

Test su motore 21126

REPORT TEST DEI DISPOSITIVI R3 E R7 DI CTP

Lo scopo di questi test è studiare l'effetto dei dispositivi R3 e R7 sulle variazioni del consumo di carburante del motore e sulle sue prestazioni ambientali.

Il complesso di test è stato eseguito in conformità con il programma di test PM-03/2024-04.

Elenco delle abbreviazioni e dei simboli

Le seguenti abbreviazioni e designazioni sono utilizzate in questo rapporto di ricerca:

- ESC – caratteristica di velocità esterna
- Motore – Motore a combustione interna V-21126 con sistema elettronico di controllo motore Bosch M7.9.7.
- TP – Programma di test PM-03/2024-04

Introduzione

L'obiettivo di questo lavoro è testare i prototipi dei dispositivi R3 e R7 prodotti da CTP (di seguito denominati il prototipo) installati sugli elementi del sistema di alimentazione e sul cablaggio elettrico di un banco di prova basato sul motore V-21126, al fine di studiare l'influenza del prototipo sulle variazioni del consumo di carburante del motore e sui suoi indicatori ambientali.

Gli studi sperimentali sono eseguiti in conformità con il programma di test concordato PM-03/2024-04 (di seguito denominato il programma di test).

1 Descrizione del banco di prova

Il test del prototipo è effettuato su un banco di prova, che include il motore V-21126 (di seguito denominato motore a combustione interna (Photo 1.1) e il dispositivo di carico idraulico SuperFlow SF902 (Photo 1.2).



Photo 1.1 – Motore a combustione interna

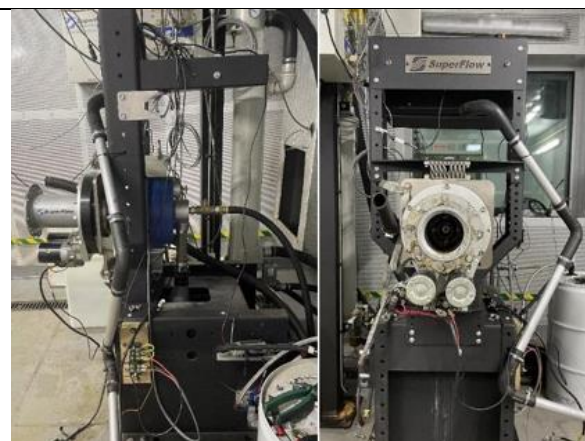


Photo 1.2 – Dispositivo di carico

Le principali caratteristiche del motore a combustione interna sono presentate nel Tabella 1.1

Parametro	Valore
Tipo di motore	In linea, 4-cilindri
Ordine di accensione dei cilindri	1-3-4-2
Diametro del cilindro, mm	82
Corsa, mm	75.6
Cilindrata, L	1.597
Rapporto di compressione	11:1
Potenza nominale, KW (hp)	72 (98)
Velocità nominale di rotazione dell'albero motore, rpm	5600
Volume del sistema di lubrificazione, l	3.5
Centralina motore	Bosch M 7.9.7
Tabella 1.1 – Caratteristiche del motore V-21126	

Il motore a combustione interna installato sul banco di prova era equipaggiato con i necessari strumenti di misura e dispositivi di misurazione necessari per determinare i parametri richiesti del motore, nonché per monitorare le sue prestazioni:

- Termocoppie a stelo di tipo K per la misurazione della temperatura dei gas di scarico (Photo. 1.3)
- Sensore di consumo di carburante di tipo turbina (Photo. 1.4)
- Misuratore del flusso d'aria di aspirazione (Photo. 1.5)



Photo 1.3 – Termocoppie a barra



Photo 1.4 – Sensore di consumo di carburante

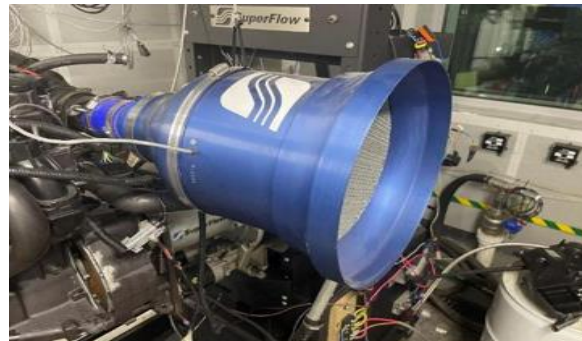


Photo 1.5 – Misuratore del flusso d'aria

È stata utilizzata benzina con un numero di ottano di 95 come carburante.

Olio motore 5W-40

Liquido di raffreddamento - antigelo

Il motore viene avviato da un avviatore che fa parte del banco di prova.

I sensori sono installati in una scatola che registra i parametri ambientali: pressione, temperatura, umidità.

La velocità del motore, la coppia, la potenza, il consumo di carburante, la pressione atmosferica, la temperatura dell'aria, l'umidità relativa, la temperatura dei gas di scarico e del liquido di raffreddamento, ecc. sono stati monitorati dal banco di prova e dal pannello di controllo del dispositivo di carico (Photo 1.7-1.8).

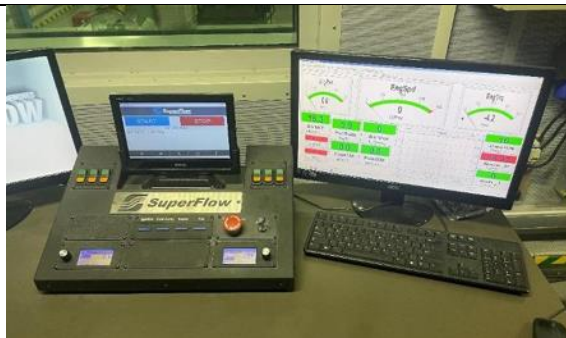


Photo 1.7 – Pannello di controllo



Photo 1.8 – Monitor dell'Operatore del Banco di Prova

2. Studio dell'influenza dei dispositivi R3 e R7

Durante i test, i parametri del motore sono stati analizzati prima senza i dispositivi R3 e R7 e successivamente con R3 e R7. Dopo ciò è stata effettuata una comparazione.

I parametri registrati come parte dei dati di test, così come quelli calcolati durante l'analisi, sono presentati nella Tabella 2.1.

#	Parametro	Unità
1	Regime	min ⁻¹
2	Posizione dell'acceleratore	%
3	Potenza	HP
4	Potenza	KW
5	Coppia	Nm
6	Consumo di carburante (stand)	g/min
7	Consumo di carburante (peso)	g/min
8	Consumo specifico di carburante	g/KWh
9	CO	%
10	CO ₂	%
11	Ch	mln ⁻¹
12	O ₂	%
13	λ	

Table 2.1 – Parametri misurati

Dopo aver avviato e riscaldato il motore (la temperatura del liquido di raffreddamento è superiore a 60°C), il motore è stato portato in modalità operativa e i parametri sono stati registrati.

Il software del banco di prova registra i valori dei parametri effettivamente misurati e anche i valori calcolati.

Sulla base dei risultati della prima parte dei test, è stato ottenuto un insieme di valori dei parametri per la costruzione della caratteristica di velocità esterna (di seguito denominata ESC). Per ulteriori informazioni, consultare la Tabella A1 in Appendice.

Nel secondo stadio, sono stati determinati la consumazione di carburante e i parametri ambientali. Le Tabelle 2.2 e 2.3 mostrano i valori dei parametri.

#	Parametro Misurazione	Unità	Valore							
			#1		#2		#3		#4	
1	Regime	min ⁻¹	2503	2502	2570	2496	3498	3498	3500	3499
2	Posizione dell'acceleratore	%	40	60	40	60	40	60	40	60
3	Potenza	HP	36.6	39.6	35.6	36.6	53.2	62.9	50.4	60.7
4	Potenza	KW	27.0	29.2	26.2	27.0	39.0	46.4	37.1	44.7
5	Coppia	Nm	103.0	111.4	97.7	103.2	106.8	126.7	101.3	122.2
6	Consumo carburante (stand)	g/min	138.0	144.0	126.0	132.0	198.0	228.0	174.0	204.0
7	Consumo specifico di carburante	g/KWh	306.7	295.9	288.1	293.6	304.6	294.8	281.0	273.6

Tabella 2.2 – Determinazione dei parametri in modalità stazionaria

#	Parametro	Unità	Valore			
1	Regime	min ⁻¹	2570	2496	3500	3499
2	Posizione dell'acceleratore	%	40	60	40	60
3	Potenza	HP	35.6	36.6	50.4	60.7
4	Potenza	KW	26.2	27.0	37.1	44.7
5	Coppia	Nm	97.7	103.2	101.3	122.2
6	Consumo carburante (stand)	g/min	126.0	132.0	174.0	204.0
7	Consumo di carburante (peso)	g/min	118.0	133.0	171.0	207.0
8	Consumo specifico di carburante	g/KWh	269.8	295.8	276.2	277.6
9	CO	%	2.341	1.847	4.485	3.612
10	CO ₂	%	14.56	14.79	14.35	14.43
11	Ch	mln ⁻¹	201.0	204.0	153.0	125.0
12	O ₂	%	0.954	0.658	0.561	1.286
13	λ		1.058	1.042	1.031	1.026

Tabella 2.3 – Determinazione del consumo di carburante e dei parametri ambientali

In modo simile ai passaggi descritti sopra, sono stati eseguiti test con i dispositivi R3 e R7 installati (Photo 2.2-2.3).



Photo 2.2 – Vista generale di R3 e R7





Photo 2.3 – R3 e R7 installati

La caratteristica di velocità esterna (ESC) del motore con i dispositivi R3 e R7 installati è stata ottenuta. Per dati più dettagliati, consultare la Tabella B1 in Appendice.

La consumazione di carburante e i parametri ambientali sono mostrati nelle Tabelle 2.4 e 2.5.

#	Parametro Misurazione	Unità	Valore							
			#1		#2		#1		#2	
1	Regime	min ⁻¹	2497	2501	2493	2503	3502	3507	3496	3508
2	Posizione dell'acceleratore	%	40	60	40	60	40	60	40	60
3	Potenza	HP	37.9	40.8	37.2	41.1	53.8	64.9	53.7	64.1
4	Potenza	KW	27.9	30.1	27.4	30.3	39.7	47.9	39.6	47.3
5	Coppia	Nm	106.8	114.7	105.1	115.5	108.2	130.4	108.2	128.7
6	Consumo carburante (stand)	g/min	138.0	138.0	132.0	144.0	198.0	228.0	198.0	228.0
7	Consumo specifico di carburante	g/KWh	296.8	275.1	289.1	285.1	299.2	285.6	300.0	289.2

Tabella 2.4 – Determinazione dei parametri in condizioni di stato stazionario

#	Parametro	Unità	Valore			
1	Regime	min ⁻¹	2510	2501	3503	3505
2	Posizione dell'acceleratore	%	40	60	40	60
3	Potenza	HP	38.4	40.9	54.8	66.3
4	Potenza	KW	28.3	30.2	40.4	48.9
5	Coppia	Nm	107.7	115.3	110.1	133.3
6	Consumo carburante (stand)	g/min	144.0	144.0	198.0	228.0
7	Consumo di carburante (peso)	g/min	115.0	117.0	168.0	183.0
8	Consumo specifico di carburante	g/KWh	243.8	232.5	249.5	224.5
9	CO	%	2.089	1.827	4.273	3.592
10	CO ₂	%	13.93	14.26	12.90	13.42
11	CH	mln ⁻¹	141.0	70.0	73.0	52.0
12	O ₂	%	0.254	0.182	0.130	1.443
13	λ		0.949	0.954	0.889	0.962

Tabella 2.3 – Determinazione del consumo di carburante e dei parametri ambientali

Sulla base dei risultati del test, è stata effettuata un'analisi riassuntiva dei valori dei parametri ottenuti. Una ESC comparativa è mostrata nella Photo 2.5.

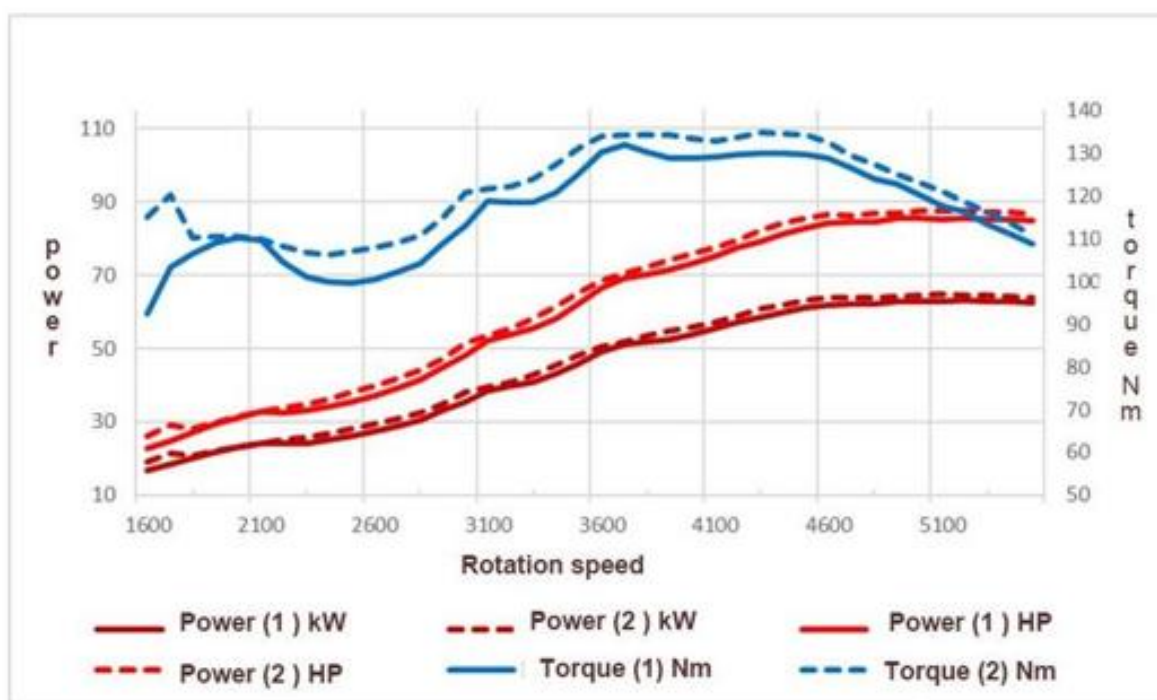


Photo 2.5 – ESC comparativa, dove (1) rappresenta il motore base e (2) rappresenta il motore con i dispositivi R3 e R7 installati.

La Tabella 2.6 mostra i valori comparativi in condizioni di stato stazionario.

#	Parametro Misurazione	Unità	Motore di base				con R3 e R7			
1	Regime	min ⁻¹	2570	2496	3500	3499	2510	2501	3503	3505
2	Posizione dell'acceleratore	%	40	60	40	60	40	60	40	60
3	Potenza	KW	26.2	27.0	37.1	44.7	28.3	30.2	40.4	48.9
4	Consumo di carburante (peso)	g/min	118.0	133.0	171.0	207.0	115.0	117.0	168.0	183.0
5	Consumo specifico di carburante	g/KWh	269.8	295.8	276.2	277.6	243.8	232.5	249.5	224.5
6	Riduzione del consumo di carburante	%	-	-	-	-	9.6	21.4	9.7	19.1
7	CO	%	2.341	1.847	4.485	3.612	2.089	1.827	4.273	3.592
8	CO ₂	%	14.56	14.79	14.35	14.43	13.93	14.26	12.90	13.42
9	CH	mln ⁻¹	201.0	204.0	153.0	125.0	141.0	70.0	73.0	52.0
10	O ₂	%	0.954	0.658	0.561	1.286	0.254	0.182	0.130	1.443
11	λ		1.058	1.042	1.031	1.026	0.949	0.954	0.889	0.962

Tabella 2.6 – Valori comparativi a regime stabile

A seguito dell'analisi dei dati ottenuti, si può notare una significativa riduzione del consumo specifico di carburante in diverse modalità (2500 rpm e 3500 rpm quando il pedale dell'acceleratore è aperto al 60%), con una riduzione che ha raggiunto il valore del 21,4%. È inoltre degno di nota un leggero miglioramento degli indicatori ambientali.

Per determinare le modalità di funzionamento del motore che raggiungono l'effetto massimo e minimo dall'influenza dei dispositivi R3 e R7, è necessario eseguire un ciclo di test secondo un programma esteso. Questi test permetteranno di registrare le aree delle modalità operative del motore e di confrontarle con quelle principali presentate

nei ciclogrammi del movimento del veicolo e nella selezione dei test e delle condizioni operative ottimali per eseguire test su strada su scala completa.

Conclusione

A seguito del test dei dispositivi R3 e R7 installati sugli elementi del sistema di alimentazione e sui cablaggi elettrici del banco di prova basato sul motore V-21126, sono stati ottenuti risultati che confermano l'efficacia di questi dispositivi e, di conseguenza, un aumento delle prestazioni effettive e dei parametri ambientali migliorati del motore. Durante i test, è emerso che vi è stata una diminuzione del consumo specifico di carburante dopo il funzionamento dei dispositivi R3 e R7 per 6 giorni. I risultati dell'elaborazione dei dati sperimentali mostrano che, in tutto l'intervallo delle modalità di velocità della caratteristica di velocità esterna, l'aumento medio integrale della potenza è stato del 4,2%, e l'aumento della coppia è stato del 4,4%. Alla modalità di $n=2500$ rpm, quando il pedale dell'acceleratore era aperto al 60%, la riduzione massima del consumo di carburante ha raggiunto valori del 21,4% rispetto al livello di consumo di carburante per il motore senza l'uso dei dispositivi R3 e R7. È opportuno notare che, per una valutazione completa dei dati sperimentali ottenuti e per uno studio più approfondito dei risultati ottenuti in un ampio intervallo di modalità operative del motore, è consigliabile eseguire studi aggiuntivi mirati a determinare la fisica del processo, effettuare la classificazione del motore, valutare un numero maggiore di parametri del motore testato (temperatura e composizione dei gas di scarico, flussi di calore locali sulla superficie della camera di combustione) e simulare il flusso di lavoro utilizzando metodi moderni di dinamica dei fluidi computazionale per ottenere un modello di flusso di lavoro verificato utilizzando le relative equazioni della cinetica chimica.

Elenco delle fonti utilizzate

Superflow – SF-902. Banco di prova per motori. Manuale originale/Pub.No.: 190322 Rev.: 1. Aprile 2019

PM-03/2024-04

Appendice

Table A1- ESC of the base engine without R3, R7				Table B1-ESC of the engine with R3, R7			
Frequency of rotation, rpm	Power, kW	Power, HP	Torque, Nm	Frequency of rotation, rpm	Power, kW	Power, HP	Torque, Nm
1700	16,7	22,7	92,4	1700	19,3	26,1	115,0
1700	18,4	24,9	103,3	1700	21,4	29,0	120,3
1800	20,1	27,2	106,4	1800	20,8	28,2	110,2
1900	21,7	29,4	109,0	1900	22,0	29,8	110,5
2000	23,1	31,3	110,3	2000	23,1	31,4	110,5
2100	24,1	32,7	109,6	2100	24,2	32,8	109,8
2200	24,1	32,6	104,4	2200	25,0	33,8	108,3
2300	24,3	33	101,0	2300	25,7	34,9	106,7
2400	25,1	34,1	100,0	2400	26,7	36,2	106,3
2500	26,1	35,4	99,7	2500	28,0	38,0	106,9
2600	27,4	37,1	100,5	2600	29,4	39,8	107,8
2700	28,9	39,2	102,3	2700	30,8	41,8	109,0
2800	30,6	41,5	104,3	2800	32,5	44,1	110,8
2900	33,0	44,8	108,8	2900	34,8	47,2	114,7
3000	35,5	48,1	112,9	3000	38,0	51,5	120,8
3100	38,6	52,3	118,8	3100	39,5	53,6	121,7
3200	39,7	53,8	118,4	3200	40,9	55,5	122,1
3300	40,9	55,5	118,5	3300	42,8	58,1	124,0
3400	43,0	58,3	120,8	3400	45,4	61,5	127,4
3500	45,8	62,1	125,0	3500	48,1	65,2	131,2
3600	49,1	66,6	130,3	3600	50,4	68,4	133,8
3700	51,1	69,3	131,9	3700	52,0	70,5	134,2
3800	51,9	70,3	130,3	3800	53,4	72,3	134,1
3900	52,6	71,4	128,8	3900	54,8	74,3	134,2
4000	53,9	73,1	128,7	4000	55,9	75,8	133,4
4100	55,5	75,2	129,2	4100	57,1	77,4	132,9
4200	57,1	77,4	129,7	4200	58,8	79,7	133,7
4300	58,5	79,3	129,8	4300	60,7	82,2	134,7
4400	59,9	81,2	129,9	4400	62,0	84,1	134,6
4500	61,1	82,8	129,6	4500	63,2	85,7	134,2
4600	62,0	84,1	128,7	4600	63,8	86,5	132,4
4700	62,3	84,5	126,6	4700	63,7	86,3	129,4
4800	62,3	84,5	124,0	4800	64,0	86,8	127,3
4900	63,0	85,4	122,7	4900	64,2	87,0	125,0
5000	63,0	85,4	120,3	5000	64,4	87,4	123,1
5100	62,9	85,3	117,7	5100	64,7	87,7	121,1
5200	63,2	85,7	116,1	5200	64,5	87,5	118,5
5300	62,9	85,3	113,4	5300	64,4	87,3	116,1
5400	62,8	85,1	111,0	5400	64,2	87,1	113,6
5500	62,6	84,9	108,7	5500	63,8	86,6	110,8

Risultati dei test – Potenza e Coppia