

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITA' DI BOLOGNA

**SECONDA FACOLTA' DI INGEGNERIA
CON SEDE A CESENA**

***CORSO DI LAUREA*
IN INGEGNERIA MECCANICA**

Classe LM-33

Sede di Forlì

TESI DI LAUREA
In controllo dei motori a combustione interna LM

**Realizzazione di un'interfaccia per l'analisi dati di calibrazione
dell'anticipo di accensione**

CANDIDATO:

Gian Luca Maggioli

RELA TORE:

Chiar.mo Prof. Ing. Enrico Corti

Anno Accademico 2012/13

Sessione III^a

Indice

1	Anticipo di accensione	5
1.1	La curva ad ombrello	6
1.2	Effetto dell'anticipo di accensione sulla combustione	7
1.3	Effetto dell'anticipo di accensione sulle prestazioni	10
2	Indici di detonazione	13
2.1	La detonazione	13
2.2	Determinazione indici di detonazione	14
2.2.1	Indice MAPO	15
3	Interfaccia analisi dati	19
3.1	Il file Matlab	20
4	Il pannello frontale	23
4.1	Selettori e indicatori superiori	24
4.1.1	RPM	24
4.1.2	SWEEP	25
4.1.3	OPTIMAL ADV - NEXT ADV - KNOCK LIMIT	25
4.1.4	THR	26
4.2	Indicatori luminosi	26
4.2.1	PLAUS	27
4.2.2	KNOCK	27
4.2.3	KNOCK NEXT ADV	28
4.2.4	OPTIMAL ADV	28
4.2.5	GAP MAX MFB50	29
4.2.6	INFO	30
4.3	Contenitore a Tab	30
4.3.1	Tab IMEP	31

4.3.2	Tab MAPO%	32
4.3.3	Tab MISFIRE	32
4.3.4	Tab ADV	33
4.3.5	Tab MFB50	34
4.3.6	Tab MFB50 tot	35
4.3.7	Tab MAPO	37
4.3.8	Tab Histogram	38
4.3.9	Tab INFO	40
4.4	QUIT	42
5	Il diagramma a blocchi	45
5.1	Caricamento file .mat	45
5.2	Primo step: Il timed loop	47
5.3	Secondo step: attivazione recovery	48
5.4	Terzo step: il while loop	48
5.4.1	Attivazione e disattivazione selettore sweep	48
5.4.2	Gestione tasto QUIT	50
5.4.3	Elaborazione dati	50
5.4.3.1	Caso TRUE	51
5.4.3.2	Caso FALSE	54
5.5	I SubVI	56
5.5.1	SubVI IMEP	56
5.5.2	SubVI ADV OPT ACTUAL	57
5.5.3	SubVI MAPO	58
5.5.4	SubVI MAPO TOT	59
5.5.5	SubVI MFB50	60
5.5.6	SubVI MFB50 TOT	60
5.5.7	SubVI MISFIRE	62
5.5.8	SubVI INFO	62
5.6	Gestione degli istogrammi	63
6	Esempi di utilizzo	65
6.1	Esempio 1: THR 71°	65
6.2	Esempio 2: THR 14.5°	69
7	Conclusioni	73

Capitolo 1

Anticipo di accensione

In un motore ad accensione comandata, la gestione dell'accensione consiste sostanzialmente nella determinazione dell'anticipo di accensione, che è la distanza (espressa in gradi di rotazione dell'albero motore) che separa il punto in cui scocca la scintilla tra gli elettrodi della candela ed il punto morto superiore di fine corsa di compressione (PMS attivo); tale distanza varia in funzione al regime di rotazione e dal carico del motore.

La necessità di anticipare l'inizio della combustione nasce dall'esigenza di far svolgere il corretto funzionamento del ciclo del motore, in quanto all'aumentare del regime di rotazione diminuisce il tempo in cui deve avere luogo la combustione (aumenta la durata angolare della combustione), che è a sua volta influenzata dal carico del motore (più alto sarà il carico, più rapida sarà la combustione).

In passato, per consentire un adeguamento dell'anticipo si impiegavano dispositivi meccanici, mentre nelle moderne accensioni elettroniche l'anticipo è controllato da una centralina che attua il valore di anticipo memorizzato in una mappa consentendo di avere la fase di combustione ottimale in qualunque condizione di funzionamento del motore. La mappa si ottiene al banco prova facendo una calibrazione dell'anticipo d'accensione di massima coppia (Maximum Brake Torque, MBT) ottenendo una curva detta "curva ad ombrello".

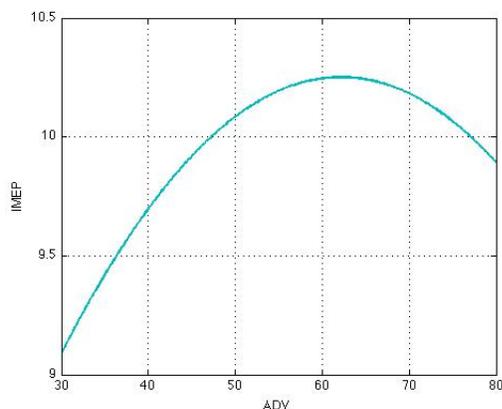


Figura 1.1.1: Grafico IMEP [bar] - ADV [°]: curva ad ombrello.

1.1 La curva ad ombrello

La curva ad ombrello si ottiene variando l'anticipo di accensione (ADV) e misurando la coppia all'albero o la pressione media indicata (IMEP) per un determinato regime di rotazione e carico motore.

Dalla figura 1.1.1 si può notare che la curva presenta un vertice in corrispondenza di un preciso valore di anticipo, e tale valore garantisce il massimo dell'efficienza per la determinata condizione di funzionamento; tale valore è il valore di anticipo ottimale.

La forma della curva ad ombrello è descrivibile considerando due aspetti svincolati tra loro: l'energia dissipata a parete e la fasatura della combustione.

Se non ci fossero le perdite di calore a parete, la combustione ideale sarebbe quella dove il 50% della combustione (MFB50) è posizionato al PMS. Questo lo si può vedere come il rendimento di trasformazione dell'energia; se si rilascia una certa quantità di energia, fissata la durata angolare della combustione, la posizione angolare del rilascio di calore influisce sul rendimento di trasformazione (la conversione dell'energia è più efficiente). Se si anticipa troppo la combustione, succede che la maggior parte del processo avviene con volumi della camera molto piccoli, quindi si ottengono pressione e temperature molto elevate (a parità di energia liberata) e quindi anche le perdite di calore a parete aumentano. L'interazione di questi due fenomeni è la causa dell'andamento "ad ombrello" della curva che fa posizionare il vertice

1.2. EFFETTO DELL'ANTICIPO DI ACCENSIONE SULLA COMBUSTIONE⁷

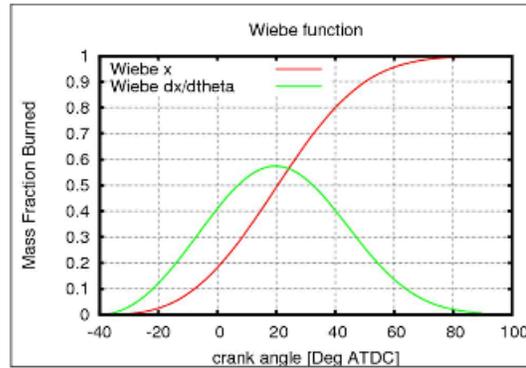


Figura 1.2.1: Rappresentazione della funzione di Wiebe e della sua derivata.

in corrispondenza dei valori di anticipo che portano a valori di MFB50 posti abbondantemente dopo il PMS.

1.2 Effetto dell'anticipo di accensione sulla combustione

L'andamento della combustione non è altro che la frazione di massa di combustibile bruciata nel dominio angolare (MFB) e tale andamento è descrivibile analiticamente mediante la funzione di Wiebe (rappresentata in figura 1.2.1):

$$x_b = 1 - e^{-a \left(\frac{\vartheta - \vartheta_{soc}}{\Delta\vartheta} \right)^{m+1}}$$

dove:

- x_b è la frazione di massa bruciata,
- ϑ è l'angolo attuale di manovella,
- ϑ_{soc} è l'angolo di inizio combustione
- $\Delta\vartheta$ è la durata angolare della combustione,
- a è il fattore di completezza della combustione,
- m è la forma della combustione.

In tale funzione si descrive l'andamento della frazione di massa bruciata x_b in funzione dell'angolo attuale di manovella e di ulteriori quattro parametri (fase, durata, completezza e forma), ai quali è possibile fare corrispondere eventi riconoscibili nella combustione. In particolare ϑ_{soc} e $\Delta\vartheta$, che rappresentano l'inizio e la durata della combustione, vengono fatti corrispondere, ad esempio, al raggiungimento del 10% e del 90% della massa bruciata (MFB10 e MFB90), mentre m è legato alla velocità di combustione e quindi al picco di rilascio di calore (ROHR).

Nella sezione 1.1 si prende come unico parametro per la determinazione dell'anticipo ottimale solo MFB50, che equivale a considerare solo la fase della combustione. Questo è corretto perché con la variazione dell'anticipo, non si varia solo un parametro, ma tutti i quattro parametri della funzione di Wiebe, e di conseguenza cambia la combustione.

Per valutare l'effetto che l'anticipo di accensione ha sulla combustione, basta osservare gli andamenti di MFB10, MFB90 e il ROHR al variare dell'anticipo a parità di altre condizioni. Dalla figura 1.2.2 si può vedere che se aumenta l'anticipo, MFB10 diminuisce, e contemporaneamente la durata della combustione diminuisce; allo stesso tempo, il picco di rilascio calore aumenta, confermando l'incremento della velocità di combustione.

In conclusione, l'andamento dei parametri caratteristici della combustione può essere descritto attraverso MFB50, che quindi è un indicatore molto efficace della combustione nel suo complesso (fase, durata e forma). Questo si verifica perché l'anticipo di accensione non può influire sui parametri osservati in maniera selettiva.

Sempre dalla figura 1.2.2 si nota anche che per un determinato valore di anticipo, si ottiene una dispersione su MFB50¹, e tale assenza di determinismo nelle combustioni dei motori ad accensione comandata, porta ad effettuare un controllo di tipo statistico, cioè gli effetti dell'anticipo di accensione vanno osservati sulle distribuzioni (media e deviazione standard dei parametri rilevanti). Se esistesse la possibilità di gestire in maniera deterministica e indipendente i parametri che definiscono la funzione di Wiebe, si potrebbe progettare la forma del rilascio di energia, adeguandola alle esigenze di prestazione (coppia, consumo, emissioni, ecc.).

¹Si ottiene una dispersione perché la combustione in un motore ad accensione comandata non parte sempre nello stesso modo. Questo è dovuto a svitati parametri difficili da controllare: percorso della scintilla, EGR, rapporto A/F sotto candela, ecc.

1.2. EFFETTO DELL'ANTICIPO DI ACCENSIONE SULLA COMBUSTIONE9

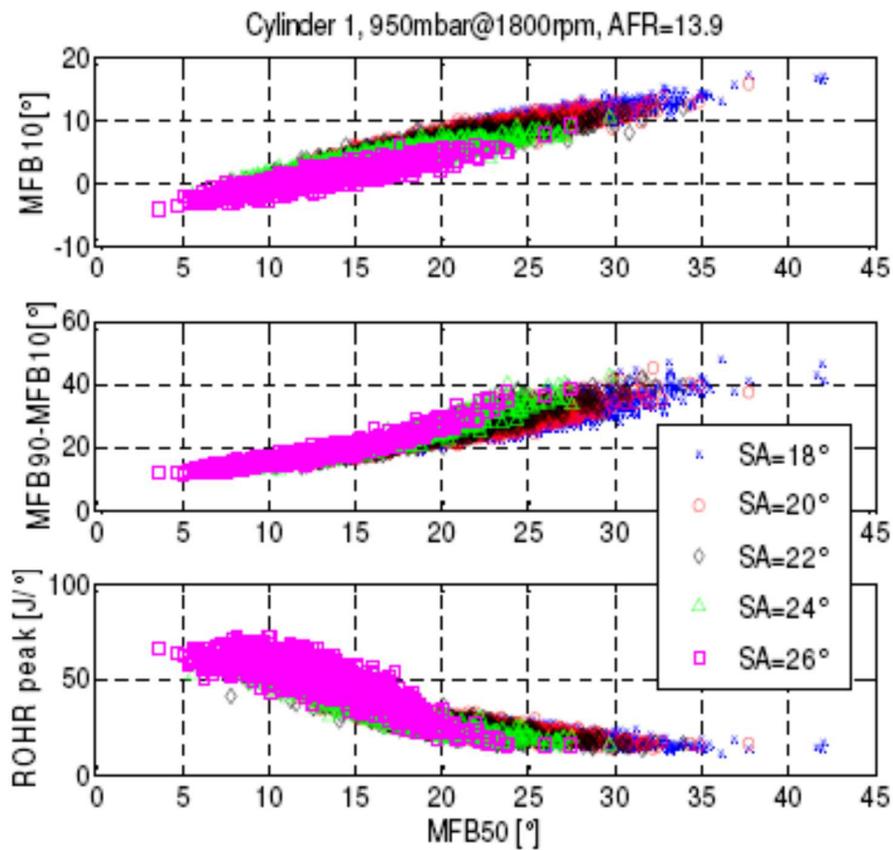


Figura 1.2.2: Effetto della dispersione ciclica nei piani MFB10 - MFB50, (MFB90-MFB10) - MFB50 e ROHR - MFB50 al variare di ϕ e ADV.

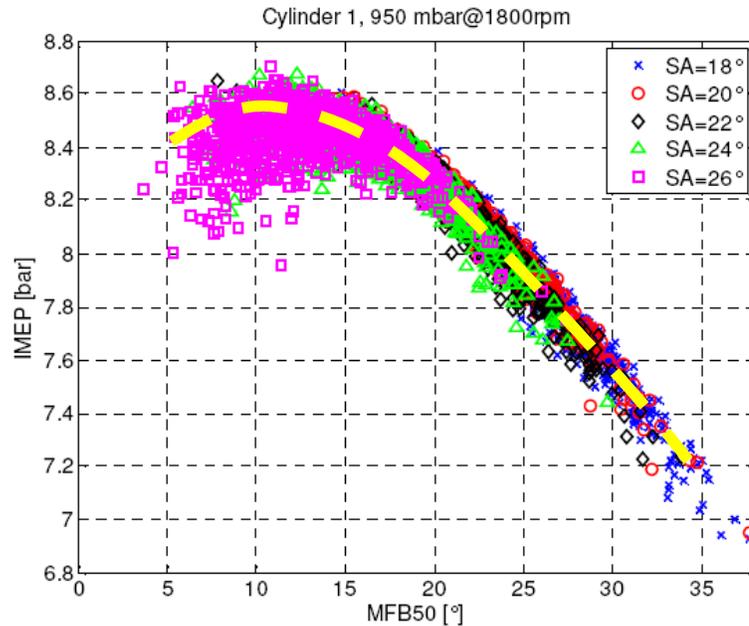


Figura 1.3.1: Effetto della dispersione ciclica nel piano IMEP-MFB50.

1.3 Effetto dell'anticipo di accensione sulle prestazioni

L'effetto della dispersione ciclica è evidente quando si analizzano i cicli nel piano IMEP-MFB50.

Nella figura 1.3.1 si nota che le nuvole di punti relative ai vari anticipi di accensione attuati (stessa condizione di funzionamento, si varia solo l'anticipo), portano allo stesso andamento della IMEP in funzione di MFB50.

Nell'intorno della fase ottimale, la nuvola di punti ha molta dispersione su MFB50, ma presenta una dispersione molto più contenuta sulla IMEP, e quindi l'effetto della dispersione ha un'influenza meno marcata sulla IMEP, cioè sulle prestazioni. Questo è segno che per quella fase il compromesso tra perdite di calore a parete (influenza su energia disponibile) e efficienza di trasformazione dell'energia termica in energia meccanica è ottimale. Spesso la fase ottimale viene ottenuta con valori di MFB50 di circa 8 - 10° dopo il PMS, ma in realtà può cambiare al variare delle condizioni operative.

E' evidente che la dispersione ciclica deteriora le prestazioni, impeden-

*1.3. EFFETTO DELL'ANTICIPO DI ACCENSIONE SULLE PRESTAZIONI*¹¹

do il raggiungimento di una condizione ottimale sistematica, e consentendo solamente di ottenere una dispersione ottimale. Il deterioramento è legato all'impossibilità di ottenere una fase di combustione sistematica a fronte di un anticipo di accensione costante, e quindi impone una calibrazione fatta su database che contengono molti cicli (di solito da 200 a 500), per poter stabilire con certezza i valori di anticipo di accensione ottimale.

Solitamente i valori di anticipo ottimale vengono mappati in ECU (scritti in EPROM) , in funzione della condizione operativa (RPM, Pcoll).

Capitolo 2

Indici di detonazione

2.1 La detonazione

La detonazione è una forma di combustione anomala che decrementa le prestazioni (potenza e consumo) di un motore ad accensione comandata.

È direttamente legata a:

- caratteristiche del combustibile (velocità laminare di combustione¹, ritardo all'accensione²);
- parametri di progetto e di funzionamento del motore.

Tale fenomeno è da tenere sotto controllo perché non si limita soltanto a peggiorare le prestazioni, ma può creare danni al motore.

Quando c'è detonazione, il segnale di pressione nel cilindro diventa irregolare e compaiono delle oscillazioni di pressione ad alta frequenza (in figura 2.1.1 viene mostrato l'evoluzione del segnale di pressione all'aumentare del grado di detonazione). Questo accade perché la combustione, in diversi punti della camera, cambia modalità: non segue più il fronte di fiamma, ma la mi-

¹Velocità laminare del fronte di fiamma: il valore è determinato dalla rapidità con cui avvengono i fenomeni di trasporto di massa ed energia nella zona del fronte di fiamma e dalla velocità con cui procedono le reazioni chimiche.

²Tempo di ritardo all'accensione: intervallo di tempo che intercorre tra il momento in cui una miscela di combustibile e comburente è portata in fissate condizioni di pressione e temperatura e l'istante in cui la combustione si avvia in maniera apprezzabile.

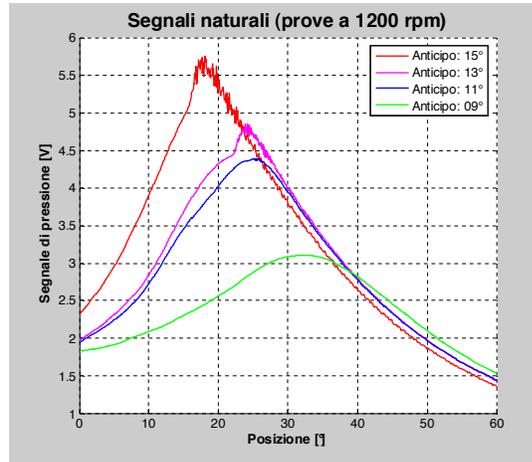


Figura 2.1.1: Evoluzione del segnale di pressione al variare dell'anticipo di accensione.

sce la si autoaccende³ liberando molta energia in brevissimo tempo generando la propagazione delle onde di pressione anomale.

Dalla figura 2.1.1 è possibile vedere che la detonazione è influenzata anche dall'anticipo di accensione attuato, quindi il fenomeno indesiderato è controllabile diminuendo l'ADV.

Per determinare il grado di detonazione, si usano degli indici. Tali indici non sono legati all'effettivo pericolo del fenomeno; di solito il produttore del motore stabilisce il valore massimo tollerabile dell'indice in base all'esperienza, questo perché non esiste un vero e proprio limite.

2.2 Determinazione indici di detonazione

La valutazione degli indici per la determinazione della detonazione, si può fare utilizzando il segnale di pressione nel cilindro.

Le onde di pressione anomale che si creano con la detonazione, vanno ad eccitare le frequenze di risonanza della camera di combustione e lo spettro del segnale di pressione (mostrato in figura 2.2.1) presenta, in corrispondenza delle frequenze di risonanza, delle ampiezze che aumentano con l'aumentare della detonazione.

³Autoaccensione: l'avvio della combustione avviene senza l'intervento di una sorgente esterna.

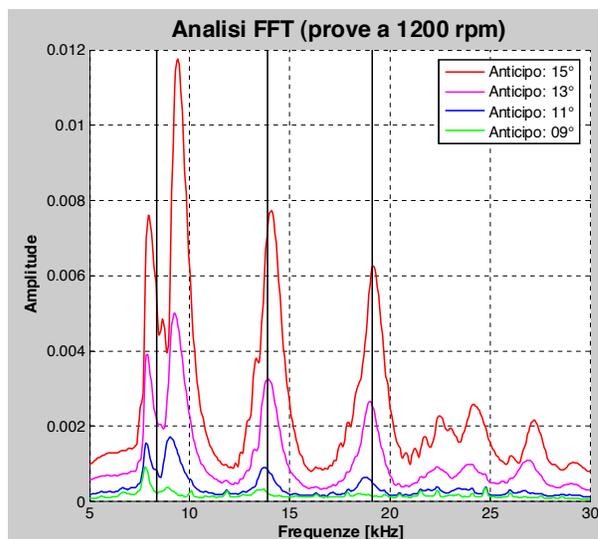


Figura 2.2.1: Evoluzione dello spettro del segnale di pressione al variare dell'anticipo di accensione.

Filtrando, con un filtro passa alto, il segnale di pressione in una finestra di 60° partendo dal PMS, si ottiene un segnale ideale per la definizione degli indici di detonazione. Il segnale che si ottiene è rappresentato nella figura 2.2.2, mentre gli indici sono così definiti:

Max Amplitude of Pressure Oscillations	$MAPO = \max(P_f)$
Mean Square Value	$MSV = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{\vartheta_{inf}}^{\vartheta_{sup}} P_f^2}$
FirST derivative	$FST = \max\left(\left \frac{dP_f}{d\vartheta}\right \right)$
THirD derivative	$THD = \max\left(\left \frac{d^3 P_f}{d\vartheta^3}\right \right)$
Sum of Divided Band Pass filters	$SDBP = \max(P_{f1}) + \dots + \max(P_{fn})$
Integer-Derivative	$ID = \int_{\vartheta_{inf}}^{\vartheta_{sup}} \left \frac{dP}{d\vartheta}\right d\vartheta$

dove P_f è il segnale di pressione filtrato e finestrato.

2.2.1 Indice MAPO

L'indice di detonazione MAPO (Maximum Amplitude of Pressure Oscillations) è l'indice più comunemente utilizzato.

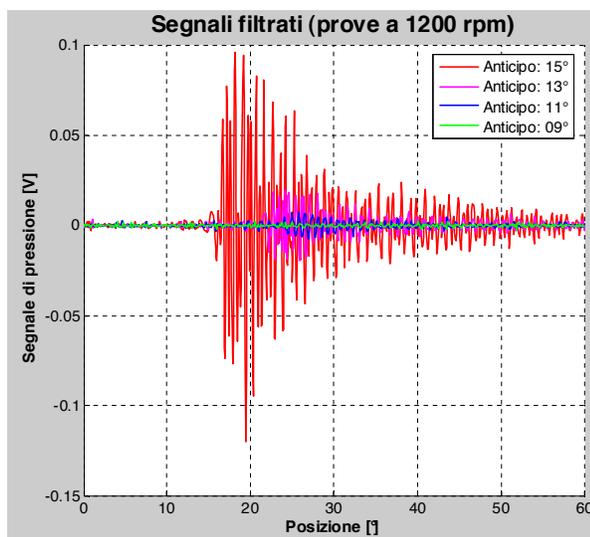


Figura 2.2.2: Segnale di pressione filtrato e finestrato (finestra 0-60°)

Tale indice non è legato all'effettivo pericolo del fenomeno della detonazione; viene stabilito un valore massimo tollerabile dell'indice oltre il quale la combustione viene definita detonante, quindi se un ciclo motore presenta un valore di MAPO maggiore del MAPO limite, tale ciclo viene definito detonante.

Spesso si usano valori percentili (figura 2.2.3) per il confronto con le soglie: ad esempio si confronta con il MAPO limite il valore di MAPO al di sotto del quale si ha il 99% dei cicli, tollerando che 1% dei cicli sia detonante. A tale condizione viene anche affiancato un valore di MAPO massimo non superabile per evitare i super knock.

Dalla figura 2.2.4 si può notare che il valore medio del MAPO è sensibile alla variazione dell'anticipo di accensione, ma anche la deviazione standard lo è, quindi anche se il valore medio di MAPO rientra nel limite, non è detto che i singoli valori, soprattutto quelli agli estremi della distribuzione, siano conformi. Quindi con la media e la deviazione standard non si possono fare considerazioni corrette sulla detonazione, visto che la distribuzione non è Gaussiana, ma è più simile a Weibull.

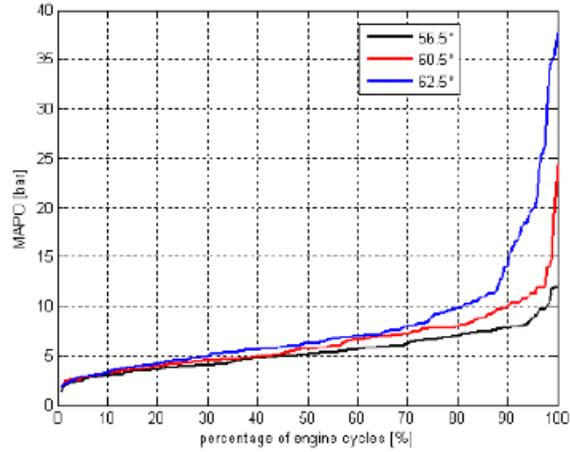


Figura 2.2.3: Valori percentili di MAPO: valori MAPO ordinati in modo crescente in funzione della percentuale dei cicli.

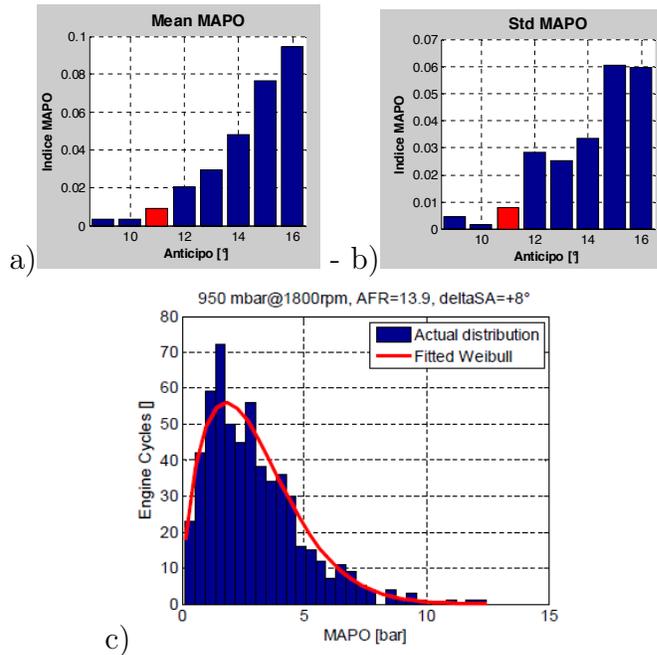


Figura 2.2.4: Sensibilità all'anticipo di accensione del valore medio (a) e alla deviazione standard (b) del MAPO. c) Distribuzione MAPO.

Capitolo 3

Interfaccia analisi dati

L'obiettivo dell'interfaccia per l'analisi dei dati di calibrazione dell'anticipo di accensione è quella di dare all'utente la possibilità di osservare, breakpoint per breakpoint, i valori di anticipo che verranno attuati, eventualmente modificandoli, ed altri parametri (IMEP, MAPO, MFB50, ecc.) da esso dipendenti.

Si è scelto di sviluppare l'interfaccia in LabVIEW, che è un software con un linguaggio di programmazione grafico sviluppato appositamente per facilitare la realizzazione di applicazioni per acquisizione, analisi e controllo di dati e segnali.

I programmi realizzati con LabVIEW sono detti Virtual Instrument (VI) in quanto nell'aspetto fisico e nel modo di interagire riproducono strumenti reali mentre si tratta di oggetti virtuali.

L'interfaccia utente di ogni VI è il pannello frontale in cui sono posizionati controlli e indicatori che rappresentano rispettivamente gli input e gli output del VI. I controlli sono manopole, potenziometri, quadranti, pulsanti, interruttori, comandi scorrevoli, caselle numeriche o di testo e altri meccanismi di introduzione di dati, mentre gli indicatori sono grafici, led, tabelle e altri componenti che consentano di visualizzare gli output acquisiti o generati dal diagramma a blocchi.

Dopo aver realizzato il pannello frontale, è necessario implementare le funzionalità richieste dall'applicazione nel diagramma a blocchi, unendo ed elaborando le icone che rappresentano gli oggetti del pannello frontale. Quest'ultima parte è il corpo centrale di un VI in quanto contiene il codice grafico che gestisce gli oggetti presenti nel pannello frontale.

Nella realizzazione del codice si possono utilizzare, oltre ai capisaldi della programmazione classica come i cicli `while`, `for` e la struttura `case`, gli elementi messi a disposizione dalle librerie di LabVIEW come le strutture temporizzate, che permettono di stabilire una priorità tra le varie parti del programma o funzione già implementate, le cosiddette `Buit-in functions`, per l'acquisizione, l'analisi e l'esposizione di dati; una volta terminata anche questa operazione è possibile personalizzare l'icona del VI in alto a destra, attribuendo al file stesso il numero di connettori desiderato, per poi poterlo utilizzare in seguito come subVI.

L'enorme flessibilità di LabVIEW risiede anche nella possibilità di stabilire una scala gerarchica e una priorità dei VI, consentendo questo modo di realizzare strutture anche molto complicate senza mai perdere di vista il quadro di insieme.

L'interfaccia può essere utilizzata online, come un subVI di un VI che esegue la vera e propria calibrazione dell'anticipo di accensione, oppure offline.

Nel caso si utilizzi online, dopo che il motore ha terminato uno sweep di calibrazione, viene data la possibilità di analizzare i dati della calibrazione utilizzando l'interfaccia grafica di analisi, che apparirà in una finestra popup; intanto il motore viene portato in una condizione di riposo in attesa di eseguire lo sweep successivo.

L'interfaccia può anche essere utilizzata offline per visualizzare i dati dopo che sono stati acquisiti (per esempio l'analisi dei dati in database).

In entrambi i casi il VI necessita di un file in input che contenga i dati, ed il file deve essere un file Matlab, che è un file che ha l'estensione `.mat`.

3.1 Il file Matlab

Il file analizzato è un file Matlab che contiene gran parte delle informazioni processate in tempo reale dal sistema che esegue la calibrazione.

La calibrazione viene effettuata:

1. in rampa, a farfalla costante: in questo modo la permanenza in condizioni di funzionamento logoranti (ad esempio in pieno ad alti giri) è limitata;
2. individualmente cilindro per cilindro;
3. per step: ad ogni step viene effettuata una spazzolata (sweep) di giri, in modo da ottenere, sweep dopo sweep, per ogni cilindro e per ogni

breakpoint, l'andamento della IMEP in funzione dell'anticipo attuato (la curva a ombrello).

Al termine, il sistema genera un file, con estensione .mat, del tipo *GP12_121009_GP31_08_04_C_00_02_710_r.mat* dove:

- *GP12* indica il nome del motore;
- *121009* indica la data in cui è stata effettuata la calibrazione;
- *GP31* indica il numero di matricola del motore;
- *04* indica il test number
- *C* indica il tipo di mappatura (C per rampe e P per stazionari);
- *710* indica l'apertura della valvola a farfalla in ° (71, 0° nell'esempio).

Capitolo 4

Il pannello frontale

Il pannello frontale del VI, mostrato in figura 4.0.1, può essere suddiviso in tre sezioni:

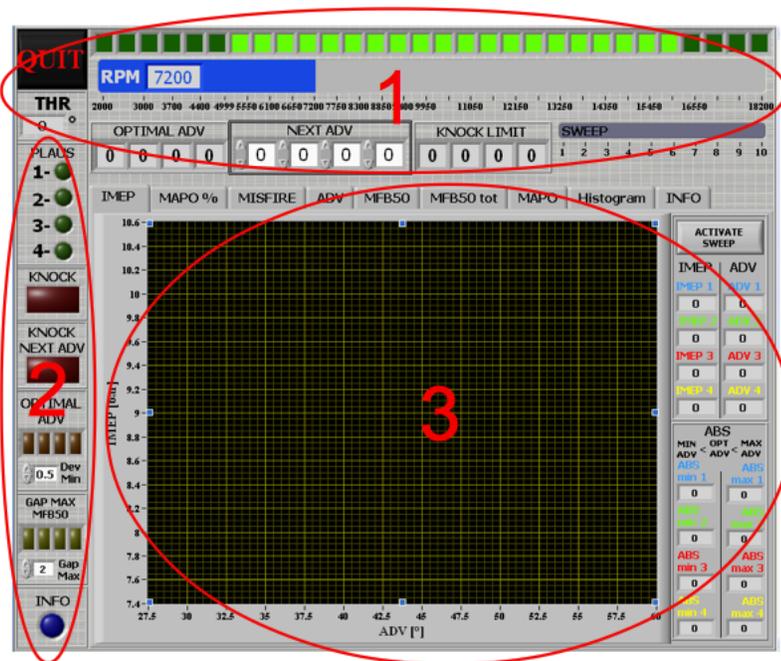


Figura 4.0.1: Pannello frontale del VI. 1: zona che contiene i selettori per variare il regime motore e lo sweep; 2: zona che contiene una serie di indicatori luminosi di avvertimento; 3: zona dov'è presente un contenitore a tab.

1. quella superiore, che contiene alcuni indicatori generali e i selettori per variare il regime motore e sweep;
2. quella laterale, che contiene una serie di indicatori luminosi di avvertimento;
3. quella centrale, dov'è presente un contenitore a tab.

4.1 Selettori e indicatori superiori

4.1.1 RPM

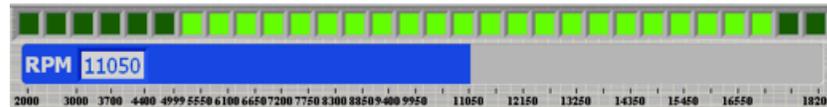


Figura 4.1.1: Selettore RPM: permette di selezionare il breakpoint desiderato.

Il selettore di RPM, mostrato in figura 4.1.1, permette di scegliere il breakpoint motore desiderato. I valori dei breakpoint vengono aggiornati automaticamente dal sistema in fase di lettura della variabile *rpm_setpoint* contenuta nel file *.mat* e se si seleziona un valore intermedio tra due breakpoint, il selettore si sposta automaticamente al breakpoint immediatamente più vicino.

Sopra il selettore è presente una serie di trenta indicatori luminosi, posizionati circa in corrispondenza al relativo breakpoint. Tali indicatori servono ad indicare quali breakpoint sono visualizzabili (presenza di dati disponibili) e in quali sono presenti degli errori, in funzione al colore che assumono:

- colore verde scuro → indicatore spento: i dati del breakpoint non sono presenti;
- colore verde chiaro → indicatore acceso: i dati del breakpoint sono presenti e correttamente visualizzabili;
- colore rosso → indicatore acceso: i dati che competono al breakpoint non sono affidabili. Le possibili cause sono:

- rilevata una IMEP minore di -2 bar ;
- l'angolo dove si ottiene la pressione massima è maggiore di 50° oppure minore di -5° ;
- la pressione massima è maggiore di 200 bar oppure minore di 5 bar .

4.1.2 SWEEP

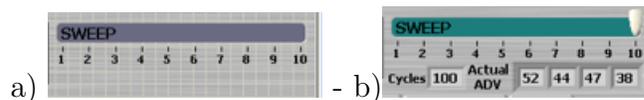


Figura 4.1.2: Selettore Sweep: permette di selezionare, se è attivo, lo sweep desiderato. a) selettore disattivato; b) selettore attivato

Il selettore di sweep, mostrato in figura 4.1.2, permette, solo dov'è consentito, di isolare i dati relativi allo sweep selezionato. Il numero degli sweep vengono aggiornati automaticamente dal sistema in fase di lettura della variabile *PMI_1_medio* contenuta nel file *.mat*.

Se non è possibile selezionare lo sweep, il selettore apparirà offuscato (colore grigio scuro), mentre se è selezionabile, il selettore diventa colorato e appare sopra un cursore.

Oltre al cursore appaiono anche altri due indicatori numerici: Cycles e Actual ADV che informano rispettivamente sul numero di cicli effettuati e dell'anticipo di accensione attuato sui singoli cilindri (nell'ordine 1-2-3-4) nel relativo sweep.

4.1.3 OPTIMAL ADV - NEXT ADV - KNOCK LIMIT



Figura 4.1.3: Indicatori OPTIMAL ADV - NEXT ADV - KNOCK LIMIT. Mostrano rispettivamente: il valore di anticipo di accensione ottimale, il valore di anticipo di accensione che verrà attuato e il valore di anticipo di accensione per il quale avviene detonazione.

OPTIMAL ADV, NEXT ADV e KONCK LIMIT, mostrati in figura 4.1.3, sono tre indicatori che mostrano rispettivamente il valore di anticipo di accensione ottimale, il valore di anticipo di accensione che verrà attuato al successivo sweep e il valore di anticipo di accensione per il quale la combustione è detonante.

In NEXT ADV, i valori di anticipo di default sono quelli ottimali (gli stessi mostrati in OPTIMAL ADV), ma è possibile anche modificare i singoli valori. In caso si imposti un valore di anticipo uguale o maggiore di quello riportato in NOCK LIMIT, si accende l'indicatore luminoso NOCK NEXT ADV (descritto nella sezione 4.2.3) di colore rosso per avvertire che si è superato il limite per il quale c'è rischio di detonazione.

4.1.4 THR



Figura 4.1.4: Indicatore THR. Indica il grado di apertura della valvola a farfalla.

L'indicatore THR (throttle, mostrato in figura 4.1.4) indica il grado di apertura della valvola a farfalla. Il valore minimo è 0° , che corrisponde alla posizione di idle, e il valore massimo è 90° , che corrisponde a valvola completamente aperta.

4.2 Indicatori luminosi

Gli indicatori luminosi, posizionati sulla sinistra del pannello frontale, servono per avvertire l'utente se durante la calibrazione ci sono stati dei problemi. I problemi che vengono segnalati sono: la detonazione, il mancato raggiungimento del valore di anticipo ottimale, l'incongruenza tra i vertici delle curve interpolanti di MFB50 medio e totale e la plausibilità dei dati. Gli altri eventuali problemi vengono raggruppati nel tab INFO e la loro presenza è segnalata dall'ultimo indicatore luminoso INFO.

4.2.1 PLAUS



Figura 4.2.1: Indicatore PLAUS.

L'indicatore PLAUS, mostrato in figura 4.2.1, è direttamente collegato ai trenta indicatori descritti nella sezione 4.1.1, e segnala in quale cilindro i dati non sono plausibili, se l'indicatore sopra il breakpoint selezionato è acceso di colore rosso o spento.

Può assumere due colorazioni:

- colore verde scuro → indicatore spento: dati non plausibili;
- colore verde chiaro → indicatore acceso: dati plausibili.

4.2.2 KNOCK

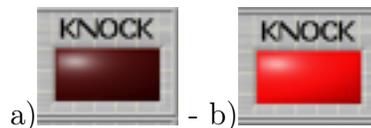


Figura 4.2.2: Indicatore KNOCK. a) indicatore spento; b) indicatore acceso

L'indicatore KNOCK, mostrato in figura 4.2.2, segnala se l'indice MAPO supera il suo valore di soglia, indicando la presenza di detonazione.

Può assumere due colorazioni:

- rosso scuro → indicatore spento: no detonazione;
- rosso chiaro → indicatore acceso: detonazione.

Gli indici MAPO controllati sono mostrati nel grafico presente nel tab MAPO, che verrà descritto nel dettaglio alla sezione 4.3.7.

4.2.3 KNOCK NEXT ADV

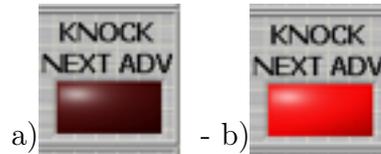


Figura 4.2.3: Indicatore KNOCK NEXT ADV. a) indicatore spento; b) indicatore acceso

L'indicatore KNOCK NEXT ADV, mostrato in figura 4.2.3, segnala che l'anticipo di accensione che verrà attuato allo sweep successivo, ha superato il limite per il quale è prevista detonazione (il valore in NEXT ADV è maggiore del rispettivo valore in KONCK LIMIT).

Può assumere due colorazioni:

- rosso scuro → indicatore spento: nessun rischio di detonazione;
- rosso chiaro → indicatore acceso: rischio di detonazione.

4.2.4 OPTIMAL ADV



Figura 4.2.4: Indicatore OPTIMA ADV.

L'indicatore OPTIMAL ADV, mostrato in figura 4.2.4, segnala se la deviazione standard degli ultimi valori di anticipo di accensione ottimali calcolati ai relativi sweep, rientra in un valore minimo selezionabile dall'utente (di default è impostato a 0.5). Per impostare il valore minimo della deviazione standard bisogna agire sull'apposito controllo Dev Min posto sotto l'indicatore luminoso. È suddiviso in quattro parti, ognuna riferita ad un preciso cilindro (nell'ordine 1-2-3-4), in modo da avere un riscontro immediato su dove si è verificato il problema.

Il calcolo della deviazione standard è un metodo per stabilire se la calibrazione dell'anticipo è andata a buon fine, e se rientra nel margine significa che gli ultimi valori di anticipo di accensione ottimali calcolati ai relativi sweep sono molto simili tra loro e l'ultimo valore (quello relativo all'ultimo sweep) è sicuramente il valore ottimale per il dato breakpoint.

L'indicatore può assumere due colorazioni:

- arancione scuro → indicatore spento: anticipo di accensione ottimale calibrato;
- arancione chiaro → indicatore acceso: anticipo di accensione non ottimale.

Anche il numero degli ultimi sweep calcolati è selezionabile dall'utente (di default è impostata a 4) e per impostarlo bisogna agire sull'apposito controllo Last sweep calculated posto nel tab ADV che verrà descritto nel dettaglio alla sezione 4.3.4.

4.2.5 GAP MAX MFB50

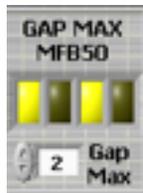


Figura 4.2.5: Indicatore GAP MAX MFB50.

L'indicatore GAP MAX MFB50, mostrato in figura 4.2.5, segnala se la distanza tra valori di MFB50 ottimali delle curve interpolanti relative alle distribuzioni dei valori medi (curva PMI_{media}-MFB50_{medio}) e totali (curva PMI-MFB50), rientra in un valore massimo selezionabile dall'utente (di default è impostato a 2°). Per impostare il gap massimo bisogna agire sull'apposito controllo Gap Max posto sotto l'indicatore luminoso. I grafici che mostrano le interpolanti sono visualizzabili nei tab MFB50 e MFB50 tot che verranno descritti nel dettaglio nelle sezioni 4.3.5 e 4.3.6.

L'indicatore è suddiviso in quattro parti, ognuna riferita ad un preciso cilindro (nell'ordine 1-2-3-4), in modo da avere un riscontro immediato su dove si è verificato il problema.

Può assumere due colorazioni:

- giallo scuro -> indicatore spento: gap massimo inferiore a soglia;
- giallo chiaro -> indicatore acceso: gap massimo superiore a soglia.

4.2.6 INFO

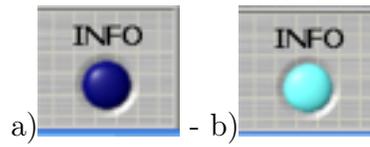


Figura 4.2.6: Indicatore INFO. a) indicatore spento; b) indicatore acceso

L'indicatore INFO, mostrato in figura 4.2.6, segnala la presenza di messaggi nel tab INFO, che verranno descritti nel dettaglio alla sezione 4.3.9.

Può assumere due colorazioni:

- colore blu scuro -> indicatore spento: nessun messaggio visualizzabile;
- colore azzurro chiaro -> indicatore acceso: presenza di messaggi da visualizzare.

4.3 Contenitore a Tab

Il contenitore a tab, posto nella zona centrale del VI, racchiude nove schede nelle quali vengono visualizzati i dati presenti nel file .mat.

Nel contenitore sono presenti grafici ed indicatori numerici, i quali sono sempre accompagnati da quattro colori principali che rappresentano i quattro cilindri:

1. azzurro -> cilindro 1,
2. verde -> cilindro 2,
3. rosso -> cilindro 3,
4. giallo -> cilindro 4.

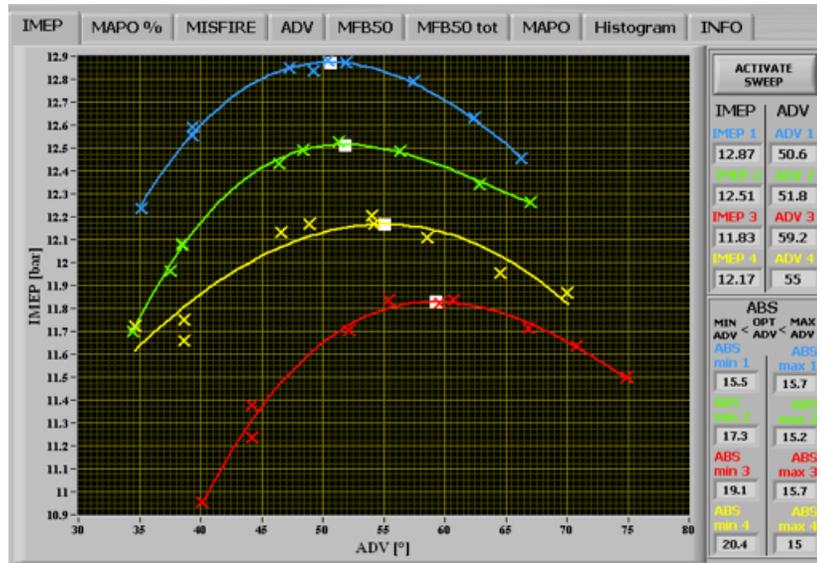


Figura 4.3.1: Tab IMEP: curve ad ombrello.

4.3.1 Tab IMEP

Nel tab IMEP, mostrato in figura 4.3.1, viene visualizzato l'andamento della pressione media indicata (IMEP) in funzione dell'anticipo di accensione (ADV). Le curve mostrate prendono il nome di curve ad ombrello.

Nel grafico vengono riportati con una X i valori di IMEP medio per ogni sweep, la curva che interpola i valori di IMEP medio e con un punto bianco viene identificato il massimo della curva interpolante, che indica il valore di ADV ottimale per il dato breakpoint; il tutto per ogni cilindro.

Di fianco al grafico, ci sono due serie di indicatori: quello superiore mostra il valore di IMEP e ADV ottimali (mostrati dal punto bianco sul grafico), mentre quello inferiore mostra la distanza, in gradi di rotazione dell'albero motore, che c'è tra il valore minimo e il valore ottimale di ADV (indicatori ABS min), e la distanza che c'è tra il valore massimo e il valore ottimale di ADV (indicatori ABS max).

Con il pulsante ACTIVATE SWEEP è possibile attivare il selettore di sweep, e negli indicatori superiori, al posto di IMEP e ADV ottimali, vengono mostrati i valori relativi allo sweep selezionato e sul grafico verrà identificata la X con un riquadro bianco. Per tornare a visualizzare i valori ottimali, basta utilizzare lo stesso pulsante che però ha cambiato intestazione in VIEW

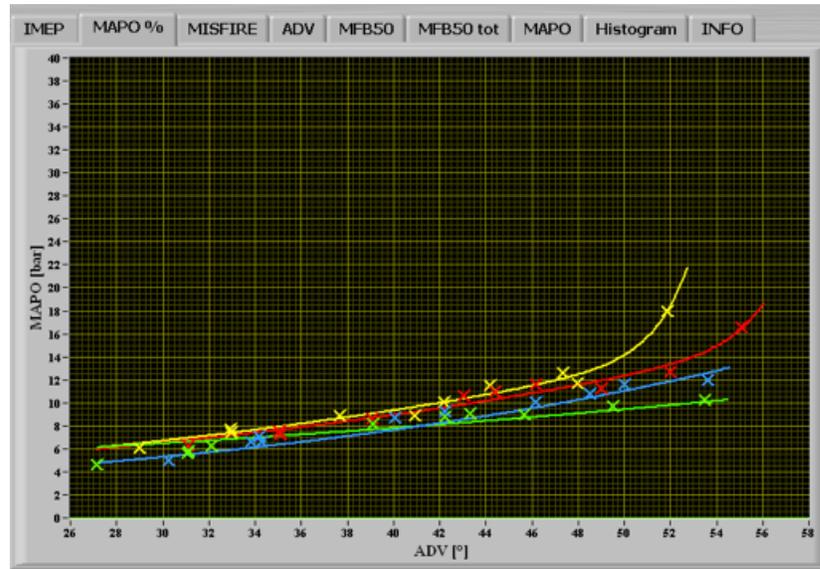


Figura 4.3.2: Tab MAPO%: grafico MAPO-ADV.

OPTIMAL.

4.3.2 Tab MAPO%

Nel tab MAPO%, mostrato in figura 4.3.2, viene visualizzata con una X il valore di MAPO ottenuto ad ogni sweep in funzione dell'ADV e la curva che interpola tali valori; il tutto per ogni cilindro.

Il valore di MAPO mostrato con la X, è il valore che contiene il 99,8% di tutti i valori MAPO dei singoli cicli motore presenti in uno sweep (è il valore di MAPO che si ha al 99,8% dei cicli nel grafico mostrato in figura 4.3.8 presente nel tab MAPO, che sarà descritto nel dettaglio alla sezione 4.3.7).

4.3.3 Tab MISFIRE

Nel tab MISFIRE, mostrato in figura 4.3.3, viene visualizzata con una X la percentuale di misfire ottenuta ad ogni sweep in funzione dell'ADV e la curva che interpola tali valori; il tutto per ogni cilindro.

Un ciclo viene considerato misfire se si verificano tre delle seguenti quattro condizioni:

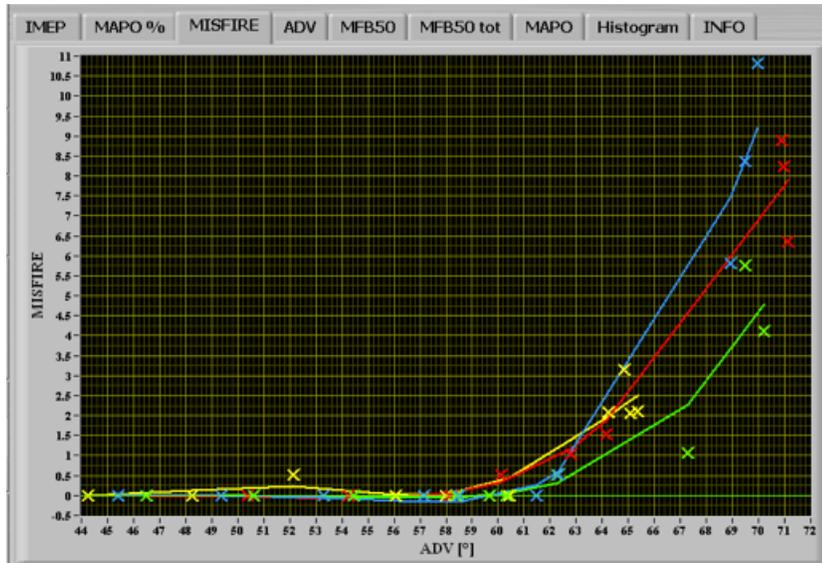


Figura 4.3.3: Tab MISFIRE: grafico MISFIRE-ADV.

- IMEP inferiore a $-0,5\text{bar}$;
- MFB50 superiore a 90° ;
- l'angolo dove si ottiene la pressione massima (A_{pmax}) è minore di 2° ;
- il calore rilasciato è inferiore a $20J$.

Nel caso in cui il ciclo viene considerato misfire, viene inserito nel computo della percentuale di misfire.

4.3.4 Tab ADV

Nel tab ADV, mostrato in figura 4.3.4, vengono visualizzati i valori di ADV ottimali (primo grafico) e attuati (secondo grafico) per ogni sweep; il tutto per ogni cilindro.

I valori di ADV attuati nei primi quattro sweep sono rispettivamente -16° , -12° , -8° , -4° rispetto ai valori presenti in mappa, mentre da sweep 5 in poi, i valori di ADV attuati sono quelli ottimali calcolati allo sweep precedente (sweep precedente del primo grafico) a cui viene sommata una correzione.

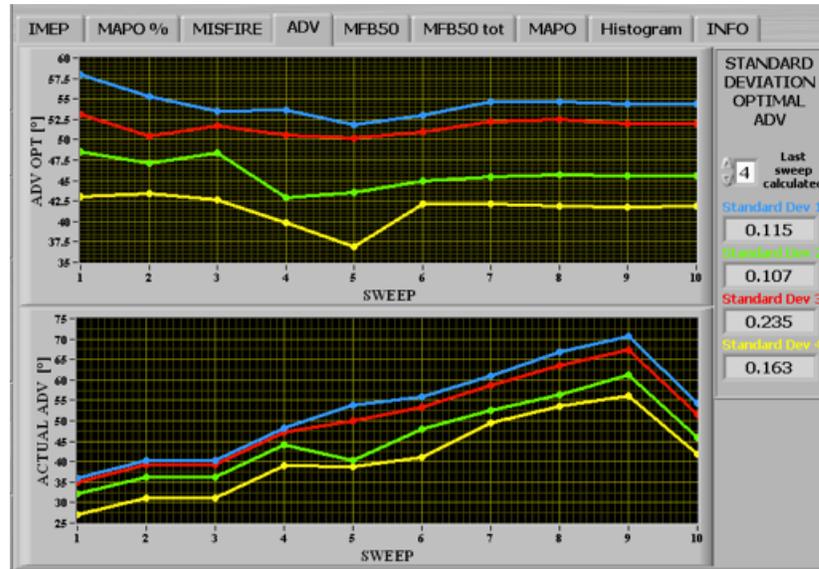


Figura 4.3.4: Tab ADV: grafici ADV OPT-SWEEP e ACTUAL ADV-SWEEP.

Il valore di ADV ottimale viene calcolato considerando la distribuzione ottenuta da tutti i valori di MFB50 relativi allo sweep considerato (si possono visualizzare nel tab MFB50 tot descritto alla sezione 4.3.6). ADV ottimale si ottiene sommando ad ADV attuato la differenza che c'è tra il valore medio di MFB50 e il valore di MFB50 per il quale si individua il massimo della curva che interpola la distribuzione.

A lato ai due grafici c'è un riquadro dove viene mostrata la deviazione standard degli ultimi valori di ADV ottimali. Il numero degli ultimi sweep calcolati è selezionabile dall'utente (di default è impostata a 4) e per impostarlo bisogna agire sull'apposito controllo Last sweep calculated. Se uno dei quattro valori supera il valore di soglia viene acceso l'indicatore luminoso OPTIMAL ADV, descritto nella sezione 4.2.4.

4.3.5 Tab MFB50

Nel tab MFB50, mostrato in figura 4.3.5, viene visualizzata con una X il valore di MFB50 medio per ogni sweep in funzione della IMEP, la curva che interpola tali valori e con un punto bianco viene identificato il massimo della

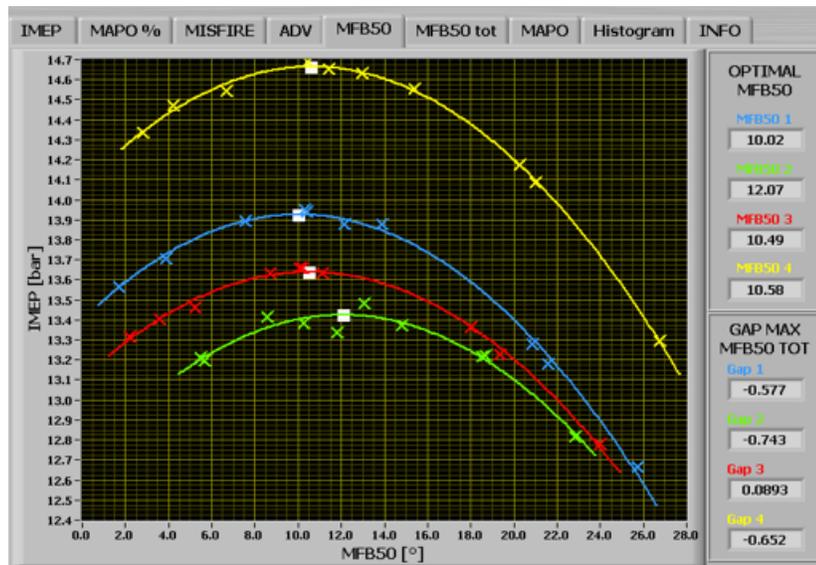


Figura 4.3.5: Tab MFB50: grafico IMEP-MFB50.

curva interpolante ad indicare il valore di MFB50 medio ottimale; il tutto per ogni cilindro.

Di fianco al grafico, ci sono due serie di indicatori: OPTIMAL MFB50, quello superiore, mostra il valore di MFB50 ottimale (mostrato dal punto bianco sul grafico), mentre GAP MAX MFB50 tot, quello inferiore, mostra la distanza, in gradi di rotazione dell'albero motore, tra i massimi delle curve interpolanti relative agli MFB50 medi e totali (distanza tra i punti bianchi nelle figure 4.3.5 e 4.3.6). Il segno + e - della distanza indica se il valore ottimale MFB50 totale si trova rispettivamente a destra o a sinistra rispetto al dato ottimale visualizzato sul grafico. Se uno dei quattro elementi supera in valore assoluto il valore di soglia, viene acceso l'indicatore luminoso GAP MAX MFB50, descritto nella sezione 4.2.5.

4.3.6 Tab MFB50 tot

Nel tab MFB50 tot, mostrato in figura 4.3.6, vengono visualizzati con delle x tutti i valori di MFB50 ottenuti ad ogni ciclo motore in funzione della IMEP, la curva che interpola la nuvola di punti e con un punto bianco viene identificato il massimo della curva interpolante ad indicare il valore di MFB50 ottimale; il tutto per ogni cilindro.

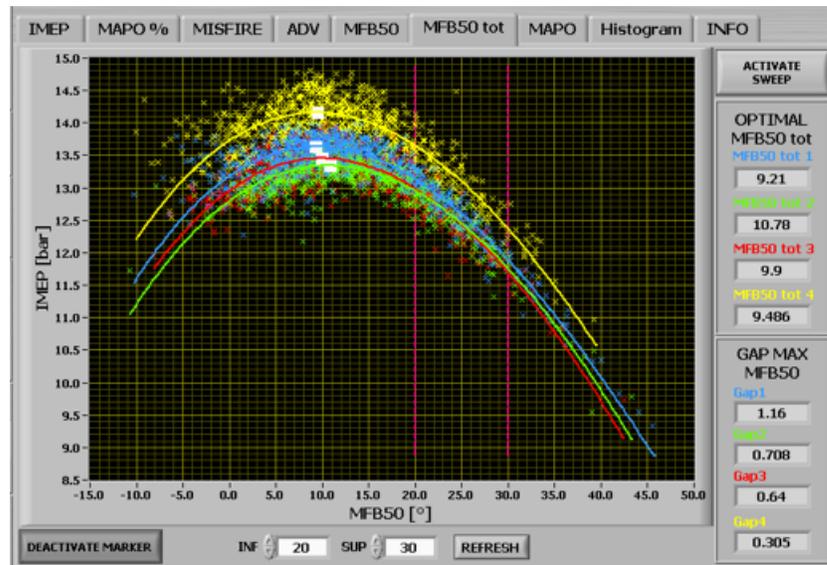


Figura 4.3.6: Tab MFB50 tot: grafico IMEP-MFB50

Di fianco al grafico, ci sono due serie di indicatori: OPTIMAL MFB50 tot, quello superiore, mostra il valore di MFB50 ottimale (mostrato dal punto bianco sul grafico), mentre GAP MAX MFB50, quello inferiore, mostra la distanza, in gradi di rotazione dell'albero motore, tra i massimi delle curve interpolanti relativi agli MFB50 totali e medi (distanza tra i punti bianchi nelle figure 4.3.5 e 4.3.6). Il segno + e - della distanza indica se il valore ottimale MFB50 medio si trova rispettivamente a destra o a sinistra rispetto al valore ottimale visualizzato sul grafico. Se uno dei quattro elementi in valore assoluto supera una data soglia viene acceso l'indicatore luminoso GAP MAX MFB50, descritto nella sezione 4.2.5.

Utilizzando il tasto ACTIVATE MARKER è possibile fare comparire sul grafico due linee verticali in modo da dividere il grafico in tre zone distinte e identificare facilmente la posizione dei vari punti. Tali linee possono tornare utili, ad esempio, per individuare i punti per i quali si è ottenuto misfire. Di default le linee vengono posizionate in corrispondenza ai valori di MFB50 contenuti nelle variabili *mfb50min1* per la linea INF, e *mfb50min2* per la linea SUP del file .mat, ma inserendo manualmente dei valori differenti negli appositi controlli e successivamente azionando il tasto REFRESH è possibile spostare le linee in altre posizioni di interesse.

Con il tasto ACTIVATE SWEEP viene data la possibilità di attivare il

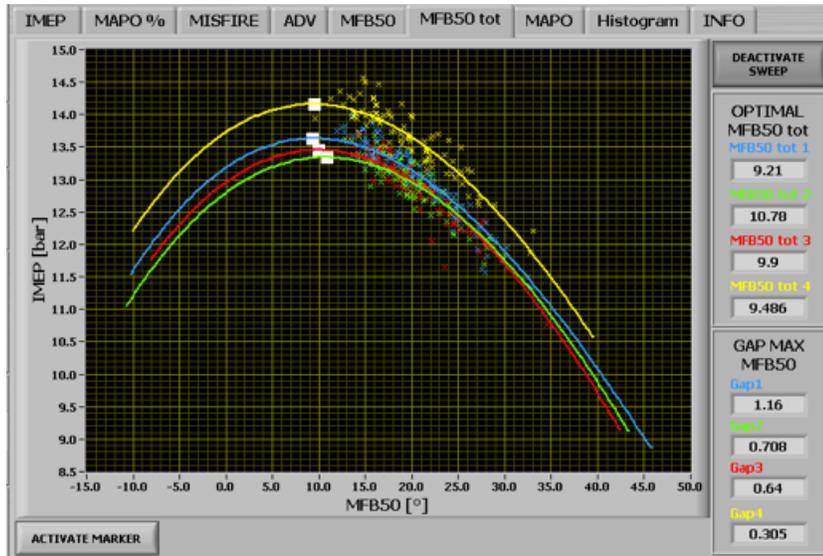


Figura 4.3.7: Grafico IMEP-MFB50 dove vengono isolati i valori di MFB50 di un solo sweep.

selettore di sweep e isolare sul grafico solo la nuvola di valori relativi allo sweep selezionato. In figura 4.3.7 è mostrato un esempio di come si modifica il grafico.

4.3.7 Tab MAPO

Nel tab MAPO, mostrato in figura 4.3.8, vengono mostrati tutti i valori MAPO ordinati in modo crescente per lo sweep selezionato (alla selezione della scheda si attiva il selettore di sweep) in funzione della percentuale di cicli motore; il tutto per ogni cilindro.

Sul grafico è presente una linea tratteggiata rossa che indica il valore di MAPO limite oltre il quale la combustione è considerata detonante. Il MAPO limite, per il breakpoint selezionato, viene letto nella variabile *MAPO_limit* presente nel file .mat; normalmente il MAPO limite è identico per tutti i cilindri, ma nel caso ci siano valori di MAPO limite diversi per ogni cilindro, viene visualizzato il minore per sicurezza.

In caso uno o più cicli presentino un valore di MAPO uguale o superiore a MAPO limite viene acceso come avvertimento l'indicatore luminoso KNOCK, descritto nella sezione 4.2.2. Questa indicazione dipenderà dallo

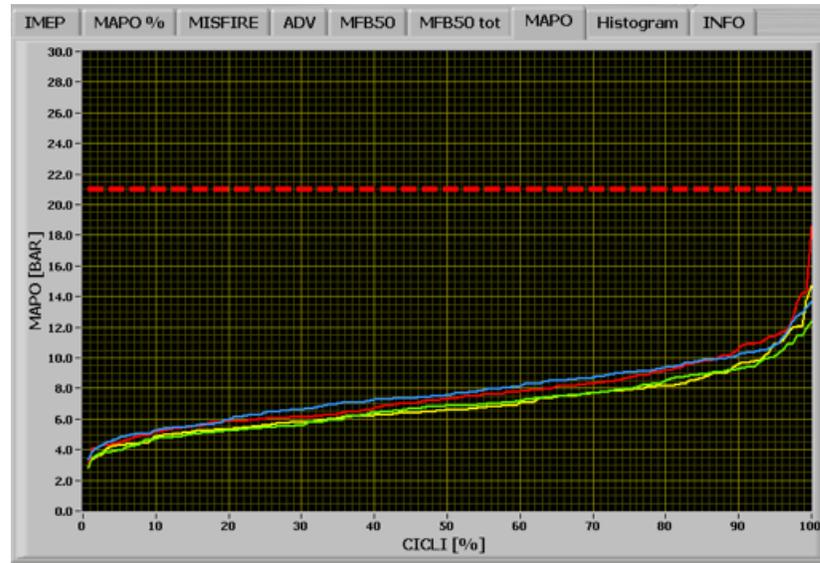


Figura 4.3.8: Tab MAPO: grafico MAPO - %CICLI

sweep selezionato, visto che il superamento del valore di soglia dipende dai valori di MAPO relativi al dato sweep.

4.3.8 Tab Histogram

Nel tab Histogram vengono mostrati quattro istogrammi, uno per ogni cilindro, relativi alle distribuzioni totali di MFB50 e MAPO per il valore di sweep selezionato (alla selezione della scheda si attiva il selettore di sweep). A lato dei grafici sono presenti due riquadri con un serie di indicatori numerici che cambiano il tipo di informazione che mostrano in funzione al grafico visualizzato.

Per passare da una distribuzione all'altra basta utilizzare il pulsante VIEW MAPO/MFB50 HISTOGRAM posizionato in alto a destra all'interno della scheda.

Di default vengono mostrati gli istogrammi delle distribuzioni di MFB50, mostrati in figura 4.3.9, dove l'asse delle ascisse parte da un valore minimo di -20° fino ad un massimo di 180° con una risoluzione di 2° . I due riquadri a lato mostrano la media e la deviazione standard della distribuzione.

Azionando il pulsante, gli istogrammi mostreranno le distribuzioni MAPO, mostrati in figura 4.3.10, dove l'asse delle ascisse parte da un valore

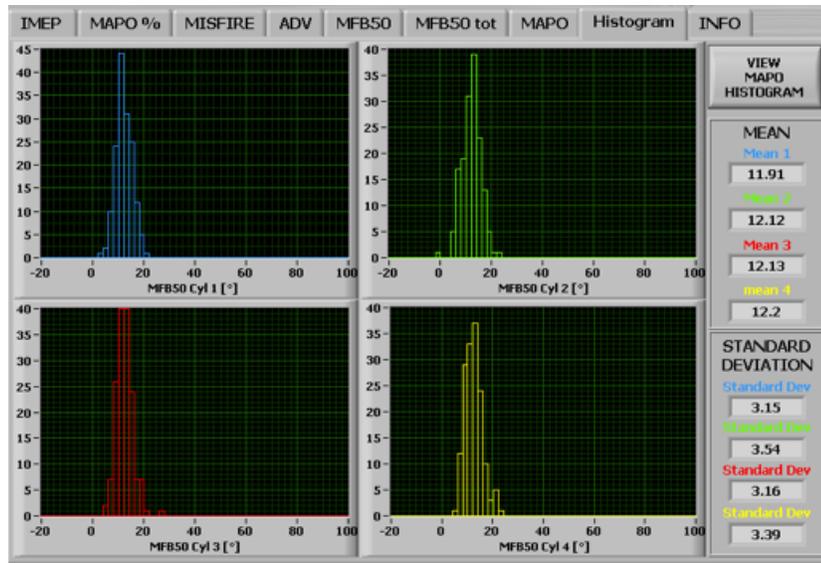


Figura 4.3.9: Tab Histogram MFB50: istogrammi delle distribuzioni di MFB50.

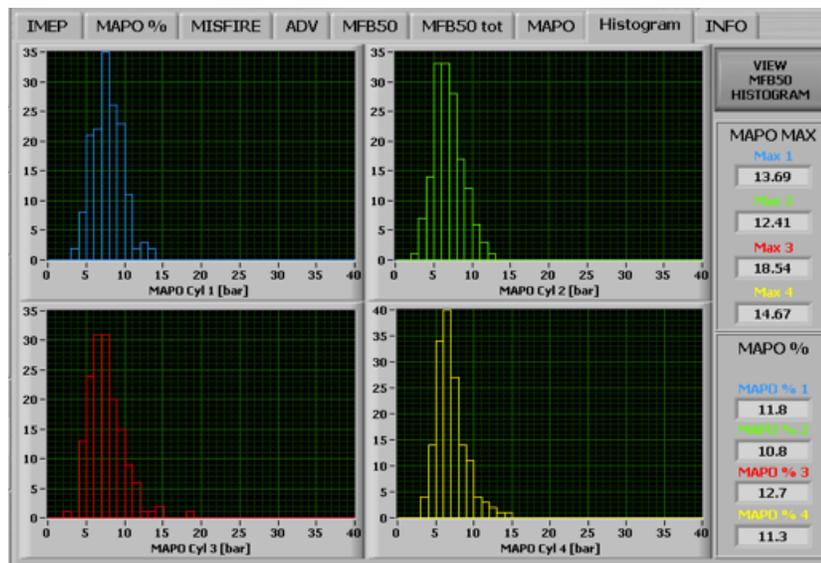


Figura 4.3.10: Tab Histogram MAPO: istogrammi delle distribuzioni di MAPO.

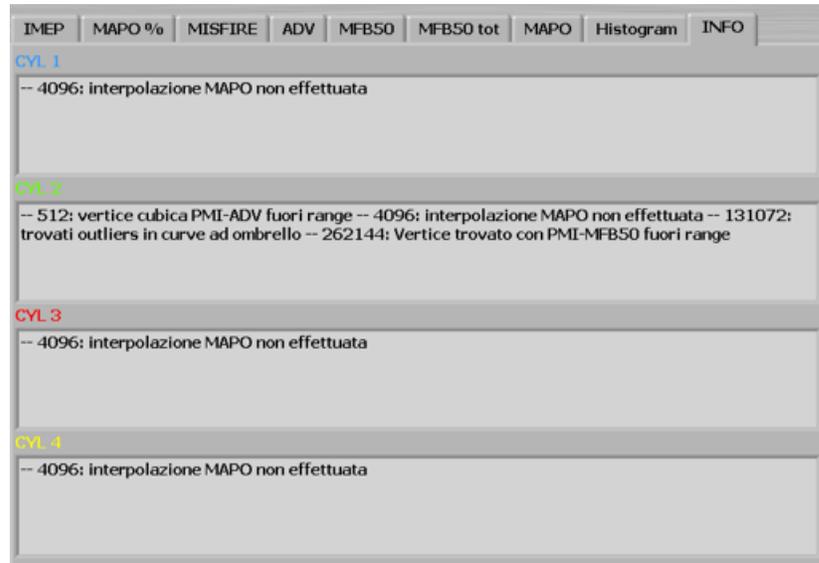


Figura 4.3.11: Tab INFO: codici errore e descrizione di eventuali errori verificati in calibrazione.

minimo di 0 bar fino ad un massimo di 40 bar con una risoluzione di 1 bar . I due riquadri a lato mostrano il valore massimo di MAPO raggiunto e il MAPO% per lo sweep selezionato (viene mostrato rispettivamente il valore in corrispondenza del 100% di cicli nel grafico 4.3.8 e il valore della X relativa allo sweep selezionato nel grafico 4.3.2).

4.3.9 Tab INFO

Nel tab INFO (mostrato in figura 4.3.11) vengono riportati per ogni cilindro gli eventuali errori che si sono verificati durante la calibrazione.

Le stringhe di testo sono composte da un codice errore e dalla descrizione dell'errore. Di seguito vengono elencati i codici e le relative descrizioni:

- - 1: numero cicli < 40 ;
- - 2: PMI < -2 ;
- - 4: APmax > 50 // Apmax < -5 ;
- - 8: Pmax < 5 // Pmax > 200 ;

- – 16: MISFIRE;
- – 32: parabola distribuzione PMI-MFB50 con concavità verso l'alto;
- – 64: cubica distribuzione PMI-MFB50 con radici complesse;
- – 128: vertice distribuzione PMI-MFB50 fuori range ($\pm 5^\circ$);
- – 256: ADV fuori range;
- – 512: vertice cubica PMI-ADV fuori range;
- – 1024: parabole e cubiche PMI-ADV e PMI-MFB50 non utilizzabili
-> utilizzo parabola sintetica;
- – 2048: anticipo ottimale previsto fuori range;
- – 4096: interpolazione MAPO non effettuata;
- – 8192: anticipo richiesto vicino a valore precedentemente attuato;
- – 16384: KS passa a 1 (non si sta detonando ma si precede detonazione);
- – 32678: KS passa a 2 (non si sta detonando e si passa ad ADV maggiore del valore per cui si è detonato);
- – 65536: ADV richiesto vicino a valore precedentemente attuato in condizioni di detonazione;
- – 131072: trovati outliers in curve ad ombrello;
- – 262144: Vertice trovato con PMI-MFB50 fuori range.

I codici errore crescono con la potenza di 2, dove il primo è 2^0 fino ad arrivare all'ultimo che è 2^{18} .

La presenza di eventuali messaggi presenti nel tab info è segnalata dall'indicatore luminoso INFO, descritto nella sezione 4.2.6.



Figura 4.4.1: Tasto QUIT.



Figura 4.4.2: Finestra popup SCEGLI AZIONE.

4.4 QUIT

Il tasto QUIT, mostrato in figura 4.4.1, è posto in alto a sinistra nel VI e serve per terminare, procedere o ripetere la calibrazione. Se premuto, compare la finestra popup mostrata nella figura 4.4.2 dalla quale è possibile effettuare una delle tre scelte:

1. AVANTI: per confermare i valori di ADV trovati ed eseguire lo sweep di calibrazione successivo;
2. QUIT CAL: per terminare la calibrazione;
3. RIPETI: per ripetere lo sweep di calibrazione senza confermare i valori di ADV trovati.

Premendo il tasto AVANTI, se si rilevano dei valori di ADV fuori range, verranno segnalati in quali breakpoint si sono riscontrati con una finestra popup, nella quale è possibile scegliere se accettarli, con OK, o non accettarli, con Back.

Se si sceglie di abbandonare la calibrazione, compare la finestra popup, mostrata in figura 4.4.3, dove viene richiesta la conferma dell'azione.

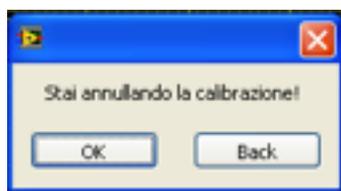


Figura 4.4.3: Finestra popup per confermare l'interruzione della calibrazione.

Capitolo 5

Il diagramma a blocchi

Il diagramma a blocchi del VI segue una struttura in sequenza, iniziando con il caricamento del file `.mat`, per poi proseguire con la lettura delle variabili di interesse contenute nel file `.mat` e l'estrapolazione dalle variabili dei dati relativi al breakpoint selezionato, ed infine terminare con l'elaborazione dei dati che verranno mostrati sui grafici ed indicatori descritti nel capitolo precedente.

Per dare una sequenza alle azioni da svolgere si utilizza una flat sequence structure composta da tre step che incomincia subito dopo il caricamento del file `.mat`.

5.1 Caricamento file `.mat`

Nella figura 5.1.1 viene mostrata la prima parte del diagramma a blocchi, dove si inizia con il caricamento del file `.mat`. Se il file non viene trovato, il VI termina l'esecuzione e appare il messaggio "Impossibile trovare il file `mat`. L'applicazione verrà chiusa".

Successivamente il file viene letto e verificato; se si riscontrano errori durante la lettura oppure il file contiene meno di 65 variabili, significa che il file è corrotto e il VI termina l'esecuzione facendo apparire il messaggio "Impossibile aprire il file `.mat`. L'applicazione verrà chiusa".

5.2 Primo step: Il timed loop

Se non si sono riscontrati errori durante il caricamento e la lettura del file .mat, si esegue il primo step della flat sequence structure dove c'è un timed loop, visibile nella figura 5.1.1, all'interno del quale si vanno a leggere, con una struttura case, solo alcune delle variabili contenute nel file .mat.

Le variabili, che vengono lette una sola volta al momento dell'esecuzione del VI, sono:

- *rpm_setpoint* → Si tratta di un vettore colonna contenete i valori dei vari breakpoint motore e viene utilizzata per impostare lo slider RPM.
- *plaus* → È una matrice dove le righe rappresentano i breakpoint e le colonne sono i cilindri e viene utilizzata per impostare i trenta indicatori luminosi. Gli elementi della matrice possono assumere tre valori: -1, 0, 1 che corrispondono rispettivamente ai colori verde scuro, verde chiaro e rosso.
- *PMI_1_medio* → È una matrice dove le righe rappresentano i breakpoint e le colonne rappresentano gli sweep effettuati, e andranno incrementandosi partendo da 1 e arrivando al numero totale di sweep effettuati. La dimensione delle colonne viene utilizzata per impostare lo slider SWEEP.
- *THR_tgt* → Contiene il grado di apertura della valvola a farfalla e serve per impostare l'indicatore THR.
- *mfb50min 1* e *mfb50 min 2* → Contengono i valori di MFB50 nei quali vengono posizionati i marker INF e SUP nel tab MFB50 tot.
- *adv*, *adv_noknock*, *adv_nomisf*, *adv_no* → sono delle matrici dove le righe rappresentano i breakpoint e le colonne sono i cilindri e contengono rispettivamente i valori di anticipo attuati con recovery completamente attivata, solo con recovery knock, solo con recovery misfire, senza recovery. Si utilizzano per impostare delle variabili locali all'interno del VI.

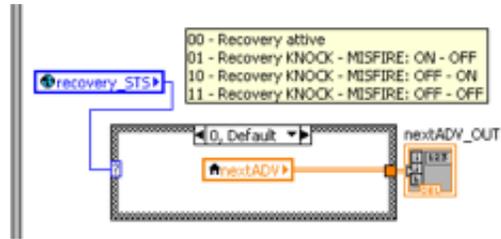


Figura 5.3.1: Inizializzazione della variabile `nextADV_OUT` che è decisa dalla variabile `Recovery STS`.

5.3 Secondo step: attivazione recovery

Nel secondo step della flat sequence structure, viene inizializzata la variabile `nextADV_OUT`, nella quale viene copiato il valore di anticipo di accensione di una delle quattro variabili `adv`, `adv_noknock`, `adv_nomisf`, `adv_no` che sono già state lette dal file `.mat` allo step precedente. La struttura case che esegue l'operazione è mostrata in figura 5.3.1 ed il valore da scrivere viene deciso dalla variabile `recovery_STS`, che dice quale recovery è disattivata.

5.4 Terzo step: il while loop

Nell'ultimo step della flat sequence structure, in caso che si siano rilevati errori durante la lettura delle variabili del file `.mat`, il VI termina l'esecuzione facendo apparire il messaggio "Impossibile aprire il file `.mat`. L'applicazione verrà chiusa". In caso contrario, viene eseguito un while loop dove vengono elaborati i dati mostrati nel pannello frontale.

All'interno del while loop, sono presenti tre strutture case principali che hanno lo scopo di gestire l'attivazione del selettore di sweep, l'interruzione dell'esecuzione del VI (gestione del tasto QUIT) e l'elaborazione dei dati.

5.4.1 Attivazione e disattivazione selettore sweep

La struttura case mostrata in figura 5.4.1 controlla l'attivazione e la disattivazione del selettore di sweep e degli indicatori `Cycles` e `Actual ADV` sul pannello frontale, in funzione al tab selezionato o dal controllo presente nel tab selezionato (tasto `ACTIVATE/DEACTIVE SWEEP` nei tab sul pannello frontale).

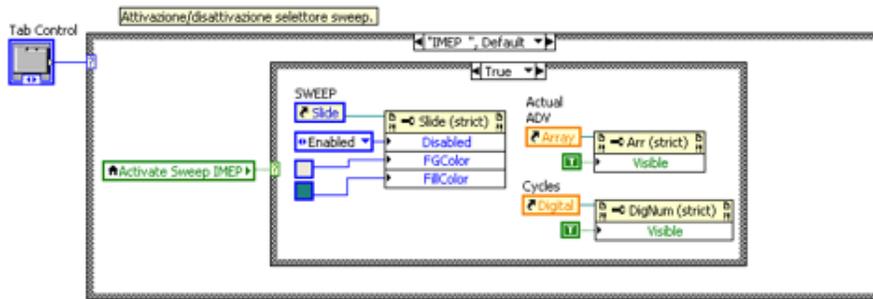


Figura 5.4.1: Struttura case che controlla l'attivazione e la disattivazione del selettore di sweep e degli indicatori cycles e actual adv sul pannello frontale, in funzione al tab selezionato.

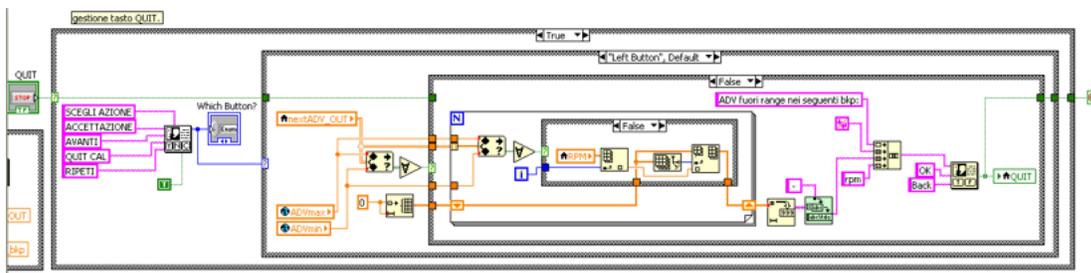


Figura 5.4.2: Struttura case che controlla l'interruzione dell'esecuzione del VI.

La struttura case esegue il caso che porta il nome del tab selezionato, apportando le modifiche ai selettori e agli indicatori con dei property node. Nei casi in cui sia disponibile la funzione di attivazione/disattivazione sweep, i property node sono contenuti in una seconda struttura case, comandata dal segnale booleano (true o false) generato dalla variabile collegata al tasto di attivazione/disattivazione sweep.

Nel caso MFB50 tot, è presente anche il controllo per l'attivazione e la disattivazione dei marker, sempre con una struttura case comandata con il segnale booleano (true o false) generata dalla variabile Activate mark controllata dal tasto ACTIVATE/DEACTIVATE MARKER nel tab sul pannello frontale.

5.4.2 Gestione tasto QUIT

La struttura case mostrata in figura 5.4.2 controlla l'interruzione dell'esecuzione del VI (si interrompe il while loop che lo contiene), ed è pilotato dal segnale booleano (true o false) generato dal tasto QUIT sul pannello frontale.

Al momento dell'azionamento del tasto QUIT, la struttura case esegue il caso true, che contiene a sua volta una struttura case comandata dal three button dialog. Il caso eseguito dipende dal tasto che l'utente sceglie sulla finestra popup che compare al momento dell'azionamento del tasto QUIT:

1. left button (AVANTI) → Nel caso eseguito si vano a verificare che i valori di ADV ottimali trovati non siano fuori range. Si verifica che i valori di ADV non siano superiori o inferiori ai valori di ADV max e min, e se tale condizione non è verificata, il caso false della struttura case contenuta all'interno del caso left button, crea una finestra popup che informa l'utente in quali brackpoint si ha ADV fuori range, e lasciando la scelta all'utente se confermare i valori di ADV con il two button dialog (OK/Back). Scegliendo OK si mette lo stop in true e si interrompe il while loop.
2. center button (QUIT CAL) → Nel caso eseguito si chiede all'utente con un two button dialog (OK/Back) se si vuole chiudere la calibrazione. Scegliendo OK si mette lo stop in true e si interrompe il while loop.
3. right button (RIPETI) → Nel caso eseguito si mette lo stop in true direttamente e si interrompe il while loop.

5.4.3 Elaborazione dati

In questa struttura case vengono elaborati i dati che verranno mostrati negli indicatori e sui grafici nel pannello frontale.

La struttura ha due casi: true o false; per decidere il caso da eseguire, si usano una serie di shift register dove, ad ogni ciclo del while loop che contiene la struttura case, confrontano il valore attuale delle variabili a cui sono associati i comandi posti sul pannello frontale che richiedono di aggiornare i dati, con i valori del ciclo precedente. Se il valore attuale è differente da quello del ciclo precedente, si eseguirà il caso true, false se il valore non cambia, a meno che non si tratti del primo ciclo del while loop (il loop 0) dove viene eseguito il caso true.

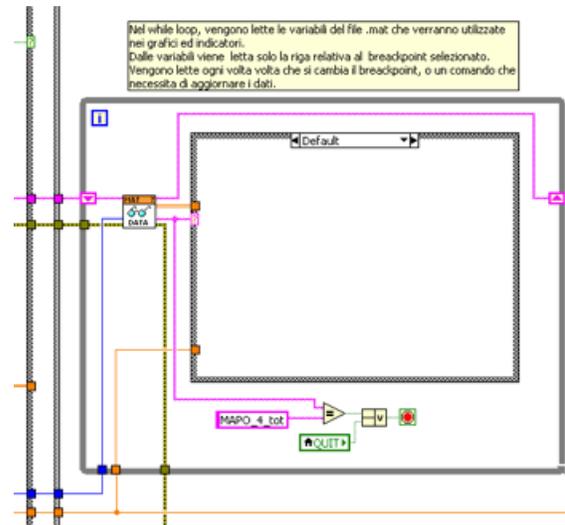


Figura 5.4.3: While loop che esegue la lettura delle variabili di interesse dal file .mat.

5.4.3.1 Caso TRUE

Il caso true contiene una flat sequence structure in due step.

Nel primo step vengono richiamate le variabili dal file .mat che contengono i dati da elaborare, utilizzando una struttura case contenuta in un while loop, visibile in figura 5.4.3, che si blocca quando viene letta l'ultima variabile di interesse. Le variabili vengono lette ogni volta che viene richiesto un aggiornamento dei dati sul pannello frontale (ogni volta che si esegue il caso true della struttura case che contiene il tutto), questo perché dalle variabili del file .mat viene letta solo la riga relativa al breakpoint selezionato (le variabili sono delle matrici dove le righe rappresentano i breakpoint motore), e quindi ogni volta che si cambia il breakpoint, o si aziona un'altro comando che aggiorna i dati, bisogna modificare i dati presenti nelle variabili locali del VI.

Le variabili che vengono lette vengono ora descritte:

- le variabili di seguito elencate sono delle matrici formate da un numero di righe pari al numero di breakpoint compresi tra il primo (2000 rpm) e l'ultimo in cui siano disponibili dati, e un numero di colonne, che rappresentano gli sweep effettuati, e andranno incrementandosi partendo

da 1 e arrivando al numero totale di sweep effettuati (nell'ordine della decina):

- *PMI_1_medio, PMI_2_medio, PMI_3_medio, PMI_4_medio*
→ Contengono i valori della IMEP medio per il cilindro specificato, e si usano per inizializzare le variabili locali PMI 1, PMI 2, PMI 3, PMI 4;
- *MAPO_1_cons, MAPO_2_cons, MAPO_3_cons, MAPO_4_cons*
→ Contengono i valori di MAPO medio per il cilindro specificato, e si usano per inizializzare le variabili locali MAPO 1, MAPO 2, MAPO 3, MAPO 4;
- *MFB50_1_medio, MFB50_2_medio, MFB50_3_medio, MFB50_4_medio*
→ Contengono i valori di MFB50 medio per il cilindro specificato, e si usano per inizializzare le variabili locali MFB50 1, MFB50 2, MFB50 3, MFB50 4;
- *ADV_1_medio, ADV_2_medio, ADV_3_medio, ADV_4_medio*
→ Contengono i valori di ADV medio per il cilindro specificato, e si usano per inizializzare le variabili locali ADV 1, ADV 2, ADV 3, ADV 4;
- *ADV_1_opt, ADV_2_opt, ADV_3_opt, ADV_4_opt* → Contengono i valori di ADV ottimale per il cilindro specificato, e si usano per inizializzare le variabili locali ADV_opt 1, ADV_opt 2, ADV_opt 3, ADV_opt 4;
- *ADV_1_limit, ADV_2_limit, ADV_3_limit, ADV_4_limit* → Contengono i valori di ADV limite oltre il quale la combustione diventa detonante per il cilindro specificato, e si usano per inizializzare le variabili locali ADV_1_lim, ADV_2_lim, ADV_3_lim, ADV_4_lim;
- *misfire_1_perc, misfire_2_perc, misfire_3_perc, misfire_4_perc*
→ Contengono la percentuale di MISFIRE per il cilindro specificato, e si usano per inizializzare le variabili locali misfire perc 1, misfire perc 2, misfire perc 3, misfire perc 4;
- *conta* → Contiene gli indici di colonna dove cambia lo sweep, e si utilizza per inizializzare la variabile locale sweep index che serve per isolare, nelle distribuzioni totali, gli elementi relativi allo sweep selezionato;

- le variabili di seguito elencate sono delle matrici formate da un numero di righe pari al numero di breakpoint compresi tra il primo (2000 rpm) e l'ultimo in cui siano disponibili dati, e un numero di colonne, che rappresentano tutti i cicli di funzionamento del motore, dipendente dalla durata della rampa e dalle sue caratteristiche (rpm/s):
 - *MFB50_1_tot*, *MFB50_2_tot*, *MFB50_3_tot*, *MFB50_4_tot* → Contengono tutti i valori di MFB50 per il cilindro specificato, e si usano per inizializzare le variabili locali MFB50 1 tot, MFB50 2 tot, MFB50 3 tot, MFB50 4 tot;
 - *PMI_1_tot*, *PMI_2_tot*, *PMI_3_tot*, *PMI_4_tot* → Contengono tutti i valori di IMEP per il cilindro specificato, e si usano per inizializzare le variabili locali PMI 1 tot, PMI 2 tot, PMI 3 tot, PMI 4 tot;
 - *MAPO_1_tot*, *MAPO_2_tot*, *MAPO_3_tot*, *MAPO_4_tot* → Contengono tutti i valori di MAPO per il cilindro specificato, e si usano per inizializzare le variabili locali MAPO 1 tot, MAPO 2 tot, MAPO 3 tot, MAPO 4 tot;
- le variabili di seguito elencate sono delle matrici formate da un numero di righe, che rappresentano i breakpoint motore, pari al numero totale di breakpoint che definisce le grandezze contenute in ECU, e 4 colonne, che rappresentano i cilindri:
 - *MAPO_limit* → Contiene i valori di MAPO limite per il cilindro specificato, e si utilizza per inizializzare la variabile locale *MAPO_limit*;
 - *plaus* → gli elementi della matrice possono assumere tre valori: -1, 0, 1. Nel caso *plaus* della struttura *case*, che legge le variabili del file *.mat*, si gestisce l'indicatore *PLAUS* sul pannello frontale, dove gli indicatori luminosi si accendono solo se il valore scritto nella variabile è 0;
 - *ini_map* → Contiene la mappa di anticipo di partenza;
 - *cubica0*, *cubica1*, *cubica2*, *cubica3* → Contengono i valori che creano le curve interpolanti nel grafico del tab IMEP, e si usano per inizializzare le variabili locali *cubica0*, *cubica1*, *cubica2*, *cubica3*;

- *hypa, hypb, hypc, hypd* → Contengono i valori che creano le curve interpolanti nel grafico del tab MAPO%, e si usano per inizializzare le variabili locali *hypa, hypb, hypc, hypd*;
- *cub0_mfb, cub1_mfb, cub2_mfb, cub3_mfb* → Contengono i valori che creano le curve interpolanti nel grafico del tab MFB50 tot, e si usano per inizializzare le variabili locali *cub0 mfb, cub1 mfb, cub2 mfb, cub3 mfb*;
- *par_mfb0, par_mfb1, par_mfb2* → Contengono i valori che creano le curve interpolanti nel grafico del tab MFB50, e si usano per inizializzare le variabili locali *par mfb0, par mfb1, par mfb2*;
- *mat_status* → Contiene dei valori che sono la somma di tutti i codici errore presenti per ogni cilindro e breakpoint, e si utilizza per inizializzare la variabile locale *mat status*;

Sempre nel primo step, sopra il while loop, utilizzando le variabili che contengono i valori di ADV ottimale e limite, che sono state appena inizializzate, si vanno ad aggiornare gli indicatori OPTIMAL ADV e KNOCK LIMIT sul pannello frontale.

All'interno del secondo step, mostrato nella figura 5.4.4, avviene la vera e propria elaborazione dati.

Tutti i principali calcoli per generare i valori visualizzati nei grafici ed indicatori, vengono effettuati all'interno di subVI, in modo che il diagramma a blocchi appaia più ordinato e facile da leggere.

Per dare in uscita i valori desiderati, i subVI richiedono in ingresso le opportune variabili locali (sono le variabili inizializzate allo step precedente e le variabili controllate dai pulsanti e slider sul pannello frontale), che vengono richiamate utilizzando i blocchi con rappresentata una casa prima del nome della variabile locale richiamata ().

5.4.3.2 Caso FALSE

Il caso false, mostrato in figura 5.4.5, contiene una struttura case gestita dalla variabile *nextADV_bkp*, che è collegata al controllo NEXT ADV sul pannello frontale.

Il valori attuali della variabile *nextADV_bkp* vengono confrontati, TRAMITE uno shift register, con i valori precedenti (ciclo attuale e precedente del while loop). Se l'utente o altre variabili non modificano i valori in NEXT

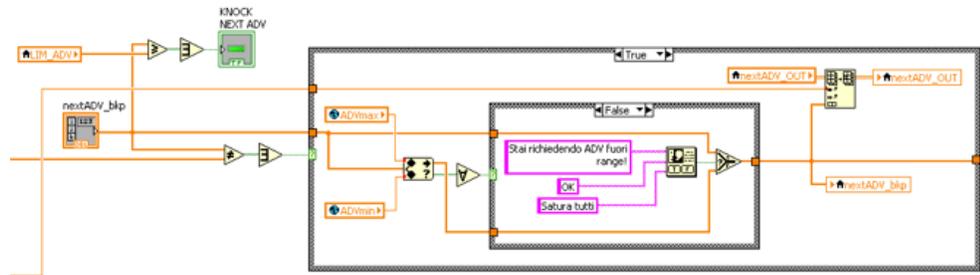


Figura 5.4.5: Caso false del case di elaborazione dati.

ADV, viene eseguito il caso false, dove i valori di nextADV_bkp vengono inviati direttamente allo shift register; invece se si modifica anche un solo valore, viene eseguito il caso true, dove si verifica che i valori di ADV impostati siano compresi in un range dato dalle due variabili globali ADVmax e ADVmin.

Se sono in range, i valori di nextADV_bkp vengono scritti direttamente in nextADV_OUT (si sostituisce la riga della matrice che rappresenta il breakpoint selezionato); se non sono in range, appare una finestra popup che avverte l'utente con il messaggio "Stai richiedendo ADV fuori range!" e chiede se lasciare i valori di ADV fuori range oppure saturarli al valore di ADV limite, massimo o minimo, più vicino.

5.5 I SubVI

I subVI sono dei VI a tutti gli effetti, che vengono richiamati dal VI principale che manda in ingresso le opportune variabili locali, per ottenere in uscita i valori desiderati che andranno visualizzati sui grafici ed indicatori sul pannello frontale direttamente oppure dopo una piccola elaborazione (operazione di spaccettamento dei dati contenuti in un cluster o in un array).

5.5.1 SubVI IMEP

Il subVI IMEP serve per elaborare i dati che vengono visualizzati all'interno del tab IMEP sul pannello frontale.

In ingresso ha bisogno dei dati provenienti dalle variabili locali:

- ADV 1, ADV 2, ADV 3, ADV 4;

- ADV_opt 1, ADV_opt 2, ADV_opt 3, ADV_opt 4;
- PMI 1, PMI 2, PMI 3, PMI 4;
- cubica0, cubica1, cubica2, cubica3;
- Activate sweep IMEP.

In uscita restituisce:

- un cluster contenente i dati da visualizzare sul grafico IMEP-ADV;
- quattro array, PMI out, ADV out, ABS Max, ABS min, che contengono i valori che compariranno sugli indicatori IMEP, ADV e ABS.

Per creare il cluster contenente i dati da rappresentare, si sfruttano ulteriori tre subVI.

Il subVI ORDER CYL, per prima cosa ordina i valori di ADV in modo crescente, senza perdere traccia dei valori di IMEP associati, per poi creare un cluster con i dati puntuali di IMEP-ADV.

I subVI CUBIC crea le curve interpolanti con una funzione cubica del tipo: $IMEP = x^3 \times cubica3 + x^2 \times cubica2 + x \times cubica1 + cubica0$, inviando poi i dati da rappresentare graficamente sotto forma di cluster. I massimi delle interpolanti invece vengono visualizzati con il subVI CUBSGL.

I valori per gli indicatori IMEP, ADV escono dalla struttura case, che è pilotata dal segnale booleano creato dalla variabile Activate sweep IMEP. Il caso false genera i valori di IMEP e ADV ottimali, mentre il caso true genera i valori per lo sweep selezionato.

5.5.2 SubVI ADV OPT ACTUAL

Il subVI ADV OPT ACTUAL serve per elaborare i dati che vengono visualizzati all'interno del tab ADV sul pannello frontale.

In ingresso ha bisogno dei dati provenienti dalle variabili locali:

- ADV 1, ADV 2, ADV 3, ADV 4;
- ADVopt_1_VETT, ADVopt_2_VETT, ADVopt_3_VETT, ADVopt_4_VETT;
- FF;
- Dev MIn;

- Last sweep calculated;

In uscita restituisce:

- due cluster contenenti i dati da visualizzare sui grafici ACTIAL ADV-Sweep e ADV OPT-Sweep;
- due array, Standard dev limit e sweep Actual ADV, che contengono i valori che compariranno sugli indicatori STANDARD DEVIATION OPTIMAL ADV e Actual ADV;
- un segnale booleano, Standard Dev, che aziona l'indicatore luminoso OPTIMAL ADV .

I cluster vengono creati direttamente utilizzando un bundle, che associa il numero dello sweep, contenuto nel vettore FF, al rispettivo valore di ADV; mentre la deviazione standard viene calcolata utilizzando la funzione Statistics, e confrontata con un limite per creare il segnale booleano.

5.5.3 SubVI MAPO

Il subVI MAPO serve per elaborare i dati che vengono visualizzati all'interno del tab MAPO% sul pannello frontale.

In ingresso ha bisogno dei dati provenienti dalle variabili locali:

- ADV 1, ADV 2, ADV 3, ADV 4;
- MAPO 1, MAPO 2, MAPO 3, MAPO 4;
- hypa, hypb, hypc, hypd;
- SWEEP.

In uscita restituisce:

- un cluster contenente i dati da visualizzare sul grafico MAPO-ADV;
- un array contenete i quattro valori di MAPO% in funzione allo sweep selezionato, che verranno visualizzati nell'indicatore MAPO% nel tab Histogram.

Per creare il cluster contenente i dati da rappresentare graficamente, si sfrutta il subVI VI ORDER CYL, che per prima cosa ordina i valori di ADV in modo crescente, senza perdere traccia dei valori di MAPO associati, per poi creare un cluster con i dati puntuali di MAPO-ADV; mentre con il subVI MAPO si creano le curve interpolanti con una funzione esponenziale del tipo: $MAPO = hypa \times e^{(hypb \times ADV)} + hypc \times e^{(hypd \times ADV)}$, inviando poi i dati da rappresentare sotto forma di cluster.

5.5.4 SubVI MAPO TOT

Il subVI MAPO TOT serve per elaborare i dati che vengono visualizzati all'interno del tab MAPO e del tab Histogram sul pannello frontale.

In ingresso ha bisogno dei dati provenienti dalle variabili locali:

- MAPO 1 tot, MAPO 2 tot, MAPO 3 tot, MAPO 4 tot;
- MAPO_limit;
- Sweep index.

In uscita restituisce:

- un cluster contenente i dati da visualizzare sul grafico MAPO-%Cicli;
- un cluster contenente i dati per gli istogrammi;
- un array contenente i quattro valori del massimo valore di MAPO ottenuto, visualizzati nell'indicatore MAPO MAX nel tab Histogram.
- un segnale booleano, KNOCK, che aziona l'indicatore luminoso KNOCK.

Il cluster, contenente i dati da visualizzare sul grafico MAPO-%Cicli, viene creato utilizzando dei bundle che associano la percentuale dei cicli motore (calcolata utilizzando dei for loop) con i valori di MAPO relativi allo sweep selezionato ordinati in modo crescente.

Parallelamente si confrontano i valori di MAPO con il MAPO limite, si estrae il valore massimo di MAPO, e si crea il cluster contenente i dati per gli istogrammi, utilizzando la funzione Create Histogram.

5.5.5 SubVI MFB50

Il subVI MFB50 serve per elaborare i dati che vengono visualizzati all'interno del tab MFB50 sul pannello frontale.

In ingresso ha bisogno dei dati provenienti dalle variabili locali:

- MFB50 1, MFB50 2, MFB50 3, MFB50 4;
- PMI 1, PMI 2, PMI 3, PMI 4;
- par mfb0, par mfb1, par mfb2.

In uscita restituisce:

- un cluster contenente i dati da visualizzare sul grafico MFB50-IMEP;
- un array contenete i quattro valori ottimali di MFB50, che verranno visualizzati nell'indicatore OPTIMAL MFB50.

Per creare il cluster contenente i dati da rappresentare, si sfrutta il subVI VI ORDER CYL, che per prima cosa ordina i valori di MFB50 in modo crescente, senza perdere traccia dei valori di IMEP associati, per poi creare un cluster con i dati puntuali di MFB50_IMEP; mentre con il subVI PAR si creano le curve interpolanti con una funzione parabolica del tipo: $MFB50 = parm.fb0 + parm.fb1 \times x + parm.fb2 \times x^2$, inviando poi i dati da rappresentare sotto forma di cluster.

5.5.6 SubVI MFB50 TOT

Il subVI MFB50 serve per elaborare i dati che vengono visualizzati all'interno del tab MFB50 e del tab Histogram sul pannello frontale.

In ingresso ha bisogno dei dati provenienti dalle variabili locali:

- MFB50 1 tot, MFB50 2 tot, MFB50 3 tot, MFB50 4 tot;
- PMI 1 tot, PMI 2 tot, PMI 3 tot, PMI 4 tot;
- cub0 mfb, cub1 mfb, cub2 mfb, cub3 mfb;
- Sweep index.
- Activate sweep MFB50;

- Activate mark;
- INF e SUP.

In uscita restituisce:

- un cluster contenente i dati da visualizzare sul grafico MFB50-IMEP;
- un cluster contenente i dati per gli istogrammi;
- due array contenete i quattro valori della media e deviazione standard, visualizzati negli indicatori MEAN e STANDARD DEVIATION nel tab Histogram;
- un array contenete i quattro valori ottimali di MFB50, che verranno visualizzati nell'indicatore OPTIMAL MFB50 tot.

Nel tab MFB50 tot, è possibile scegliere di visualizzare sul grafico tutti i valori di MFB50, oppure solo i valori relativi ad un unico sweep. Per dare questa possibilità, si utilizza una struttura case pilotata con un segnale booleano (true o false) dalla variabile Activate sweep (la variabile è collegata al tasto ACTIVATE/DISACTIVATE SWEEP). Nel caso false si visualizzeranno tutti i valori, mentre nel caso true si visualizzeranno solo i valori dello sweep selezionato. In entrambi i casi si utilizza il subVI ORDER CYL, per ordinare i valori di MFB50 in modo crescente, senza perdere traccia dei valori degli IMEP associati, per poi creare un cluster con i dati puntuali di MFB50-IMEP.

Il subVI CUBIC invece crea le curve interpolanti con una funzione cubica del tipo: $MFB50 = x^3 \times cub3mfb + x^2 \times cub2mfb + x \times cub1mfb + cub0mfb$, inviando poi i dati da rappresentare graficamente sempre sotto forma di cluster, mentre per individuare i massimi delle interpolanti, si utilizza la funzione Array max&min.

Nel tab, viene data la possibilità di posizionare sul grafico delle linee verticali, e per farlo, si utilizza una struttura case pilotata dal segnale booleano (true o false) generato dalla variabile Active Mark (la variabile è collegata al tasto ACTIVATE/DISACTIVATE MARKER). Nel caso false, non si genera nessun tipo di dato da rappresentare (le linee non vengono visualizzate), mentre nel caso true si generano le due linee. La lunghezza delle linee è data dalla differenza tra il massimo dei massimi della IMEP (preso dai valori puntuali), a cui si somma 0,5, e il minimo dei minimi della IMEP (preso dalle interpolanti).

Le informazioni da inviare al tab Histogram, si creano parallelamente isolando i valori relativi allo sweep selezionato per poi calcolarne gli istogrammi, la media e la deviazione standard utilizzando le funzioni Create Histogram e Statistics.

5.5.7 SubVI MISFIRE

Il subVI MISFIRE serve per elaborare i dati che vengono visualizzati all'interno del tab MISFIRE sul pannello frontale.

In ingresso ha bisogno dei dati provenienti dalle variabili locali:

- ADV 1, ADV 2, ADV 3, ADV 4;
- misfire perc 1, misfire perc 2, misfire perc 3, misfire perc 4.

In uscita restituisce:

- un cluster contenente i dati da visualizzare sul grafico MISFIRE-ADV;

Per creare il cluster contenente i dati da rappresentare graficamente, si sfrutta il subVI VI ORDER CYL, che per prima cosa ordina i valori di ADV in modo crescente, senza perdere traccia dei valori di MISFIRE associati, per poi creare un cluster con i dati puntuali di MISFIRE-ADV; mentre per creare le curve interpolanti si utilizza la funzione Cubic spline fit, inviando poi i dati da rappresentare sotto forma di cluster.

5.5.8 SubVI INFO

Il subVI INFO serve per scomporre la somma dei codici errore provenienti dalla variabile locale mat status, ed associare ad ogni codice la stringa che contiene il messaggio di errore, che apparirà negli indicatori all'interno del tab INFO sul pannello frontale.

La somma dei codici viene convertita in numeri binari composti da una serie di 18 cifre, ottenendo una serie 0 e 1. La posizione di ogni numero corrisponde ad un codice errore ben preciso, e dove compare 1 significa che è presente l'errore, che porta il codice 2^n , dove n indica la posizione ($0 \leq n \leq 18$).

Identificati gli indici di posizione degli 1, dall'array creato con le stringhe di testo si estraggono solo le stringhe che hanno gli stessi indici, per poi visualizzarle sugli indicatori.

Se è presente almeno un 1 nelle quattro serie di numeri binari, l'indicatore luminoso INFO sul pannello frontale verrà acceso.

5.6 Gestione degli istogrammi

Gli istogrammi sono gestiti utilizzando la struttura case pilotata dalla variabile Switch graph (la variabile è collegata al tasto VIEW MAPO/MFB50 HISTOGRAM nel tab Histogram sul pannello frontale) che genera un segnale booleano (true o false).

La struttura case ha il compito di mettere in comunicazione i waveform graphs e gli indicatori con i dati provenienti dal subVI MFB50 TOT, nel caso false, o con i dati provenienti dal subVI MAPO TOT, nel caso true.

All'interno sono presenti una serie di property node, che hanno il compito di modificare, in base al caso selezionato, i nomi delle ascisse degli istogrammi e le intestazioni degli indicatori, posti a lato degli istogrammi.

Capitolo 6

Esempi di utilizzo

6.1 Esempio 1: THR 71°

In questo esempio vengono mostrati alcuni dati della calibrazione effettuata con farfalla a 71°.

Nelle figure 6.1.3 e 6.1.4 viene mostrata l'evoluzione dei grafici delle curve ad ombrello e delle distribuzioni di MFB50, partendo dallo sweep 3 fino all'ultimo sweep, il numero 10, per il breakpoint a 11600 rpm.

Dalle immagini è evidente che in questo breakpoint le curve ad ombrello non presentano valori anomali, infatti la IMEP segue un andamento coerente (prima crescente e poi decrescente) con l'aumento dell'ADV.

La stessa considerazione vale per i grafici che mostrano i valori di MFB50, dove la nuvola di punti si sposta al variare dell'ADV attuato, fino ad arrivare a determinare una dispersione ottimale in corrispondenza dell'ultimo sweep.

Negli sweep 7, 8 e 9 si rileva detonazione (indicatore KNOCK acceso), infatti nei grafici che riportano i valori percentili di mapo, il cilindro 2 presenta alcuni valori di MAPO sopra il limite; un esempio è mostrato nella figura 6.1.1 dove per il cilindro 2 si ha che il 5% dei cicli è detonante. Tale fenomeno è possibile vederlo anche nelle distribuzioni di MFB50, in particolare nello sweep 8 si notano dei punti che hanno una MFB50 intorno a 0° e una IMEP sotto la media.

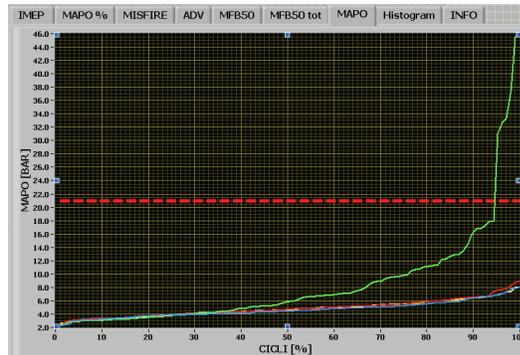


Figura 6.1.1: Valori percentili di mapo relativi allo sweep 8 con THR 71°.

L'indicatore OPTIMAL ADV, nell'ultimo sweep, avverte che sul cilindro 1 e 3 la deviazione standard è superiore al limite di 0,5. Nella figura 6.1.2 si può vedere il tab ADV, dove, guardando il primo grafico, si ha il riscontro dell'indicatore; infatti per gli ultimi quattro sweep, gli ADV ottimali per il cilindro 2 e 4 sono molto vicini tra loro, quindi 44° e 38° sono sicuramente i valori ottimali. Per quanto riguarda il cilindro 1 e 3, si nota che gli ADV ottimali per gli ultimi quattro sweep, tendono a crescere. I valori ottimali 47° e 44° sarebbe opportuno verificarli ripetendo la calibrazione.



Figura 6.1.2: Valori di ADV attuati e ottimali a 11600 rpm e THR 71°.

Considerando il breakpoint a 7200 rpm, dalla figura 6.1.5 si può notare che le curve ad ombrello, nei primi tre valori relativi ai cilindri 1 e 4, seguono un andamento anomalo, diminuendo la IMEP all'aumentare dell'ADV.

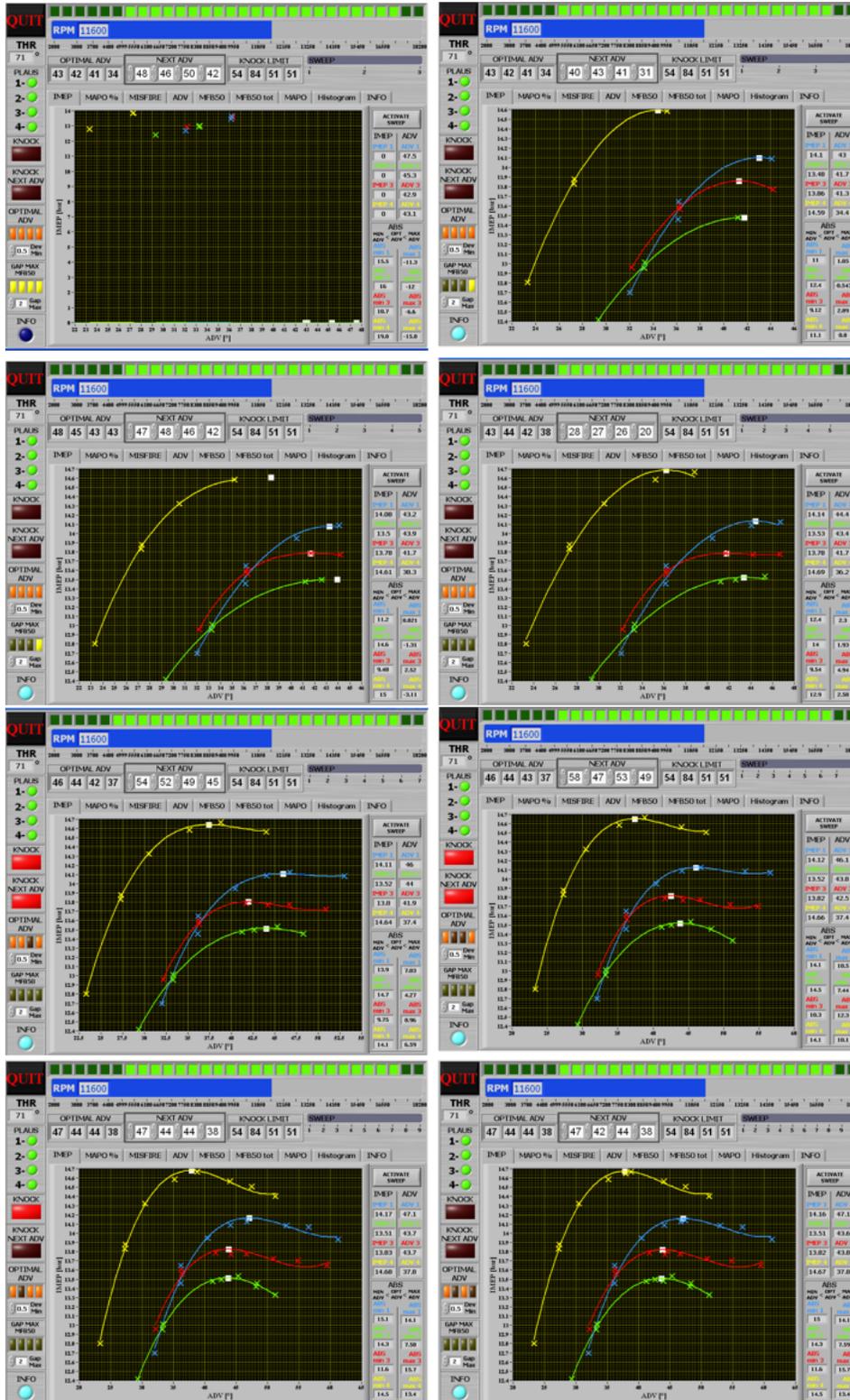


Figura 6.1.3: Evoluzione delle curve ad ombrello partendo dallo sweep 3 fino all'ultimo sweep, il numero 10, per il breakpoint a 11600 rpm con THR 71°.

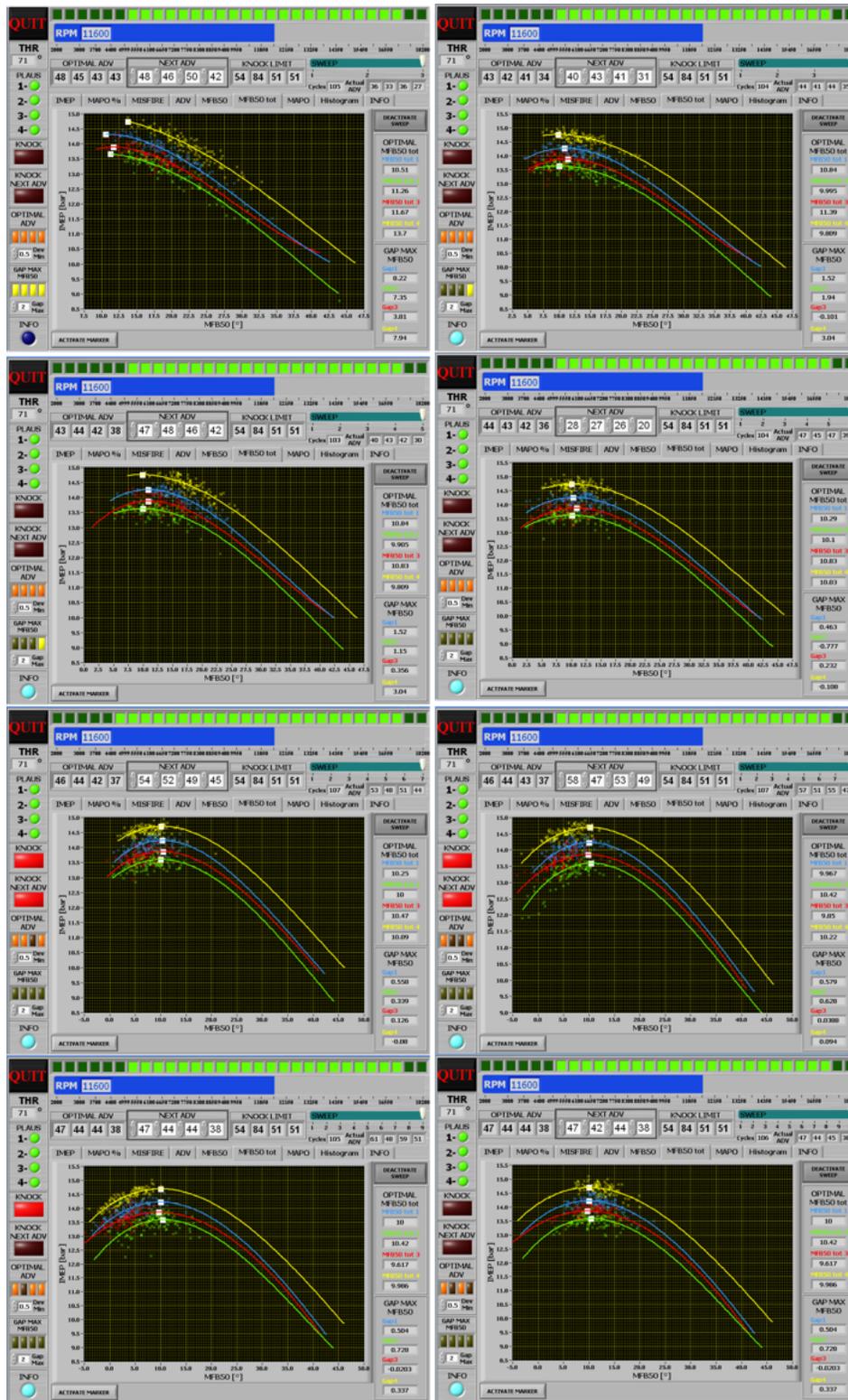


Figura 6.1.4: Evoluzione della distribuzione di MFB50 partendo dallo sweep 3 fino all'ultimo sweep, il numero 10, per il breakpoint a 11600 rpm con THR 71°.

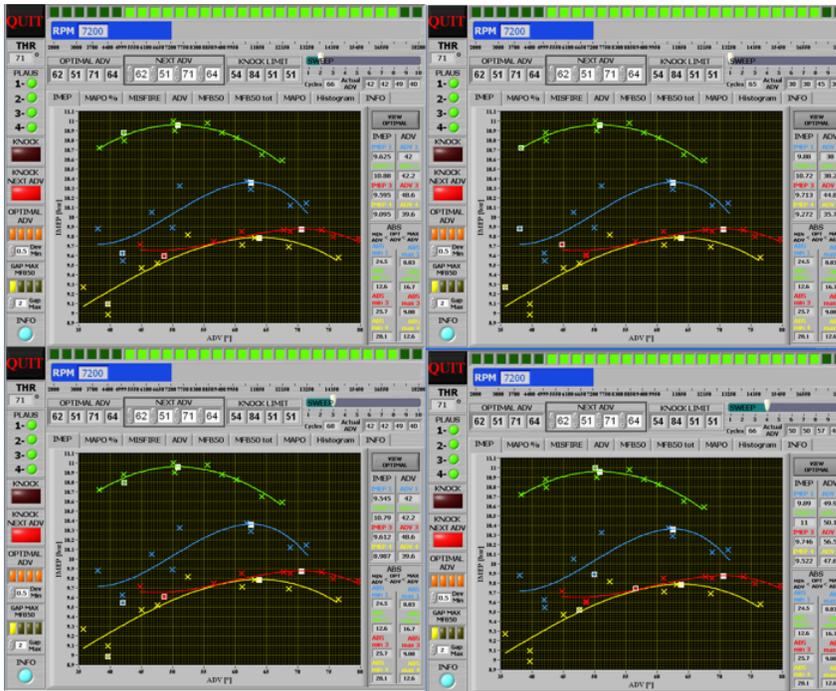


Figura 6.1.5: Curve ad ombrello a 7200 rpm e THR 71°, nelle quali vengono identificati i primi quattro sweep.

6.2 Esempio 2: THR 14.5°

In questo esempio vengono mostrati alcuni dati della calibrazione effettuata con farfalla a 14.5°.

Nella figura 6.2.3 viene mostrata l'evoluzione delle distribuzioni di MFB50, partendo dallo sweep 3 fino all'ultimo sweep, il numero 10, per il breakpoint a 9400 rpm.

Nelle immagini, specialmente in quelle riferite agli sweep dove si sono applicati valori di ADV alti, sono presenti dei cicli con valori di MFB50 molto elevati (superiori ai 90°) per i quali si ottiene una IMEP molto bassa o addirittura negativa ed indicano che in quei cicli è avvenuto misfire.

Lo stesso tipo di analisi è possibile farla guardando gli istogrammi delle distribuzioni di MFB50. Nella figura 6.2.1 sono mostrati gli istogrammi relativi allo sweep 8, dove si nota che lontano dalla distribuzione principale, sono presenti valori di MFB50 che superano i 90°.

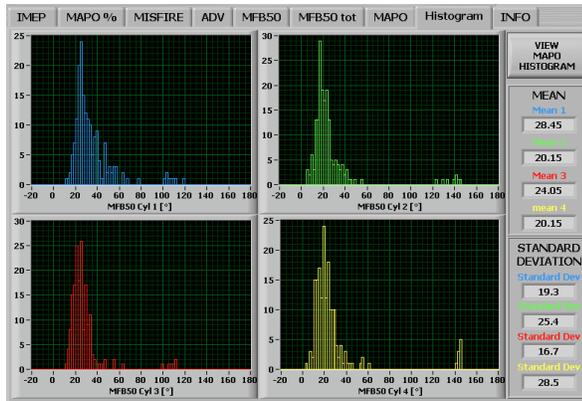


Figura 6.2.1: Istogrammi MFB50 per lo sweep 8 a 9400 rpm e THR 14,5.

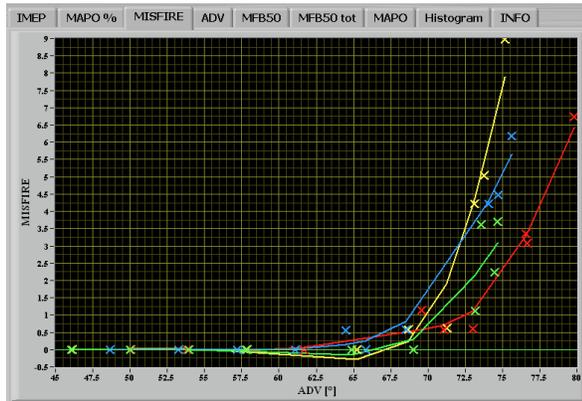


Figura 6.2.2: Percentuale di misfire a 9400 rpm e THR 14,5.

Utilizzando il tab MISFIRE, mostrato figura 6.2.2, ci si può rendere conto delle percentuali di misfire avvenute in funzione all'ADV attuato, dove la percentuale di misfire, dopo che si superano i 70° di ADV, mostra una tendenza a crescere molto rapida.

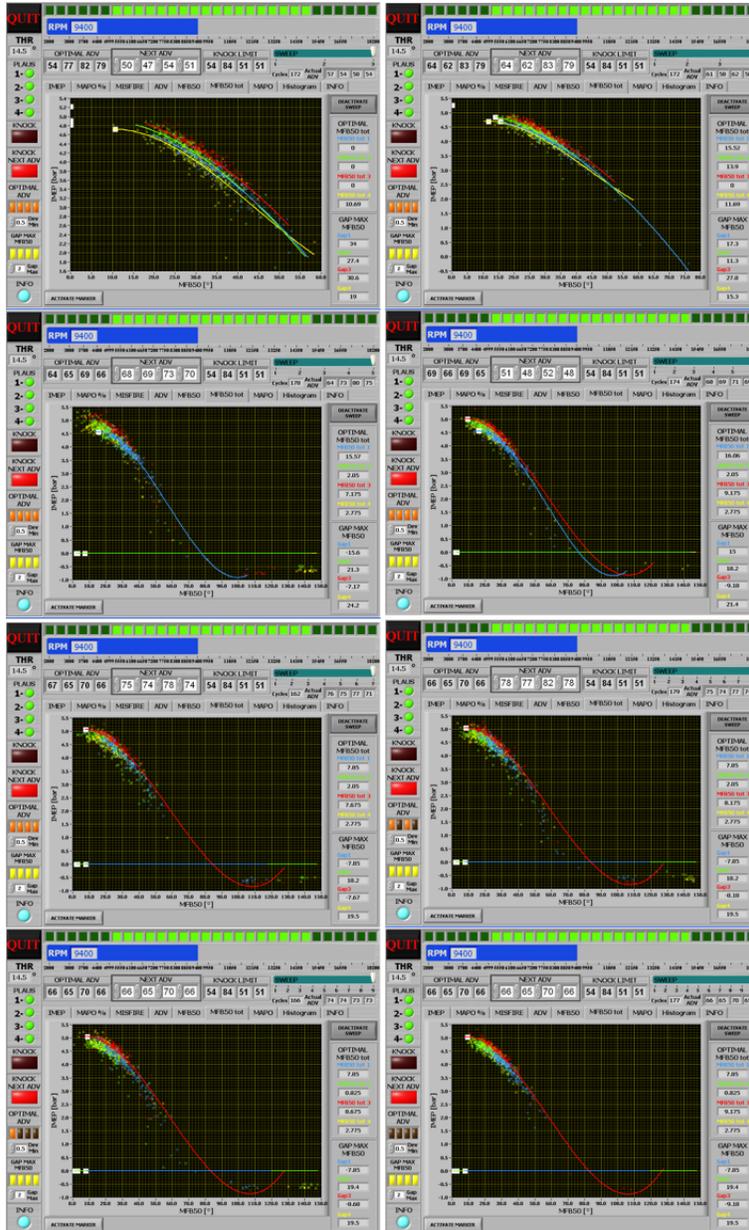


Figura 6.2.3: Evoluzione della distribuzione di MFB50 partendo dallo sweep 3 fino all'ultimo sweep, il numero 10, per il breakpoint a 11600 rpm con THR 14.5°.

Capitolo 7

Conclusioni

Si è creata un'interfaccia grafica che permette di eseguire l'analisi dei dati di calibrazione dell'anticipo di accensione.

Questa interfaccia è stata creata utilizzando LabVIEW, che ha permesso di soddisfare tutti gli obiettivi preposti. Il più importante è stato quello di riuscire a fornire molte informazioni all'utente mantenendo un ingombro minimo, in modo da poter visualizzare l'intera interfaccia, evitando l'uso di scrollbar. Per fare questo si è utilizzato un contenitore a tab, che ha permesso l'inserimento di grafici ed indicatori altrimenti impossibili da posizionare. Dato che i tab non consentono la visualizzazione contemporanea di tutti i dati, c'è stata la necessità di creare degli indicatori luminosi per richiamare l'attenzione dell'utente su uno specifico tab.

L'ultima implementazione è stata quella di inserire dei controlli che diano la possibilità all'utente di personalizzare le informazioni visualizzate su alcuni grafici (evidenziare i dati di uno sweep, marcatori, ecc.).

Per migliorare l'analisi, si potrebbero inserire ulteriori controlli per la personalizzazione dei dati visualizzati, oppure dare la possibilità di richiamare delle finestre popup nelle quali visualizzare ulteriori informazioni; il futuro sviluppo dipenderà dall'utilizzo dell'utente finale.

Bibliografia

- [1] Enrico Corti: dispense del corso di controllo dei motori a combustione interna LM - Università di Bologna aa 2010/2011.
- [2] Giancarlo Ferrari: motori a combustione interna - Edizione Il Capitello Torino.