}{l} P = \sum_{i=1}^{N} P_{N_i} \\ Q = \sum_{i=1}^{N} P_{N_i} \tan\varphi_i \end{array}\right\} \Rightarrow I = \frac{\sqrt{P^2+Q^2}}{\sqrt{3}\, V_N}$$

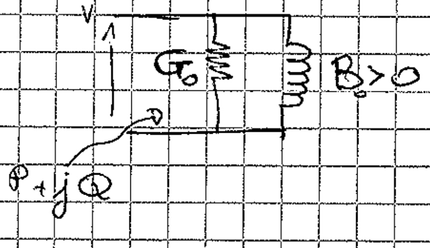


$$\Delta V \simeq \frac{PR + QX}{V}$$ Tipicamente si usa V_N

$$\Delta V = \sqrt{3}\left(\mathrm{I} \cos\varphi + I \sin\varphi\right)$$

Carico a impedenza costante

$$\bar{Y} = G_0 + j B_0$$



$$\begin{cases} P = G_0 V^2 \\ Q = B_0 V^2 \end{cases}$$

In questo caso $P \propto V^2$ e $Q \propto V^2$. Ne segue che

$$P = P_0 \left(\frac{V}{V_0}\right)^2, \quad P_0 = G_0 V_0^2 \quad \text{e} \quad Q = Q_0 \left(\frac{V}{V_0}\right)^2 \quad Q_0 = B_0 V_0^2$$

Mettendo insieme i tre tipi di carico si ottiene il modello ZIP

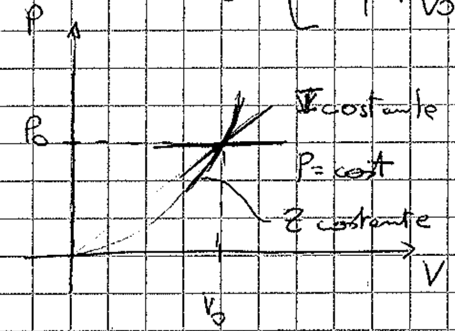
$$P = P_0 \left[a_p \left(\frac{V}{V_0}\right)^2 + b_p \frac{V}{V_0} + c_p \right]$$

con $a_p + b_p + c_p = 1$ infatti:

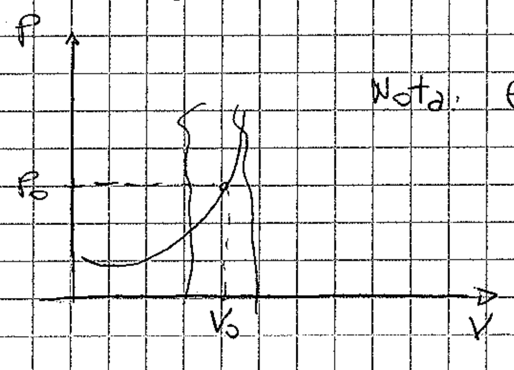
$$P(V_0) = P_0 (a_p + b_p + c_p) = P_0$$

Analoga è la formula per il calcolo di Q

$$Q = Q_0 \left[a_q \left(\frac{V}{V_0}\right)^2 + b_q \left(\frac{V}{V_0}\right) + c_q \right]$$



combinando i 3 andamenti



Nota: l'intervallo di interesse sono variazioni piccole di V_0

Il modello più generale è il modello con "legge di potenza"

$$\begin{cases} P = P_0 \left(\frac{V}{V_0}\right)^{\alpha} \\ Q = Q_0 \left(\frac{V}{V_0}\right)^{\beta} \end{cases}$$

Ponendo $\alpha = \beta = 0$ si ha modello a P = cost.

Se $\alpha = \beta = 1$ modello a I costante

Se $\alpha = \beta = 2$ modello a Z costante

$$tg\,\varphi = \frac{Q}{P} = \frac{Q_0}{P_0} \left(\frac{V}{V_0}\right)^{\beta - \alpha} = tg\,\varphi_0 \left(\frac{V}{V_0}\right)^{\beta - \alpha}$$

se $\alpha = \beta$ $\quad tg\,\varphi = tg\,\varphi_0$ indipendente da V

Variazioni "piccole" nell'intorno del Punto (V_0, P_0)

$$\Delta P \simeq \left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_{V=V_0} \Delta V$$

$$\frac{\partial P}{\partial V} = \alpha P_0 \frac{V^{\alpha-1}}{V_0^{\alpha}} = \alpha P_0 \left(\frac{V}{V_0}\right)^{\alpha} \frac{1}{V}$$

$$\left.\frac{\partial P}{\partial V}\right|_{V=V_0} = \frac{\alpha P_0}{V_0}$$

$$\Delta P \simeq \alpha \frac{P_0}{V_0} \cdot \Delta V \qquad \alpha = \frac{\frac{\Delta P}{P_0}}{\frac{\Delta V}{V_0}}$$

$\alpha = 0,5$ significa che una variazione di V dell'1% determina una variazione di P dello 0,5%

Nota: la relazione è valida per ogni punto $\alpha = \frac{\frac{\Delta P}{P}}{\frac{\Delta V}{V}}$

Se si considerano variazioni infinitesime $\alpha = \frac{\partial P}{\partial V} \frac{V}{P}$

Stesse considerazioni sono valide per il calcolo della potenza reattiva.

In generale "α" < 1 e $\beta > \alpha$ per aggregati di carichi

$\alpha < 1$ significa che la potenza attiva è poco suscettibile alle variazioni di tensione

$\beta > \alpha$ indica che la potenza reattiva è più suscettibile alle variazioni di V rispetto alla potenza attiva.