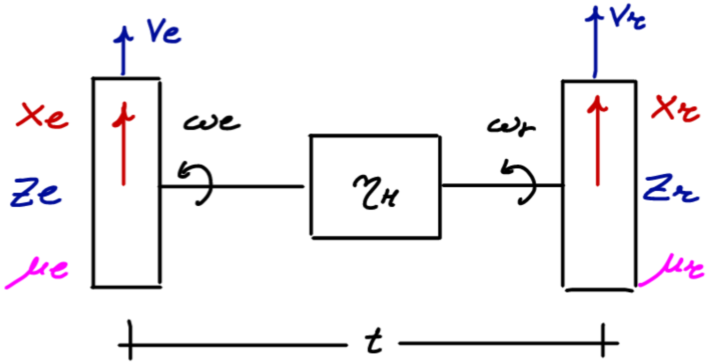
Test Rig
(Differenziale)

Test Rig

Analizziamo il caso del virtual test rig



Xe, Xr forze long.

ωe, ωr vel. ang.

ηH rend. del diff.

μe, μr grip pneum. con terreno

Ze, Zr carichi verticali

Ve, Vr sono le velocità longitudinali dei centri impronta di ruota left e right

Sulla base delle definizioni di slip si ha:

$$\omega_e = \omega_{21} = \frac{V_{x21}}{(1+\sigma_{x21})\, r_r} \quad e \quad \omega_r = \omega_{22} = \frac{V_{x22}}{(1+\sigma_{x22})\, r_r}$$

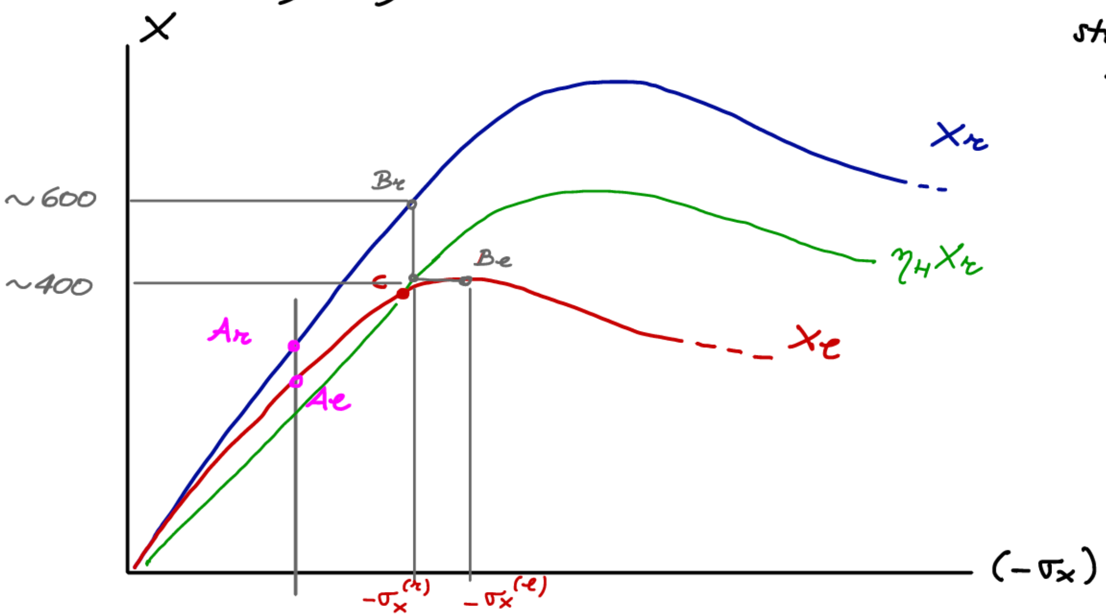
(power on: $\sigma_{x2j} < 0$)

- Efficienza meccanica η_h
- Velocità longitudinale delle ruote V_l e V_r
- Carichi verticali Z_l e Z_r
- Coefficienti di grip μ_l e μ_r
- Scorrimenti laterali σ_y di entrambe le ruote
- Scorrimento longitudinale σ_x della ruota sinistra
- Differenziale Torsen

Caso 1: Diverso grip (Torsen)

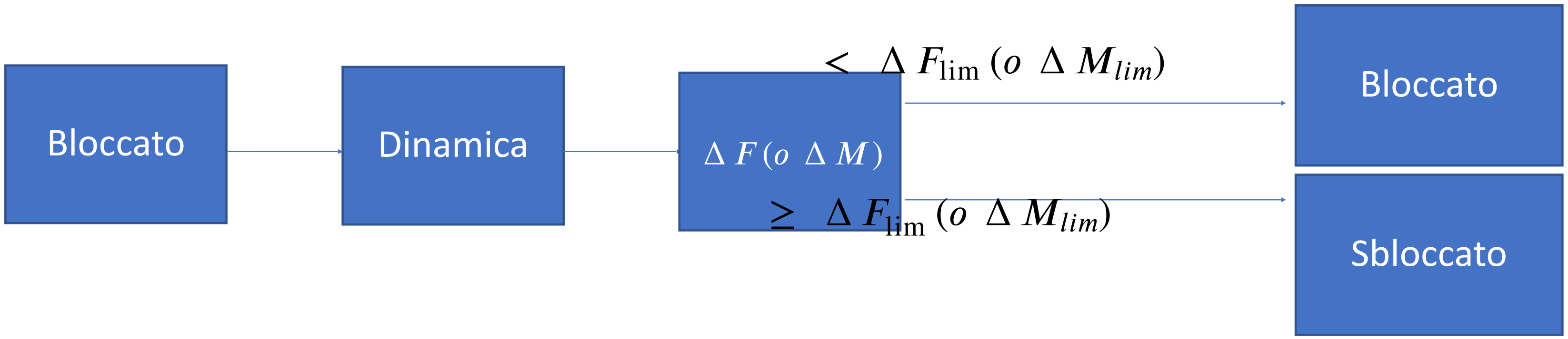
Caso 1: auto va dritta ($V_e = V_r$), stesso carico verticale ($Z_e = Z_r$)
ma $\mu_e \neq \mu_r$ ($\mu_e < \mu_r$)

Dato che $\mu_r > \mu_e$ avrò andamenti delle caratt. così

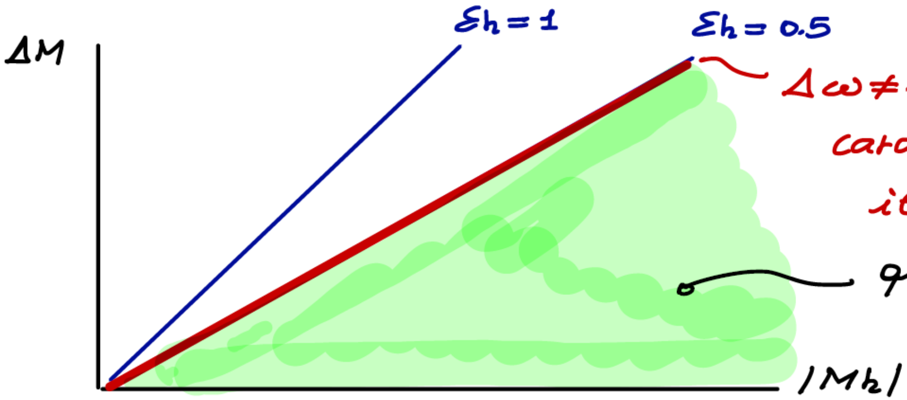


stessa $V_{x21} = V_{x22}$
e stesso $Z_e = Z_r$
solo effetto
grip.
Vario σ_x.
($\eta_H = 0.67$)

Schema logico



Qui si ha caratteristica lineare $\Delta M = \varepsilon_h\,|M_h|$.



$\Delta\omega \neq 0$ siamo sulla caratteristica rossa quando il differenziale è sbloccato

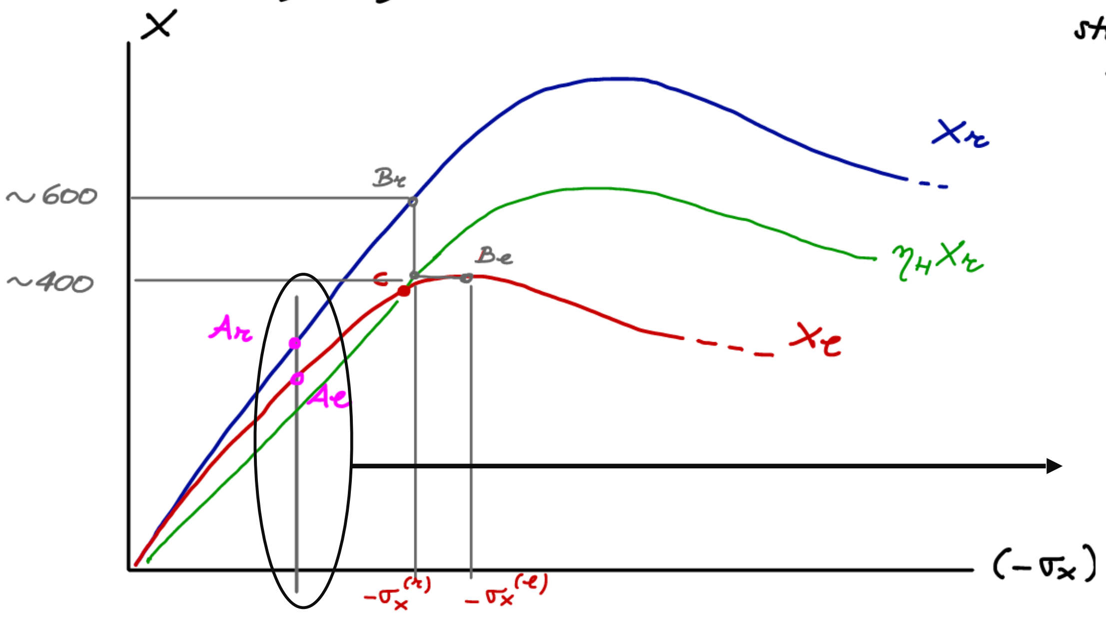
quando $\Delta M < \varepsilon_h\,|M_h|$ il differenziale è bloccato e $\Delta\omega = 0$.

Caso 1: Diverso grip (Torsen)

<u>Caso 1</u> : auto va dritta ($V_e = V_r$), stesso carico verticale ($Z_e = Z_r$)

ma $\mu_e \neq \mu_r$ ($\mu_e < \mu_r$)

Dato che $\mu_r > \mu_e$ avrò andamenti delle caratt. così



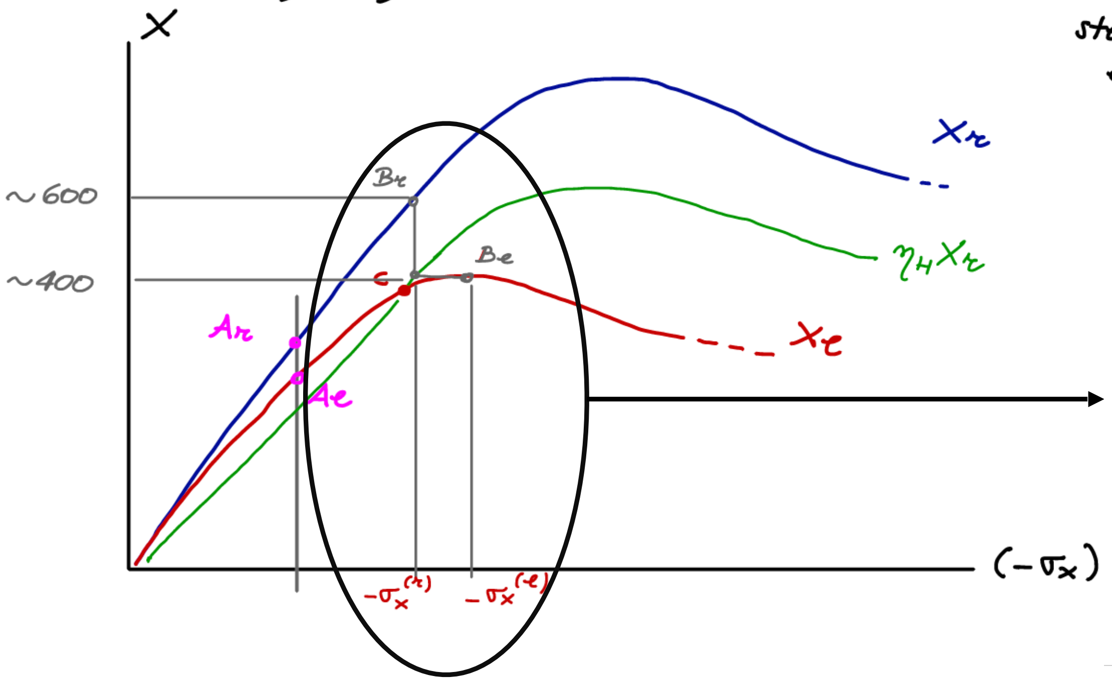
stessa $V_{x21} = V_{x22}$
e stesso $Z_e = Z_r$
solo effetto grip.
Vario σ_x.
($\eta_H = 0.67$)

•) per piccoli ($-\sigma_x$) (piccola forza longitudinale) ($\eta_H X_r < X_e < \frac{1}{\eta_H} X_r$) le forze sono quasi uguali. Non ci si fa a creare una diff. di forze longit. che stiano nel rapporto di η_H. Quindi diff. bloccato. Allora con stesso ω_{21} e ω_{22} e stesse V_{x21} e V_{x22} allora anche $-\sigma_{x21}$ e $-\sigma_{x22}$ sono uguali. Quindi punto di funz. su stessa $-\sigma_x$ sono A_e e A_r.

Caso 1: Diverso grip (Torsen)

Caso 1: auto va dritta ($V_e = V_r$), stesso carico verticale ($Z_e = Z_r$)
ma $\mu_e \neq \mu_r$ ($\mu_e < \mu_r$)

Dato che $\mu_r > \mu_e$ avrò andamenti delle caratt così

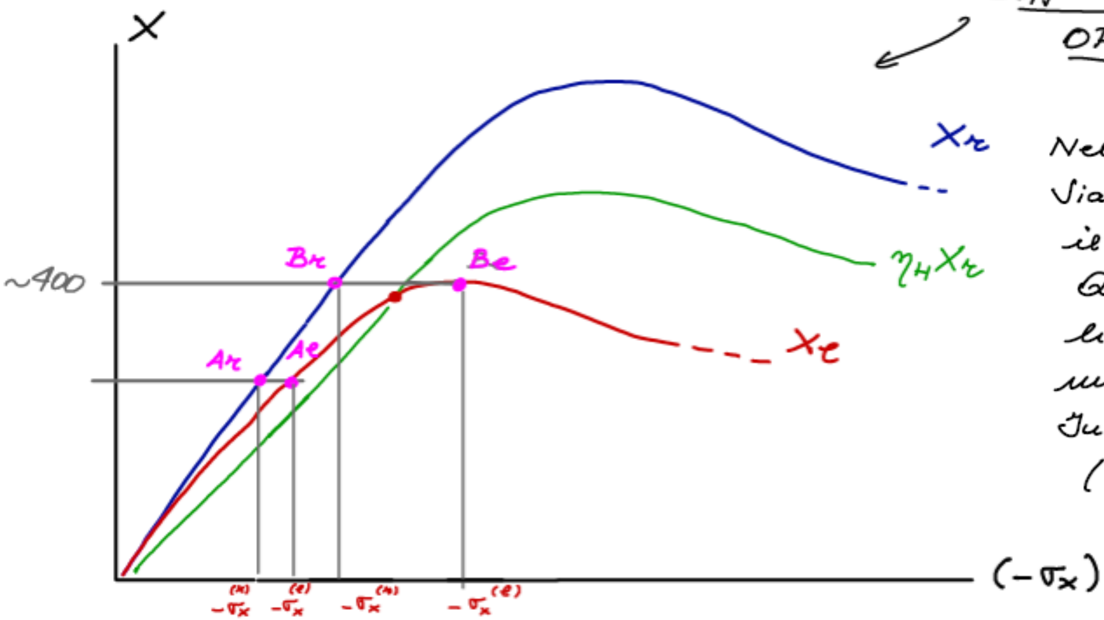


stessa $V_{x21} = V_{x22}$
e stesso $Z_e = Z_r$
solo effetto grip.
Vario σ_x.
($\eta_H = 0.67$)

- quando $(-\sigma_x)$ cresce e appena X_e interseca $\eta_H X_r$ nel crossing point C allora esiste la condizione che $X_e = \eta_H X_r$ (qui dalle curve sarebbe $X_e < \eta_H X_r$) lì si ha lo sbloccaggio del differenziale.
Perché $X_e = \eta_H X_r$ i punti di lavoro debbono essere B_e e B_r. Lì essendo $\omega_{21} > \omega_{22}$ allora $-\sigma_x^{(e)} > -\sigma_x^{(r)}$ e quindi la forza complessiva risulta la somma di $400\,N + 600\,N \cong 1000\,N$.

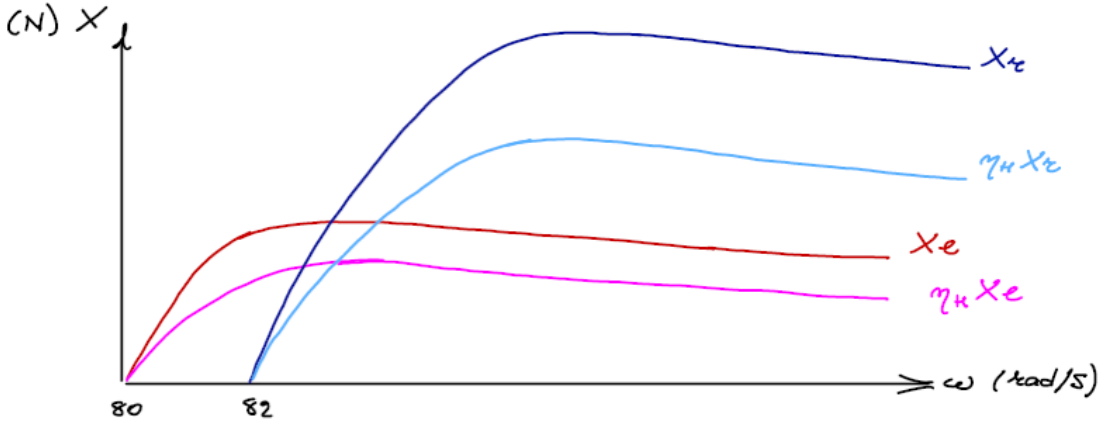
Caso 1: Diverso grip (Open)

differenziale
OPEN



Nel caso del diff. open si ha sempre che $X_r = X_e$.
Sia per bassi che per alti $(-\sigma_x)$ le ruote lavorano con il medesimo livello di forza longitudinale.
Quindi si vede bene che la ruota con grip. minore limita anche quella che, con diff. LSD, potrebbe fornire un livello di forza longitudinale maggiore.
In questo caso somme di 400 N + 400 N = 800 N
(minore che nel caso precedente con 1000 N)

Caso 2: Curva a sinistra (Torsen)



<u>Caso 2</u> : simuliamo una curva a sinistra,

Quindi $V_e < V_r$ e $Z_e < Z_r$ (maggiore carico su ruota destra)

Consideriamo stesso grip (per non introdurre elementi di disturbo) $\mu_e = \mu_r = \mu = 1.0$.

Tutti i dati numerici sono lasciati costanti mentre si fa aumentare il $-\sigma_x$ della ruota sinistra per simulare differenti condizioni power-on.

In realtà risulta più intuitivo riportare le due forze longitudinali non in f.ne di $-\sigma_x$ ma delle rispettive ω.

Quindi si plotta :

$$X_e = X_e(\omega_e, \mu, Z_e) \quad e \quad X_r = X_r(\omega_r, \mu, Z_r)$$

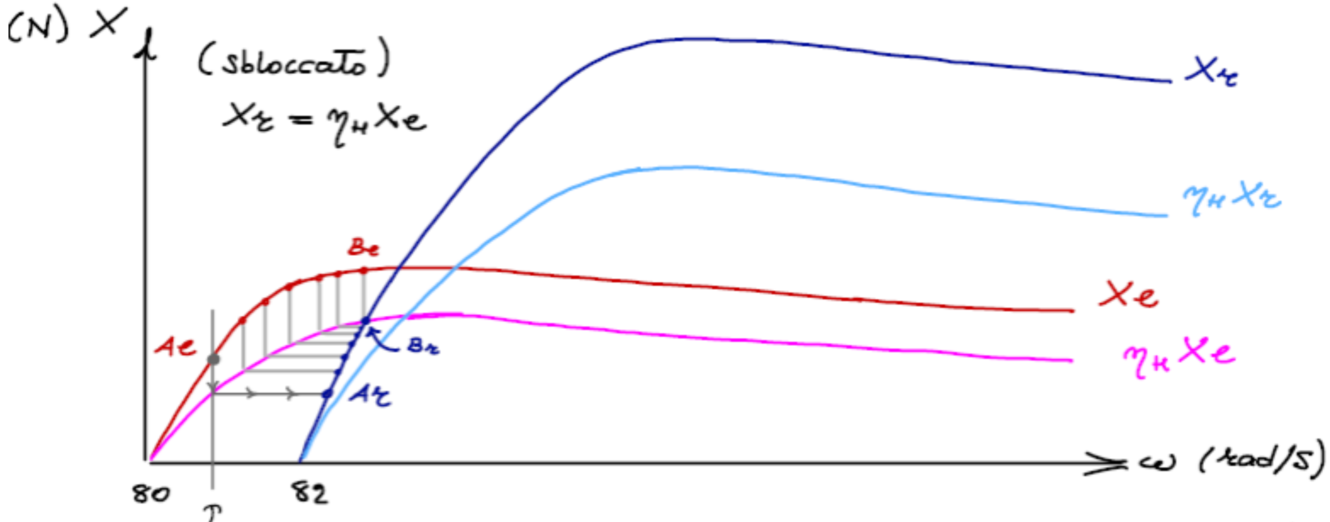
Dato che $\omega_e = \dfrac{V_e}{(1+\sigma_e)\, r_r}$ e $\omega_r = \dfrac{V_r}{(1+\sigma_r)\, r_r}$

con $V_e < V_r$ allora ω_e parte da 80 rad/s mentre ω_r parte da 82 rad/s. ($\sigma_e = \sigma_r = 0$ al puro rotolamento)

Si riportano quindi i grafici di X_e e X_r.

Per comodità si riportano anche $\eta_H X_e$ e $\eta_H X_r$.

Caso 2: Curva a sinistra (Torsen)



entro ipotizzando questo valore di ω_e. Per tale valore $\eta_H X_e = X_r$ con un $\omega_r > \omega_e$. Questo è coerente col fatto che la ruota che gira con ω più bassa ha sempre la forza longitudinale più positiva di quella con ω più alta. Infatti la left lavora ad Ae mentre la right lavora a Ar.

In questo caso il differenziale è naturalmente sbloccato.

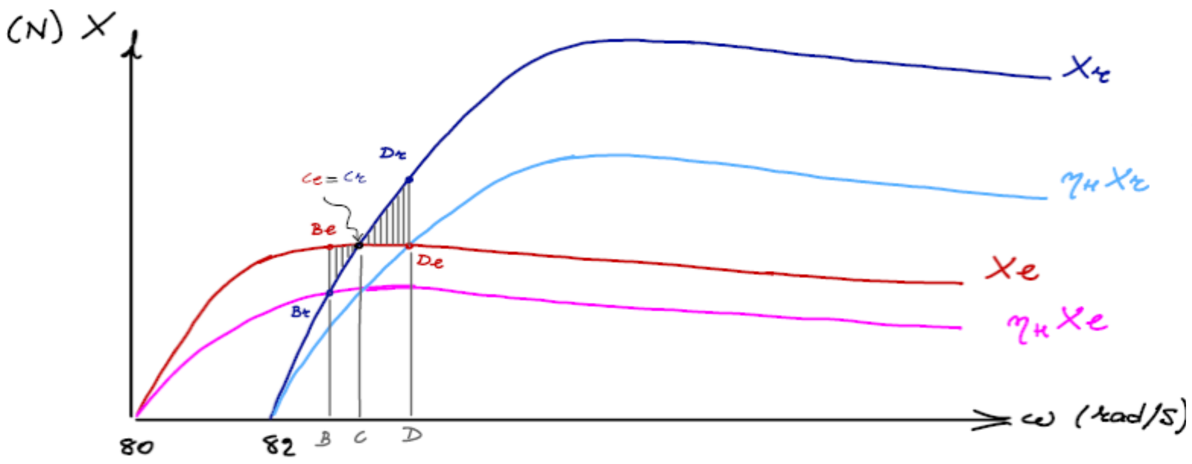
Questa situazione si mantiene per tutte le coppie diseguate.

Queste sono caratterizzate dall'esistenza della condizione per cui

$X_r = \eta_H X_e$ (ruota interna più lenta a cui è associata maggiore forza longit. di trazione)

Caso 2: Curva a sinistra (Torsen)

Queste condizioni finiscono in coppia (Be, Br) in cui $\omega_e = \omega_r$.



Quindi in questo range di funzionamento (a cavallo di $C_e = C_r$) ed in particolare fra (B_e, B_r) e (D_e, D_r) la diff. di forze non è sufficiente a sbloccare il differenziale che risulta bloccato con $\omega_e = \omega_r$ e le forze che risultano

$X_e > X_r$ in $[B, C)$

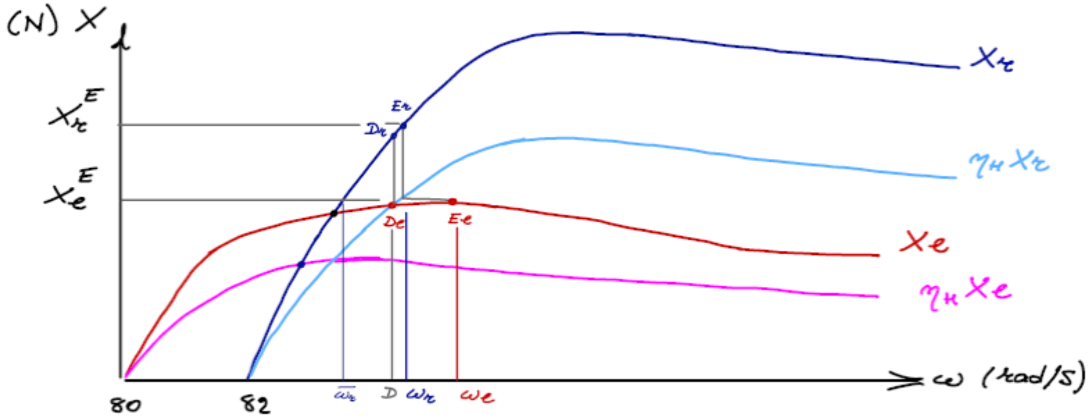
$X_e = X_r$ in C

$X_e < X_r$ in $(C, D]$

In tutto questo range di funzionamento si ha che:

$X_r > \eta_H X_e$ e $X_e > \eta_H X_r$ ossia riordinando:

Caso 2: Curva a sinistra (Torsen)



Oltre D succede che esiste la condizione $X_r > \eta_H X_e$ (la curva X_r è ben sopra $\eta_H X_e$) ma non è più vera la condizione $X_e > \eta_H X_r$, ossia $X_r < \frac{1}{\eta_H} X_e$. Infatti si avrebbe: $X_e < \eta_H X_r$.

Quindi il differenziale risulta sbloccato. Le forze stanno nel rapporto

$$X_e = \eta_H X_r \qquad \text{con} \qquad \omega_r < \omega_e.$$

$$(X_e < X_r)$$

In effetti succede che la ruota esterna (destra) a causa del grande trasferimento di carico è la ruota lenta $\omega_r < \omega_e$.
Quindi ha la forza di trazione maggiore fra le due $X_r > X_e$.