

E-Team Squadra Corse
Powertrain Department
Fausto Antonelli

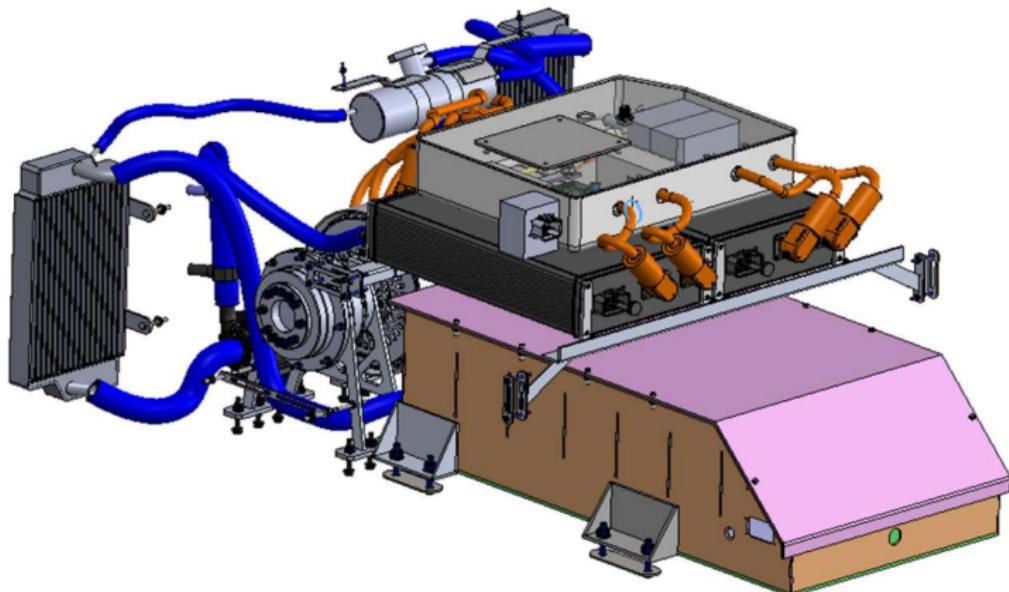
13 ottobre 2025



- Overview – 2025 electrical powertrain.
- Differenziale elettronico - Versione 2023/24.
- Differenziale elettronico - Versione 2024/25.
- Differenziale con sensori avanzati.
- Analisi delle telemetrie.



Overview – 2025 electrical powertrain



Differenziale elettronico

La legge che distribuisce la richiesta di corrente I (in A), fatta dal pilota tramite il pedale, nella giusta quantità di coppia motrice T (espressa in Nm) erogata dai motori al momento giusto.

$$T = k \cdot I, \quad I_L = I_{\max} \cdot \left(1 - \frac{\Delta I}{2}\right), \quad I_R = I_{\max} \cdot \left(1 + \frac{\Delta I}{2}\right).$$

I dati sui quali basare il calcolo di ΔI sono cambiati nel corso degli anni:

2023/24 : velocità delle ruote anteriori.

2024/25 : velocità delle 4 ruote, carico sui 4 potenziometri.

Avanzato : velocità delle 4 ruote, dati della IMU,
angolo di sterzo, forza frenante.



Differenziale elettronico 2023/24

Ingressi:

- Velocità angolari ruote anteriori: ω_L, ω_R
- Corrente massima richiesta I_{\max} (da posizione pedale)

Differenziale SkidPad

Velocità veicolo stimata:

$$v = \frac{\omega_L + \omega_R}{2} \cdot r \cdot 3.6$$

r = raggio della ruota in metri.

Legge per la spartizione della corrente:

$$\Delta I = k \cdot 3.6 \cdot r \cdot \frac{\omega_L - \omega_R}{v}, \quad k \sim \frac{5}{8}.$$

Differenziale EVO

Legge per la spartizione della corrente:

$$\Delta I = k_{EVO} \cdot (\omega_R^2 - \omega_L^2)$$

$$k_{EVO} \sim 0.007.$$

Saturazione per sicurezza:

$$\Delta I \in [-1.5, +1.5].$$



Differenziale elettronico 2024/25

- **SteeringAngle** : Il differenziale calcola l'angolo di sterzo effettivo leggendo il carico sulle sospensioni tramite i 4 potenziometri associati agli ammortizzatori.

$$steeringAngle = \frac{lf * 2 * k_{spring} * delta_{lat} * \cos(\theta)}{mass * vehicleSpeed^2}.$$

- **SlipControll** : confronta la velocità del veicolo (media della velocità delle ruote anteriori) con la velocità delle singole ruote posteriori e, in caso di discrepanze, taglia in maniera proporzionale la corrente.

$$slip_{RL} = (w_{RL} - vehicleSpeed) / \max(vehicleSpeed, 0.1).$$

- **RearBias** : Legge i dati dei 4 ammortizzatori al fine di capire l'assetto assunto dal veicolo ad ogni istante e gestisce di conseguenza la coppia massima disponibile.



Differenziale con sensori avanzati

Ingressi:

- Velocità angolari delle 4 ruote: ω_{ij} .
- Angolo di sterzo
- Accelerazioni (IMU)
- Forza frenante

Outputs :

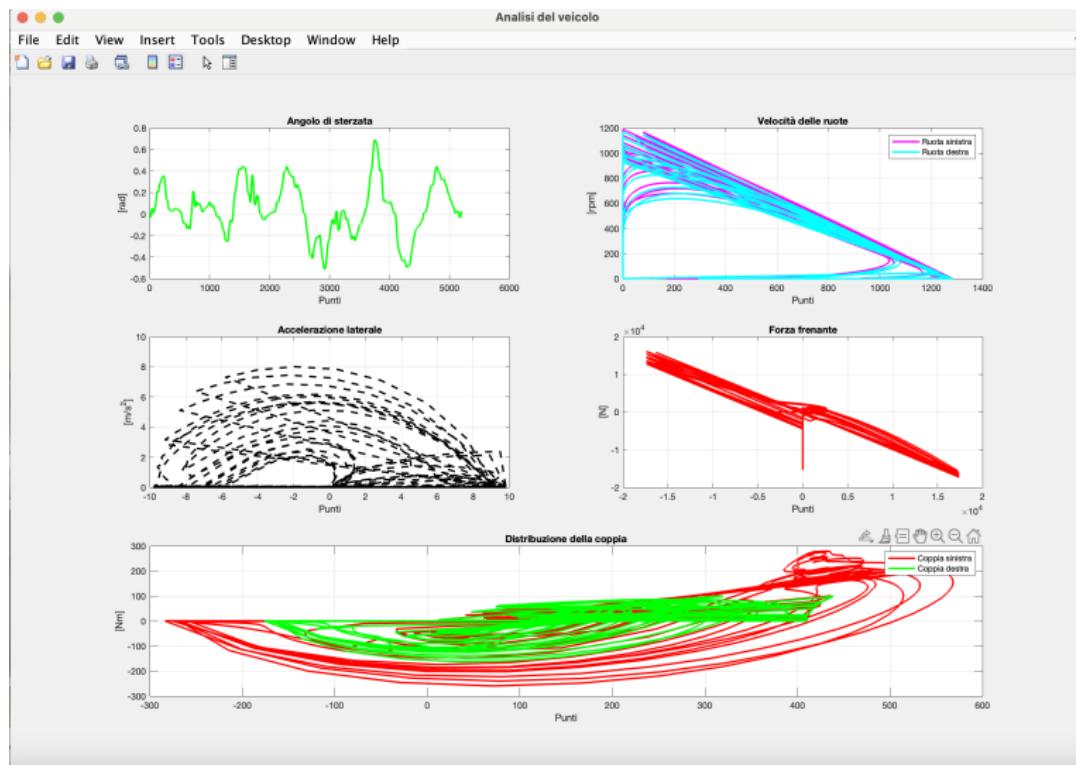
- Coppia sinistra T_L
- Coppia destra T_R

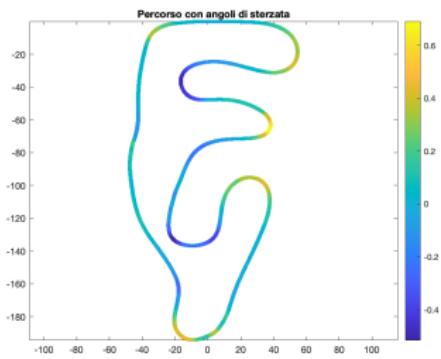
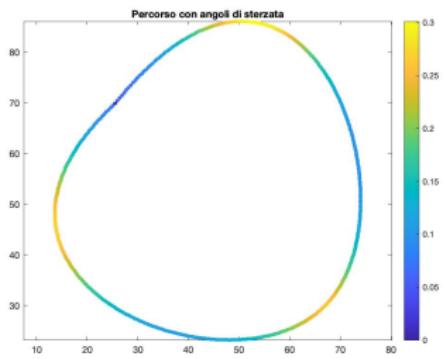
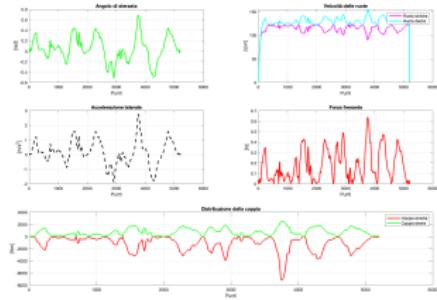
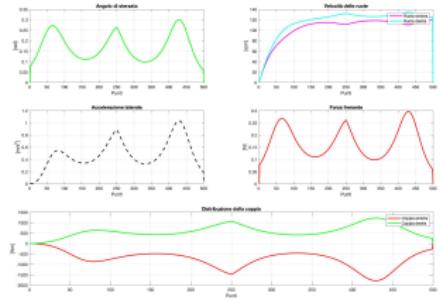
Obiettivo : Gestione dinamica della trazione in base all'angolo di sterzo, l'aderenza e il trasferimento di carico.

$$T_L = \text{sat}\left(T_{\max,\text{ped}} \cdot D_L, 0, T_{\max,\text{wheel,L}}\right),$$

$$D_L = \frac{1}{2} \left(1 - \kappa_s \text{ sign}(\delta) \tilde{\delta} + \kappa_{LT} \tilde{LT} - \kappa_{\text{Slip}} \tilde{S} \right).$$







Analisi delle telemetrie

Vogliamo ora analizzare i dati delle telemetrie più rilevati in diversi contesti:

- In condizioni ideali l'andamento del calore dovrebbe essere una curva del tipo

$$\gamma(t) = k \cdot e^{\frac{1}{t^2}}$$

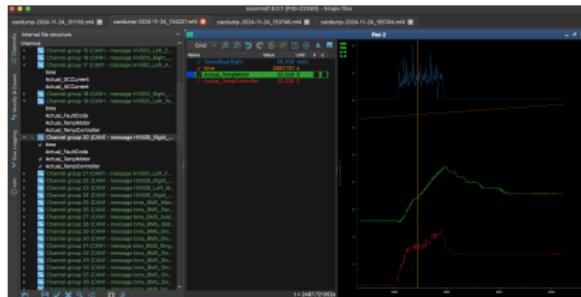
k = temperatura di regime alla quale il motore si stabilizza.

Questo profilo viene chiaramente assunto per t molto grandi.

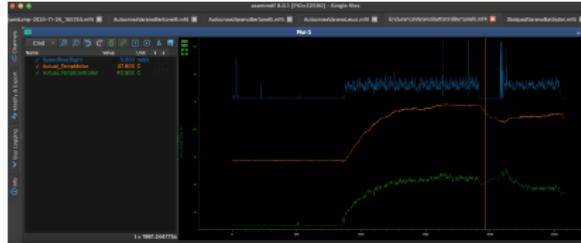
- Visto che i dati in nostro possesso hanno intervalli temporali molto piccoli, spesso l'unica parte da noi visibile e computabile è quella di ascesa iniziale che può essere assunta come rettilinea.



Nel seguente test svolto a Buti, la macchina non ha avuto il tempo di raggiungere la temperatura di regime.



Più interessanti è l'Endurance di Varano dove la macchina è rimasta accesa per circa 1025s raggiungendo la temperatura di regime di 51°C.



Il grafico è riconducibile a: $T(t) = T_{amb} + (T_{max} - T_{amb})e^{\frac{k}{t}}$.



Grazie per l'attenzione!

