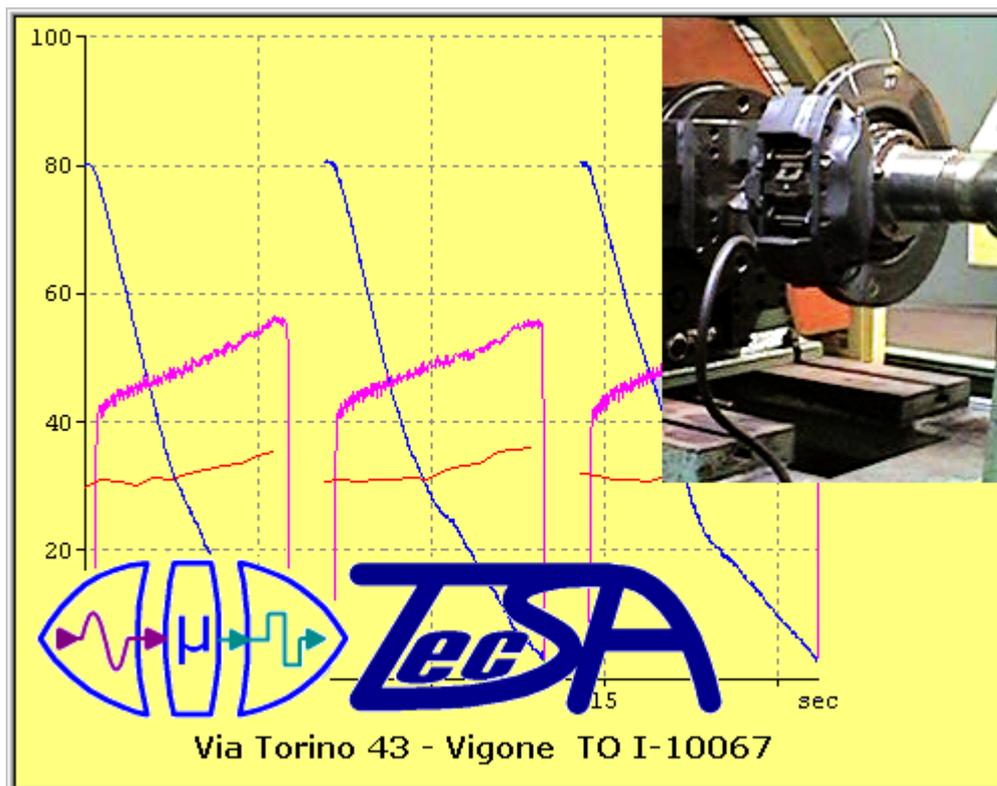


Banchi Dinamometrici



Descrizione Tecnica

Indice

| | |
|--|----|
| Realizzazioni effettuate | 4 |
| Realizzazioni in corso | 10 |
| Test di case automobilistiche europee supportati | 12 |
| Architettura del banco dinamometrico con simulazione d'inerzia | 13 |
| Architettura dell'informatica applicata al banco | 15 |
| Sistema di gestione del dinamometro | 17 |
| Tipologia delle frenate | 21 |
| Particolarità di gestione di un banco bitesta | 46 |
| Particolarità di gestione delle frenate per prove di comfort | 47 |
| Ventilazione modulata | 50 |
| Gestione del freno a mano | 51 |
| Attrito statico, hill hold e creep groan | 52 |
| Simulazione abs | 54 |
| Coppia residua | 55 |

Realizzazioni effettuate

Trascurando per il momento il know-how tecnologico, elenchiamo le realizzazioni effettuate negli ultimi sei anni con il sistema hardware e software basato su Windows® NT più DSP per la gestione del real-time con frequenze di acquisizione e controllo di 1 kHz per canale.

1995 **Fri.Tech.** - Mondovì - CN

Fornitura di un nuovo banco dinamometrico (con meccanica CO.ME.CART.) con le seguenti caratteristiche:

- velocità massima: 2500 giri/minuto;
- inerzia: da 10 a 500 kgm² con 4 masse volaniche e copertura intermedia tramite simulazione d'inerzia (motore da 250 kW);
- massima coppia frenante: 1000 kg*m;
- ventilazione modulata del freno.

Il banco è stato realizzato utilizzando un torsiometro rotante (Himmelstein) e può permettere i seguenti tipi di montaggio di freni:

- tradizionale: con disco su mandrino volani e pinza su semplice supporto a sella;
- con fusello: moto trasmesso al disco tramite giunto;
- intero gruppo di sospensione ruota.

1995 - 1996 **S.K. Wellman** - Orzinuovi - BS

Revisione meccanica e fornitura dell'automazione di un banco prova freni in bagno d'olio (per macchine agricole e movimento terra).

1996 **Ferodo Italiana** - Mondovì - CN

Sostituzione dei motori e rifacimento dell'automazione dei due banchi dinamometrici acquistati da FIAT.

I computer di gestione dei due banchi sono collegati in rete con un server che permette la gestione ed il monitoraggio remoto del banco.

1996 **ITT Automotive** - Barge - CN

Aggiornamento della meccanica (in collaborazione con Stampaf) e rifacimento automazione del banco dinamometrico num. 7 con l'aggiunta di nuove prestazioni:

- gestione completa ed automatica del duo-servo (presenti sulle pinze combinate) con la possibilità di effettuare frenate sia la pinza (con controllo in pressione ed in coppia) sia con il duo-servo (controllo in forza ed in coppia);
- gestione dell'attrito statico (per pastiglie e ceppi) con l'ausilio di un motore idraulico che innestandosi automaticamente (tramite una frizione) permette di applicare al freno una coppia crescente nel tempo fino a determinarne lo slittamento (l'attrito statico viene calcolato correlando la coppia che determina il moto incipiente rispetto alla pressione o alla forza applicata al freno).

1996-1997 **Brembo SpA** - Curno - BG

Aggiornamento della meccanica (in collaborazione con Stampaf) e rifacimento dell'automazione dei due banchi dinamometrici acquistati da FIAT.

I motori elettrici sono stati sostituiti (100 kW, 2000 giri) e posti in asse con l'albero volani tramite accoppiamento con giunto elastico.

La barra di torsione, per il rilevamento del momento frenante, è stata modificata per permettere l'inserimento di una cella di carico al quarzo al fine di leggere la coppia residua.

Per adeguare il banco alle vigenti normative di sicurezza, sono stati introdotti dei ripari scorrevoli per coprire la zona freno. Detti ripari sono bloccati con elettroserrature durante la rotazione volani.

I computer di gestione dei due banchi sono collegati in rete con un server che permette la gestione ed il monitoraggio remoto dei banchi

1997 **ITT Automotive** - Barge - CN

Rifacimento dell'automazione del banco dinamometrico bitesta (num. 2) . In collaborazione con al Ditta Stampaf è stata fatta una revisione generale della meccanica con sostituzione del motore e relativa trasmissione.

Il banco è dotato delle opzioni di:

- controllo della ripartizioni della frenata tra le due teste;
- frenate con sistema ABS.

1997 **Brembo SpA** - Curno - BG

Retrofit del software sui tre banchi dinamometrici di automazione ESAM. I vecchi PC (286 e 486) sono stati sostituiti con dei Pentium su backplane passivo.

Con questa operazione la Brembo ha solamente banchi con software TecSA.

1997 **AP Lockheed** - Cairo Montenotte - SV

Fornitura di un banco di test freni a ceppi con prove di durata, coppia residua ed attrito statico.

1997 **FERODO** - Mondovì - CN

Rifacimento dell'automazione di una macchina test qualità con l'aggiunta del test di assorbimento volumetrico.

1998 **ITT Automotive** - Barge - CN

Retrofit simile a quello effettuato in Brembo, di num. quattro banchi dinamometrici e tre macchine test qualità

Anche ITT, come Brembo, ha adottato su tutte le macchine il software TecSA.

1998 **FERODO (ora Federal Mogul)** - Mondovì - CN

Aggiunta sul banco E di un motore idraulico, del dispositivo di gestione del freno a mano e di un meccanismo di blocco della posizione. Questi componenti sono stati installati per permettere di effettuare le prove di:

- attrito statico;
- creep groan;
- hill hold.

Tutte queste prove possono essere effettuate indifferentemente sia in pressione (utilizzando la pinza freno) sia in forza (utilizzando il meccanismo del freno a mano), utilizzando il meccanismo di blocco della posizione nel caso di prove Hill Hold.

- 1999 **ITT Automotive** - Barge - CN
- Fornitura “chiavi in mano” di una macchina del tipo Fast Machine per dei test su dei provini di materiale d’attrito.
La macchina è completamente automatizzata, sullo stile di un banco dinamometrico in vera scala e possono essere effettuate anche delle prove con acqua nebulizzata.
La meccanica è stata realizzata in collaborazione con la Ditta Stampaf.
- 1999 **REMSA** - Pamplona - Spagna
- Fornitura di due nuovi banchi dinamometrici di tipo automobilistico con $160 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ d’inerzia e velocità massima 2600 giri/minuto.
Le parti meccaniche sono state realizzate dalla Ditta spagnola Tecner su supervisione TecSA.
- 1999 **Brembo** - Curno - BG
- Varianti su due banchi dinamometrici per poter effettuare delle prove di comfort (rumore) e rifacimento completo dell’automazione di un banco dedicato esclusivamente a delle prove di comfort.
- 1999 **Federal Mogul (ex Frenodo)** - Modndovì – CN
- Retrofit del software di un banco dinamometrico di automazione ESAM. Il vecchio PC (286) è stato sostituiti con dei Pentium su bakplane passivo.
- 1999 **CRF (Centro Ricerche Fiat)** – Orbassano - TO
- Fornitura di un sistema di controllo per motore elettrico ai fini di ricerca su gruppi frenanti.
- 1999-2000 **ITT -Galfer** - Berge -CN
- Rifacimento completo dell’automazione di un banco dinamometrico di meccanica Schenck con aggiunta (opzione) di una trasmissione per poter provare due freni contemporaneamente.

1999-2000 **GAMA** – Ancarani – TE

Fornitura “chiavi in mano” di un banco dinamometrico completo di tutte le opzioni con $200 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ di inerzia e velocità massima di 2500 giri/minuto.

Il banco è stato realizzato in collaborazione con la Ditta Stampaf (Mondovì – CN) ed è documentato in videocassetta.

2000 **REMSA** – Messico

Fornitura di un banco dinamometrico con $100 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ d'inerzia e velocità massima 2600 giri/minuto. Le parti meccaniche sono state realizzate dalla Ditta spagnola Tecner su supervisione TecSA.

2000 **ITT- Galfer** .- Barge- CN

Introduzione del meccanismo di attrito statico, hill-hold e greep-groan su di un banco dinamometrico.

La coppia in condizioni statiche e a basso numero di giri, viene fornita da un motore elettrico supplementare, con frizione e motoriduttore. Pertanto oltre alle classiche prestazione di attrito statico, si può anche rilevare l'attrito a basso numero di giri: 1-10 rpm.

2000 **ITT- Galfer** .- Barge- CN

Rifacimento completo dell'automazione di un banco dinamometrico bitesta: per veicoli ferroviari e camion. Il vecchio sistema con PDP11 è stato completamente aggiornato e sono state implementati anche i test di tipo ferroviario.

2000 **Rütgers (ex Frendo)** – Atripalda – AV

Retrofit del software di num. tre banchi dinamometrici di automazione ESAM.

I vecchi PC (286 e 486) sono stati sostituiti con dei Pentium su backplane passivo.

2000 **AP Lockheed** - Cairo Montenotte – SV

Rifacimento completo dell'automazione di un banco dinamometrico per test su freni a ceppi.

2001 **Siffert** – Montefino – TE

Realizzata la revisione meccanica (da parte della Ditta Stampaf) ed il rifacimento completo dell'automazione di un banco dinamometrico con 1800 kg*m² di inerzia.

2001 **Rütgers (ex Frendo)** – Orzinuovi BS

Rifacimento completo dell'automazione di una macchina test qualità.

2001 **ITT- Galfer** – Barge – CN

Banco dinamometrico, completo di tutte le opzioni, con le seguenti caratteristiche: 170 kg*m² di inerzia, due sole masse volaniche e velocità massima di 2500 giri/minuto.

2002 **Union Technique de l'Automobile, du Motorcycle et du Cycle (UTAC)** -
Montlhéry - Parigi

Rifacimento completo dell'automazione di un banco dinamometrico esistente, per prove su freni.

2002 **Brembo SpA** - Curno - BG

Costruzione di un banco dinamometrico per prove freni per autoveicoli compresi quelli di classe "racing", velocità massima di 3200 giri/minuto.

Realizzazioni in corso

2002 **REMSA** - Pamplona - Spagna

Fornitura di un dinamometro per autocarri, con 2700 kgm² di inerzia massima velocità di 1500 g/m, massimo momento frenante di 40000 Nm.

2002 **REMSA** - Pamplona - Spagna

Fornitura di una "friction quality test machine", con coppia fino a 2000 Nm completa di dispositivo per la misura dell'attrito statico e dispositivo per misure con freno a mano.

2002 **Brembo SpA** - Curno - BG

Fornitura di un dinamometro per autovetture per velocità fino a 2800 g/m, con massimo momento frenante di 5000 Nm.

2002 **AP Italia** - Cairo Montenotte – SV

Revisione della meccanica e dell'automazione di un banco dinamometrico per autovetture.



Banco dinamometrico



Particolare del montaggio torsionmetro

Test di case automobilistiche europee supportati

Dieci anni di attività nel settore della prove dei freni sia su strada sia a banco ci hanno permesso di accumulare l'esperienza necessaria per la realizzazione del sistema hardware e software, che "chiavi in mano", può effettuare i test tipici delle principali case automobilistiche europee.

Tutto ciò è stato ottenuto seguendo "passo passo" i fornitori, sia del materiale d'attrito sia dei gruppi frenanti, nei loro rapporti coi Clienti europei.

I test supportati sono:

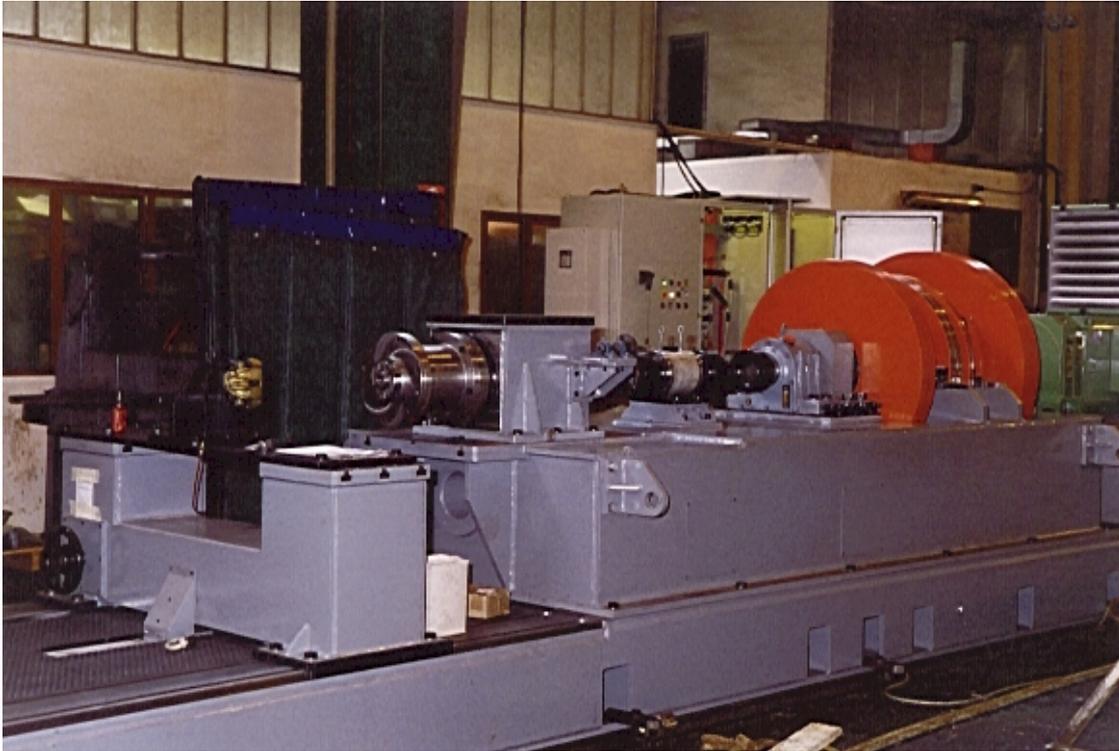
- Fiat;
- Renault (di cui abbiamo avuto la certificazione hardware e software con votazione 97/100 data al banco num. 7 della ITT di Barge e di 99/100 per i banchi della Brembo);
- PSA;
- Ford;
- Volkswagen;
- Mercedes;
- BMW;
- Volvo.

Sono ovviamente supportate le modalità di test delle prove:

- AK-1 per banchi dinamometrici;
- AK-2 per banchi dinamometrici;
- AK-Master per banchi dinamometrici;
- ECE R90, R13 per banchi dinamometrici;
- Eurospec per macchina di test qualità;
- AK – noise matrix per banchi di comfort.

Architettura del banco dinamometrico con simulazione d'inerzia

Descrizione generale



Banco fornito a Fri.Tech

Sull'albero volani vengono calettate le masse inerziali corrispondenti al peso di $\frac{1}{4}$ dell'autoveicolo.

Il motore elettrico porta in rotazione le masse volaniche fino al numero di giri necessario per simulare la velocità della vettura richiesta. Successivamente, viene azionato il freno secondo la modalità impostata nella descrizione della prova.

Il controllo può essere in: pressione, coppia, forza, posizione e misto.

La frenata viene registrata ed analizzata in termini di momento frenante, andamento della pressione, corsa della pompa, temperature (del disco, del materiale di attrito, del fluido freni), etc...

Il dinamometro consente di provare in laboratorio ed in vera scala il freno di un veicolo.

Gli elementi di base che costituiscono il banco dinamometrico sono:

- il motore elettrico;
- le masse volaniche;
- il torsiometro per la misura della coppia;

- il mandrino (o tronchetto d'albero) per il disaccoppiamento meccanico del torsiometro dal freno in test;
- la slitta di sostegno del freno;
- i dispositivi idraulici per le azioni sulla pompa e (opzionalmente) sul cavo del freno a mano;
- il motore idraulico (opzionale) per le prove di attrito statico in cui occorre generare precise coppie modulate anche a velocità nulla;
- i carter dei volani;
- la cabina della zona freno che può essere di tre tipi: semplice carter antinfortunistico, oppure cabina semianecoica per test di rumore, oppure ancora cabina anecoica e climatizzata per sofisticate prove di comfort.

L'architettura descritta è quella che proponiamo come ottimale per un moderno banco dinamometrico.

Riteniamo molto importante l'adozione di un torsiometro. Con esso infatti è possibile effettuare vari tipi di montaggio freni con attrezzature più semplici di quelle che occorrono nella soluzione del rilievo della coppia mediante la contropunta.

I tre tipi fondamentali di montaggio freno sono:

- classico: con disco calettato sull'albero volani e pinza sostenuta da una sella;
- con mozzo ruota: il moto al disco viene trasmesso con un giunto (ad es. un semiasse), ed il freno viene fissato sulla sella tramite i braccetti del corpo ruota;
- con sospensione: oltre al mozzo ruota, viene montata sul banco, tramite apposita attrezzatura, anche la sospensione (o parte di essa) con o senza carico.

Simulazione d'inerzia

Tramite il motore elettrico viene effettuata una simulazione d'inerzia aggiungendo o togliendo un certa quantità di inerzia a quella delle masse volaniche.

Il motore resta pertanto attivo anche durante la fase di frenatura.

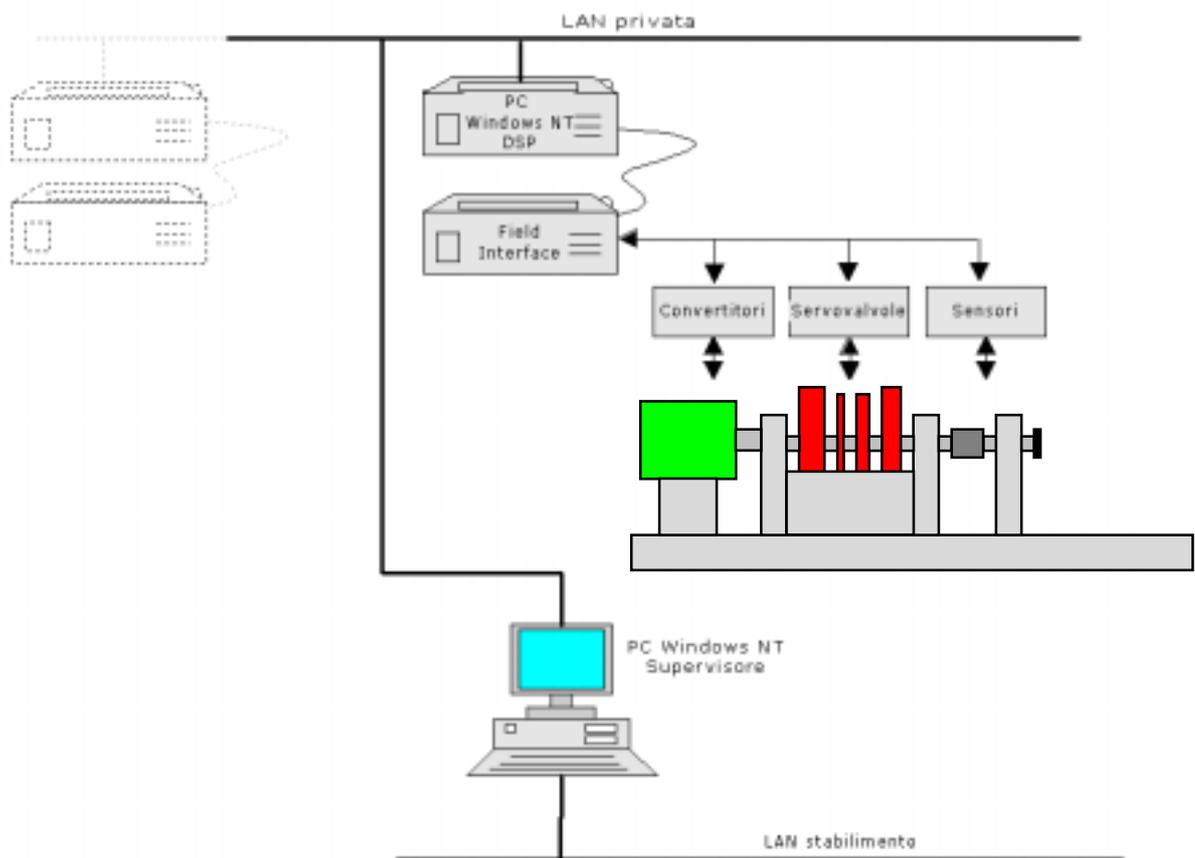
La quantità di inerzia simulabile dal motore è direttamente proporzionale alla coppia che esso può fornire (e quindi alla sua potenza) ed è inversamente proporzionale alla decelerazione della vettura (e quindi al momento frenante applicato).

È importante che un banco abbia soluzione di continuità di inerzia nell'ambito della sua classe di impiego. Occorre cioè poter coprire tutta l'inerzia della categoria dei veicoli a cui è destinato tenendo conto delle velocità massime e delle decelerazioni massime a cui essi arrivano.

Con un motore elettrico di potenza compresa tra 150 e 300 kW si possono realizzare banchi dinamometrici con sole 3 o 4 masse volaniche ottenendo un buon compromesso tra costi e prestazioni.

Infatti un eccessivo numero di masse volaniche porta ad incrementi di costi della parte meccanica e dall'altro canto, un motore elettrico molto grande comporta dei costi non indifferenti per le cabine elettriche.

Architettura dell'informatica applicata al banco



L'operatore gestisce uno o più banchi tramite un PC supervisore che per ragioni di sicurezza, è opportuno che sia situato in una zona con vista sui banchi.

Il sistema operativo del PC di supervisione deve essere Windows[®] NT V3.51 o versione superiore (sia versione Workstation sia versione Server).

È possibile collegare al sistema altri PC distribuiti in diversi uffici, con esclusiva funzione di monitoraggio della prova in corso. In nessun caso da questi sistemi sarà possibile impartire dei comandi al PC di controllo del banco.

Ogni banco ha un PC (con DSP) dedicato al suo controllo. Questi sistemi non hanno interfaccia operatore, in quanto questa funzione è svolta dal PC supervisore.

Una rete (LAN) privata mette in comunicazione i vari PC: banco 1, banco 2, etc., supervisore 1, supervisore 2, etc., monitoraggio 1, monitoraggio2, etc.

Detta rete può essere a fibre ottiche, oppure con RJ45 (e relativi HUB).

Il PC di controllo del banco lavora con il sistema operativo Windows® NT WorkStation V3.51 o superiore e l'utilizzo di una scheda DSP per la gestione del tempo reale. Si ha quindi un sistema multitasking e real time con elevate prestazioni:

- acquisizioni ad alta velocità: fino a 10 KHz per canale, con throughput di 50 kHz globali, limitati nel tempo solo dalla memoria del micro e/o dalla velocità delle memorie di massa;
- filtri digitali sui singoli canali analogici con possibilità di duplicazione di canali per applicazioni di filtri di grado diverso in ragione dell'uso: monitoraggio, Time History, loop di controllo;
- canali elaborati *on line* che si ottengono legando tra di loro grandezze fisiche diverse, come ad esempio nel caso di "canale di coefficiente di attrito";
- chiusura di loop ad alta frequenza: fino a 1 kHz per loop con throughput di 10 kHz globali;
- individuazione precisa degli istanti di transizione di segnali, di superamento di soglie, valori di sicurezza, allarmi, con azioni correttive o di blocco nell'ambito del centesimo di secondo;
- funzioni di PID digitale, tramite la trasformata Z, con possibilità di scambio istantaneo delle grandezze di controllo, come ad esempio Forza/Posizione.

Sistema di gestione del dinamometro

Descrizione delle prove

Descrizione Cicli Frenate C:\USERS\B_PRIV\STANDARD.PRIV

File Modifica Visualizza Opzioni ?

| N° L1 | Rip | L2 | Rip | L3 | Rip | L4 | Rip | Nome Fase | Cicli | Frenate | Note |
|-------|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----------------|-------|---------|------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 Assestamento | 1 | 30 | |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 Pressione | 6 | 12 | |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 Coppia | 10 | 20 | |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 Temperatura | 9 | 18 | |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 Fade1 | 2 | 25 | |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 Fade2 | 2 | 25 | |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 Recupero | 6 | 12 | |

| N° ciclo | Controllo frenate | Valore P/C/D/F | Gest. temper | Temper. iniziale | Vel. iniziale | Vel. finale | Tempo Finale | Tempo sinc. | Ventola servo | Pausa | Pausa cicli | Rip. fren. | Salva acq. | Tempo acq. fine | Acq. tem max |
|----------|-------------------|----------------|--------------|------------------|---------------|-------------|--------------|-------------|---------------|-------|-------------|------------|------------|-----------------|--------------|
| 1 | Coppia | 20 | Caldo S | 100 | 80 | 30 | 0 | 0 | ON | NO | 0 | 2 | 1 | 0 | NO |
| 2 | Coppia | 40 | Caldo S | 100 | 80 | 30 | 0 | 0 | ON | NO | 0 | 2 | 1 | 0 | NO |
| 3 | Coppia | 60 | Caldo S | 100 | 80 | 30 | 0 | 0 | ON | NO | 0 | 2 | 1 | 0 | NO |
| 4 | Coppia | 80 | Caldo S | 100 | 80 | 30 | 0 | 0 | ON | NO | 0 | 2 | 1 | 0 | NO |
| 5 | Coppia | 100 | Caldo S | 100 | 80 | 30 | 0 | 0 | ON | NO | 0 | 2 | 1 | 0 | NO |
| 6 | Coppia | 120 | Caldo S | 100 | 80 | 30 | 0 | 0 | ON | NO | 0 | 2 | 1 | 0 | NO |
| 7 | Coppia | 140 | Caldo S | 100 | 80 | 30 | 0 | 0 | ON | NO | 0 | 2 | 1 | 0 | NO |
| 8 | Coppia | 160 | Caldo S | 100 | 80 | 30 | 0 | 0 | ON | NO | 0 | 2 | 1 | 0 | NO |
| 9 | Coppia | 180 | Caldo S | 100 | 80 | 30 | 0 | 0 | ON | NO | 0 | 2 | 1 | 0 | NO |
| 10 | Coppia | 200 | Caldo S | 100 | 80 | 30 | 0 | 0 | ON | NO | 0 | 2 | 1 | 0 | NO |

Le frenate di una prova vengono descritte singolarmente, con la possibilità di specificare, per ciascuna di esse, un elevato numero di parametri. La tecnica di “copia ed incolla”, unitamente alla possibilità di specificare ripetizioni di frenate singole o a gruppi di più livelli (fino ad un massimo di 4 livelli di annidamento), rendono l’attività di programmazione di una prova particolarmente semplice e veloce.

Esecuzione delle prove

Una volta avviata, una prova viene portata a termine dal dinamometro in condizioni di sicurezza, anche in assenza della sorveglianza di un operatore.

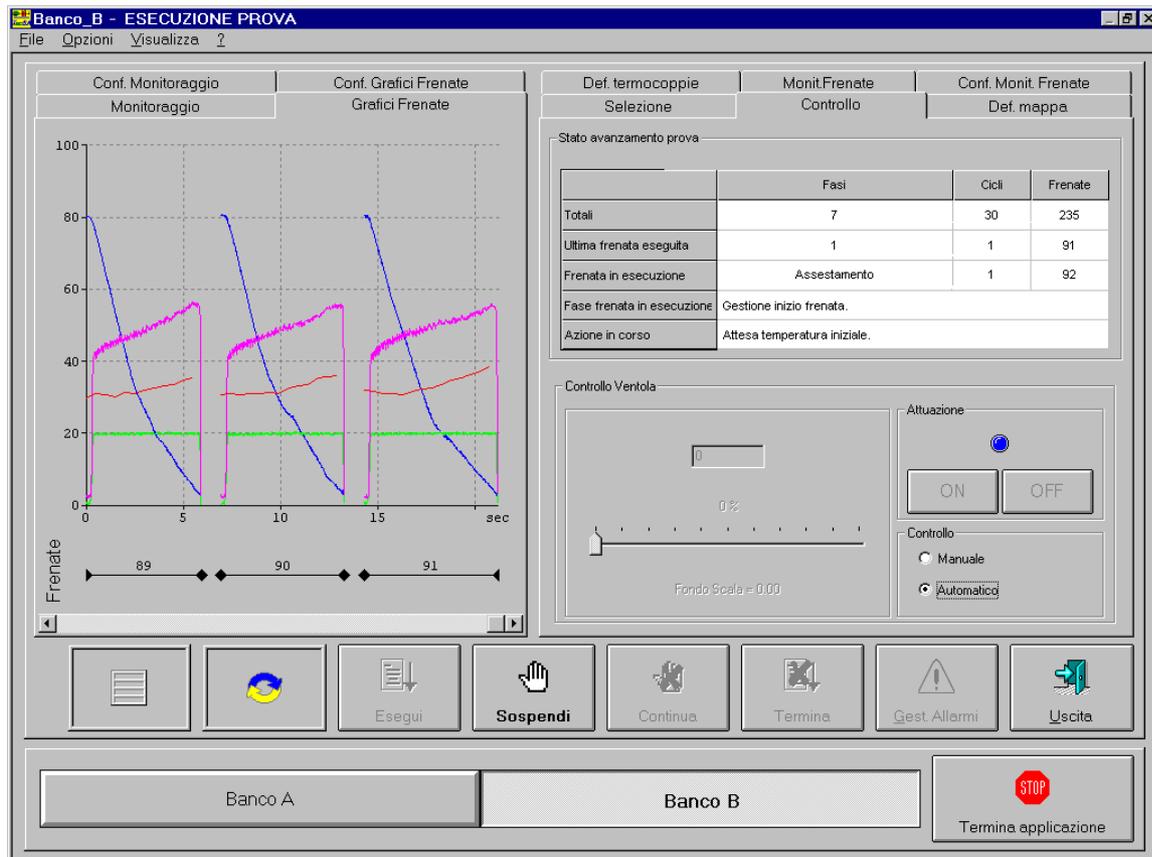
Il sistema di front-end del dinamometro mette a disposizione dell’operatore più ambienti di monitoraggio della prova in corso. Essi danno informazioni sullo stato della prova sia a livello generale (numero di frenate eseguite, risultati dell’ultima frenata eseguita, fase della frenata in corso, ecc...), sia a livello particolare (visualizzazione grafica

dell'andamento di una o più grandezze analogiche nel corso delle ultime frenate eseguite, monitoraggio dei canali di I/O sia logico che analogico, ecc...).

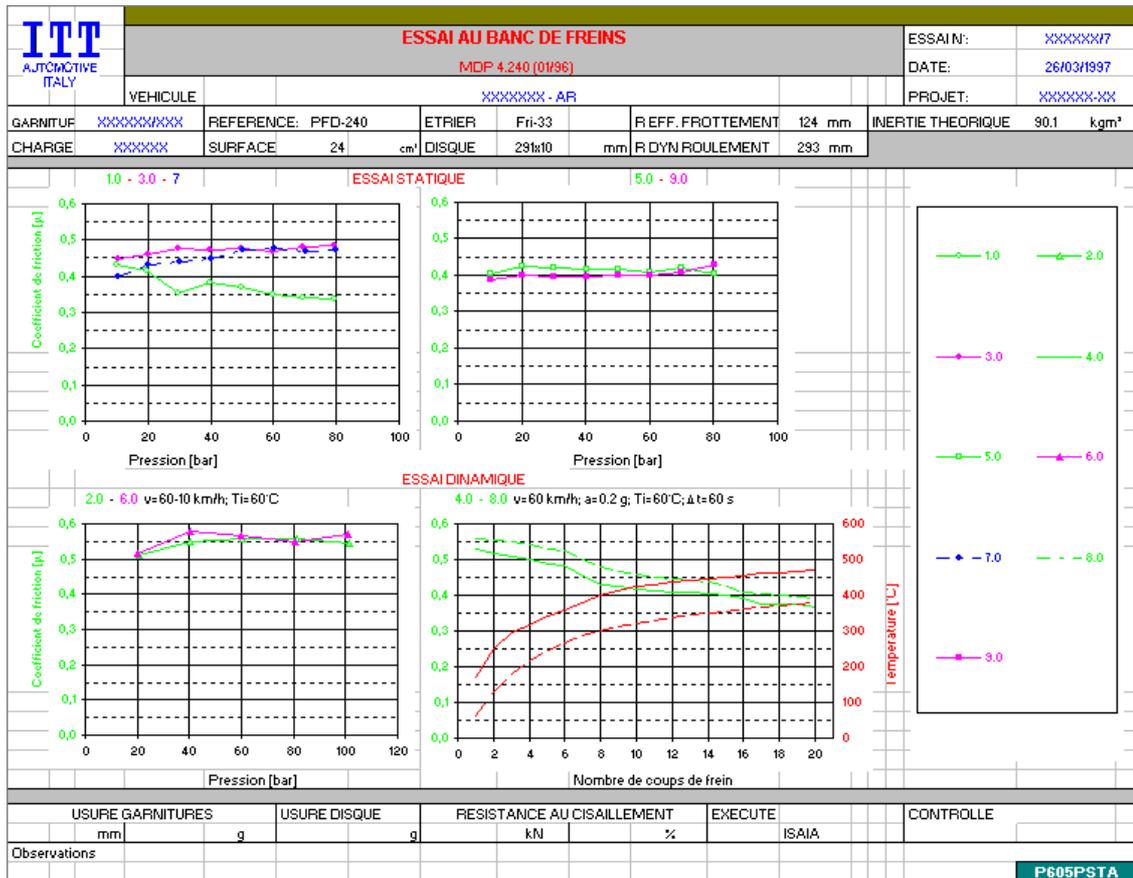
La funzione di visualizzazione grafica dell'andamento delle grandezze analogiche sostituisce completamente il tradizionale registratore a carta. È infatti possibile memorizzare un numero di frenate limitato soltanto dalla capacità della memoria di massa. Il sistema permette l'analisi delle frenate memorizzate con possibilità di visualizzazione a pieno schermo, di variazione di scale ed attivazione o disattivazione delle singole curve.

Come è stato detto, il dinamometro è in grado di gestire l'esecuzione di una prova anche in modo non presidiato. Ciò significa che l'elaboratore di front-end del sistema può essere utilizzato dall'operatore per scopi diversi dal controllo del banco, come ad esempio attività di archiviazione e/o elaborazione dei risultati o, più in generale, attività di office. In questo caso, una apposita funzione (Bench Alerter) eseguita a livello di "service" dal sistema operativo Windows® NT segnala comunque all'operatore i cambiamenti di stato del banco. Essi sono, ad esempio, allarmi, pause programmate, completamento della prova in corso.

Ovviamente, la connessione in rete del sistema di controllo permette l'effettuazione del monitoraggio remoto dell'attività del banco ed il trasferimento dei risultati su banche dati centralizzate.



Risultati delle prove



I risultati delle prove vengono divisi in *risultati numerici* e *dati di Time History*.

Risultati numerici

I risultati numerici, organizzati in tabelle in cui ogni riga riporta i risultati di una frenata, sono tipicamente i valori medi, massimi, minimi delle grandezze acquisite, il coefficiente di attrito, ecc...

L'operatore può scegliere i risultati di interesse da un vasto insieme disponibile e può specificare l'ordine di incolonnamento degli stessi. Quest'ultimo può essere variato dinamicamente qualora i risultati di una prova siano visualizzati attraverso il sistema di front-end del banco.

É possibile includere nei risultati di una prova delle formule di calcolo applicate all'insieme dei risultati predefiniti.

Dati di Time History

Indipendentemente dal tipo di monitoraggio effettuato dall'operatore per controllare l'andamento della prova, è possibile scegliere, in fase di descrizione della stessa, l'archiviazione in Time History dei valori acquisiti per i vari canali.

Per ciascun canale è possibile specificare l'unità di misura, la frequenza di acquisizione, l'applicazione di eventuali filtri ed il periodo di osservazione (tutta o parte della frenata).

Anche nel caso dei dati di Time History è possibile specificare delle formule di calcolo applicabili alle grandezze acquisite. Si ottengono in tal modo i *canali elaborati*, dei quali un tipico esempio è il canale del coefficiente di attrito istantaneo.

L'archivio di Time History viene generato in un formato ASCII tabellare, formato riconoscibile da tutti i fogli elettronici o i gestori di data base utilizzabili in ambiente Windows®.

Senso di marcia delle frenate

Le frenate possono essere indifferentemente sia a marcia avanti e sia a marcia indietro (per convenzione il senso di marcia avanti è indicato come la rotazione oraria guardando frontalmente il banco).

Normalmente una prova contiene tutte frenate nello stesso senso di marcia. Per poter gestire all'interno della stessa prova frenate con entrambi i sensi di marcia si deve avere un banco con le seguenti caratteristiche:

- motore con moto bidirezionale attivabile invertendo solamente la polarità del riferimento;
- presenza di un torsionmetro per il rilevamento della coppia, oppure di una cella di carico a trazione e compressione.

Modalità di controllo start frenata: a freddo ed a caldo

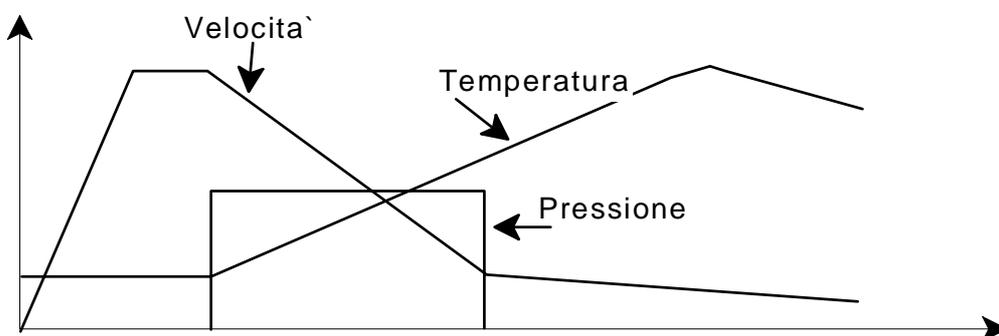
Lo start della frenata può essere a FREDDO o a CALDO. In quelle a freddo non viene fatto alcun controllo della temperatura di inizio frenata, mentre quelle a caldo vengono iniziate quando la temperatura raggiunge un certo valore impostato.

Vi sono cinque tipologie diverse di start frenata:

- a freddo normale
- a freddo sincronizzata
- a caldo normale
- a caldo speciale
- a caldo con velocità di parcheggio

Le frenate a FREDDO normali vengono eseguite in cascata senza tenere conto della loro temperatura iniziale: una volta che il motore ha raggiunto la velocità di target richiesta, viene attuata immediatamente la frenata.

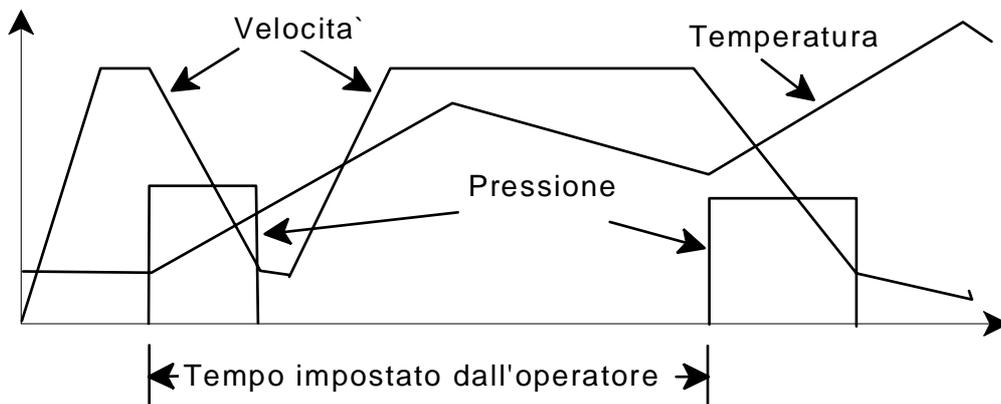
Diagramma frenate a freddo normali:



Nelle frenate a FREDDO sincronizzate l'istante di attuazione del riferimento di pressione/coppia viene regolata da un cronometro la cui durata è impostata

dall'operatore in fase di descrizione ciclo. Una volta che il motore ha raggiunto il valore di target, si aspetta con il motore in tiro che scada il tempo richiesto dall'operatore prima di attuare la frenata.

Diagramma frenate a freddo sincronizzate:



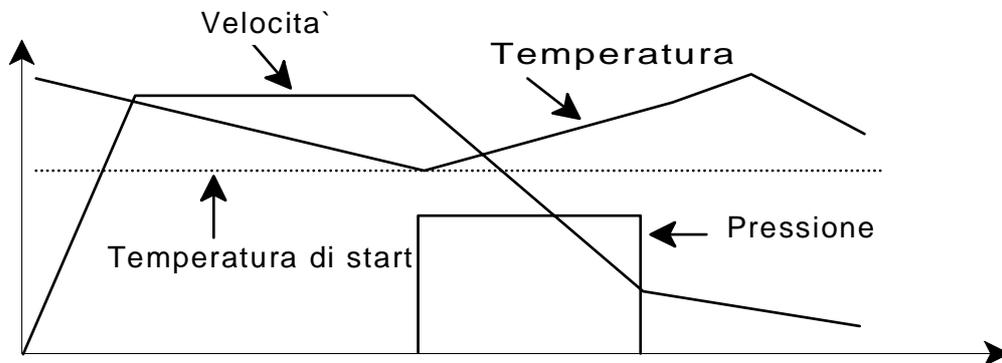
Nelle frenate a CALDO normali, si aspetta la diminuzione della temperatura al valore di start con il motore alla velocità di target. Al raggiungimento della stessa avviene immediatamente la frenata.

Nel caso che la temperatura sia inferiore a quella impostata per l'inizio frenata, si devono effettuare delle frenate di preriscaldamento. Le frenate di preriscaldamento sono delle frenate a pressione costante che servono esclusivamente per far aumentare la temperatura. Normalmente sono caratterizzate da bassa pressione e bassa velocità.

La procedura di esecuzione delle frenate a caldo è la seguente:

- esecuzione degli eventuali preriscaldi per far salire la temperatura;
- attivazione del motore per raggiungere la velocità di esecuzione della frenata;
- attesa della diminuzione della temperatura al valore di start;
- esecuzione della frenata.

Diagramma frenate a caldo normali:



Le frenate a CALDO speciali sono composte da due fasi distinte:

- fase di attesa temperatura con il motore in tiro (come le frenate a caldo normali);
- fase di attesa temperatura dopo lo stacco del motore.

La prima fase è identica alle frenate a caldo normali, si aspetta la diminuzione della temperatura con il motore in tiro.

Se questa diminuisce entro un tempo stabilito dall'operatore viene effettuata immediatamente la frenata. Se invece non diminuisce entro il tempo stabilito, viene disinserito il motore e lasciato libero di girare solo per inerzia, rallentando lentamente il suo moto.

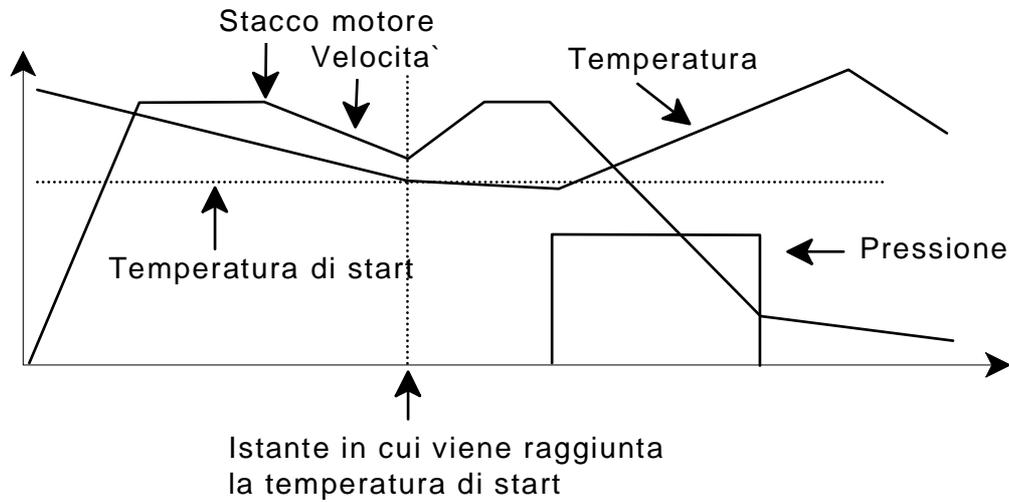
Una volta raggiunta la temperatura di partenza più un delta, si riavvia il motore portando il banco alla velocità richiesta e successivamente si effettua la frenata.

Questo tipo di frenate è utile quando si verifica un rigonfiamento delle pastiglie dovuto all'aumento della temperatura del materiale e quindi a causa dello sfregamento dello stesso contro il disco, viene impedito il raffreddamento.

La procedura di esecuzione delle frenate a caldo speciali è la seguente:

- esecuzione degli eventuali preriscaldi per far salire la temperatura;
- attivazione del motore per raggiungere la velocità di esecuzione della frenata;
- attesa della diminuzione della temperatura al valore di start;
- stacco del motore dopo un tempo stabilito;
- attesa della diminuzione della temperatura al valore di start più un delta;
- riavviamento del motore ad attesa velocità d'inizio frenata;
- esecuzione della frenata.

Diagramma frenate a caldo speciali:



Le frenate a CALDO con velocità di parcheggio sono simili, nella stessa casistica, alle frenate SPECIALI.

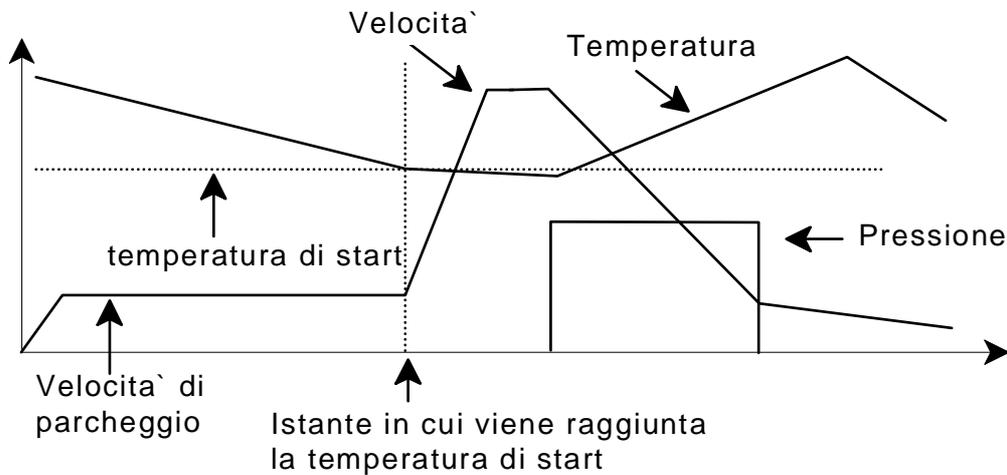
Durante queste frenate, il motore non viene portato alla velocità di target richiesta ma ad una inferiore (detta di parcheggio). Quando viene raggiunta la temperatura di start frenata più un delta, il motore viene portato alla velocità di target e viene effettuata la frenata.

La velocità di parcheggio può anche essere impostata a 0, in questo caso il motore non viene neanche avviato e l'attesa della discesa della temperatura avviene con motore fermo.

La procedura di esecuzione delle frenate a caldo con velocità di parcheggio è la seguente:

- esecuzione degli eventuali preriscaldi per far salire la temperatura;
- attivazione del motore per raggiungere la velocità di parcheggio impostata;
- attesa della diminuzione della temperatura al valore di start più un delta;
- riavviamento del motore ed attesa velocità d'inizio frenata;
- esecuzione della frenata.

Diagramma frenate a caldo con velocità di parcheggio:



Grandezze di controllo della frenata

Le frenate possono essere governate a pressione costante, a coppia costante, a decelerazione costante, oppure a forza costante (nel caso del freno a mano).

Durante le frenate a pressione costante la pressione rimane immutata dall'inizio alla fine mentre contemporaneamente vi è una variazione della coppia frenante.

Nelle frenate a coppia costante è questa che rimane costante dall'inizio alla fine della frenata mentre contemporaneamente vi è una variazione della pressione.

Le frenate a decelerazione costante sono in realtà delle frenate a coppia costante ma dove il valore di coppia viene calcolato automaticamente dal programma a secondo della decelerazione impostata e dell'inerzia da simulare o effettivamente presente sul banco.

Nelle frenate in forza viene mantenuta costante la trazione sul cavo bowden (controllata da una cella di carico).

Frenate con transitorio o con rampa servovalvola

La salita della pressione o della coppia o della forza può essere sia a gradino e sia a rampa.

Nelle frenate a gradino la pressione sale il più rapidamente possibile al valore di target richiesto mentre in quelle a rampa viene calcolata una retta lineare ed il valore di pressione o di coppia vengono fatti crescere in modo progressivo.

Ad esempio l'operatore può richiedere di effettuare la salita della pressione in 1 secondo.

La velocità di salita della pressione nelle frenate a gradino è mediamente nell'ordine di 0.05 - 0.2 secondi.

Frenate con transitorio o con rampa velocità

Analogamente alla pressione, la velocità può essere comandata sia a gradino e sia a rampa.

Nelle frenate a gradino viene dato il valore di target finale e la salita della velocità dipende dalla potenza del motore e dall'inerzia fisicamente presente sul banco.

Nelle frenate a rampa la velocità viene fatta crescere con una rampa lineare dando dei target successivi incrementali.

La selezione tra salita a gradino od a rampa viene effettuata singolarmente per ogni singolo ciclo.

Frenate con diverse tipologie del riferimento servovalvola

Vi sono diversi tipi di controllo del riferimento servovalvola durante la frenata:

- costante (riferimento costante durante tutta la frenata);
- misto (la frenata viene divisa in tre o più parti con differenti valori di riferimento);
- combinato (durante la frenata può essere scambiata la grandezza di reazione);
- teorico (riferimento dato da una funzione della velocità e del tempo $= f[v, t]$).

Nelle frenate con riferimento costante, il valore di target impostato rimane costante per tutta la frenata.

Nelle frenate con riferimento misto, la frenata viene divisa in tre o più intervalli, ognuno dei quali ha un valore di target diverso. La durata dei vari tratti può essere dimensionata in base alla velocità ed in base al tempo.

Una frenata combinata può essere quella in cui si desidera frenare in coppia con un valore elevato, ma non si vuole superare un tetto massimo di pressione. Se durante la frenata, per il mantenimento del target della coppia si tende a superare il valore massimo impostato di pressione, avviene la commutazione di reazione e la frenata viene ultimata con pressione costante pari al valore di soglia impostato.

Nelle frenate con simulazione teorica del riferimento, questo viene variato in funzione della velocità e del tempo secondo un polinomio di 2° (normalmente una parabola), i cui coefficienti sono impostati dall'operatore.

Frenata con diverse tipologie del riferimento motore

Vi sono tre diversi tipi di controllo del riferimento motore durante la frenata:

- senza simulazione d'inerzia;
- con motore in tiro a velocità costante;
- con simulazione di un'inerzia.

Frenate senza simulazione d'inerzia

Le frenate senza simulazione d'inerzia sono le frenate classiche, cioè sono le frenate in cui il motore viene disinserito quando vi è l'azione della servovalvola: la decelerazione dipende unicamente dall'inerzia fisica del banco (volani + attriti).

Frenate con motore in tiro.

Le frenate con motore in tiro servono per simulare lunghe discese alpine (o per la prova di tipo test qualità) in cui l'autista sta con il piede leggermente premuto sul pedale del freno senza che questa azione faccia diminuire la velocità della vettura.

Sono contraddistinte da valori di pressione/coppia relativamente bassi e da una velocità costante durante tutta la frenata.

Il fine frenata normalmente viene impostato sia a tempo e sia a temperatura, in modo tale da evitare surriscaldamento del materiale.

Per l'esecuzione di queste frenate si richiede un motore con una potenza adeguata, in grado di fornire una coppia motrice tale da controbilanciare quella presente sul freno.

Frenate con simulazione di inerzia

Le frenate con simulazione di inerzia sono nate per essere utilizzate quando con i volani presenti sul banco non si riesce ad impostare un valore esatto dell'inerzia della vettura.

In realtà sono utili sempre in ogni caso, in quanto permettono di recuperare con il motore quelle leggere differenze di inerzia che esistono su ogni banco dovute ad altre componenti meccaniche (cuscinetti, albero, ecc.).

La teoria della simulazione di inerzia consiste nell'utilizzare la forza del motore per simulare una resistenza meccanica alla forza frenante. Questa forza del motore può essere utilizzata sia per aumentare l'inerzia del banco e sia per diminuirla.

La quantità d'inerzia simulabile è direttamente proporzionale alla potenza del motore (coppia fornita) ed inversamente proporzionale alla decelerazione che si vuole ottenere.

Durante la frenata il motore rimane attivato per dare o togliere l'inerzia necessaria per la simulazione.

L'algoritmo di simulazione prevede un decremento della velocità teorica in base alla coppia media riscontrata tra il campionamento precedente e l'attuale.

Il loop di controllo effettua le seguenti operazioni:

- rilevamento della coppia attuale;
- calcolo del decremento di velocità teorica;
- calcolo del nuovo target di velocità.

Frenate con acquisizione dopo il fine frenata.

L'acquisizione della time history termina normalmente al fine frenata. In alcuni casi è utile continuare ad acquisire i segnali anche per un certo tempo dopo che la frenata vera e propria sia terminata. Questa possibilità viene utile ad esempio per il calcolo della coppia residua oppure per analizzare l'andamento della temperatura del materiale e dell'olio dopo una serie di frenate consecutive ad alte temperature (es.: nell'ultima frenata di una simulazione di una discesa alpina).

In questo caso l'operatore seleziona il numero di secondi che il sistema deve rimanere in acquisizione al termine della frenata (può essere anche un valore molto alto, > di 1 ora).

Frenate con o senza precarico iniziale

La salita del valore di pressione o di coppia può essere a gradino o rampa. Nel primo caso viene dato immediatamente il valore di target ed il tempo impiegato al raggiungimento di questo valore dipende dalle caratteristiche dell'impianto idraulico, nel secondo caso la salita viene effettuata dando dei riferimenti che crescono in modo lineare nel tempo.

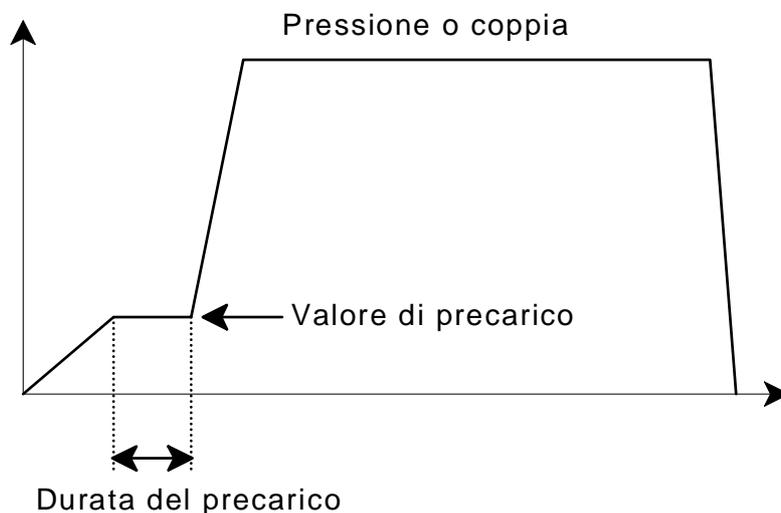
In alcuni casi viene richiesto di attuare, per un tempo limitato, un piccolo valore di pressione (o coppia) prima di effettuare il gradino o la rampa. Questo valore, detto di precarico, può essere utile nei seguenti casi:

- nelle frenate in cui non si desidera considerare il tempo di corsa a vuoto della servovalvola nella salita della rampa o del gradino;
- nelle frenate in cui prima di attuare il valore di target di pressione si deve prima vincere una resistenza interna alla pinza causata da molle od altro.

Il valore di precarico può essere impostato in due modi:

- come valore ingegneristico di pressione o di coppia;
- come una percentuale del valore di target.

Nel primo caso il valore di precarico è fisso (es.: 10 bar, 8 daNm, ecc.) mentre nel secondo caso il valore dipende dal valore di target. Ad esempio se viene richiesto un precarico del 10% del valore di target e questo è 50 bar, il valore di precarico è di 5 bar. La durata del precarico è impostata dall'utente in secondi.



L'operatore può scegliere se conteggiare o meno il tempo del precarico nel tempo totale di esecuzione della rampa.

Nel primo caso, dal tempo di rampa totale, viene sottratto il tempo di salita fino al precarico ed il tempo di precarico stesso, mentre nel secondo caso il tempo di rampa richiesto rimane inalterato utilizzando il valore di pressione del precarico come riferimento.

Frenate con utilizzo degli accumulatori del valore di pressione e di coppia media

Al termine della frenata è possibile memorizzare il valore di pressione media o di coppia media in appositi accumulatori interni al programma. Il valore da memorizzare viene sommato al contenuto già eventualmente presente nell'accumulatore: il valore medio così ottenuto può essere utilizzato nelle frenate successive come valore di target.

Viene memorizzato il valore di pressione in caso di frenata in coppia ed il valore di coppia nel caso di frenata in pressione. In questo modo è possibile rilevare la coppia media risultante da una serie di frenate di uguale pressione ed utilizzarla per effettuare una frenata a coppia costante. Non vi è limite al numero di valori memorizzabili nell'accumulatore, come non vi è limite al numero di accumulatori utilizzabili all'interno della stessa prova.

L'accumulatore viene identificato dall'operatore con un nome lungo al massimo 16 caratteri.

Per utilizzare un valore contenuto all'interno di un accumulatore basta indicare il nome di uno già esistente.

In caso che l'operatore specifichi un nome non ancora utilizzato, il programma crea l'accumulatore inizializzando il suo contenuto con il valore da memorizzare; in caso che l'accumulatore indicato esiste già, somma al suo contenuto il valore da memorizzare.

Da questo istante in poi l'accumulatore creato rimane attivo fino al termine della prova, anche se questa viene interrotta e poi fatta ripartire. I valori vengono salvati su di un file temporaneo che viene cancellato al termine effettivo di tutta la prova.

Lo stesso accumulatore può essere azzerato e riutilizzato più volte nel corso di una prova.

L'opzione di azzeramento degli accumulatori è utile in presenza delle ripetizione di cicli, in quanto in questo caso l'operatore può decidere se ad ogni ripetizione si deve azzerare il contenuto dell'accumulatore oppure continuare a sommarne i valori.

Ad esempio:

| | |
|--------------------------------------|--|
| il ciclo num. 1 (a press. costante) | memorizza il valore di coppia nell'accum. ACC1 |
| il ciclo num. 6 (a press. costante) | memorizza il valore di coppia nell'accum. ACC1 |
| il ciclo num. 11 (a press. costante) | memorizza il valore di coppia nell'accum. ACC1 |
| il ciclo num. 16 (a press. costante) | memorizza il valore di coppia nell'accum. ACC1 |
| il ciclo num. 17 (a coppia costante) | utilizza il valore medio contenuto in ACC1 |

Al ciclo 17 vi è impostata anche la ripetizione cicli a partire dal ciclo numero 1 per 10 volte.

Se l'operatore al ciclo 1 ha impostato la modalità di reset dell'accumulatore, quest'ultimo al ciclo 17 conterrà sempre la somma di quattro valori (i valori medi di coppia dei cicli 1, 6, 11, 16).

Se l'operatore al ciclo 1 non ha impostato la modalità di reset dell'accumulatore, ad ogni ripetizione cicli questo aumenterà il suo totale della somma di quattro valori ogni volta. La prima volta al ciclo 17 si utilizzerà la media di quattro valori, la seconda volta si utilizzerà la media di otto valori, e così via.

Modalità di gestione della ventola di mandata

La ventola di raffreddamento del blocco frenante (detta anche ventola di mandata) può essere pilotata in vari modi.

In fase di descrizione prova l'operatore indica la modalità di utilizzo della ventola, che può essere:

- non utilizzare la ventola durante la frenata;
- utilizzare la ventola in tutte le fasi della frenata;
- utilizzare la ventola solo in alcune fasi della frenata.

Con la prima scelta l'operatore indica che non intende utilizzare la ventola in nessuna delle fasi della frenata.

Con la seconda scelta l'operatore indica che intende utilizzare la ventola in tutte le fasi della frenata.

Con la terza scelta l'operatore indica che intende utilizzare la ventola solo in alcune fasi della frenata, e precisamente:

- spenta durante tutta la fase di esecuzione dei preriscaldi;
- accesa durante la fase di attesa diminuzione temperatura al valore di start;
- spenta durante l'esecuzione della frenata vera e propria;
- accesa dopo il fine frenata ed in attesa della temperatura massima.

Inoltre in ogni ciclo, l'operatore seleziona la modalità di rotazione della ventola che può essere:

- ad un numero di giri fisso valido in tutte le fasi della frenata;
- ad un numero di giri proporzionale al numero di giri del motore.

Nel primo caso la velocità della ventola non varia al diminuire della velocità del motore, rimanendo quindi ad un numero di giri costante; nel secondo caso varia al variare della velocità del motore mantenendo però con esso una proporzione fissa.

Questa seconda possibilità serve per simulare la variazione della quantità d'aria che investe il freno durante la frenata; in quanto man mano che diminuisce la velocità della vettura, diminuisce sia la quantità d'aria e sia la potenza della stessa.

Taratura dinamica dei valori: costanti PI e AUTOTARATURA

Per una correzione dinamica dei valori dei riferimenti durante una frenata e tra una frenata e la successiva, vi sono due possibilità:

- l'utilizzo delle azioni integrativa e proporzionale;
- l'autotaratura dinamica dei valori.

Le azioni integrativa e proporzionale intervengono dinamicamente durante la frenata variando in modo immediato il valore del riferimento a secondo di differenze riscontrati nei valori acquisiti.

Vi è una coppia di costanti PI per ogni riferimento gestito (pressione, coppia, velocità, ventola) e possono essere attivate o disattivate in modo diversificato.

Azione proporzionale

È il riporto sull'attuazione successiva della differenza riscontrata tra il valore di target richiesto ed il valore riscontrato al campionamento attuale. Serve per correggere in modo immediato la differenza tra il dato di target ed il dato reale.

Il recupero dell'errore è funzione del valore della costante KEP.

Azione integrativa

Viene utilizzata la sommatoria degli errori riscontrata tra il valore di target ed il valore attuale per poter azzerare l'errore medio nel tempo. Il valore attuato è la sommatoria dell'errore moltiplicato per la costante KEI.

La differenza tra l'azione proporzionale e l'azione integrativa è che la prima mira a correggere in modo immediato il valore di target mentre la seconda cerca di recuperare nel tempo il valore medio ottenuto. L'azione integrativa ha lo svantaggio di prolungare l'errore nel segno opposto a quello riscontrato sino a quel momento.

L'azione integrativa viene gestita nella seguente modalità:

- accumulatore di errore EI azzerato alla partenza della frenata;
- per ogni campionamento viene calcolato l'errore EP tra il valore di target richiesto ed il valore attuale;
- l'errore calcolato viene sommato agli errori precedenti;
- al comando successivo viene attuato il valore di target richiesto più la sommatoria degli errori moltiplicata per la costante KEI.

Il dimensionamento di questa costante avviene sperimentalmente e può variare da banco a banco.

Regolazione P.I. nell'azione motore

La correzione proporzionale è utile in tutte le fasi di comando sul motore:

- durante l'accelerazione a gradino;
- durante l'accelerazione a rampa;
- durante la fase di simulazione di inerzia sia teorica e sia prelevata da time history.

L'azione integrativa è utile solo durante la rampa di salita e durante la fase di simulazione di inerzia.

Durante la taratura della velocità, si devono impostare le costanti PI a 0, in quanto queste non devono variare il valore del riferimento attuato.

Il dimensionamento delle costanti può variare molto da banco a banco e anche dal tipo di prova da eseguire sullo stesso banco, in quanto i fattori che influenzano il dimensionamento sono sia la potenza del motore e sia l'inerzia meccanica presente effettivamente sui banchi.

Con piccoli valori di inerzia e con una risposta pronta del motore, il valore delle costanti deve essere piccolo (per evitare l'innescio di possibili oscillazioni), mentre con grandi valori di inerzia e una risposta lenta del motore il valore delle costanti deve essere necessariamente più elevato per rendere efficaci le correzioni.

Regolazione P.I. nell'azione servovalvola

Per la regolazione dell'azione servovalvola bisogna tenere conto di tre fattori:

- vi è un ritardo iniziale della risposta causato da un corsa iniziale a vuoto del cilindro attuatore;

- successivamente il sistema è molto pronto nella risposta, in quanto a minime variazioni di corsa corrispondono forti variazioni di pressione;
- nelle prove in coppia vi possono essere delle oscillazioni naturali causati dallo sfarfallamento del disco.

Tenendo conto di questi fattori, si deduce che è consigliabile utilizzare le costanti software solo durante la fase di effettiva attuazione della pressione/coppia.

Il dimensionamento delle costanti si deve effettuare sperimentalmente per ogni banco, anche se rispetto al motore non vi sono dei dimensionamenti esterni tali che possono consigliare di variare notevolmente il loro valore.

Autotaratura dinamica dei valori

Per autotaratura dinamica dei valori si intende il riporto dell'errore tra il valore attuato ed il valore ottenuto sul valore di target della frenata successiva.

Interviene solo sul riferimento della servovalvola (pressione/coppia).

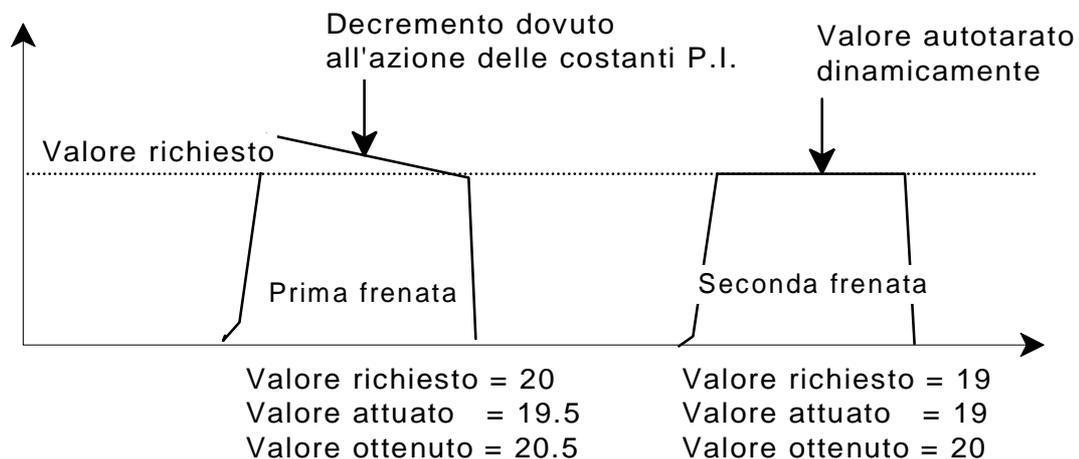
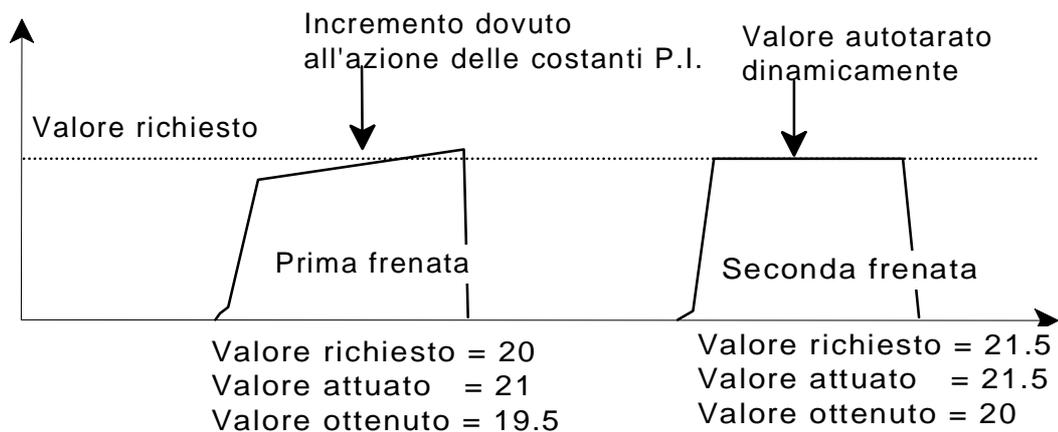
La differenza sostanziale tra le azioni integrativa/proporzionale e l'autotaratura dinamica dei valori è che le prime intervengono sulla frenata in corso, mentre la seconda interviene sulle frenate successive.

L'autotaratura è sempre utile, ma in special modo nelle seguenti casistiche:

- in presenza di costanti software di attuazione non tarate ottimamente;
- in presenza di una deriva dell'impianto idraulico dovuta all'aumento della temperatura dell'olio.

Questa correzione non elimina la diversa risposta dell'hardware (es.: chiedo 20 bar ed ottengo 22 bar) ma permette di aggirarla in modo da ottenere esattamente il valore richiesto.

Integrando l'autotaratura con le azioni proporzionale ed integrativa si ottiene una perfetta esecuzione delle frenate di tutta la prova, riducendo allo stesso modo anche l'incidenza delle costanti P.I. e la presenza di eventuali picchi o gradini iniziali.



La logica di funzionamento è la seguente:

- al termine di ogni frenata viene calcolato l'errore di attuazione della frenata, sottraendo il valore medio ottenuto al valore medio attuato;
- questo valore viene memorizzato in una matrice contenente sia gli errori e sia il valore richiesto delle ultime cinque frenate effettuate;
- da questa tabella viene ricavato un offset che viene sommato al valore di pressione da attuare;

La tabella di calibrazione viene azzerata ogni volta che:

- viene cambiata la modalità di comando della servovalvola (da pressione a coppia e viceversa) ;
- si è in presenza di una pausa del ciclo, sia che sia stata programmata sia che sia stata forzata.

Preriscaldi

I preriscaldi sono delle frenate a pressione costante utilizzate, prima delle frenate a caldo, per far salire la temperatura del materiale quando questa è inferiore al valore di start frenata.

I parametri della frenata di preriscaldo sono impostati in fase di programmazione prova e sono comuni per tutti i cicli di cui è composta la prova.

Il numero di preriscaldi è variabile da ciclo a ciclo, questo perché vi sono dei cicli prima dei quali si possono effettuare un numero di preriscaldi elevato, mentre vi sono altri cicli prima dei quali non si può effettuare nessun preriscaldo per non inficiare i risultati ottenuti nelle frenate successive rendendoli non più confrontabili con altre prove effettuate in precedenza.

La frenata di preriscaldo può terminare per:

- raggiungimento della velocità di stop frenata;
- raggiungimento della temperatura di stop frenata.

La temperatura di stop frenata viene calcolata sommando un offset alla temperatura di start della frenata successiva. Come offset viene utilizzato il valore più alto tra un delta ingegneristico specificato dall'utente ed una percentuale del valore di temperatura di start frenata.

Esempio num. 1

I dati sono:

- offset ingegneristico specificato dall'operatore = 10 °C;
- delta percentuale valore di start frenata = 10%;
- temperatura di start frenata = 60 °C.

In questo caso viene utilizzato l'offset ingegneristico introdotto dall'operatore, in quanto i 10 gradi impostati sono superiori ai 6 calcolati come il 10% di 60 gradi.

La temperatura di stop frenata preriscaldo è pertanto : $60 + 10 = 70$ gradi

Esempio num. 2

I dati sono:

- offset ingegneristico specificato dall'operatore = 10 °C
- delta percentuale valore di start frenata = 10%
- temperatura di start frenata = 300 °C,

In questo caso viene utilizzato l'offset percentuale, in quanto i 10 gradi impostati dall'operatore come offset ingegneristico sono inferiori ai 30 calcolati come il 10% di 300 gradi.

La temperatura di stop frenata preriscaldo è pertanto: $300 + 30 = 330$ gradi

Configurazione della termocoppia pilota

Per termocoppia pilota si intende la termocoppia utilizzata per il pilotaggio della frenata. Questa può essere una qualsiasi delle termocoppia presenti sul banco. La scelta della termocoppia pilota viene effettuata al momento del lancio della prova.

In alcune prove viene richiesto di poter controllare la prova tramite più termocoppie e non una soltanto. Solitamente questo può avvenire quando la prova richiede termocoppie che rilevano la temperatura di entrambe le pastiglie. In questo caso le opzioni di scelta da parte dell'operatore sono quelle qui di seguito elencate.

- 1) Utilizzo della termocoppia che ha il valore più alto tra quelle indicate. Questo vuol dire che per lo start frenata si aspetta che la temperatura di entrambe le termocoppie scenda al valore di start. La termocoppia che raggiunge per ultima il valore di start (quindi che ha una temperatura più alta dell'altra) è quella utilizzata da adesso in poi per il pilotaggio della frenata
- 2) Utilizzo della termocoppia che ha il valore più basso tra quelle indicate. Questo vuol dire che per lo start frenata basta che una delle due termocoppie scenda al valore di start. Questa termocoppia è quella utilizzata per il pilotaggio della frenata
- 3) Utilizzo della media dei valori delle termocoppie indicate. Per tutta la frenata la temperatura utilizzata sarà la media aritmetica dei valori delle due termocoppie indicate.

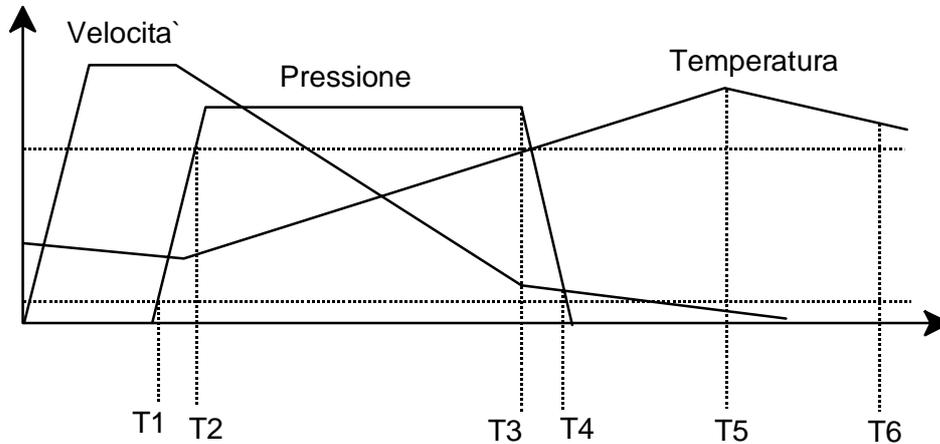
Formule di calcolo dei risultati a fine frenata

Immediatamente dopo il termine della gestione della frenata in corso, il processo di controllo elabora la time history acquisita per il calcolo dei risultati della prova. Il numero e la tipologia dei valori da calcolare può differire da banco a banco, anche se vi è un certo numero di valori che sono standard, comuni a tutti i banchi, La time history viene scandita in modo temporale, dall'inizio alla fine. Ogni risultato da calcolare è caratterizzato da un preciso intervallo d'elaborazione all'interno della frenata. In ogni frenata si possono evidenziare 4 istanti principali ed un numero variabile di istanti secondari.

Gli istanti principali vengono calcolati sul canale di pressione o coppia nel modo qui di seguito riportato.

- ⇒ Istante T1: momento in cui la pressione o la coppia inizia la fase di salita e supera la soglia di rumore impostata (valore tipico 2 bar o 2 daN*m);
- ⇒ Istante T2: istante in cui il valore di pressione o di coppia supera una percentuale del valore richiesto (valori tipici 80% e 90% del valore finale);
- ⇒ Istante T3: istante in cui viene azzerato il riferimento alla servovalvola. Questo istante viene catturato dal processo di controllo della frenata. Per l'istante finale non viene utilizzato il calcolo della soglia in quanto potrebbe fornire dei valori non corretti durante le frenate a coppia costante. La coppia infatti ha un andamento in leggero ritardo rispetto alla pressione, quindi nell'istante finale si rileva ancora della coppia anche se la pressione è già a zero.
- ⇒ Istante T4: momento in cui la pressione o la coppia ha terminato la fase di discesa e scenda sotto la soglia di rumore (valore tipico 2 bar o 2 daN*m);
- ⇒ Istante T5: istante in cui viene rilevata la temperatura massima dopo il termine della frenata.
- ⇒ La temperatura massima normalmente si ottiene alcuni secondi dopo il termine della frenata. I dati acquisiti in questa fase non vengono memorizzati nella time history, a meno di un'esplicita richiesta effettuata tramite un parametro di programmazione prova.

⇒ Istante T6: istante in cui termina l'acquisizione ulteriore effettuata dopo il fine frenata. L'operatore può richiedere di continuare ad acquisire la time history per un tempo indicato dopo il termine della frenata.



Per il calcolo dell'istante T2 si utilizza la media ponderata del valore di pressione o coppia.

Il metodo di calcolo è il seguente:

- calcolo degli istanti T1 e T4 (superamento soglia di rumore);
- calcolo del valore medio del canale di pressione o coppia tra gli istanti T1 e T4;
- calcolo degli istanti intermedi T1P e T4P utilizzando come soglia il valore medio ottenuto nell'elaborazione precedente;
- calcolo del nuovo valore medio tra gli istanti T1P e T4P;
- ripetizione di queste 2 ultime operazioni (calcolo istanti T1P e T4P, calcolo valore medio) per il numero di volte definito in fase di configurazione del banco;
- calcolo dell'istante T2 utilizzando l'ultimo valore medio decrementandolo della percentuale impostata in fase di configurazione banco (tipicamente 80% o 90%).

Le elaborazioni comuni per tutti i banchi riguardano i quattro canali principali:

- canale di velocità;
- canale di pressione;
- canale di coppia;
- temperatura termocoppia pilota.

Elenco dei risultati principali

I risultati principali presenti su ogni banco sono i seguenti (le unità di misura espresse sono quelle normalmente utilizzate, ma tutte sono configurabili dall'utente):

1. Velocità iniziale

Indica la velocità del banco rilevata nell'istante T1, cioè nell'istante in cui la servovalvola ha terminato la corsa a vuoto e si ha l'inizio della salita del valore di pressione o della coppia.

Il valore è espresso in km/h.

2. Velocità finale

Indica la velocità rilevata nell'istante T3, cioè nell'istante in cui viene tolto il riferimento alla servovalvola.

Il valore è espresso in km/h.

3. Decelerazione media

Indica la decelerazione media rilevata durante tutta la fase di frenata, cioè tra gli istanti T1 e T3. Viene calcolata utilizzando la differenza delle velocità di inizio e fine frenata calcolate in precedenza diviso il tempo di durata della frenata.

La formula di calcolo è la seguente:

$$\text{decel} = dV / dT$$

dove

dV = Velocità iniziale - Velocità finale

dT = Tempo a T3 - Tempo a T1

Il valore è espresso in m/sec².

4. Pressione iniziale

Indica il valore di pressione rilevato nell'istante T2.

Se la frenata è a pressione costante, il valore è una percentuale del valore medio ottenuto, mentre se la frenata è in coppia costante il valore si avvicina al valore medio ottenuto. Questa differenza è dovuta al fatto che nelle frenate in coppia costante, l'istante T2 è calcolato sul canale di coppia, che è leggermente in ritardo rispetto al canale di pressione. L'utente può specificare un intorno per il calcolo di questo valore in fase di programmazione prova, se il tempo indicato per quest'intorno è 0, il valore coincide con l'esatto valore al tempo T2. Se all'istante T2 non corrisponde un campionamento esatto del canale, si effettua un'interpolazione tra il campionamento precedente e quello successivo.

Il valore è espresso in bar.

5. Pressione finale

Indica il valore di pressione rilevato nell'istante T3.

Anche per il valore finale di pressione è previsto un intorno in cui fare la media dei valori. Se il valore dell'intorno è zero, il valore coincide esattamente con quello al tempo indicato. Se all'istante T3 non corrisponde un campionamento esatto del canale, si effettua un'interpolazione tra il campionamento precedente e quello successivo.

Il valore è espresso in bar.

6. Pressione media

Viene effettuata una media di tutti i valori di pressione compresi tra T2 e T3. I valori iniziali e finali se non coincidenti con un campionamento, vengono interpolati.

Il valore è espresso in bar.

7. Pressione massima

Indica il più alto valore di pressione riscontrato durante la fase di frenata compresa tra gli istanti T2 e T3.

Il valore è espresso in bar.

8. Pressione minima

Indica il più basso valore di pressione riscontrato durante la fase di frenata compresa tra gli istanti T2 e T3. Nelle frenate in pressione coincide praticamente con il valore iniziale o finale, mentre per le frenate in coppia può avere un diverso andamento.

Il valore è espresso in bar.

9. Coppia iniziale

Indica il valore di coppia rilevata nell'istante T2.

Se la frenata è a coppia costante, il valore è una percentuale del valore medio ottenuto, mentre se la frenata è in pressione costante il valore è sicuramente inferiore all'80% del valore medio. Questa differenza è dovuta al fatto che nelle frenate in pressione costante, l'istante T2 è calcolato sul canale di pressione, che è leggermente in anticipo rispetto al canale di coppia. L'utente può specificare un intorno per il calcolo di questo valore in fase di programmazione prova, se il tempo indicato per quest'intorno è 0, il valore coincide con l'esatto valore al tempo T2. Se all'istante T2 non corrisponde un campionamento esatto del canale, viene effettuata un'interpolazione tra il campionamento precedente e quello successivo.

Il valore può essere espresso in kg*m, in daN*m o in N*m.

10. Coppia finale

Indica il valore di coppia rilevato nell'istante T3.

Anche per il valore finale di coppia è previsto un intorno in cui fare la media dei valori. Se il valore dell'intorno è zero, il valore coincide esattamente con quello al tempo indicato. Se all'istante T3 non corrisponde un campionamento esatto del canale, si deve effettuare un'interpolazione tra il campionamento precedente e quello successivo.

Il valore può essere espresso in kg*m, in daN*m o in N*m.

11. Coppia media

Viene effettuata una media di tutti i valori di coppia compresi tra gli istanti T2 e T3. I valori iniziali e finali se non coincidenti con un campionamento, vengono interpolati. Il valore può essere espresso in kg*m, in daN*m o in N*m.

12. Coppia massima

Indica il più alto valore di coppia riscontrato durante la fase di frenata, cioè tra gli istanti T2 e T3.

Il valore può essere espresso in kg*m, in daN*m o in N*m.

13. Coppia minima

Indica il più basso valore di coppia riscontrato durante la fase di frenata compresa tra gli istanti T2 e T3. Nelle frenate in coppia coincide praticamente con il valore iniziale o finale, mentre per le frenate in pressione può avere un diverso andamento.

Il valore può essere espresso in kg*m, in daN*m o in N*m.

14. Temperatura iniziale della termocoppia pilota

Indica la temperatura della termocoppia pilota ad inizio frenata, cioè nell'istante T2.

Il valore è espresso in gradi centigradi °C.

15. Temperatura finale della termocoppia pilota

Indica la temperatura della termocoppia pilota nell'istante T3.

Il valore è espresso in gradi centigradi °C.

16. Temperatura massima della termocoppia pilota

La temperatura massima viene rilevata a partire dall'istante T1 fino all'inizio della frenata successiva. Questo perché la temperatura massima normalmente si raggiunge alcuni secondi dopo il fine frenata, cioè quando la rilevazione della time history è già terminata.

Il valore è espresso in gradi centigradi °C.

17. Inerzia media della frenata

Indica l'inerzia media rilevata nella frenata dall'istante di salita della pressione fino all'istante di azzeramento della stessa (T2 – T3).

La formula di calcolo è la seguente:

$$\text{Inerzia} = \frac{\text{Coppia media} * \text{delta Tempo}}{\text{Velocità iniziale} - \text{Velocità finale}}$$

dove:

- Inerzia = inerzia media calcolata espressa in kg*m²
- Coppia media = coppia media della frenata espressa in kg*m
- Delta Tempo = durata dell'intervallo di osservazione (T3 – T2) espresso in secondi
- Velocità iniziale = velocità nell'istante T2 espressa in rad/s
- Velocità finale = velocità nell'istante T3 espressa in rad/s

18. Spazio di frenata

Indica lo spazio di frenata percorso nella fase di frenata compresa tra gli istanti T2 e T3.

Il valore è espresso in metri.

19. Coefficiente di attrito medio

Indica il valore del coefficiente di attrito medio calcolato tra gli istanti T2 e T3.

La formula di calcolo del coefficiente di attrito varia a secondo se si tratti di un freno a disco o di un freno a ceppi.

In caso di un freno a disco la formula è la seguente:

$$\mu = \frac{Cm}{(2 * Ap * Rma * (Pm - Pa) * Rmp)}$$

dove:

Cm = coppia media della frenata espressa in N*m

Ap = area pistoncino espressa in m²

Rma = raggio medio d'attrito espresso in m

Pm = pressione media espressa in Pascal (N/m²)

Pa = pressione d'accostamento espressa in Pascal (N/m²)

Rmp = rendimento meccanico della pinza, valore adimensionale (1 = 100%)

Per i freni a ceppi il coefficiente d'attrito viene calcolato tramite un polinomio di 2° che lo lega all'efficienza:

$$\mu = C0 + C1 * efficienza + C2 * efficienza^2$$

20. Efficienza media dei freni a ceppi

Indica il valore di efficienza media dei freni a ceppi rilevata tra gli istanti T2 e T3.

La formula di calcolo è la seguente:

$$efficienza = \frac{Cm}{Rma * Sp * (Pm - Pa)} * KCm$$

dove:

Cm = coppia media espressa in N*m

Sp = superficie pistoncino espressa in m²

Rma = raggio medio d'attrito espresso in m

Pm = pressione media espressa in Pascal (N/m²)

Pa = pressione d'accostamento espressa in Pascal (N/m²)

KCm = costante di conversione del valore di coppia dal sistema internazionale (N*m) al sistema utente (decaNewton o kilogrammetri); può valere 10 in caso di utilizzo dei daN*m o 9.81 in caso dei kg*m.

21. Durata della frenata

Identifica la durata effettiva della frenata, cioè solo la fase in cui si ha un valore di pressione. Il parametro è espresso in secondi e calcolato come la differenza tra T3 e T2;

22. Tempo transitorio servovalvola

Identifica il tempo impiegato dalla pressione o della coppia a raggiungere l'80% del valore richiesto. Viene calcolato solo il tempo effettivo di salita della pressione, eliminando tutta la fase di corsa a vuoto della servovalvola. Il parametro è espresso in secondi e calcolato come la differenza tra i tempi T2 e T1.

23. Coppia residua

È il valore medio del segnale di coppia rilevato dopo il fine frenata (dopo l'istante T4) fino al termine dell'acquisizione.

Questo valore può essere calcolato solo se nel ciclo di prova è stata programmata l'acquisizione dei valori dopo il fine frenata.

24. Valore medio del riferimento attuato sulla servovalvola

Molto utile per verificare la taratura dell'impianto, in quanto permette di verificare la differenza tra il valore di riferimento attuato ed il valore di pressione o coppia ottenuto. Questo parametro viene anche utilizzato nell'algoritmo di autotaratura dinamica dei valori.

25. Valore medio del riferimento attuato sul motore

Utile nelle frenate in tiro per verificare la precisione della risposta del motore, in quanto il valore attuato può essere confrontato con il valore di velocità richiesto.

26. Coefficiente d'attrito iniziale

È il coefficiente d'attrito rilevato nell'intorno dell'istante T2. La formula di calcolo del coefficiente d'attrito iniziale è la stessa utilizzata per il calcolo di quello medio, vengono solo sostituiti i valori di pressione e coppia media con i valori di pressione e coppia iniziale.

27. Coefficiente d'attrito finale

È il coefficiente d'attrito rilevato nell'intorno dell'istante T3. La formula di calcolo del coefficiente d'attrito finale è la stessa utilizzata per il calcolo di quello medio, vengono solo sostituiti i valori di pressione e coppia media con i valori di pressione e coppia finale.

28. Coefficiente d'attrito massimo

È il coefficiente d'attrito più alto rilevato tra gli istanti T2 e T3. Per il calcolo vengono utilizzati i singoli campionamenti di pressione e coppia e non un intorno di valori.

29. Coefficiente d'attrito minimo

È il coefficiente d'attrito più basso rilevato tra gli istanti T2 e T3. Per il calcolo vengono utilizzati i singoli campionamenti di pressione e coppia e non un intorno di valori.

30. Istante T1

È il tempo trascorso dalla fase di inizio acquisizione fino alla fase in cui il valore di pressione o di coppia inizia a salire.

31. Istante T2

È il tempo trascorso dalla fase di inizio acquisizione fino all'istante in cui il valore di pressione o di coppia ha raggiunto l'80% (quota configurabile) del valore richiesto.

32. Istante T3

È il tempo trascorso dalla fase di inizio acquisizione fino all'istante in cui viene azzerato il riferimento alla servovalvola.

33. Istante T4

È il tempo trascorso dalla fase di inizio acquisizione fino all'istante in cui il valore di pressione o di coppia è sceso a 0 (termine effettivo della frenata).

34. Altri risultati

Oltre a questi risultati principali, è possibile selezionare il calcolo di altri risultati per i canali secondari presenti sul banco (es.: canale di corsa pedale, ventola di mandata modulata, altre temperature, portata motovalvole, forza del freno a mano, corsa del freno a mano, ecc.).

Su ognuno di questi canali è possibile effettuare i seguenti calcoli:

- valore iniziale;
- valore finale;
- valore massimo;
- valore minimo;
- valore medio.

Gli istanti di calcolo dei vari valori coincidono con i calcoli analoghi dei canali di pressione e di coppia (T1, T2, T3, T4).

Identificazione della frenata

I risultati sono memorizzati su un file ASCII tabellare, in un formato facilmente importabili in un qualsiasi foglio elettronico.

I risultati di ogni frenata occupano ognuno una singola riga.

L'identificazione delle frenate avviene mediante le colonne qui di seguito esposte.

1. Nome della fase.

È il nome della fase a cui appartiene la frenata eseguita.

2. Numero ciclo progressivo.

È il numero del ciclo progressivo in fase di esecuzione, tenendo conto anche dei vari loop di ripetizione cicli e ripetizione prova.

3. Numero di frenata progressivo.

È il numero di frenata progressivo in fase di esecuzione, tenendo conto anche dei vari loop di ripetizione cicli e ripetizione prova.

4. Numero di frenata all'interno del ciclo (ripetizione frenata).

Identifica il numero di ripetizione della frenata all'interno del ciclo in esecuzione (es.: frenata 53 di 100 frenate totali del ciclo).

5. Numero di eventi (frenate effettivamente effettuate).

Identifica il numero di frenate totali effettivamente effettuate. Se non vi sono stati salti di ciclo o interruzioni dell'esecuzione del ciclo per superamento dei parametri massimi (decelerazione, temperatura, pressione, coppia), il valore contenuto in questo campo coincide con quello del numero di frenata progressivo.

6. Numero di ciclo relativo.

È il numero di ciclo relativo solo alla prova in esecuzione. Varia rispetto al numero di ciclo progressivo quando la prova in corso è composta da una lancia di prove sequenziali in cascata.

7. Numero dei preriscaldi effettuati.

È il conteggio del numero di preriscaldi effettuati prima della frenata attuale.

Particolarità di gestione di un banco bitesta

Su di un banco bitesta si provano contemporaneamente il freno posteriore ed il freno anteriore di mezzo veicolo.

Il banco è caratterizzato da due teste con due freni montati e due servovalvole che gestiscono "in correlazione" l'azione frenante sui due freni.

Si può frenare con controllo in pressione o in coppia su entrambi i freni in tutte le combinazioni.

L'azione frenante può essere indipendente sulle due teste, oppure correlata.

Nel caso di correlazione, una delle due teste funziona da "master", mentre l'altra si adegua all'azione frenante della prima secondo una legge che può essere:

- un semplice "taglio" di pressione (o di coppia) ad un valore programmato;
- un "taglio" dipendente dalla decelerazione del veicolo espresso da una relazione polinomiale;
- un diagramma, fornito all'elaboratore per punti (segmenti), che esprime il comportamento del freno posteriore rispetto a quello anteriore.

A fine frenata vengono effettuati dei calcoli particolari sulla ripartizione di frenata effettuata. Essi sono:

- il rapporto di ripartizione coppia;
- il rapporto di ripartizione coppia ideale;
- il rendimento;
- le aderenze anteriore e posteriore.

Particolarità di gestione delle frenate per prove di comfort

Premesso che l'acquisizione e l'analisi dei dati di rumore (rilevati da microfoni ed accelerometri) deve essere fatte con apparecchiature esterne a quelle dedicate alla gestione del banco dinamometrico, ci sono alcune particolarità hardware e software implementate specificatamente per prove di comfort.

Hardware

È prevista, a livello di controllo del banco, un linea di comunicazione dedicata all'apparecchiatura del rumore.

Esse è costituita da relè di sincronismo per dare ad esempio lo start e lo stop frenata, e da una linea seriale o GPIB per la trasmissione (con relativo protocollo) dei dati.

È inoltre possibile trasmettere dal controllo del banco all'apparecchiatura del rumore, delle grandezze tipiche del controllo del banco come: pressione coppia, velocità, temperatura, etc.

Per evitare interferenze, i segnali analogici trasmessi vengono galvanicamente isolati.

Software

Suddividiamo in due capitoli le specificità del software per il comfort.

Il primo riguarda il protocollo di comunicazione con l'apparecchiatura di rilievo del rumore ed un eventuale servizio di data base per memorizzare ad esempio i risultati delle elaborazioni delle singole frenate risultate rumorose.

Il secondo invece comprende una diversa tipologia di frenate per poter "spazzolare" dei volumi identificati da tre assi: temperatura, velocità e pressione

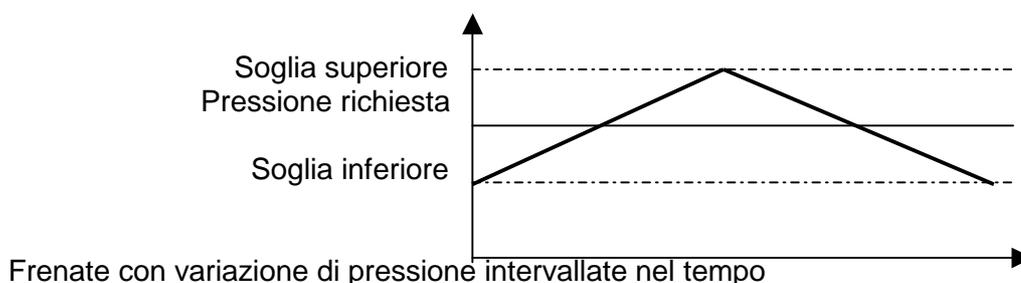
Ciò per poter eseguire la prova AK noise matrix che prevede appunto un esame di tutto volume di lavoro del freno.

Annotiamo per inciso che, in genere, il rumore si ottiene a basse velocità, basse pressioni ed in particolari condizioni di temperatura (ed umidità).

Tipologie di frenate per prove di comfort

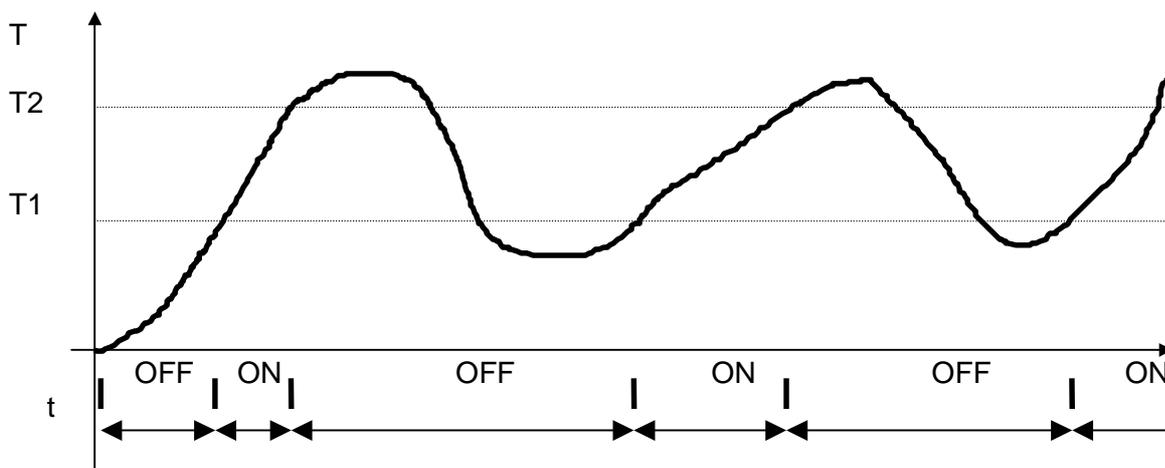
Frenate con variazione di pressione

Sono frenate particolari in cui il banco viene fatto girare molto lentamente (30 rpm) mentre la pressione viene fatta variare di un valore fisso secondo una rampa lineare (2.5 bar in 5 sec nella specifica AK Noise Matrix). La rampa lineare di variazione della pressione inizia non da 0 ma da un valore prefissato sottratto del delta di variazione.



Trattasi di un funzionamento analogo al precedente con la differenza che tra una frenata e l'altra si attende il trascorrere di un tempo programmato.

Frenate per fasce di temperatura



Stabilita la fascia di temperatura data da T1 e T2, vengono attuate frenate nell'ambito dei limiti stabiliti.

Più precisamente:

- se la temperatura (individuata da una delle quattro termocoppie) è superiore a T2, si resta in attesa di raggiungimento della temperatura T1 con motore in rotazione ad una velocità, definita di parcheggio, impostata dall'operatore;
- se la temperatura è inferiore a T2, si effettua la frenata a velocità e pressione programmate;
- detta frenata termina: o dopo un tempo programmato, oppure al raggiungimento della temperatura T2;

Impostando un numero di ripetizioni (≥ 1), si ottiene la ripetizione enne volte della stessa frenata.

Mettendo in sequenza, nel test program, diverse frenate di questa tipologia e variando opportunamente i valori di velocità e/o pressione tra una e l'altra, si può "spazzolare" una determinata fascia di temperatura in varie condizioni di frenatura.

Mettendo in sequenza, sempre nel test program, più fasce di temperatura, si scandisce tutta un'area di lavoro del freno.

Frenate per fasce di temperatura intervallate nel tempo

Trattasi di un funzionamento analogo al precedente con la differenza che tra una frenata e l'altra si attende il trascorrere di un tempo programmato.

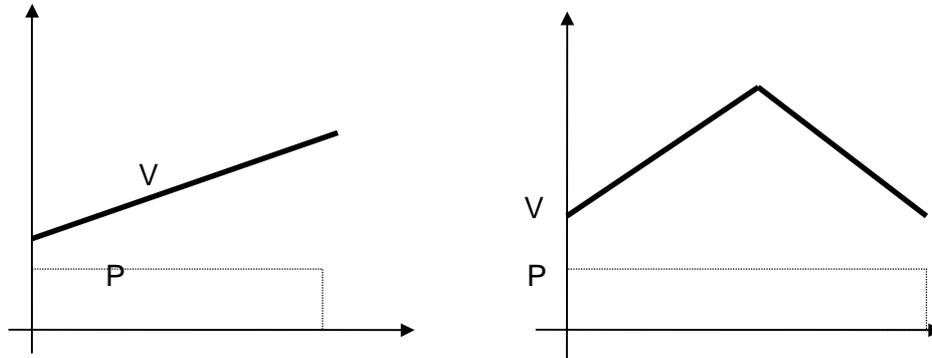
Inoltre la ripetizione di una stessa frenata può essere fatta:

- per un numero di volte programmato;

- oppure per il numero di volte che risulta necessario per il raggiungimento della temperatura T2 (con un numero massimo di guardia programmabile).

Frenate con variazione di velocità

La pressione viene programmata fissa per tutte le frenate mentre la velocità viene fatta variare linearmente tra due valori programmati.



La velocità può essere programmata crescente o decrescente tra due valori (V_{ini} e V_{fine}) in un tempo digitato, oppure può essere fatta crescere e decrescere nell'ambito della stessa frenata programmando quattro valori: V_{ini} , V_{med} , V_{fine} ed il tempo totale di frenata.

Frenate con variazione di velocità intervallate nel tempo

Trattasi di un funzionamento analogo al precedente con la differenza che tra una frenata e l'altra si attende il trascorrere di un tempo programmato.

Frenate a freddo e a caldo

Le frenate delle tipologie precedenti possono essere effettuate a freddo ed a caldo.

Nel caso di frenate a freddo, si impostano due temperature T1 (di minima) e T2 (di massima) e le frenate vengono effettuate se la temperatura è inferiore a T2.

Se invece la temperatura è superiore a T2, si attende, in velocità di parcheggio (programmabile) fino al raggiungimento della temperatura T1.

Le frenate a caldo vengono invece effettuate partendo dalla temperatura che è stata programmata.

Detta temperatura iniziale viene raggiunta: o facendo dei preriscaldi, oppure attendendo (in rotazione) il raffreddamento.

Senso di marcia

Le frenate possono essere effettuate a marcia avanti, oppure a marcia indietro.

Ventilazione modulata

La ventilazione del freno serve a simulare ciò che accade su vettura in cui il freno viene raffreddato dall'aria che lo investe e che è proporzionale alla velocità del veicolo.

Per poter simulare il comportamento stradale, il banco viene dotato di un ventilatore con velocità variabile.

Utilizzando un motore da circa 4 kW con 3000 rpm, si ottengono ventilazioni pari a quelle presenti sulla Formula1 e quindi sufficienti a coprire tutte le esigenze di test.

L'aria proveniente dalla girante, viene canalizzata al freno e fatta uscire con una bocchetta orientabile in modo da poter dirigere il getto nella zona desiderata.

L'automazione del banco prevede svariate modalità di comando della ventola.

Innanzitutto la ventilazione può essere abilitata o disabilitata sia a livello di singole frenate sia all'interno delle parti in cui può essere frazionata l'esecuzione della frenata.

La modalità di comando può essere:

- a velocità fissa (programmata);
- oppure a velocità proporzionale alla rotazione dell'albero volani con rapporto programmabile.

È inoltre possibile intervenire manualmente durante l'esecuzione di una prova e variare le modalità di ventilazione passando da automatico a manuale (o viceversa) con conseguente impostazione a piacere della velocità del ventilatore.

Oltre alla ventilazione, su di un banco dinamometrico, occorre realizzare anche l'aspirazione dei fumi.

Questo impianto viene normalmente demandato al Committente perché è molto legato all'impiantistica dello stabilimento in cui va a collocarsi il dinamometro.

Gestione del freno a mano

Occorre premettere che per una gestione completa del freno a mano può essere fatta soltanto su di un dinamometro che abbia l'opzione del motore idraulico.

Infatti le prove che generalmente si fanno sul freno a mano sono:

- test di capacità di frenata a caldo e a freddo (raggiungimento di determinate decelerazioni per il veicolo);
- test di tenuta (attrito statico a caldo ed a freddo);
- test del tipo "hill hold", ossia test di verifica che un veicolo parcheggiato in discesa coi freni caldi non si muova con la diminuzione della temperatura;
- test del tipo "creep groan", ossia la verifica di rumorosità in condizione di moto incipiente;

e di queste solo la prima può essere fatta senza il motore idraulico.

Il dispositivo hardware progettato per la gestione del freno a mano tiene conto di tutte e quattro le prove. Esso è costituito da:

- un attuatore idraulico con doppio stelo a sezioni differenziate e con boccola idraulica che, se azionata, permette di tenere fermo lo stelo anche sotto sforzo;
- una cella di carico;
- un sensore per la misura della corsa;
- un dispositivo di regolazione della trazione del cavo (reazione sulla guaina).

L'automazione del banco prevede di poter scambiare l'azione frenante dalla pompa al cavo (o viceversa), a qualsiasi frenata del ciclo di prova in modo da poter, come ad esempio nel caso di un freno duo-servo, scaldare con le pastiglie e poi agire sul cavo.

Il freno a mano può essere comandato:

- in coppia: la trazione sul cavo viene modulata per mantenere costante la coppia frenante;
- in forza: la trazione sul cavo viene mantenuta costante;
- in posizione: la corsa del cavo viene impostata ad un valore programmato e poi mantenuta costante;
- in blocco di posizione: dopo aver agito sul cavo in forza (ad es. per raggiungere 70 kg di trazione), o in coppia o in posizione, viene azionato il dispositivo di blocco che mantiene fissa la posizione raggiunta dal cavo anche in condizione di sforzo.

Annotiamo che il controllo di posizione non ha le stesse prestazioni del dispositivo di blocco. Infatti esso ha solo una precisione di circa un decimo di millimetro e ciò comporta ad esempio su di una forza inizialmente impostata a 70 kg, anche oscillazioni di 15 kg.

Attrito statico, hill hold e creep groan

Introduzione

Per l'attrito statico occorre poter generare delle coppie modulate anche in condizioni di velocità nulla (albero fermo).

Con un buon motore idraulico (e relative centralina, servovalvola e frizione a denti) si possono ottenere caratteristiche di:

- coppia massima 500 kg*m;
- angolo massimo di rotazione: 360°;
- velocità angolare pari a : 1 giro in 20 sec.

Il motore idraulico viene automaticamente attivato e disattivato tramite una frizione a denti.

Pertanto è possibile inserire le frenate di ricerca dell'attrito statico, in qualsiasi punto del ciclo di prova e farle eseguire automaticamente.

Si può quindi sondare l'attrito statico ad esempio: dopo il rodaggio, dopo il fade, a freddo, a caldo, etc.

Attrito statico

La prova di attrito statico si articola nei seguenti passi:

- innesto del motore idraulico (ovviamente a velocità zero dell'albero volani);
- applicazione di una azione sul freno: o pressione o forza (nel caso di dispositivo del freno a mano) secondo un valore descritto nella programmazione prova;
- applicazione di una rampa di coppia da parte del motore idraulico, secondo una pendenza ed una durata descritte in programmazione;
- lettura della coppia rilevata dal torsionmetro e lettura, tramite encoder, della posizione (slittamento) angolare.

La prova termina o dopo il tempo programmato o al raggiungimento di un certo valore per l'angolo di slittamento.

Diagrammando le curve di coppia letta e di posizione angolare in funzione del tempo, si ottiene il punto di attrito statico in corrispondenza dell'inizio dello slittamento, o meglio della fine dell'incremento costante della coppia rilevata dal torsionmetro.

Hill hold

La prova di hill hold ha lo scopo di simulare la tenuta del freno a mano di un autoveicolo parcheggiato su di una strada in pendenza.

La prova stradale consiste nei seguenti passi:

- rodaggio e riscaldamento del freno fino ad ottenere una desiderata temperatura;
- parcheggio del veicolo in pendenza con azione sul pedale per tenerlo fermo;
- azione sul freno a mano fino al punto in cui togliendo il piede dal freno non si ha movimento;
- ulteriore incremento della forza sul freno a mano di un valore dato da specifiche;
- attesa della naturale diminuzione di temperatura del freno con verifica che il veicolo resti fermo.

Sul banco dinamometrico, il test di hill hold può essere inserito in qualsiasi punto del ciclo di prova, e quindi essere fatto a caldo o a freddo con modalità completamente automatiche.

I passi di attuazione sono:

- applicazione di una forza sul cavo con un valore (programmato) inferiore a quello di tenuta;
- innesto del motore idraulico;
- applicazione incrementale (programmata) di una coppia da parte del motore idraulico fino ad arrivare al valore corrispondente alla pendenza del tratto di strada di parcheggio del veicolo;
- verifica, durante l'incremento di coppia, di eventuali slittamenti ed in caso di incipiente rotazione, incrementi con step programmati del valore di forza sul cavo in modo da bloccare l'inizio di slittamento;
- ulteriore incremento (programmato) di forza sul cavo al raggiungimento del target di coppia;
- blocco idraulico dell'attuatore sul cavo bowden;
- attesa della diminuzione di temperatura con verifica di slittamento.

Creep groan

Col termine creep groan si intende il rumore che può generarsi in condizioni di tiro e rilascio del freno.

Occorre ovviamente avere una apparecchiatura di rilievo (ed analisi) del rumore (ved. capitolo comfort).

Anche il test di creep groan può essere inserito in un punto qualsiasi del ciclo di prova, per cui può essere automaticamente eseguito in varie condizioni di temperatura ed usura del freno.

La procedura si articola nei seguenti passi:

- innesto del motore idraulico;
- applicazione al freno di una pressione (o di una forza) di valore elevato (programmabile) in modo da garantire la tenuta del freno sotto l'azione della coppia che verrà applicata successivamente dal motore idraulico;
- applicazione di una coppia programmata da parte del motore idraulico;
- ricerca automatica del punto di moto incipiente mediante riduzione dell'azione applicata al freno;
- applicazione, per un tempo stabilito, di una modulazione sinusoidale (programmata) dell'azione sul freno in modo da provocare momenti di fermo e momenti di rilascio.

Simulazione abs

Montando sul banco una centralina ABS si possono effettuare delle frenate con l'intervento di tale regolatore.

Le condizioni in cui le frenate vengono effettuate su banco dinamometrico sono diverse da quelle stradali. Infatti su veicolo si manifesta la tendenza al blocco delle ruote, mentre su banco la velocità del disco resta elevata. La prova ha quindi il solo scopo di confrontare tra di loro dal punto di vista dello spazio di frenata le prestazioni preliminari di impianti frenanti diversi.

Il sistema di governo, oltre a gestire il banco, invia alla centralina ABS la simulazione della velocità ruota.

Coppia residua

Per poter misurare correttamente eventuali coppie residue, occorre montare sul banco uno speciale sistema con sensibilità di 0.2 N*m e fondo scala di 50 - 100 N*m. Detto sistema di misura viene attivato (in automatico) al termine della frenata nel momento in cui si desidera rilevare la coppia residua. Questa può essere rilevata sia con il motore in tiro e sia in decelerazione *naturale*.

Una speciale procedura software consente di caratterizzare il banco mediante il rilevamento della coppia residua imputabile agli attriti meccanici. Questo rilevamento deve essere fatto con le pastiglie divaricate.

Il valore ottenuto viene sottratto alle curve di coppia residua ricavate durante le prove.

La procedura è necessaria a causa della sensibilità del sistema e dei piccoli valori di coppia residua che si vogliono misurare.

